

621.3

ЖС 59

Варварин

Д В А

Эрицъ Жераръ.

Директоръ Электротехническаго Института Монтефоре при  
Университетѣ въ Лютихъ.

КУРСЪ

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

Томъ II.

Часть практическая; продолженіе. Канализація и рас-  
предѣленіе электрической энергіи. Примѣненія электри-  
чества: произведеніе и передача работы, электрическая  
тяга, телеграфія, телефонія, освѣщеніе и электро-метал-  
лургія.

266 рисунковъ въ текстѣ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ ЧЕТВЕРТАГО ФРАНЦУЗСКАГО ИЗДАНІЯ  
(исправленнаго и дополненнаго).

М. А. Шателена.

РУССКОЕ ИЗДАНІЕ ВТОРОЕ

Первое изданіе рекомендовано Учен. Комит. М. Н. Пр. для фундаментальныхъ библиотекъ  
мужскихъ и женскихъ среднихъ учебныхъ заведеній Мин. Народн. Просвѣщенія и для библиотекъ  
учительскихъ институтовъ.

Рекомендовано Учебн. Отдѣл. Мин. Путей Сообщ. для училищъ Вѣдомства Путей Сообщенія.  
Этотъ курсъ принять какъ руководство въ Электротехнич. Ист. и въ Горн. Ист. и, какъ  
пособіе, во многихъ другихъ нашихъ техническихъ учебныхъ заведеніяхъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Изданіе Ф. В. Щепанскаго.

Невскій пр. 34.

1897.

Республиканская  
навукова-технічна  
бібліотэка

537.

ЖС 59 кз

51284 "

98

12/17

# РАСПРЕДѢЛЕНІЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГІИ.

---

## ПРОВОДНИКИ.

473. Электрическія цѣпи. Возвратъ черезъ землю.

**Классификація.** Электрическая канализація служитъ для соединенія генераторовъ, производящихъ электрической токъ, съ приемниками, т. е. съ приборами, которые его потребляютъ, напримѣръ съ лампами, электродвигателями и т. п. Слѣдовательно, познакомившись съ генераторами и трансформаторами электрической энергіи, намъ нужно раньше, чѣмъ перейти къ изученію приборовъ, утилизирующихъ эту энергію, ознакомиться со способами ея канализаціи.

Обыкновенно генераторъ соединяется съ приемникомъ двумя проводниками, поддерживаемыми изолирующими тѣлами, предназначенными для уменьшенія потерь электрическаго потока. Однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ употребляютъ только одинъ изолированный проводникъ, роль же второго играютъ какіе-нибудь уже существующіе металлическіе провода, напримѣръ въ городахъ водопроводы, трубы которыхъ часто соединяются свинцовой замазкой, обладающей достаточной для многихъ цѣлей проводимостью. Однако газопроводы для этой цѣли

служить не могутъ, такъ какъ отдѣльныя трубы газопровода обыкновенно соединяются мастикой, дурно проводящей токъ.

Такой способъ соединенія генератора и приемника однимъ изолированнымъ проводникомъ особенно часто встрѣчается въ канализаціи для цѣлей телеграфин и телефонин. Если, въ этомъ случаѣ, между передаточной и приемной станціей не существуетъ никакого металлическаго соединенія, то примѣняютъ *возвратъ черезъ землю*, т. е. соединяютъ генераторъ и приемникъ съ землею посредствомъ металлическихъ пластинъ или трубъ, зарываемыхъ во влажную землю или же погружаемыхъ въ воду. При этомъ все происходитъ совершенно такъ-же, какъ еслибъ земля служила обратнымъ проводомъ.

Такой способъ канализаціи пригоденъ для слабыхъ токовъ, но онъ совершенно недопустимъ въ случаяхъ, когда имѣютъ дѣло съ сильными токами, употребляемыми для промышленныхъ примѣненій электричества. Перемѣнчивость сопротивленія при контактѣ *земныхъ пластинъ* съ землею, вызываемая главнымъ образомъ электролизомъ, происходящимъ на поверхности пластинъ, вызвала бы постоянное измѣненіе силы токовъ, которое не можетъ быть допущено.

Въ нѣкоторыхъ системахъ электрической тяги неподвижный генераторъ соединяется съ двигателемъ, помѣщеннымъ въ вагонѣ, съ одной стороны черезъ одинъ изолированный проводникъ и съ другой—черезъ рельсы. Въ этомъ случаѣ, чтобы уменьшить сопротивленіе цѣпи, рельсы соединяютъ съ близлежащими металлическими трубами, напримѣръ водопроводами. Для этой же цѣли рельсы можно соединять съ пластинами, помѣщаемыми въ колодцахъ, такъ какъ эти колодцы соединяются между собою черезъ подземные водоносные пласты.

Этотъ способъ соединенія позволяетъ сѣкономить обратный проводъ, но зато онъ очень вредитъ телефонному сообщенію, если для этого послѣдняго тоже примѣняется *возвратъ черезъ землю*. Между проводниками, соединенными съ землею недалеко другъ отъ друга, при этомъ происходятъ отвѣтвленія тока, могущія помѣшать или, по крайней мѣрѣ, сдѣлать затруднительной телефонную передачу.

*Возвратъ черезъ землю* представляетъ иногда извѣстную опасность. Если кто-нибудь, стоя на сырой землѣ, коснется

изолированного проводника, то через его тело пройдет ответвленный ток, который может, если ток достаточно высокого напряжения, причинить значительный вред.

Когда по цепи проходят переменные токи, то в подобномъ случаѣ наблюдается рядъ разрядовъ, имѣющихъ особое дѣйствіе на нервную систему. Кромѣ этого возвратъ черезъ землю или черезъ неизолированный проводникъ облегчаетъ возможность образованія короткихъ замыканій.

Всѣ виды электрической канализаціи можно раздѣлить на два главныхъ класса: *канализація воздушная* и *канализація подземная*. Первая состоитъ изъ проводниковъ, укрѣпленныхъ при помощи изоляторовъ на деревянныхъ или желѣзныхъ столбахъ. Подземная канализація состоитъ изъ проводниковъ, помѣщенныхъ или въ специально-устроенныхъ или сточныхъ каналахъ, или же, наконецъ, просто зарытыхъ въ землю.

Для канализаціи, предназначенной для промышленныхъ примѣненій электричества, исключительно примѣняется мѣдь и ея сплавы. Для воздушныхъ линій, предназначенныхъ для телеграфныхъ цѣлей, употребляютъ еще гальванизированную желѣзную или стальную проволоку съ цѣлью уменьшить расходы по устройству линій.

Для подземныхъ линій употребляютъ мѣдь, удѣльное сопротивление которой не должно превосходить 1,654 микрома-сант. въ температурѣ 0° Ц. Часто проводимость мѣди выражаютъ отношеніемъ ея къ проводимости эталона чистой мѣди, полученнаго Маттисеномъ еще въ то время, когда способы промышленнаго полученія этого металла въ чистомъ видѣ оставляли многого желать. Въ настоящее время существуютъ сорта мѣди, проводимость которой равняется 105% проводимости эталона Маттисена. Чтобы избѣгать всякихъ недоразумѣній, лучше всего выражать удѣльное сопротивление металла въ омъ-сант.

**474. Сѣченіе проводниковъ. Условіе безопасности**  
Сѣченіе, которое должны имѣть проводники, по которымъ электрическая энергія передается отъ генератора къ приемнымъ приборамъ, опредѣляется тремя различными условіями.



Сѣченіе проводника должно быть, во-первыхъ, достаточно для того, чтобы нагрѣваніе его по закону Джоуля не было бы настолько сильнымъ, чтобы оно могло уменьшить прочность проводниковъ, когда они должны выдерживать нѣкоторое натяженіе, какъ напримѣръ воздушные проводники, или повредить изолирующую оболочку, въ которой заключенъ проводникъ.

Во-вторыхъ, слѣдуетъ разсматривать вопросъ еще съ экономической точки зрѣнія, принимая во вниманіе стоимость проводниковъ и стоимость энергіи, теряемой въ видѣ тепла.

Наконецъ, когда въ отвѣтвленіи между проводниками помѣщены нѣсколько пріемниковъ, то измѣненіе напряженія тока между двумя сосѣдними приборами не можетъ превосходить опредѣленнаго предѣла. Это условіе опредѣляетъ величину паденія потенциала, допустимую между двумя крайними пріемниками.

Разсмотримъ сначала вопросъ о нагрѣваніи. Проводники, по которымъ проходитъ токъ, стремятся охладиться излученіемъ и теплопроводностью. Эти элементы мѣняются въ зависимости отъ природы проводниковъ, ихъ сѣченія, формы, свойствъ ихъ поверхности, а также въ зависимости отъ вида ихъ изолировки. Вычисленіе температуры режима вообще очень сложно и, кромѣ того, оно не даетъ никакой точности. Поэтому предпочитаютъ эмпирически опредѣлять температуры проводниковъ, по которымъ проходятъ токи опредѣленной силы.

Кеннели сдѣлалъ въ лабораторіи Эдисона много изслѣдованій съ цѣлью опредѣлить нагрѣваніе какъ воздушныхъ проводниковъ, такъ и проводниковъ съ бумажной изолировкой, помѣщенныхъ въ деревянныхъ рейкахъ, какъ это обыкновенно дѣлается внутри жилыхъ помѣщеній.

1. *Голые проводники, подвѣшенные въ воздухѣ.* Мѣдные проводники, діаметръ которыхъ мѣнялся отъ 0,2 до 2,4 сантиметровъ, подвѣшивались какъ воздушные провода и черезъ нихъ пропускались токи различной силы. Для каждой силы тока температура режима достигались съ точностью до 3% черезъ 10 минутъ. Эту температуру измѣряли по увеличенію сопротивления металла.

Результаты, полученные изъ такихъ наблюдений, помѣшены въ слѣдующей таблицѣ:

Наименьшая сила тока въ амперахъ, могущая поднять температуру воздушныхъ медныхъ проводовъ на 5°, 10°, 20° и 40° въ спокойномъ воздухѣ. (Удельное сопротивленіе меди 1,654 микромъ-сант. при 0° Ц.).

| Диаметръ проводовъ въ сантиметрахъ. | 5° Ц.                    |                   | 10° Ц.                   |                   | 20° Ц.                   |                   | 40° Ц.                   |                   |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|                                     | Изолированная проволока. | Черная проволока. | Изолированная проволока. | Черная проволока. | Изолированная проволока. | Черная проволока. | Изолированная проволока. | Черная проволока. |
| 0,2                                 | 21                       | 23                | 29                       | 31                | 40                       | 44                | 55                       | 59                |
| 0,4                                 | 52                       | 54                | 71                       | 75                | 100                      | 105               | 139                      | 145               |
| 0,6                                 | 90                       | 98                | 125                      | 132               | 175                      | 184               | 244                      | 256               |
| 0,8                                 | 139                      | 141               | 192                      | 200               | 268                      | 280               | 370                      | 388               |
| 1,0                                 | 190                      | 196               | 264                      | 276               | 367                      | 380               | 506                      | 533               |
| 1,2                                 | 245                      | 257               | 348                      | 360               | 478                      | 501               | 560                      | 600               |
| 1,4                                 | 310                      | 325               | 432                      | 453               | 602                      | 632               | 816                      | 877               |
| 1,6                                 | 375                      | 393               | 525                      | 553               | 728                      | 765               | 1000                     | 1060              |
| 1,8                                 | 443                      | 465               | 625                      | 660               | 870                      | 910               | 1190                     | 1260              |
| 2,0                                 | 517                      | 544               | 728                      | 765               | 1010                     | 1060              | 1400                     | 1470              |
| 2,2                                 | 586                      | 624               | 839                      | 880               | 1160                     | 1220              | "                        | "                 |
| 2,4                                 | 680                      | 710               | 950                      | 995               | 1300                     | 1370              | "                        | "                 |

2. Изолированная проволока, помѣщенная въ деревянные рейки внутри жилыхъ помѣщеній. Изслѣдованія производились надъ проволоками отъ 0,3 до 1,13 сант. въ диаметрѣ. Наибольшее допустимое повышеніе температуры было вычислено на основаніи правилъ лондонскаго *Institution of Electrical Engineers*, которыя допускаютъ поднятіе температуры не выше, чѣмъ на 41,7° Ц. выше температуры окружающаго пространства, въ случаѣ, когда сила тока будетъ вдвое больше нормальной. Слѣдовательно, такъ какъ нагрѣваніе почти пропорціонально квадрату силы тока, то нормальный токъ не долженъ нагрѣвать проволоку больше, чѣмъ на 10,4 Ц.

Высшій предѣлъ силы тока и низшій предѣлъ діаметра, удовлетворяющихъ этому условію, выражается слѣдующими формулами, выведенными изъ результатовъ опытовъ:

$$I \text{ амп.} = 4,375 d^{3/2} \text{ мил.}$$

$$d \text{ мил.} = 0,374 I^{2/3} \text{ амп.}$$

Слѣдующая таблица была вычислена на основаніи этихъ формулъ. Она показываетъ, что нельзя устанавливать, какъ это дѣлали ошибочно раньше, одну и ту же плотность тока для проводниковъ различныхъ діаметровъ. Кромѣ того, изъ нея видно, что выгоднѣе, съ цѣлью увеличивать поверхность излученія, подраздѣлять проводники, предназначенные для сильныхъ токовъ, на части.

| Наибольшая сила тока въ амперахъ. | Наименьшій діаметръ въ миллиметр. | Потеря въ вольтѣхъ на километр. | Наибольшая сила тока въ амперахъ. | Наименьшій діаметръ въ миллиметр. | Потеря въ вольтѣхъ на километр. |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1                                 | 0,38                              | 165,0                           | 85                                | 7,24                              | 38,6                            |
| 5                                 | 1,09                              | 100,0                           | 90                                | 7,52                              | 37,9                            |
| 10                                | 1,75                              | 77,7                            | 95                                | 7,80                              | 37,2                            |
| 15                                | 2,29                              | 68,1                            | 100                               | 8,08                              | 36,5                            |
| 20                                | 2,77                              | 62,1                            | 110                               | 8,61                              | 35,3                            |
| 25                                | 3,20                              | 58,1                            | 120                               | 9,09                              | 34,6                            |
| 30                                | 3,61                              | 54,8                            | 130                               | 9,58                              | 33,7                            |
| 35                                | 4,01                              | 51,8                            | 140                               | 10,1                              | 33,0                            |
| 40                                | 4,37                              | 49,9                            | 150                               | 10,5                              | 32,0                            |
| 45                                | 4,72                              | 48,1                            | 175                               | 11,7                              | 30,5                            |
| 50                                | 5,08                              | 46,1                            | 200                               | 12,8                              | 29,1                            |
| 55                                | 5,41                              | 44,7                            | 225                               | 13,8                              | 28,0                            |
| 60                                | 5,72                              | 43,7                            | 250                               | 14,9                              | 26,8                            |
| 65                                | 6,05                              | 42,8                            | 275                               | 15,8                              | 26,2                            |
| 70                                | 6,35                              | 41,8                            | 300                               | 16,8                              | 25,3                            |
| 75                                | 6,55                              | 40,3                            | 350                               | 18,6                              | 24,1                            |
| 80                                | 6,90                              | 39,3                            | 400                               | 20,3                              | 23,1                            |

Въ подземныхъ кабеляхъ можно допустить болѣе сильное нагрѣваніе. Плотность тока, допустимая въ этихъ кабеляхъ, мѣняется отъ 1,5 до 2,5 ампера на квадратный миллиметр.

**475. Условіе экономичности. Правило лорда Кельвина.** При опредѣленіи сѣченія проводниковъ надо принимать во вниманіе не одну только безопасность. Нагрѣваніе проводниковъ вызываетъ потерю энергіи, которую можно уменьшить, увеличивая діаметръ этихъ проводниковъ.

Но всякому увеличенію сѣченія соответствуетъ увеличеніе мертваго капитала, проценты и погашеніе котораго вліяютъ на цѣну электрической энергіи, передаваемой по этимъ про-

водникамъ. Слѣдовательно, надо искать такое сѣченіе, для котораго сумма, состоящая изъ стоимости электрической энергіи, теряемой въ видѣ теплоты, процентовъ на мертвый капиталъ и на его погашеніе, была бы наименьшая.

Назовемъ черезъ  $i$  силу тока, который долженъ проходить по проводникамъ, черезъ  $2l$  — длину проводниковъ, черезъ  $\rho$  — удѣльное сопротивленіе ихъ, черезъ  $s$  — сѣченіе, черезъ  $p$  — цѣну ваттъ-часа въ франкахъ, черезъ  $t$  — время въ часахъ, въ продолженіе котораго токъ  $i$  проходитъ черезъ проводники въ теченіе года.

Годовая потеря энергіи будетъ:

$$2 i^2 \rho \frac{l}{s} t \text{ ваттъ-часовъ.}$$

Она будетъ влечь за собою расходъ:

$$2 i^2 \rho \frac{l}{s} t p \text{ франковъ.}$$

Нужно замѣтить, что сумма расходовъ на производство электрической энергіи содержитъ одно количество, пропорціональное полученной энергіи, и одно количество постоянное. Найдено, что при нѣкоторыхъ условіяхъ для машинъ отъ 20 до 100 киловаттовъ расходъ, соответствующій  $N$  ваттъ-часамъ, выразится въ франкахъ:

$$F = 0,0001 N + 0,003.$$

Для  $p$  надо брать этотъ коэффициентъ пропорціональности (0,0001 въ предыдущей формулѣ), т. е.  $p$  есть излишекъ расходовъ, вызываемый производствомъ одного дополнительнаго ваттъ-часа при помощи уже имѣющейся установки.

Дѣйствительно, цѣна дополнительнаго ваттъ-часа равняется не  $\frac{F}{N}$ , но  $\frac{dF}{dN}$ . Строго говоря, линія, выражающая цѣну, какъ функцію энергіи, будетъ кривая и для стоимости дополнительнаго ваттъ-часа надо брать угловой коэффициентъ касательной, проведенной къ кривой въ рассматриваемой точкѣ. Въ стоимость канализаціи входятъ съ одной стороны стоимость работъ по устройству траншей, насыпей и т. п., кото-

рую можно считать независимой отъ сѣченія проводниковъ, съ другой—стоимость проводниковъ и ихъ оболочки, которая близка къ пропорціональности съ сѣченіемъ.

Вся сумма можетъ быть выражена формулой:

$$2 (m + ns) l \text{—франковъ,}$$

гдѣ  $m$  и  $n$  постоянныя, которыя надо вычислять особо для каждаго типа канализаціи.

Ежегодно пропенты на эту сумму и ея погашеніе составлять  $2 (m + ns) l a$  франковъ.

Вся годовая стоимость канализаціи будетъ:

$$2 (m + ns) l a + 2 p i^2 \rho \frac{l}{s} t = C \quad (1).$$

Въ обыкновенныхъ случаяхъ на далекое разстояніе приходится доставлять количество электрической энергіи  $P$ , при разности потенциаловъ  $e$ , наибольшая величина которой определяется особыми правилами или свойствами пріемниковъ. Эту разность стараются всегда брать наивозможно большею, чтобы имѣть возможность уменьшить сѣченіе проводника, который приходится употреблять. При этихъ условіяхъ величины  $P = e i$  и величина  $e$  опредѣляютъ силу тока  $i$ . Единственными переменныя въ уравненіи (1) будутъ  $C$  и  $s$  и минимумъ  $C$  получится при

$$n s l a = p i^2 \rho \frac{l}{s} t. \quad (2).$$

Слѣдовательно, расходъ на передачу энергіи черезъ канализацію будетъ наименьшимъ, когда цѣна энергіи, теряемой ежегодно въ видѣ тепла, равняется процентамъ на ту часть мертвого капитала, которая пропорціональна сѣченію проводниковъ.

Это правило, данное лордомъ Кельвинымъ, приводитъ къ плотности тока  $\delta = \frac{i}{s}$ , которую наиболѣе выгодно допустить въ проводникахъ.

Изъ уравненія (2) выводимъ:

$$\delta = \frac{i}{s} = \sqrt{\frac{na}{p \rho t}} = \text{Пост.} \quad (3)$$

Можно, конечно, немного и отступать отъ результатовъ, даваемыхъ формулой, такъ какъ вблизи минимума функція мѣняется медленно.

Интересно замѣтить, что наиболѣе экономичная плотность не зависитъ отъ длины канализаціи. Тѣмъ не менѣе, по мѣрѣ увеличенія этой длины, стоимость доставляемой энергіи все болѣе и болѣе увеличивается. Слѣдовательно, разстояніе, на которое можно передавать данное количество электрической энергіи, ограничивается продажной стоимостью энергіи, которая должна равняться стоимости ея полученія плюсъ извѣстный процентъ прибыли. Стоимость полученія зависитъ отъ стоимости канализаціи и отъ цѣны двигательной силы, которая, при утилизаціи напримѣръ водопада, можетъ быть весьма мала.

Надо замѣтить, что уравненіе (3) даетъ прямо величину паденія напряженія, которую можно допустить въ линіи. Дѣйствительно мы имѣемъ:

$$e_1 = i \rho \frac{l}{s} = l \sqrt{\frac{na \rho}{pt}} \quad (4)$$

До сихъ поръ мы предполагали, что сила тока есть одно изъ заданій нашей задачи. Но могутъ встрѣтиться случаи, гдѣ этого не будетъ. Пусть, положимъ, требуется доставить къ какому-либо пріемнику количество энергіи  $P$ , причемъ напряженіе на генераторной станціи не должно превышать  $E$  вольтъ.

При этихъ условіяхъ

$$P = i \left( E - 2 i \rho \frac{l}{s} \right) \quad (5)$$

Теперь уравненія (1) и (5) содержатъ переменныя  $C$ ,  $s$  и  $i$  и требуется разыскать такія величины переменныхъ  $i$  и  $s$ , для которыхъ  $C$  будетъ наименьшимъ. Мы найдемъ при этомъ, что наивыгоднѣйшая плотность тока зависитъ отъ длины канализаціи.

Во временныхъ установкахъ стараются уменьшить насколько возможно стоимость первоначальной установки, для чего приходится принимать возможно большую плотность тока, допускаемую нагрѣваніемъ проводниковъ.

**476. Случай, когда сила тока не постоянна.** Мы предполагали до сих поръ, что токъ наибольшей силы  $i$  проходить по линіи въ продолженіи  $t$  часовъ, въ продолженіе которыхъ и пользуются линіей. Но на практикѣ сила тока, проходящаго по проводникамъ, часто не остается постоянной. Чтобы вычислить среднюю силу тока, которую надо принимать при вычисленіи сѣченія проводниковъ, необходимо знать силы токовъ при различныхъ режимахъ и время, въ теченіе котораго они проходятъ по линіи.

Пусть  $i_1, i_2, i_3 \dots$  будутъ силы токовъ, проходящихъ въ теченіе  $t_1, t_2, t_3 \dots$  часовъ. Пусть, кромѣ того,  $r$  будетъ сопротивление  $2\rho \frac{l}{s}$  линіи, тогда, назвавъ черезъ  $i_m$  искомую среднюю силу тока, получимъ:

$$(i_m)^2 r t = i_1^2 r t_1 + i_2^2 r t_2 + i_3^2 r t_3 + \dots$$

Средній квадратъ силъ тока можно опредѣлить по діаграммамъ, дающимъ измѣненія силы тока въ функціи времени въ теченіе сутокъ, или среднихъ сутокъ, если продолжительность утилизациі токовъ мѣняется изо дня въ день. Подобнаго рода опредѣленія, сдѣланныя на различныхъ городскихъ станціяхъ, дали для отношенія наибольшей силы тока къ квадратному корню изъ средняго квадрата силъ токовъ, числа, мѣняющіяся отъ 2,34 до 3,41.

## ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ВЪ КАНАЛИЗАЦИИ.

**477. Предохранители.** Чтобы избѣжать при образованіи короткаго замыканія чрезмѣрнаго нагрѣванія проводниковъ, могущаго повредить изолировку и даже произвести пожаръ, можно во всѣхъ мѣстахъ соединенія проводниковъ неодинаковой толщины включать въ цѣпь предохранительную проволоку или пластинку, которая должна плавиться раньше, чѣмъ сила тока достигнетъ предѣла, опаснаго для болѣе тонкаго проводника.

Для приготовленія такихъ плавкихъ проволокъ чаще всего употребляются свинецъ и олово. Первый металлъ имѣетъ тотъ

недостатокъ, что подъ вліяніемъ нагрѣванія токомъ онъ въ воздухѣ окисляется. Олово этого недостатка не имѣетъ и, кромѣ того, оно плавится при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ свинецъ. Часто употребляется сплавъ изъ 40% олова съ свинцомъ. Сѣченіе предохранительныхъ проволокъ вычисляется такимъ образомъ, чтобы онѣ плавилась, когда сила тока переходитъ за извѣстные предѣлы. Сила тока, могущая расплавить проволоку, вычисляется иногда по эмпирической формулѣ Приса, въ которой берутся  $i$  — сила тока въ амперахъ, а  $d$  — диаметръ проволоки въ миллиметрахъ.

$$i = k d^{3/2}$$

Для свинца  $k = 10,8$ , для олова  $k = 12,8$ , для сплава  $2Pb, 1Sn$ ,  $k = 10,3$ .

Когда плавкіе проводники очень коротки или имѣютъ не круглое сѣченіе, то силу тока, производящаго плавление, надо опредѣлять прямыми опытами надъ самыми предохранительными приборами.

Предохранительныя проволоки надо помѣщать въ нестерраемые ящики. Кромѣ того, слѣдуетъ устраивать такъ, чтобы невозможно было употребить для даннаго прибора проволоку болѣе толстую, чѣмъ это нужно для предохраняемаго ею проводника. Дѣйствительно, рабочіе всегда будутъ стараться вставлять болѣе толстыя проволоки, чтобы слишкомъ частое ихъ плавленіе не причиняло имъ лишнихъ хлопотъ. Напримѣръ, можно помѣщать предохранительную проволоку въ гипсовую оболочку, дѣлая эту проволоку различной длины для различныхъ типовъ кабелей, которые надо предохранить, и дѣлая соответствующія разстоянія между концами кабеля, между которыми вставляется эта предохранительная проволока.

На фиг. 267 изображена предохранительная свинцовая пластинка, которую вставляютъ между концами проводника и зажимаютъ винтами. Свинцовая пластинка припаяна къ двумъ мѣднымъ, служащимъ для улучшенія контакта съ концами кабеля.

Для пѣней, по которымъ проходятъ сильныя токи, лучше брать вмѣсто толстыхъ свинцовыхъ пластинъ, при плавленіи которыхъ происходитъ вредное разбрызгиваніе расплавленнаго



металла, рядъ оловянныхъ проволокъ, соединенныхъ параллельно. Плавленіе этихъ проволокъ происходитъ постепенно и не вызываетъ упомянутыхъ неудобствъ.

На фиг. 268 и 269 изображены предохранители Эдисона



Фиг. 267.



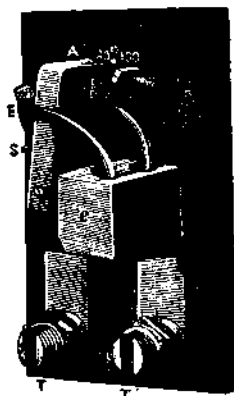
Фиг. 268.



Фиг. 269.

для отвѣтвленій, взятыхъ отъ главныхъ проводниковъ и служащихъ для слабыхъ токовъ. Два главные проводника помѣщаются въ желобахъ, слѣбанныхъ въ кускѣ негорящаго и изолирующаго вещества. Въ отвѣтвленіе включены два патрона Эдисона и соединенія съ отвѣтвленной цѣпью происходятъ черезъ двѣ плавкія проволоки, помѣщенные въ пробкахъ, которыя ввинчиваются въ патроны. Заменять эти пробки новыми, когда проволока въ нихъ расплавится, очень легко.

Въ цѣняхъ высокаго напряженія слѣдуетъ употреблять плавкія проволоки достаточной длины, чтобы послѣ расплав-



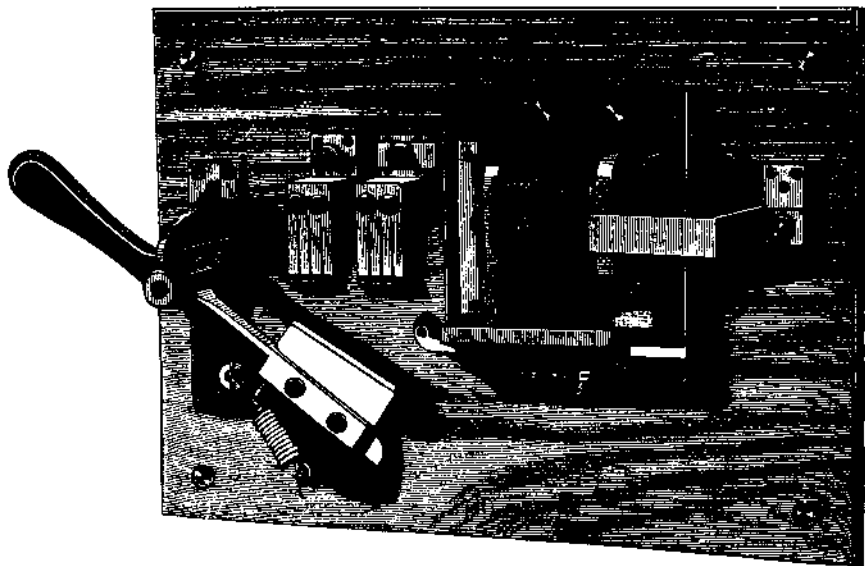
Фиг. 270.

ленія проволоки не образовалась бы вольтова дуга. Образованію дуги препятствуютъ, помѣщая плавкую проволоку въ стеклянную или эбонитовую трубку. Для той же цѣли иногда

плавкую проволоку пропускаютъ черезъ отверстія, сдѣланныя въ изолирующей перегородкѣ.

Для установокъ внутри помѣщеній и для токовъ средней силы можно пользоваться электромагнитными предохранителями. На фиг. 270 представленъ такой предохранитель Куннингэма. Токъ проходитъ черезъ обмотку электромагнита Е, входя и выходя черезъ чашечки сортутъ, соединенныя арматурой А электромагнита и двумя изогнутыми частями, прикрѣпленными къ арматурѣ. Когда сила тока становится больше опредѣленнаго предѣла, арматура притягивается къ полюсамъ электромагнита и размыкаетъ цѣпь. Разстояніе между полюсами и арматурой, ограничивающее силу тока, можно легко измѣнять при помощи регулировочнаго винта.

На фиг. 271 изображенъ предохранитель Добровольскаго.



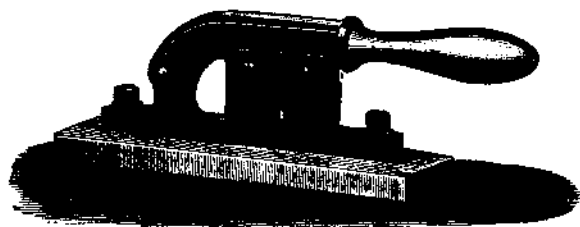
Фиг. 271.

Концы обоихъ проводниковъ, которые надо соединить, прикрѣпляются къ двумъ мѣднымъ пружиннымъ челюстямъ, которыя можно соединять между собою при помощи мѣднаго ножа, находящагося на рычагѣ, представленномъ въ лѣвой части рисунка. Ножъ этотъ, который тянетъ внизъ спиральная

пружина, вдвигается въ челюсти и удерживается въ нихъ колесомъ, прикрѣпленнымъ къ концу арматуры электромагнита, по обмоткѣ котораго проходитъ токъ. Эта арматура, висящая на двухъ вертикальныхъ упругихъ пластинкахъ, стремится перемѣститься вправо, чтобы замкнуть магнитную цѣпь электромагнита. Вторая пружина, помѣщенная подъ арматурой, позволяетъ регулировать натяженіе, противодействующее перемѣщенію, съ большою точностью. Когда сила тока переходитъ опредѣленный предѣлъ, колесико освобождаетъ рычагъ — и цѣпь размыкается.

При этомъ избѣгается разбрасыванье ртути, которое въ приборѣ Куинингга бываетъ очень неудобнымъ, особенно при сильныхъ токахъ.

Прерыватель съ пружинными *челюстями*, употребляемый въ предохранителѣ Добровольскаго, даетъ отличный контактъ



Фиг. 272.

между частями, которыя надо соединить. На фиг. 272 изображенъ такой прерыватель, примѣняемый *Compagnie internationale d'électricité*.

**478. Громоотводы.** Если хотя часть цѣпи воздушная, то черезъ нее могутъ проходить атмосферные разряды и, слѣдовательно, въ ней могутъ образоваться токи высокаго напряженія, могущіе испортить приборы, какъ напримѣръ лампы и машины, включенныя въ цѣпь. Точно также, когда воздушная цѣпь соединяется съ подземной, то разряды атмосфернаго электричества могутъ сильно повредить эту послѣднюю.

Чтобы избѣжать этихъ случаевъ, воздушныя линіи предохраняютъ громоотводами, состоящими изъ двухъ параллельныхъ металлическихъ пластинъ, лежащихъ весьма близко

одна къ другой, изъ которыхъ одна соединяется съ цѣпью, другая съ землей. Когда молнія ударяетъ въ воздушной проволоцѣ, то разрядъ въ видѣ искры проходитъ пространство между двумя пластинками и уходитъ прямо въ землю. Иногда пластинки на противулежащихъ поверхностяхъ снабжаютъ остріями, чтобы тѣмъ облегчить путь разряду, иногда же отдѣляютъ одну отъ другой тонкимъ слоемъ діэлектрика, напримѣръ параффинированной бумаги, толщина котораго подбирается такъ, чтобы онъ могъ противустоять обыкновенному напряженію въ линіи. Для того, чтобы защищать телеграфные кабели, примѣняютъ чувствительный громоотводъ Варлея. Въ сосудѣ, въ которомъ сдѣлана неполная пустота, входятъ два платиновыя острія, изъ которыхъ одно соединено съ землей, другое—съ линіей. Степень пустоты въ сосудѣ регулируютъ такъ, чтобы ненормальное напряженіе вызвало бы сейчасъ же разрядъ между остріями.

Тюри употребляетъ сложный громоотводъ. Въ немъ токъ проходитъ сначала черезъ одну изъ пластинъ громоотвода съ остріями, затѣмъ черезъ катушку электромагнита, истинное сопротивленіе которой весьма невелико для постоянного тока, но кажущееся сопротивленіе для перемѣннаго тока, вызываемого атмосфернымъ разрядомъ, очень велико. Одинъ конецъ катушки соединяется съ одной изъ обкладокъ большаго конденсатора, другая арматура котораго соединена съ землей. При этой системѣ слабые разряды только заражаютъ конденсаторъ, не достигая до машины. Сильные разряды раздѣляются, часть электричества уходитъ черезъ острія въ землю, остальная часть заряжаетъ конденсаторъ.

Лоджъ рекомендуетъ употребленіе громоотводовъ, состоящихъ изъ ряда острій, помѣщенныхъ вблизи пластины, соединенной съ землей, между которыми въ цѣпь включаются катушки съ желѣзными сердечниками. Обыкновенные токи легко проходятъ черезъ эти катушки, но зато для атмосферныхъ токовъ эти послѣднія представляютъ громадное кажущееся сопротивленіе, заставляющее электричество уходить съ острій въ землю.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ, когда примѣняютъ возвратъ черезъ землю (§ 473), электричество, производимое на



## СИСТЕМЫ ПРЯМОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

479. Задача распределения электрической энергии состоитъ въ слѣдующемъ: дана система приемныхъ приборовъ, лампъ, двигателей, аккумуляторовъ, которые надо питать электрическимъ токомъ. Требуется соединить ихъ съ однимъ или нѣсколькими генераторами такъ, чтобы каждый приборъ получалъ необходимое количество энергии и чтобы въ то же время не были нарушены условія экономичности и безопасности.

Обыкновенно задача опредѣляется еще точнѣе тѣмъ, что черезъ приборы долженъ проходить токъ или опредѣленной силы, или опредѣленного напряженія.

*6622-512.84*

480. Распределение помощью последовательнаго соединения. Самый простой способъ рѣшить задачу для перваго случая состоитъ въ томъ, что всѣ приборы соединяются последовательно такъ, чтобы образовать съ генераторомъ электрической энергии одну цѣпь. Въ этомъ и состоитъ система распределения помощью последовательнаго соединения, которая обладаетъ тѣмъ преимуществомъ, что при ней сѣченіе проводниковъ, а слѣдовательно и ихъ цѣна, уменьшаются до минимума, такъ какъ сила тока остается неизмѣнной, сколько бы приборовъ ни приходилось питать. Кромѣ того, при этомъ соединеніи генераторъ можно включить въ любомъ мѣстѣ цѣпи. Съ другой стороны, при этомъ соединеніи дѣйствіе всѣхъ приборовъ связано между собою и, если хоть одинъ начнетъ дѣйствовать плохо, то это сейчасъ же отразится на дѣйствіи всѣхъ остальныхъ. Разрывъ цѣпи въ какой-нибудь точкѣ прерываетъ дѣйствіе всѣхъ приборовъ.

Когда приемниками служатъ лампы, то, чтобы избѣгнуть потуханія всѣхъ лампъ при перчѣ одной, обыкновенно устраиваютъ особый механизмъ, автоматически выключающій испорченную лампу или замѣняющій ее запасною. Кромѣ того избѣгаютъ полнаго потуханія, располагая лампы въ двѣ цѣпи, питаемыя двумя независимыми генераторами, и соединяя со-

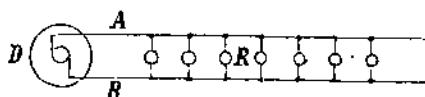
сѣднія лампы то съ одной цѣнью, то съ другой, въ шахматномъ порядкѣ.

Если число приборовъ, соединенныхъ послѣдовательно и питаемыхъ генераторомъ, велико, то напряжение \*) тока достигаетъ высокихъ, и поэтому опасныхъ, предѣловъ, такъ какъ напряженія у зажимовъ приборовъ складываются съ паденіемъ потенциала въ проводникахъ и производятъ у зажимовъ генератора очень большую разность потенциаловъ.

Система распределенія посредствомъ послѣдовательнаго соединенія не выгодна, когда число приемныхъ аппаратовъ сильно мѣняется, такъ какъ при этомъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени динамомашина работаетъ съ плохой отдачей.

Въ §§ 358 и 441 мы познакомились съ тѣми приспособленіями, которыя примѣняются обыкновенно для поддержанія въ цѣпи постоянной силы тока, каково бы ни было число работающихъ приемниковъ.

**481. Распределеніе посредствомъ параллельнаго соединенія.** Второй простой способъ соединенія генератора съ приемниками состоитъ въ томъ, что эти послѣдніе помѣщаются въ *отвѣвленія* на *распределительныхъ проводникахъ* или *распределителяхъ* (Фиг. 274).



Фиг. 227.

Этотъ способъ питанія приемниковъ дѣлаетъ ихъ совершенно независимыми другъ отъ друга, чего не было при первой описанной системѣ. Каждый приборъ можетъ перестать дѣйствовать независимо отъ другихъ. Но эта независимость достигается цѣною значительнаго увеличенія сѣченія кабеля, идущаго отъ источника электричества, такъ какъ сила тока, который этимъ источникомъ доставляется, растетъ вмѣстѣ съ числомъ приемныхъ аппаратовъ.

\*) Подъ напряженіемъ всюду въ дальнѣйшемъ изложеніи подразумѣвается разность потенциаловъ.

Чтобы уменьшить насколько возможно сѣченіе мѣдныхъ проводовъ, приходится употреблять пріемники, работающіе при напряженіи настолько высокомъ, насколько позволяютъ это свойства самихъ пріемниковъ и безопасность для окружающихъ лицъ. Дѣйствительно, для даннаго количества электрической энергіи, которое надо передать, сила тока, а слѣдовательно и сѣченіе проводниковъ, обратно пропорціональны напряженію, при которомъ происходитъ распределѣніе (§ 475).

При распределѣніи энергіи, независимо отъ условій безопасности и экономіи надо обращать еще вниманіе на третье условіе, играющее значительную роль, особенно когда надо питать лампы. Именно, часто требуется, чтобы измѣненія напряженія тока, доставляемаго лампамъ, не выходили изъ весьма узкихъ предѣловъ, каково бы ни было число питаемыхъ лампъ. У зажимовъ лампъ накаливанія разность потенціаловъ не должна мѣняться болѣе чѣмъ на 1,5—2% въ ту или другую сторону отъ нормальной.

Но, если предположить, что постоянное напряженіе поддерживается у зажимовъ генератора, то ясно, что въ главныхъ проводникахъ оно будетъ уменьшаться по мѣрѣ удаленія отъ источника электричества, такъ какъ потеря въ вольтахъ между двумя какими-либо точками канализаціонной системы равна суммѣ произведеній сопротивленій частей, лежащихъ между этими точками, на силы токовъ въ нихъ. Кромѣ того, всякій разъ, какъ-какую нибудь лампу зажигаютъ или тушатъ, напряженіе у зажимовъ всѣхъ остальныхъ мѣняется.

Назовемъ черезъ  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  силы токовъ въ вѣтвяхъ, начиная отъ источника электричества и черезъ  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$  сопротивленія обоихъ проводниковъ, находящихся между генераторомъ и вѣтвями. Паденіе напряженія у вѣтви  $n$ -го порядка выразится формулой:

$$\begin{aligned} v &= r_1 (i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n) + (r_2 - r_1) (i_2 + i_3 + \dots + i_n) \\ &\quad + \dots + (r_n - r_{n-1}) i_n, \\ v &= r_1 i_1 + r_2 i_2 + r_3 i_3 + \dots + r_n i_n. \end{aligned}$$

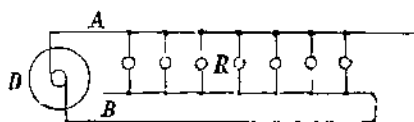
Легко вычислить непосредственно разность напряженій у зажимовъ какихъ-либо двухъ пріемниковъ. Замѣтимъ кстати, что выраженіе для паденія напряженія аналогично выраженію



суммы моментовъ силъ  $i_1, i_2, i_3 \dots i^n$  относительно точки, отъ которой онѣ находятся на разстояніяхъ  $r_1, r_2, r_3 \dots r_n$ . Поэтому подобныя задачи, какъ замѣтилъ Кригъ \*), можно рѣшать при помощи приѣмовъ графостатики.

Въ большихъ установкахъ главные проводники слѣдуетъ вычислять согласно съ правилами экономіи и безопасности изложенными въ §§ 474 и 475. Правило лорда Кельвина ведетъ къ принятію однородной плотности тока, вслѣдствіе чего приходится дѣлать сѣченія проводниковъ, по мѣрѣ удаленія отъ источника, все меньшими и меньшими. Такимъ образомъ, можно дойти до предѣльнаго разстоянія, за которымъ паденіе напряженія уже превосходитъ предѣлъ, допустимый условіемъ удовлетворительнаго дѣйствія приемниковъ. Это предѣльное разстояніе особенно скоро достигается, если приемниками служатъ лампы накаливанія, которыя не допускаютъ измѣненій больше 2% нормальнаго напряженія.

**482. Проводка петлей.** Въ небольшихъ установкахъ, на примѣръ предназначенныхъ для освѣщенія дома или квартиры, часто примѣняютъ способъ проводки, называемый *проводкой петлей*, который позволяетъ значительно уменьшить разницу разностей потенциаловъ у различныхъ лампъ и слѣдовательно позволяетъ увеличить поясъ, внутри котораго могутъ быть нитомы лампы, безъ того, чтобы предѣлы измѣненій напряженія были перейдены. Какъ видно изъ фиг. 275, длина главныхъ про-



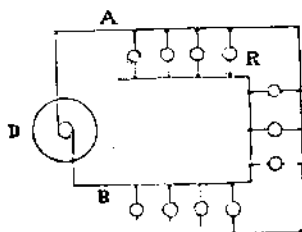
Фиг. 275.

водниковъ въ цѣпи каждой лампы остается постоянной. Если, слѣдовательно, вычислить проводники такъ, чтобы плотность тока была постоянной, когда зажжены всѣ лампы, для чего потре-

\*) M. Krieg. *Die Erzeugung und Verteilung der Electricität in centralstationen.* 1888.

буются проводники, сѣченіе которыхъ убывало бы, начиная отъ источника электричества, то напряженіе будетъ одно и то же во всѣхъ точкахъ, такъ какъ при этой системѣ проводковъ все происходитъ такъ, какъ будто всѣ лампы имѣли свои собственные цѣпи постоянной длины и эти цѣпи были соединены параллельно. Но, если потушить часть лампъ, то плотность тока уже не останется постоянной и замѣчаются измѣненія напряженій, чего бы не случилось, если бы каждая лампа имѣла дѣйствительно особую цѣпь, непосредственно соединенную съ источникомъ электричества.

Если приемники все удаляются отъ генератора тока, то проводка иетлей вызываетъ большую трату проводника, чѣмъ простая; но если приемники образуютъ замкнутую фигуру,

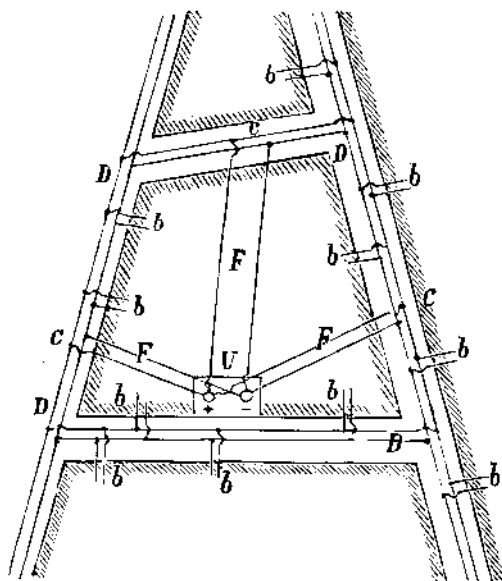


Фиг. 276.

напримѣръ, когда приходится освѣщать нѣсколько домовъ, заключенныхъ между улицами, то, какъ видно на фиг. 276, можно устроить проводку иетлей безъ увеличенія затраты проводника.

**483. Распределеніе посредствомъ сѣти и питающихъ проводовъ (feeders).** Мы видѣли, что условіе не превосходить определенной потери напряженія значительно ограничиваетъ разстояніе, на которомъ источникъ электричества можетъ питать лампы накаливанія. Чтобы увеличить радіусъ пространства, внутри котораго можно производить это питаніе, можно было бы примѣнить способъ, подобный примѣняемому въ газопроводахъ, въ которыхъ давленіе у рожковъ мѣняется посредствомъ автоматическаго регулятора, когда мѣняется давленіе въ трубахъ. Именно, можно было бы послѣдовательно съ лампами включать сопротивленія, мѣняя которыя отъ руки или при помощи

автоматическихъ приборовъ, можно было бы регулировать полезное напряженіе. Въ случаѣ переменныхъ токовъ, употребляя реагирующія катушки, можно было бы мѣнять полезное напряженіе безъ большой потери энергіи (§ 446). Но этотъ способъ вызываетъ усложненія и потерю энергіи въ видѣ тепла, которыхъ избѣгаютъ слѣдующимъ образомъ. Устраиваютъ сѣть распределительныхъ кабелей D (фиг. 277),



Фиг. 277.

къ которой присоединяются всѣ вѣтви, питающія приемники *b*. Отъ генераторовъ идетъ еще известное число проводниковъ *F*, называемыхъ *питающими проводами, фидерами* или *артеріями*, которыя доставляютъ электрическую энергію въ сѣть въ точкахъ *c*, называемыхъ *центрами распределенія*.

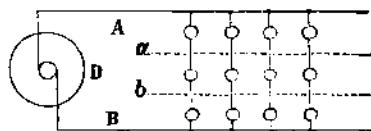
Вмѣстѣ того, чтобы поддерживать постоянное напряженіе на генераторной станціи, его мѣняютъ такъ, чтобы получать постоянную разность потенциаловъ въ центрахъ распределенія, отъ которыхъ идутъ особыя проволоки къ вольтметрамъ, находящимся на станціи. Такъ какъ сопротивленіе вольтметровъ очень велико, то можно проволоки эти брать весьма тонкими, не боясь вызвать замѣтное паденіе напряженія.

Благодаря такому способу распредѣленія, районъ, питаемый электрической станціей, можно значительно расширить, такъ какъ можно удовлетворять условію однородности напряженія у пріемниковъ увеличивая число центровъ распредѣленія, и можно вычислить питающіе провода такъ, чтобы получить наиболѣе экономичную *среднюю плотность* (§ 475).

Въ сѣти, предназначенной для освѣщенія квартала города, центры распредѣленія размѣщаются такъ, чтобы измѣненія напряженія въ сѣти не выходили изъ допускаемыхъ предѣловъ. Напримѣръ, можно допустить потерю потенціала въ 2% въ главныхъ проводникахъ и въ 1% въ вѣтвяхъ, находящихся внутри зданій. Въ этомъ случаѣ наибольшая разность между напряженіемъ въ крайнихъ точкахъ будетъ въ 3%. Что касается питающихъ проводовъ, то въ нихъ паденіе напряженія можетъ быть гораздо больше, особенно если двигательная сила стоитъ дешево.

Всегда стараются, чтобы распредѣлительные кабели образовали замкнутыя фигуры, такъ какъ, если въ этомъ случаѣ неожиданно прервется соединеніе съ питающими проводами въ одной точкѣ сѣти, то все-таки электрическая энергія будетъ доставляться къ пріемникамъ черезъ тѣ стороны фигуры, которыя остались соединенными со станціей. Эти замкнутыя фигуры образуютъ какъ бы отдѣльныя петли той сѣти, которая покрываетъ питаемый районъ.

**484. Смѣшанныя системы распредѣленія.** Съ цѣлью воспользоваться нѣкоторыми преимуществами системъ распредѣленія помощью послѣдовательнаго и параллельнаго соеди-



Фиг. 278.

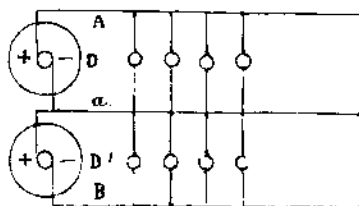
ненія пріемниковъ, можно эти системы комбинировать различнымъ образомъ.

Напримѣръ соединеніе, которымъ весьма часто пользуются для лампъ съ вольтовой дугой, состоитъ въ томъ, что груп-

пы соединенныхъ послѣдовательно лампъ помѣщаютъ въ отвѣтвленіи между двумя проводниками А и В (фиг. 278). Эта комбинація, кромѣ того, что уменьшаетъ добавочныя сопротивленія, которыя требуется помѣщать въ цѣпи дуговыхъ лампъ, еще позволяетъ уменьшать сѣченіе распределительныхъ кабелей, такъ какъ при ней можно увеличивать напряженіе тока, питающаго цѣпь. Назавъ два слова то при этой комбинаціи устанавливается зависимость между лампами каждой группы, что заставляетъ снабжать каждую лампу приспособленіемъ, автоматически замѣняющимъ ее въ случаѣ порчи запасною или же включающимъ, вмѣсто лампы, соответствующее сопротивление.

Чтобы порча одного изъ приемниковъ не останавливала дѣйствія другихъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно помѣщать еще промежуточные провода *a* и *b*, связывающіе соединительныя проволоки приемниковъ, помѣщенныхъ одинаковымъ образомъ. Но это приспособленіе не мѣшаетъ напряженію у зажимовъ приемниковъ испытывать измѣненія, которыя мѣшаютъ иногда (напримѣръ, когда приемниками служатъ лампы) правильному ихъ дѣйствію. Мы увидимъ далѣе (§ 487), что это неудобство можно устранить употребленіемъ особыхъ регуляторовъ.

**485. Многопроводная система распределенія.** Гонкин-сону удалось достигъ полной независимости различныхъ приемниковъ, соединяя машины послѣдовательно и присоединяя промежуточные провода различныхъ группъ приемниковъ къ общимъ полюсамъ машинъ. Разсмотримъ случай двухъ машинъ, соединенныхъ послѣдовательно, какъ это показано на фиг. 279. Если всѣ приемники одинаковы и работаютъ одно-



Фиг. 279.

временно, то по промежуточному проводу *a* не проходит никакого тока. Если все приемники, лежащие по одну сторону *a*, перестанут работать, то один из крайних проводников становится пассивным, а через проводник *a* начинает проходить ток равный тому, который в первом случае проходил по *A* и *B*.

Эта комбинация позволяет, как видно, удвоить напряжение в распределяющих кабелях, сохраняя у зажимов приемников прежнюю разность потенциалов и оставляя им ту же независимость, которая была при распределении помощью простого параллельного соединения.

Удвоив напряжение между крайними проводниками, мы в то же время получим возможность уменьшить вдвое силу питающего тока. Поэтому, если допустить, что все три провода имеют одинаковое сечение, и, если плотность тока, вычисленная по правилу Кельвина остается неизменной, то мы получим экономию во всем употребленной меди на целую четверть. На самом деле экономия может быть еще больше, если сгруппировать лампы так, чтобы число действующих приемников по обе стороны промежуточного провода было всегда приблизительно одно и то же. В этом случае можно без всякой опасности уменьшить сечение промежуточного провода на половину, отчего экономия достигнет уже 37,5%.

Если, вместо того, чтобы руководствоваться правилом Кельвина, обращать внимание только на падение потенциала в проводах, то можно уменьшить весь медь в этих проводах гораздо больше.

Действительно, при одной и той же плотности тока, когда промежуточный провод остается пассивным, падение потенциала в процентах на половину меньше, чем при двухпроводной системе. Следовательно, для одной и той же относительной величины падения потенциала, можно удвоить плотность тока, т. е. уменьшить вдвое сечение проводов. Тогда вместо того, чтобы получить для системы трех проводников одинакового сечения весь медь, равный трем четвертям всеа, нужного для двухпроводной системы, мы получаем только три восьмых этого всеа, что составляет экономию в 62,5%.

Уменьшение вѣса мѣди будетъ еще больше, если уменьшить сѣченіе промежуточного провода.

Чтобы дѣйствительно можно было произвести эти уменьшенія количества мѣди, необходимо, чтобы обѣ послѣдовательно соединенныя группы содержали приблизительно равное число пріемниковъ. Если всѣ пріемники одной группы не дѣйствуютъ, а всѣ пріемники второй дѣйствуютъ, то относительное паденіе потенціала удвоится. Значительное усовершенствованіе состоитъ въ употребленіи двухъ машинъ въ 220 вольтъ и маленькихъ динамо для компенсаціи разницы между двумя вѣтвями.

Легко обобщить предыдущіе выводы. Если есть  $n$  группъ пріемниковъ, то можно составить  $n$  цѣпей, отвѣтвленныхъ относительно  $n$  динамомашинъ, соединенныхъ параллельно, или же можно соединить  $n$  динамомашинъ послѣдовательно и уничтожить  $(n-1)$  проводниковъ, такъ какъ промежуточные кабели служатъ каждый для двухъ цѣпей.

Число проводовъ, которое равнялось  $2n$ , при этомъ станетъ равняться  $(n+1)$ , вслѣдствіе чего вѣсъ мѣди будетъ равенъ  $\frac{n+1}{2n}$  прежняго вѣса, если допустить, что промежуточные проводники имѣютъ то же сѣченіе, что и крайніе, причемъ величина этого сѣченія вычислена по правилу Кельвина.

Съ точки зрѣнія относительнаго паденія потенціала можно замѣтить, что это паденіе будетъ равно  $\frac{1}{n}$  прежняго паденія, такъ какъ все напряженіе становится въ  $n$  разъ больше. Чтобы получить прежнее паденіе потенціала, въ многопроводной системѣ сѣченіе проводниковъ надо уменьшить въ  $n$  разъ.

Отношеніе вѣсовъ мѣди будетъ тогда  $\frac{n+1}{2n^2}$ , и уменьшеніе вѣса будетъ

$$100 \left( 1 - \frac{n+1}{2n^2} \right) \text{ процентовъ.}$$

Многопроводная система обыкновенно комбинируется съ системой распределенія при помощи питающихъ проводовъ (фидеровъ), чтобы можно было увеличивать районъ распределенія, не превосходя данной величины паденія потенціала.

**486. Уравнители напряженія.** Было сдѣлано много попытокъ придумать такую комбинацію, которая позволяла бы питать сложную сѣть проводниковъ отъ одной группы генераторовъ, включенныхъ въ цѣпь параллельно, поддерживая на крайнихъ проводникахъ постоянно требуемое напряженіе (фиг. 278). Для этого случая достаточно двухъ рядовъ питающихъ проводовъ для соединенія крайнихъ проводниковъ съ генераторами, промежуточные же провода существуютъ только въ распределительной сѣти.

Э. Томсонъ для поддержанія постоянного напряженія въ каждой группѣ приемниковъ примѣняетъ трехпроводную систему снабжая ее особымъ приспособленіемъ. Именно, между крайними распределительными проводами онъ включаетъ двѣ вспомогательныя динамомшины, арматуры которыхъ, надѣтыя на одну и ту же ось, соединены послѣдовательно. Общія полюсы этихъ машинъ соединены съ промежуточнымъ проводомъ. Если теперь напряженія въ обѣихъ группахъ приемниковъ равны, т. е. если промежуточный проводъ остается пассивнымъ, то черезъ арматуры машинъ проходятъ токи равной силы, они начинаютъ вращаться какъ электрическіе двигатели и развиваютъ противную электродвижущую силу, равную разности потенціаловъ, приложенной къ ихъ щеткамъ. При этихъ условіяхъ сила тока, потребляемаго динамомшинами, будетъ весьма мала.

Если часть приемниковъ одной группы перестаетъ дѣйствовать, то соотвѣтствующее напряженіе тока возрастетъ и сила тока въ арматурѣ, соединенной съ этой группой, увеличится. При этомъ скорость вращенія общей оси арматуръ тоже увеличивается, а слѣдовательно увеличивается и противная электродвижущая сила, развиваемая сосѣдней арматурой. Если эта послѣдняя больше, чѣмъ разность потенціаловъ, приложенная къ ей зажимамъ, то она начинаетъ играть роль генератора и посылаетъ въ соотвѣтствующую группу токъ, увеличивающій разность потенціаловъ у зажимовъ, находящихся въ группѣ приемниковъ. Благодаря этой остроумной комбинаціи, энергія, поглощаемая одной арматурой, почти цѣликомъ возстановляется второй. Уравнитель напряженія необходимо вращается въ одну и ту же сторону, дѣйствуетъ-ли онъ какъ генераторъ или какъ

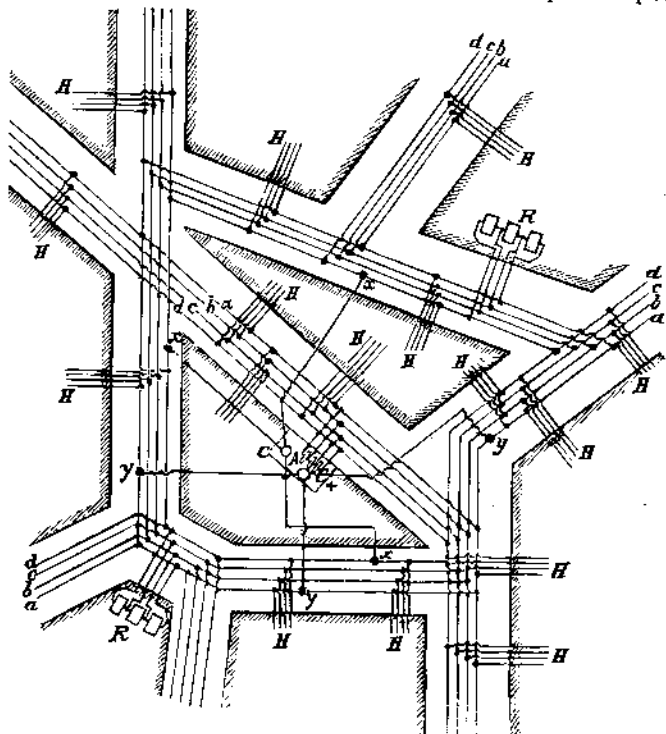


двигатель, такъ какъ его индукторы возбуждаются отвѣтвлен-  
нымъ токомъ.

Другой способъ состоитъ въ томъ, что къ динамомашинамъ въ 220 вольтъ, соединеннымъ съ крайними проводами, прибавляютъ динамомашины въ 110 вольтъ, меньшихъ размѣровъ, присоединяемыя въ случаѣ нужды къ наиболѣе нагруженнымъ вѣтвямъ. Эта система требуетъ, чтобы трехпроводная сѣть соединялась со станціей пучками изъ 3-хъ фидеровъ, тогда какъ система Э. Томсона позволяетъ употреблять пучки изъ 2-хъ фидеровъ.

**487. Система Сименса.** Сименсъ придумалъ нѣсколько другихъ способовъ питанія сложной сѣти проводниковъ, позволяющихъ употреблять только одинъ генераторъ, или нѣсколько, соединенныхъ параллельно.

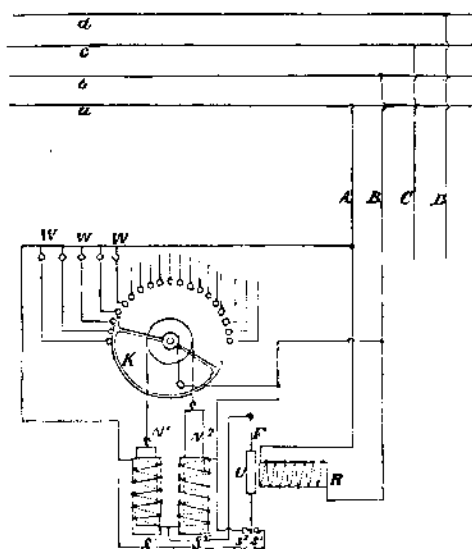
На фиг. 280 представлена сѣть съ четырьмя проложен-



Фиг. 280.

ными вдоль по улицам распределительными проводами  $a, b, c, d$ , къ которымъ присоединены вѣтви, идущія въ дома. Отъ полюсовъ  $S$ —и  $S'$  генератора, или группы генераторовъ, идутъ двѣ серіи питающихъ проводовъ, присоединенныхъ къ крайнимъ распределительнымъ проводамъ въ точкахъ  $x$  и  $y$ .

Слѣдовательно питающіе провода соединены такъ же, какъ при двухпроводной системѣ. Чтобы поддержать между сосѣдними распределительными проводами постоянную разность потенціаловъ, въ различныхъ точкахъ сѣти включены группы регуляторовъ  $R$ , которые компенсируютъ измѣненія разностей потенціаловъ, происходящія отъ неравенства числа пріемниковъ, дѣйствующихъ въ различныхъ вѣтвяхъ.



Фиг. 281.

Чтобы произвести эту компенсацію, между двумя сосѣдними распределительными проводами, напримѣръ  $a$  и  $b$ , включаютъ съ одной стороны катушку релѣ  $R$  (фиг. 281), съ другой стороны въ отвлѣтленіи помѣщаютъ рядъ сопротивленій  $W$ . Всѣ эти сопротивленія соединены постоянно съ проводомъ  $A$ ; съ проводомъ же  $B$  соединеніе происходитъ черезъ подвижной контактъ, прикрѣпленный къ оси сектора  $K$ , что позволяетъ

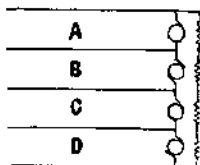
мѣнять величину сопротивленія, помѣщенного въ отвѣтвленіи между А и В.

Секторъ К приводится въ движеніе двумя сердечниками  $N^1$  и  $N^2$ , соединенными шнуркомъ, проходящимъ черезъ шкивъ, прикрѣпленный къ оси сектора К. Сердечники  $N^1$  и  $N^2$  втягиваются соленоидами  $S^1$  и  $S^2$ .

Если между проводами А и В напряженіе начнетъ увеличиваться, то релѣ R притянетъ арматуру U, на которую въ обратномъ направленіи дѣйствуетъ пружина F. Токъ, выходящій изъ В, пройдетъ черезъ соленоидъ  $S^2$  и возвратится въ А черезъ F и  $s'$ . Сердечникъ  $N_2$  начнетъ втягиваться въ соленоидъ  $S^2$ , а въ отвѣтвленіе будутъ включаться сопротивленія W до тѣхъ поръ, пока не будетъ восстановлена между проводниками А и В нормальная разность потенціаловъ.

Если, наоборотъ, напряженіе уменьшится сравнительно съ нормальной величиной, то пружина F прижметъ арматуру къ штифту  $s^1$ . Токъ изъ В пройдетъ черезъ соленоидъ  $S^1$ , сердечникъ  $N_1$  начнетъ втягиваться, а сопротивленія W будутъ выключаться изъ цѣли, пока разность потенціаловъ не дойдетъ до нормальной величины и арматура U не помѣстится на равныхъ разстояніяхъ отъ  $s^1$  и  $s^2$ .

Въ этой системѣ, какъ мы видимъ, уравниваютъ напряженія между сосѣдними распределительными проводами, устраивая искусственное поглощеніе электрической энергіи.



Фиг. 282.

Съ цѣлью возвращать большую часть энергіи, затрачиваемой при регулированіи, Сименсъ тоже употреблялъ уравниатели, подобные уравнителямъ Э. Томсона. Фиг. 282 даетъ схему этой системы, примѣненной къ распределенію пятью проводниками, дѣйствующей въ Парижѣ въ Клиши. Въ индуктирующемъ магнитномъ полѣ, обмотки электромагнитовъ котораго соединены съ крайними проводами, помѣщены че-

тыре катушки, насаженные на общую ось и соединенные с группой проводников А, В, С, D. Внутреннее сопротивление катушек очень мало. Они вращаются под действием проходящего через них тока и вызывают противные электродвижущие силы, почти равные разностям потенциалов, приложенным к их щеткам. Если число приемников, действующих во всех группах, одно и то же, то напряжения, приложенные к катушкам, будут тоже одинаковы. И эти последние развивают равные противные электродвижущие силы, поглощая весьма небольшое количество энергии, необходимое на преодоление трения. Но если число приемников, действующих в одной из групп, например в группе В, уменьшится, то в этой группе напряжение увеличится, скорость вращения соответствующей катушки тоже увеличится и, так как все катушки между собою связаны, то соседние катушки должны будут давать электродвижущие силы большие, чем разности потенциалов, приложенные к их зажимам, и, следовательно, должны будут возвратить в свои группы большую часть энергии, сделавшейся излишней в группе В. Другими словами, катушки групп А, С, D будут служить генераторами, которые, приводясь в движение двигателем В, разовьют каждая количество электрической энергии, почти равное одной трети количества, поглощаемого катушкой В.

По данным, сообщенным нам доктором Пирани, станция Клиши может питать 6000 ламп накаливания внутри радиуса в 3 километра, имея всего три регулирующих поста, причем каждая компенсирующая машина в состоянии исправлять изменения, соответствующие разности потреблений в различных группах в 50 ампер. Разности потреблений никогда не превосходят этого предела, если только лампы каждого, сколько-нибудь значительного, абонента распределять по всем группам.

**488. Электрические сети.** Система распределения при помощи питающих проводов служит обыкновенно основанием для устройства электрических сетей, когда надо непосредственно из одной или нескольких электрических стан-

цій питать рядъ лампъ и электродвигателей, помѣщенныхъ внутри извѣстнаго пространства.

Приемники помѣщаются въ отвѣтвленіяхъ относительно двухъ или нѣсколькихъ распредѣлительныхъ проводовъ, между которыми измѣненія напряженія не должны превосходить извѣстныхъ предѣловъ, напримѣръ 1,5% нормальнаго напряженія, если въ цѣпи находятся лампы накаливанія. Проводники распредѣлительной сѣти прокладываются вдоль по улицамъ и соединяются между собою такъ, чтобы они образовывали замкнутыя фигуры. Такимъ образомъ, каждый приемникъ соединяется съ генераторомъ по крайней мѣрѣ двумя различными путями, чѣмъ уменьшается вѣроятность потуханія или остановки въ случаѣ разрыва какой-нибудь точки сѣти.

Изъ электрической станціи выходятъ пучки питающихъ проводовъ, присоединяемыхъ къ распредѣлительнымъ проводамъ въ точкахъ, выбранныхъ такъ, чтобы во всей сѣти было опредѣленное напряженіе.

Чтобы облегчить прокладку проводовъ, часто по улицѣ прокладываютъ кабель неизмѣннаго сѣченія и выбираютъ точки соединенія его съ питающими проводами такъ чтобы при полной нагрузкѣ паденіе потенціала не превышало допускаемой величины. Соединенія съ питающими проводами дѣлаются преимущественно на перекресткахъ улицъ. Число такихъ соединеній полезно увеличивать, съ цѣлью уменьшать трату мѣди въ сѣти. Для данной величины паденія напряженія вѣсь распредѣлительныхъ проводовъ мѣняется почти обратно пропорціонально числу питающихъ проводовъ. Вѣсь питающихъ проводовъ почти не зависитъ отъ ихъ числа, такъ какъ все количество электричества, проходящее по нимъ, остается неизмѣннымъ. Считаютъ обыкновенно, что въ сѣти, питаемой токомъ въ 110 вольтъ, должно быть отъ 15 до 30 питающихъ проводовъ на 0,5 квадратнаго километра.

При такой канализаціи слѣдуетъ всѣ вѣтви защищать главными предохранителями, помѣщенными во всѣхъ точкахъ, черезъ которыя можетъ входить токъ. Напримѣръ, каждый питающій проводъ надо оканчивать съ обоихъ концовъ плавкими проводниками, такъ какъ, если въ какой-нибудь изъ его частей образуется короткое замыканіе, то токъ пойдетъ

къ мѣсту порчи съ обѣихъ сторонъ, и если съ обѣихъ же сторонъ есть предохранители, то они расплавятся и изолируютъ питающій проводъ.

Разстояніе, на которое питающіе провода могутъ удаляться отъ центральной станціи, зависитъ отъ разности цѣны, въ которую обходится электрическая энергія и цѣны, за которую она продается. Очевидно, что по мѣрѣ удлинненія питающихъ проводовъ, сумма расходовъ, зависящая отъ количества теряемой энергіи, отъ процентовъ и погашенія капитала, постоянно увеличивается. Такимъ образомъ, существуетъ предѣлъ, за которымъ эксплуатація становится невыгодной.

Для одинаковой величины паденія потенціала, вѣсь проводниковъ пропорціоналенъ квадрату ихъ длины.

Рехневскій вычислилъ, что при среднемъ паденіи потенціала въ 5% и вѣсѣ мѣди въ 5 килограммовъ на каждую лампу въ 40 ваттовъ при 110 вольтахъ наибольшая длина питающихъ проводовъ можетъ быть 700 метровъ. Чтобы увеличить эту длину до 1000 метровъ, нужно уже тратить на каждую лампу 10 килограммовъ мѣди. При тѣхъ же условіяхъ радіусы, внутри которыхъ можетъ быть производимо распределеніе по трехпроводной системѣ, будутъ соответственно 1200 и 1700 метровъ, а радіусы при пятипроводной системѣ 2400 и 3500 метровъ.

**439. Наиболѣе выгодное положеніе электрической станціи.** Гюестъ\*) задался цѣлью опредѣлить положеніе электрической станціи, предназначаемою для питанія свѣтовыхъ источниковъ, помѣщенныхъ въ отвѣтвленіяхъ. Онъ предположилъ, что провода выходятъ изъ станціи и идутъ по радіусамъ и что потеря разности потенціаловъ  $e$  постоянна въ различныхъ цѣняхъ. Называя черезъ  $2l, 2l', 2l'' \dots$  длины этихъ цѣней, черезъ  $i, i', i'' \dots$  силы токовъ, проходящихъ по нимъ, можно легко видѣть, что вѣсь проводниковъ выразился формулой:

$$P = \frac{1}{e} \sum l^2 i,$$

гдѣ  $\rho$  есть удѣльное сопротивленіе мѣди, а  $d$  ея плотность.

Это выраженіе имѣетъ видъ момента инерціи массъ,

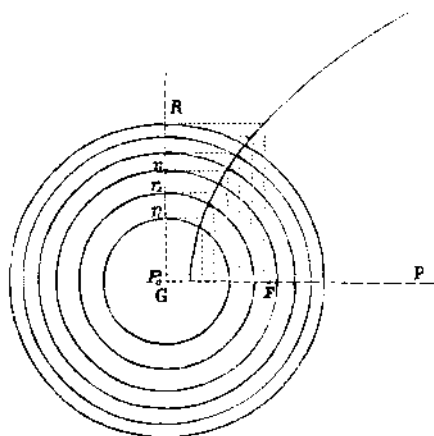
\*) *Bulletin. de l'Ass. des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore*, 9 février 1890.

равныхъ  $i, i', i'' \dots$ , помѣщенныхъ въ точкахъ нахожденія источниковъ свѣта, относительно центра, гдѣ находится электрическая станція. Но такой моментъ инерціи будетъ минимумъ, когда точка, относительно которой онъ взятъ, совпадетъ съ центромъ тяжести системы, что дастъ сейчасъ наибольшее выгодное положеніе станціи.

Часто практическія соображенія мѣшаютъ помѣстить станцію въ опредѣленномъ такимъ образомъ мѣстѣ, но требуютъ ея помѣщенія въ одномъ изъ другихъ. Выбрать наилучшее изъ нихъ можно, замѣчая, что моментъ инерціи относительно точки, находящейся на разстояніи  $R$  отъ центра тяжести, равенъя моменту инерціи относительно этого центра плюс  $R^2 \Sigma i$ . Слѣдовательно, очевидно, что самымъ выгоднымъ мѣстомъ будетъ точка, лежащая насколько возможно ближе къ центру тяжести, и предыдущее выраженіе позволяетъ сейчасъ же вычислить увеличеніе расхода мѣди, вызываемое перемѣщеніемъ станціи изъ центра тяжести въ точку, находящуюся отъ него на разстояніи  $R$ . Дѣйствительно, если назвать черезъ  $\Omega$  минимумъ момента инерціи, а черезъ  $I$  силу всего тока, то мы будемъ имѣть:

$$P = \frac{4 \rho p}{e} (\Omega + R^2 I). \quad (1)$$

Если  $R$  и  $P$  разсматривать какъ переменныя, то это уравненіе дастъ параболу.



Фиг. 283.

Изъ предыдущаго можно заключить, что мѣста электрическихъ станцій, вызывающія одинаковую трату мѣди, находятся на окружностяхъ, центромъ которыхъ служить центръ тяжести. Расходъ мѣди растеть какъ абсциссы параболы, ординаты которой выражаютъ разстояніе до центра тяжести (фиг. 283).

Гоестъ замѣчаетъ, что предыдущія разсужденія могутъ быть съ успѣхомъ приложены для станцій, предназначенныхъ для питанія дуговыхъ лампъ, освѣщающихъ работы или станціи дорогъ, гдѣ проводники обыкновенно идутъ по столбамъ и, насколько возможно, по прямымъ направленіямъ. Но формула (1) можетъ дать также полезныя указанія относительно выбора мѣста центральной станціи, которая должна питать при помощи питающихъ проводовъ сѣтъ изъ двухъ или нѣсколькихъ проводниковъ.

**490. Способы употребленія питающихъ проводовъ. Регулированіе полезнаго напряженія.** Различныя части сѣти, покрывающей какой-нибудь кварталъ города, соединенныя только съ одной станціей и находящіяся на различныхъ отъ нея разстояніяхъ, получаютъ токъ при помощи питающихъ проводовъ. Если силы токовъ въ различныхъ питающихъ проводахъ почти равны, то, вслѣдствіе неравенства длины этихъ проводовъ, въ нихъ происходятъ различныя паденія потенциала. Слѣдовательно, если бы начать соединять между собою оконечности питающихъ проводовъ, сходящіяся на станціи, то соединить можно было бы только группы пріемниковъ, равноудаленныхъ отъ станціи. Зоны, соединенныя съ различными пучками питающихъ проводовъ, дѣйствовали бы при различныхъ напряженіяхъ, которыя мѣнялись бы обратно пропорціонально длинѣ этихъ проводовъ.

Но обыкновенно предпочитаютъ, чтобы всѣ пріемники работали при одномъ и томъ же напряженіи, такъ какъ при этомъ можно соединять между собою распредѣлительные проводники различныхъ зонъ. При этомъ необходимо мѣнять начальное напряженіе прилагаемое къ питающимъ проводамъ въ зависимости отъ паденія потенциала въ каждомъ изъ нихъ.

Для этой цѣли существуетъ три способа:

Во-первыхъ, можно соединять между собою только тѣ пи-



таюшіе провода, въ которыхъ паденіе потенціала одинаково и для питанія такихъ пучковъ употреблять отдѣльные генераторы или отдѣльныя группы генераторовъ.

Второй способъ, примѣняемый гораздо чаще, состоитъ въ томъ, что паденіе потенціала во всѣхъ питающихъ проводахъ уравнивается помощью введенія въ болѣе короткіе искусственныхъ сопротивленій, составленныхъ изъ полосъ никкелина, помѣщенныхъ на центральной станціи. Этотъ способъ позволяетъ соединять параллельно всѣ генераторы электрической станціи, что значительно облегчаетъ управленіе станціей. Но съ другой стороны включаемыя сопротивленія вызываютъ потерю электрической энергіи. Напряженіе на станціи должно будетъ увеличиваться по мѣрѣ того, какъ токъ, возрастая, увеличиваетъ потерю въ питающихъ проводахъ.

Вычисленіе паденія потенціала въ питающихъ проводахъ дѣлается при предположеніи, что по нимъ проходитъ токъ наибольшей силы. Если измѣненія силы тока, вызываемыя включеніемъ и выключеніемъ пріемниковъ, неодинаковы въ различныхъ направленіяхъ, то могутъ произойти неравенства величинъ паденій потенціала, но обыкновенно, если только размѣщеніе пріемниковъ сдѣлано обдуманно, эти разности не будутъ замѣтны. Если же эти измѣненія слишкомъ велики, то послѣдовательно съ питающими проводами въ цѣли ихъ можно включать реостаты, при помощи которыхъ отъ времени до времени уравнивать паденіе потенціала.

Третій способъ позволяетъ поддерживать разность потенціаловъ постоянной одновременно и на станціи и въ сѣти. Онъ состоитъ въ томъ, что увеличиваютъ число питающихъ проводовъ равнаго сопротивленія. Въ теченіе часовъ, въ продолженіе которыхъ нагрузка мала, большую часть питающихъ проводовъ выключаютъ, и включают ихъ затѣмъ по мѣрѣ увеличенія потребленія такъ, чтобы поддерживать въ питающихъ проводахъ постоянное паденіе потенціала. Компанія Эдисонъ употребляетъ такимъ образомъ отъ 30 до 40 питающихъ проводовъ на каждую центральную станцію, причемъ соединительныя коробки помѣщаются на перекресткахъ улицъ.

Система эта даетъ меньшую отдачу, чѣмъ предыдущая, такъ какъ она вызываетъ постоянное паденіе потенціала въ

продолженіе всѣхъ сутокъ, тогда какъ, если оставлять постоянно въ цѣпи всѣ питающіе провода, то напряженіе, поддерживаемое на станціи, достигаетъ наибольшей величины только въ часы наибольшей нагрузки.

Въ случаяхъ, когда питаемый районъ очень великъ, приходится увеличивать число электрическихъ станцій, размѣщая ихъ по возможности въ центрахъ участковъ, которые онѣ должны питать. Часто распределительныя сѣти этихъ участковъ соединяють между собой, что позволяетъ питать всѣ сѣти въ часы наименьшаго потребленія отъ одной станціи. Въ эти часы паденіе потенциала въ сѣтяхъ самое небольшое и поэтому напряженіе въ сѣти будетъ достаточно однородно.

Мы видѣли, что напряженіе въ точкахъ, гдѣ питающіе провода соединяются съ распределительными проводами, измѣряется на центральныхъ станціяхъ вольтметрами, соединенными съ соединительными коробками особыми тонкими (*испытательными*) проволоками. Если нѣсколько питающихъ проводовъ исходятъ изъ одного начала, то для нихъ проволоки соединяются съ однимъ и тѣмъ же вольтметромъ, который такимъ образомъ даетъ среднее напряженіе въ соотвѣтствующихъ точкахъ соединенія, если только при помощи добавочныхъ сопротивленій уравнивать сопротивленія тонкихъ проволокъ, идущихъ къ вольтметру, и если сопротивленіе вольтметра достаточно велико, сравнительно съ сопротивленіями этихъ проволокъ. Упомянутыя добавочныя сопротивленія только въ нѣсколько омовъ необходимы, чтобы помѣщать тонкимъ проволокамъ быть сожженными въ случаѣ образованія ненормальной разницы напряженій въ соединительныхъ коробкахъ.

Тонкія проволоки эти можно также присоединять къ проводникамъ-распределителямъ въ точкахъ между соединительными коробками, гдѣ паденіе напряженія наибольшее.

Можно избѣжать употребленія этихъ проволокъ, прокладка которыхъ представляетъ нѣкоторыя затрудненія, измѣряя паденіе напряженія въ питающихъ проводахъ по силѣ проходящаго по нимъ тока. Амперметръ, помѣщаемый въ началѣ питающаго провода, сопротивленіе котораго  $r$  можно градуировать такъ, чтобы онъ прямо показывалъ паденіе потен-

ціала  $i_r$ . Изъ этой послѣдней величины выводятъ напряженіе, которое надо поддерживать у зажимовъ генераторовъ. Этотъ способъ требуетъ двухъ отсчетовъ: одного на амперметрѣ, другаго на вольтметрѣ, соединенномъ съ динамомашинами.

Одного изъ отсчетовъ можно избѣжать, употребляя дифференціальныи методъ: на вольтметрѣ дѣлаются двѣ обмотки, находяшіяся на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ подвижнаго магнита и дѣйствующія на него въ обратныхъ направленіяхъ. Одна изъ обмотокъ, сдѣланная изъ тонкой проволоки, соединяется непосредственно съ зажимами генератора. Вторая обмотка состоитъ только изъ одного оборота проводника, черезъ который проходитъ токъ, идущій въ питающій проводъ. Когда сила тока равна нулю, отклоненіе стрѣлки прибора даетъ напряженіе у зажимовъ генератора, равное въ этомъ случаѣ напряженію въ точкахъ соединенія питающихъ проводовъ и сѣти. При увеличеніи силы тока, отклоненіе стрѣлки начинаетъ уменьшаться. Чтобы удержать это отклоненіе постояннымъ, надо увеличить напряженіе у зажимовъ генератора на столько, чтобы усиленіе дѣйствія тонкой обмотки было компенсировано дѣйствіемъ толстой. Слѣдовательно, регулированіе состоитъ въ томъ, что напряженіе у зажимовъ генератора мѣняютъ до тѣхъ поръ, пока стрѣлка не придетъ въ первоначальное положеніе.

**491. Положеніе точекъ соединенія питающихъ проводовъ съ сѣтью.** Опредѣленіе точекъ присоединенія питающихъ проводовъ къ сѣти дѣлается при помощи вычисленій, иногда весьма трудныхъ, основанныхъ на законахъ Киргофа. Для облегченія задачи предполагаютъ, что обратные проводы замѣнены землей, сопротивленіе которой принимается равнымъ нулю. Чтобы получить истинную потерю напряженія, нужно допустить, что сопротивленіе различныхъ частей проводниковъ сѣти удвоено.

Задачи такимъ образомъ можетъ быть сведена къ слѣдующей. Данъ распределительный проводъ, концы котораго поддерживаются при постоянномъ напряженіи при помощи питающихъ проводовъ. Къ этому проводу присоединяются въ различныхъ мѣстахъ вѣтви, по которымъ проходятъ токи силъ  $i_1, i_2, i_3 \dots i_n$ .

Отрѣзки распределительнаго провода, ограниченные точками, откуда идутъ вѣтви, имѣютъ сопротивленія, соответственно равныя  $r_1, r_2, r_3 \dots r_n + 1$ . Требуется опредѣлить наибольшую величину паденія потенціала въ распределительномъ проводѣ.

Пусть  $I_1, I_2, I_3, \dots I_n + 1$  будутъ неизвѣстныя силы токовъ въ послѣдовательныхъ отрѣзкахъ распределительнаго провода. Существуетъ точка, которая одновременно получаетъ токъ отъ обоихъ концовъ этого провода. Положеніе этой точки раздѣла часто приблизительно дается распределеніемъ пріемниковъ. Предполагаютъ, напримѣръ, что она лежитъ въ точкѣ присоединенія вѣтви  $i_3$ , и помѣчаютъ направленіе токовъ  $I$ . Затѣмъ примѣняютъ первый законъ Киргофа къ различнымъ вѣтвямъ и получаютъ послѣдовательно:

$$I_1 - I_2 = i_1, \quad (1)$$

$$I_2 - I_3 = i_2, \quad (2)$$

$$I_3 + I_4 = i_3, \quad (3)$$

$$I_3 - I_4 = i_4, \quad (4)$$

$$\dots$$

$$I_n + 1 - I_n = i_n. \quad (n)$$

Выражая, что паденіе напряженія одинаково по обѣ стороны вѣтви  $i_3$ , получаютъ еще дополнительное уравненіе:

$$i_1 r_1 + I_2 r_2 + I_3 r_3 = I_1 r_1 + I_2 r_2 + \dots + I_n + 1 r_n + 1. \quad (n+1)$$

Эти  $(n+1)$  уравненій позволяютъ опредѣлить величины  $I$ . Обыкновенно довольствуются нахожденіемъ величинъ  $I_3$  и  $I_4$ . Если для обѣихъ этихъ величинъ получаются положительные значенія, то изъ этого явствуетъ, что выбранная точка и будетъ соответствовать точкѣ раздѣла токовъ. Какъ исключительный случай можетъ встрѣтиться такой, когда одна изъ силъ токовъ будетъ равна нулю. Это покажетъ, что одинъ изъ отрѣзковъ распределительнаго провода остается пассивнымъ. Если для одной изъ силъ токовъ получимъ отрицательную величину, то это покажетъ, что точка раздѣла лежитъ въ сторонѣ отрѣзка, по которому проходитъ этотъ отрицательный токъ. Если напримѣръ величина  $I_4$  отрицательна, то надо провѣрить, будетъ ли  $i_4$  больше  $I_4$ . Если это такъ, то точки

раздѣла лежать у основанія вѣтви  $i$ . Если же этого нѣтъ, то придется идти далѣе, вычисляя величины  $I_1$  и  $I_2$  изъ уравненій (4), (5), ... и т. д., пока не будетъ найдена истинная точка раздѣла.

Опредѣливъ положеніе этой точки, находятъ наибольшую величину напряженія, складывая величины паденія потенциала, начиная отъ точки раздѣла до концовъ распределительнаго провода. Если полученная сумма дастъ величину паденія большую, чѣмъ допустимыя измѣненія напряженія, то придется сблизить точки присоединенія питающихъ проводовъ.

Если между соединительными коробками находится сложная система распределительныхъ проводовъ, то законы Киргофа даютъ возможность опредѣлять силы токовъ въ различныхъ вѣтвяхъ этой системы и слѣдовательно точки раздѣла, гдѣ происходятъ наибольшія паденія напряженія.

Чтобы провѣрить вычисленія, можно пользоваться слѣдующимъ эмпирическимъ способомъ, оказавшимъ большія услуги при устройствѣ электрической сѣти въ Миланѣ и въ Берлинѣ. На планѣ города, сдѣланномъ въ большомъ масштабѣ на деревянной доскѣ, изображаютъ всѣ питающіе провода, распределительные провода и отвлѣтленія при помощи мельхіоровыхъ проволокъ, прикрѣпляемыхъ къ дереву скобочками. Сопротивленія этихъ проволокъ составляютъ опредѣленную часть вычисленныхъ сопротивленій соответствующихъ частей сѣти. Къ началу питающихъ проводовъ присоединяютъ полюсы гальванической батареи и, при помощи чувствительнаго дифференціального гальванометра, измѣряютъ разность потенциаловъ въ соединительныхъ коробкахъ и у зажимовъ пріемниковъ. Если измѣненія напряженія выходятъ изъ допусковыхъ предѣловъ, то мѣста соединеній питающихъ проводовъ перемѣщаютъ и такимъ образомъ ошупью отыскиваютъ положенія для точекъ соединенія, при которыхъ будетъ существовать требуемая однородность напряженій.

#### 492. Измѣненія производства электрической энергіи.

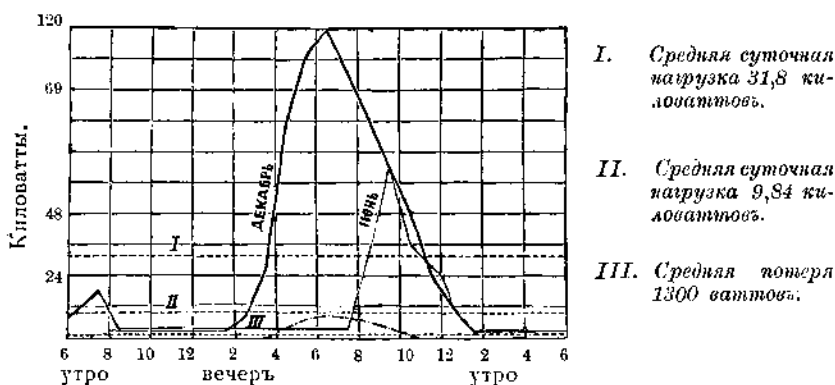
Разсмотримъ теперь способы регулировки, примѣняемые для полученія въ мѣстѣ, откуда начинаются питающіе провода

измѣненій величины разности потенциаловъ, необходимыхъ для поддержанія въ цѣпи постоянного напряженія.

Если всѣ питающіе провода получаютъ токъ отъ одной динамомашинны и если въ нихъ паденія потенциала одинаковы, то достаточно снабдить индукторы динамомашинны смѣшанной обмоткой, вычисленной такимъ образомъ, чтобы требуемый результатъ достигался при нормальной скорости вращенія арматуры. Это просто будетъ частный случай, для котораго надо вычислить машину со смѣшаннымъ возбужденіемъ. Простѣйшій случай этой категоріи будетъ случай дома, снабженнаго проводниками для освѣщенія, соединенными двумя болѣе или менѣе длинными проводами съ динамомашинной.

При распределеніи сколько-нибудь значительнаго количества электрической энергіи, потребление ея бываетъ обыкновенно очень различно въ различные часы сутокъ.

На помѣщаемой ниже діаграммѣ (фиг. 284) показаны



измѣненія потребления энергіи, предназначенной для освѣщенія частныхъ домовъ и помѣщеній, въ теченіе сутокъ въ Декабрѣ и въ Юнѣ. Наибольшее количество энергіи, производимое станціей, равнялось 120 киловаттамъ. Въ теченіе Юня наибольшее потребление тока, которое происходитъ между 9 и 10 часами вечера, равнялось 65 киловаттамъ, но средняя суточная нагрузка не превосходила 9,84 киловатта.

Въ Декабрѣ наблюдаются два максимума потребления, одинъ между 7 и 8 часами утра, другой между 6 и 7 часами

вечера. Средняя суточная нагрузка въ Декабрѣ увеличивается до 31,8 киловатта.

Небольшая продолжительность времени, пока нагрузка имѣетъ максимальную величину, объясняетъ, почему въ теченіе этого времени можно допускать въ питающихъ проводахъ большое паденіе потенціала, въ 20% и больше, если средняя величина паденія удовлетворяетъ правилу экономичности Кельвина. Во многихъ существующихъ сѣтяхъ допускаются наибольшія паденія потенціала въ 15% въ питающихъ проводахъ, 2% въ распредѣлительныхъ проводахъ и въ 1% въ вѣтвяхъ.

Если бы электрическія станціи могли ночью служить для освѣщенія, а днемъ питать электродвигатели у частныхъ лицъ или, напримѣръ, помѣщенныя въ вагонахъ трамваевъ, то средняя суточная ихъ производительность былъ бы значительно увеличена, но до сихъ поръ средняя годовая производительность въ городахъ не превышаетъ 10% — 20% наибольшей нагрузки. Годовое число часовъ горѣнія лампъ мѣняется отъ 300 до 1000, смотря по характеру города.

Если бы весь токъ производился одной динамомашинной, приводимой въ движеніе большимъ паровымъ двигателемъ, то эта машина работала бы при дурныхъ условіяхъ для отдачи въ часы, когда потребленіе энергіи малое т. е. въ продолженіе большей части года. Кромѣ того пришлось бы еще устанавливать запасную пару такихъ же машинъ на случай порчи первой пары.

Поэтому предпочитаютъ употреблять нѣсколько динамомашинъ, конечно болѣе слабыхъ, приводимыхъ въ движеніе отдѣльными двигателями, которые пускаются въ ходъ по мѣрѣ увеличенія потребленія, такъ, что каждая изъ нихъ работаетъ при выгодныхъ условіяхъ. Кромѣ того паровыя машины можно регулировать такъ, чтобы получать наибольшую отдачу при средней нагрузкѣ, что особенно легко съ машинами двойнаго расширенія.

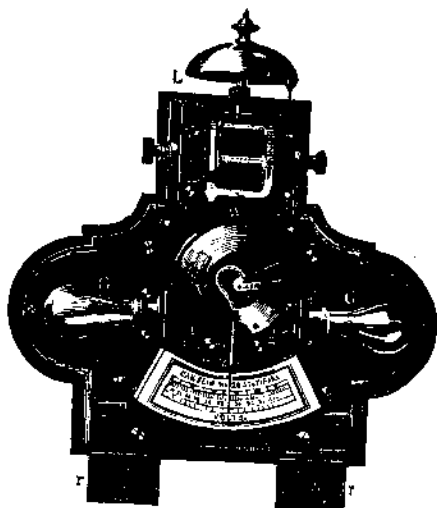
Когда динамомашинны приходится соединять параллельно, съ цѣлью удовлетворить возрастающему потребленію энергіи, то смѣшанное возбужденіе только затрудняетъ эти соединенія, поэтому предпочитаютъ употреблять машины съ параллель-

нымъ возбужденіемъ. Въ цѣпь индукторовъ включаютъ реостаты, позволяющіе мѣнять разность потенціаловъ у зажимовъ машинъ.

Раньше чѣмъ соединить динамомашину параллельно съ тѣми, которыя уже питаютъ цѣпь, ее надо довести до той же разности потенціаловъ у зажимовъ, которая имѣется у уже работающихъ машинъ. Когда каждую машину приводить въ движеніе отдѣльный двигатель, то часто изъ предосторожности даже заставляютъ машину давать нормальный токъ, соединяя ее съ искусственнымъ сопротивленіемъ изъ полосъ никкелина. При этомъ паровой двигатель начинаетъ работать уже какъ слѣдуетъ. Когда все это сдѣлано, то при помощи коммутатора включаютъ динамомашину въ цѣпь.

Дежурный на станціи долженъ все время смотрѣть на вольтмеръ, соединенный съ сѣтью, и измѣнять сопротивленія реостатовъ въ цѣпи индукторовъ машинъ, когда напряженіе въ цѣпи мѣняется. Чтобы облегчить это измѣненіе сопротивленій, всѣ рукоятки реостатовъ соединяютъ съ одной осью, вращая которую одновременно мѣняютъ всѣ сопротивленія.

Чтобы заставлятъ дежурнаго больше обращать вниманіе на вольтметръ, иногда заставляютъ его стрѣлку играть роль



Фиг. 285.



релѣ и приводить въ дѣйствіе сигнальные приборы немедленно, какъ только напряженіе выйдетъ изъ указанныхъ предѣловъ. На фиг. 285 изображенъ приборъ Фейна, предназначенный для этой цѣли. Къ стрѣлкѣ вольтметра  $V$  прикрѣплены двѣ пружины съ платиновыми контактами, которыя могутъ прикасаться по очереди къ двумъ задержкамъ 1 и 2, и замыкать этимъ самымъ батарею, приводящую въ дѣйствіе звонокъ  $L$  и пѣнь одной изъ лампъ  $G$  или  $G'$ , имѣющихъ различную окраску. Дежурный, вниманіе котораго будетъ привлечено звонокомъ, по цвѣту горящей лампы увидить, въ какомъ направленіи онъ долженъ мѣнять сопротивленіе реостатовъ. По этому пути пошли и дальше и заставили вольтметръ производить автоматическія измѣненія сопротивленій реостатовъ. Для этой цѣли достаточно употребить приспособленіе, подобное указанному на фиг. 281. Релѣ  $R$ , обмотка котораго дѣлается такая, какъ у вольтмера, соединяется съ проволоками, идущими къ вольтметру, такимъ образомъ, чтобы при измѣненіяхъ напряженія черезъ соленоиды  $S^1$  и  $S^2$  начинали проходить токи, включающіе или выключающіе сопротивление  $W$  въ цѣпи индукторовъ.

Чтобы получить болѣе энергичное дѣйствіе, Сименсъ иногда замѣняетъ соленоиды маленькими электрическими двигателями, вращающими рукоятку  $K$ . Перемѣщеніе катушки  $U$  между задержками  $z^1$  и  $z^2$  мѣняетъ тогда направленіе тока, проходящаго черезъ катушку двигателя, а слѣдовательно и направленіе вращенія этой катушки.

## СИСТЕМЫ КОСВЕННОГО РАСПРЕДѢЛЕНІЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГІИ.

493. Мы до сихъ поръ предполагали, что электрическій токъ, производимый на станціи, непосредственно направлялся въ пріемники. Когда эти пріемники помѣщаются внутри жилыхъ помѣщеній, то безопасность требуетъ не увеличивать напряженія тока болѣе 200 вольтъ. Это ограниченіе суживаетъ районъ, который можно питать съ одной станціи и заставляетъ помѣщать станцію въ фиктивномъ центрѣ тяжести системы пріемниковъ (§ 489).

Если, поэтому, приходится питать очень большой районъ, то необходимо увеличивать число генераторныхъ станцій. Но помѣщеніе станцій въ центрѣ большихъ городовъ можетъ вызвать разныя возраженія. Очень часто трудно найти въ коммерческихъ и богатыхъ кварталахъ соотвѣтствующія помѣщенія. Чтобы избѣжать нареканій, приходится жечь дорогой бездымный уголь и подвозить его часто можно только въ повозкахъ, что еще болѣе увеличиваетъ его цѣнность. Наконецъ въ центрѣ города часто очень трудно доставать воду для конденсаціи, что мѣшаетъ употреблять наиболѣе экономичныя системы паровыхъ двигателей.

Всѣ эти соображенія заставляютъ выносить электрическія станціи изъ центра города и помѣщать ихъ въ промышленныхъ кварталахъ, вблизи путей, облегчающихъ доставку топлива. Близость водянаго пути удешевляетъ доставку топлива и одновременно доставляетъ воду для питанія котловъ и для конденсаціи пара.

Приближая трансформаторы и аккумуляторы можно увеличивать напряженіе тока, а слѣдовательно можно и переносить станціи на болѣе далекое отъ района потребленія разстояніе, не увеличивая особенно вѣса проводовъ.

Чтобы показать уменьшеніе вѣса мѣди, получающееся при примѣненіи тока высокаго напряженія  $e$ , слѣдуетъ слѣдующее вычисленіе. Назовемъ черезъ  $e_1$ ,  $i_1$  количество энергіи, распределяемое проводникомъ, сѣченіе котораго равно  $s_1$ , а сопротивление  $r_1$ . При низкомъ напряженіи то же количество энергіи  $e_2$ ,  $i_2 = e_1$ ,  $i_1$  потребовало бы проводника съ сѣченіемъ  $s_2$  и сопротивленіемъ  $r_2$ . Если потеря энергіи одинакова, то

$$r_1 i_1^2 = r_2 i_2^2,$$

откуда

$$\frac{i_1^2}{s_1} = \frac{i_2^2}{s_2} \text{ или } \frac{s_1}{s_2} = \frac{i_1^2}{i_2^2} = \frac{e_2^2}{e_1^2}$$

т. е. сѣченіе проводовъ обратно пропорціонально квадратамъ напряженій.

Для равной потери и равнаго сѣченія длина питающихъ проводовъ пропорціональна квадратамъ напряженія. Если критеріумомъ служить правило лорда Кельвина, то

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{s_1}{s_2} = \frac{e_2}{e_1}$$

**494. Употребление трансформаторовъ переменнаго тока.** Примѣненіе динамомашииъ и трансформаторовъ переменнаго тока даетъ весьма заманчивое рѣшеніе вопроса о питаніи большого района отъ одной станціи. При помощи первыхъ электрическая энергія получается при весьма высокихъ напряженіяхъ, что позволяетъ передавать ее на разстояніе многихъ километровъ при посредствѣ довольно тонкихъ кабелей. Трансформаторы, помѣщаемые вблизи пунктовъ утилизациі электрической энергіи, понижаютъ ея напряженіе до требуемыхъ предѣловъ. Такъ какъ при этой комбинаціи кабели употребляются тонкіе, то ихъ можно въ нѣкоторыхъ случаяхъ вести по столбамъ или по крышамъ домовъ. Какъ видно, при этой комбинаціи канализація обходится значительно дешевле, чѣмъ при способѣ прямого распределенія. Кромѣ того цѣпь, питающая пріемники, совершенно изолирована отъ цѣпи генераторовъ, такъ что постоянно случающіяся въ домахъ порчи изолировки не вліяютъ на общую работу сѣти, тогда какъ при системахъ прямого распределенія земное сообщеніе въ какой-нибудь частной установкѣ вліяетъ на работу всей сѣти, до самой центральной станціи. Въ частномъ случаѣ, когда вслѣдствіе порчи изолировки въ какой-нибудь отдѣльной установкѣ произойдетъ короткое замыканіе, при прямомъ распределеніи сила тока возвысилась бы до очень большой величины, раньше чѣмъ расплавились бы предохранители. При распределеніи энергіи при помощи трансформаторовъ увеличеніе силы тока будетъ меньшее, такъ какъ вторичный токъ ограниченъ работоспособностью прибора, служащаго для преобразованія энергіи.

Трансформаторы можно устанавливать и у абонентовъ, но тогда нужно первичную цѣпь защитить такъ, чтобы до нея нельзя было дотронуться. Эта система размѣщенія трансформаторовъ позволяетъ питать установки абонентовъ разбросанныхъ по всему району сѣти, какъ это часто бываетъ въ маленькихъ городахъ. Иногда одинъ и тотъ же трансформаторъ можетъ служить для группы сосѣднихъ домовъ, провода которыхъ вмѣстѣ образуютъ вторичную распределительную сѣть.

Въ § 465 мы видѣли, что въ трансформаторахъ достаточной работоспособности потеря энергіи не превышаетъ 4—7%,

когда нагрузка прибора больше половины его нормальной работоспособности. Слѣдовательно, количество энергіи, затрачиваемое въ первичной цѣпи, мало отличается отъ количества энергіи, собираемого въ цѣпи вторичной. Съ другой стороны отношеніе между величинами напряженій въ первичной и вторичной цѣпяхъ остается постояннымъ и равнымъ отношенію чиселъ оборотовъ проволоки въ обѣихъ обмоткахъ. Отсюда слѣдуетъ, что если въ индуктирующую цѣпь электрическая энергія доставляется въ формѣ тока постоянной силы, то практически и во вторичной обмоткѣ сила тока будетъ постоянна. Если постоянна не сила тока, а разность потенціаловъ у зажимовъ первичной обмотки, то эта разность будетъ постоянна и у зажимовъ вторичной, по крайней мѣрѣ въ предѣлахъ работы, для которыхъ трансформаторъ предназначенъ. Формулы, данныя въ § 461, ясно на это указываютъ.

На основаніи сказаннаго можно придумать два способа распределенія энергіи при помощи трансформаторовъ.

**495. Послѣдовательное соединеніе трансформаторовъ.** Всѣ первичныя катушки трансформаторовъ, служащихъ для распределенія электрической энергіи, можно включить послѣдовательно въ цѣпь альтернатора, который возбуждается такъ, чтобы онъ давалъ токъ постоянной силы. При этомъ способѣ соединенія, придуманномъ Голардомъ (иниціаторомъ практическаго примѣненія трансформаторовъ) и примѣняемомъ въ Америкѣ Вестингоузомъ для питанія лампъ съ вольтовой дугой, всѣ пріемники должны быть включаемы послѣдовательно во вторичныя цѣпи отдѣльныхъ трансформаторовъ. При выключеніи какого-нибудь изъ пріемниковъ короткимъ замыканіемъ токъ въ остальныхъ не мѣняется. Эта система, какъ и всѣ другія системы послѣдовательнаго соединенія, даетъ возможность употребить для проводниковъ значительно меньше мѣди, чѣмъ требуется при другихъ системахъ, но за то при ней всѣ пріемники зависятъ одинъ отъ другаго и отдача становится мала, когда потребление уменьшается.

**496. Параллельное соединеніе трансформаторовъ.** Чтобы избѣжать указанной зависимости пріемниковъ одного

отъ другаго, фирма Ганцъ и К<sup>о</sup> примѣнила систему параллельнаго соединенія трансформаторовъ и пріемниковъ.

Въ этой системѣ всѣ первичныя катушки помѣщаются параллельно между распредѣлительными проводами, которые соединяются съ альтернаторами или непосредственно, или черезъ посредство питающихъ проводовъ.

Непосредственное соединеніе примѣняется тогда, когда потеря въ проводахъ, соединяющихъ трансформаторы съ генераторами, не велика, т. е. когда районъ распредѣленія не великъ, а папряженіе первичнаго тока высокое. Въ этихъ случаяхъ довольствуются тѣмъ, что постоянную разность потенциаловъ поддерживаютъ на станціяхъ.

Но для сѣтей, покрывающихъ большія поверхности, необходимо прибѣгать къ системѣ питающихъ проводовъ и мѣнять начальное напряженіе такъ, чтобы поддерживать разность потенциаловъ въ первичной цѣпи въ предѣлахъ, отличающихся на 1,5—2% отъ нормальной величины этой разности.

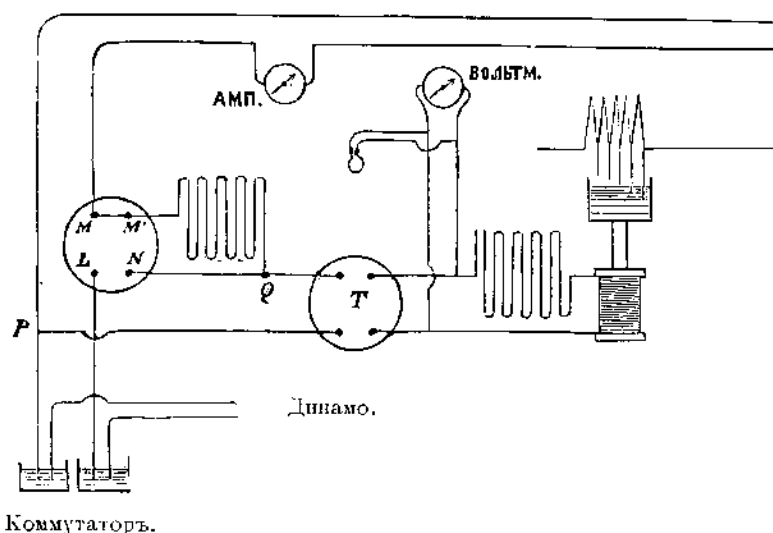
На станціи можно соединять параллельно нѣсколько генераторовъ, при томъ только условіи, чтобы ихъ фазы были заранѣе сдѣланы синхроничными (§ 442).

Паденіе потенциала въ питающихъ проводахъ можетъ во время большой нагрузки достигать большаго или меньшаго числа процентовъ начальнаго напряженія, смотря по стоимости двигательной силы.

**497. Регуляторъ Ганца и К<sup>о</sup>.** Чтобы поддерживать постоянное напряженіе въ точкахъ соединенія питающихъ проводовъ съ сѣтью, примѣняютъ различные способы. Мы опишемъ здѣсь тотъ, которымъ пользуется на центральныхъ станціяхъ фирма Ганцъ и К<sup>о</sup>. При началѣ одного изъ питающихъ проводовъ, соединеннаго съ альтернаторомъ при помощи коммутатора, описаніе котораго будетъ сдѣлано въ одной изъ слѣдующихъ главъ, въ его цѣпь включается первичная обмотка (фиг. 286) трансформатора *ML*, называемаго *уравнителемъ*.

Получаемый вторичный токъ  $I_2$ , сила котораго пропорциональна силѣ первичнаго тока  $I_1$  проходитъ черезъ искусственное сопротивленіе, соединенное съ вторичными зажимами  $M'$  и  $N$ , подобранное такъ, чтобы вторичная разность потенциа-

ловъ была бы какъ разъ равна паденію напряженія въ парѣ питающихъ проводовъ. Подобрать это сопротивление можно разъ на всегда, такъ какъ сопротивление питающихъ проводовъ не мѣняется и отношеніе между силами первичнаго и вторичнаго токовъ въ уравнилѣ тоже не мѣняется. Искусственное сопротивление будетъ четвертая пропорціональная между силами токовъ и сопротивленіемъ питающихъ проводовъ.



Фиг. 286.

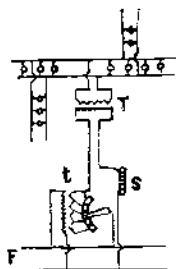
Если соединить вторичную обмотку уравнилѣ съ альтернаторомъ такъ, чтобы ихъ электродвижущія силы были противоположны, то разность потенциаловъ у зажимовъ Р и N будетъ въ точности равна той разности, которая существуетъ въ соединительныхъ коробкахъ, гдѣ соединяются питающіе провода съ сѣтью.

Точки Р и N соединяются съ трансформаторомъ Т, называемымъ *редукторомъ* т. к. онъ служитъ для полученія вторичнаго тока достаточно низкаго напряженія питающую сигнальную лампу накаливанія и проходяшаго черезъ вольтметръ, при помощи котораго можно судить о постоянствѣ напряженія въ сѣти. Редукторъ этотъ, кромѣ того, автоматически мѣняетъ возбужденіе альтернатора. Для этой цѣли въ его вторичную цѣпь

включаютъ параллельно соленоиду, по которому и проходить токъ, сила котораго можетъ быть регулируема реостатомъ. На сердечникѣ соленоида, уравновѣшенномъ пружиной, помѣщенъ сосудъ со ртутью. Въ этотъ сосудъ могутъ погружаться проволоки различной длины, при чемъ выключается большее или меньшее число проволокъ реостата включенныхъ въ возбуждающую цѣль. При измѣненіи полезнаго напряженія, сердечникъ перемѣщается и измѣняетъ названное сопротивление до тѣхъ поръ, пока сила возбуждающаго тока не достигнетъ той величины, которая нужна для возстановленія въ сѣти нормальнаго напряженія.

**498. Регуляторъ Каппа.** Каппъ, для поддержанія постоянного напряженія въ трансформаторахъ сѣти, употребляетъ другой способъ.

У зажимовъ альтернаторовъ поддерживается неизмѣнная разность потенциаловъ. Чтобы исправлять вліянія паденія напряженія въ распредѣлительныхъ проводахъ *F* (фиг. 287),



Фиг. 287.

происходящаго при увеличеніи нагрузки какого нибудь трансформатора *T*, къ этому последнему присоединяютъ регулирующий трансформаторъ *t*, первичная обмотка котораго соединена съ проводами *F*, тогда какъ вторичная состоитъ изъ отдѣльныхъ оборотовъ проволоки, которые могутъ быть соединяемы послѣдовательно съ первичной цѣлью трансформатора *T* въ любомъ числѣ и тѣмъ увеличивать его работоспособность. Соленоидъ *S*, по которому проходитъ первичный токъ трансформатора *T*, приводитъ въ движеніе посредствомъ

снабжения, не показаннаго на чертежѣ, рычагъ, вводящій автоматически въ цѣпь такое число оборотовъ проволоки трансформатора  $t$ , какое необходимо для поддержанія нормальнаго напряженія въ  $T$ .

**499. Мѣры предосторожности.** Для избѣжанія нагрѣванія проводовъ въ случаѣ образованія короткаго замыканія должны быть принимаемы обыкновенныя мѣры предосторожности. Питающіе провода, первичныя и вторичныя цѣпи трансформаторовъ должны быть поэтому снабжены плавкими предохранителями. Предохранители, предназначенные для цѣпей съ высокимъ напряженіемъ, должны быть приготовляемы съ особою тщательностью, такъ какъ расплавленіе предохранительной проволоки можетъ вызвать образованіе вольтовой дуги большой длины. Ферранти поэтому употребляетъ очень длинныя тонкія проволоки, проходящія черезъ куски фаянса, который мѣшаетъ образоваться вольтовой дугой.

Чтобы при случайномъ контактѣ между первичной и вторичной цѣпями трансформатора не дать въ распоряженіе публики токовъ опаснаго напряженія, обыкновенно уединяютъ первую цѣпь отъ второй, а также и отъ сердечника, слоемъ діэлектрика въ 8—10 миллим. толщины. Кромѣ того, были предложены и другія мѣры предосторожности.

Вотъ, напримѣръ, способъ Кардью, предназначенный для предохраненія вторичной цѣпи трансформатора отъ опасныхъ напряженій. Вторичная цѣпь трансформатора соединяется съ металлическимъ дискомъ, помѣщеннымъ на весьма маломъ разстояніи отъ другаго диска, соединеннаго съ землей. Къ этому послѣднему прикрѣпляется однимъ концомъ тонкая алюминиевая полоска, помѣщающаяся между дисками. Когда разность потенціаловъ между дисками превосходитъ 400—500 вольтъ, свободный конецъ алюминиевой полоски приподнимается вслѣдствіе электростатическаго притяженія и образуетъ контактъ между верхнимъ дискомъ и землей. Первичный токъ въ трансформаторѣ отъ этого усиливается и предохранители плавятся.

Элигу Томсонъ употребляетъ для той же цѣли другое приспособленіе: концы вторичной цѣпи соединяются съ двумя



металлическими кусками, на которые опираются двѣ пружинки, соединенныя съ землей. Пружинки нажимаютъ на металлическіе куски не непосредственно, а черезъ тоненькіе листики бумаги. Пока напряженіе во вторичной цѣпи нормально—бумажные листки изолируютъ металлическія массы отъ пружинокъ, но если, вслѣдствіе соприкосновенія съ первичной цѣпью, напряженіе возрастетъ, то токъ пройдетъ сквозь бумажки, вторичная цѣпь замкнется черезъ землю, а въ первичной цѣпи образуются токи, которые расплавятъ предохранители.

Часто довольствуются тѣмъ, что просто соединяютъ съ землей одну изъ точекъ вторичной цѣпи, что мѣшаетъ образованію высокихъ напряженій въ случаѣ контакта ея съ цѣпью первичной.

Кентъ также предлагаетъ отдѣлять первичную обмотку металлическимъ листомъ, который раздѣляютъ во избѣжаніе образованія токовъ Фуко и соединяютъ съ землей. Если въ первичной цѣпи испортится изолировка, то потенциаль въ мѣстѣ порчи станетъ равнымъ нулю.

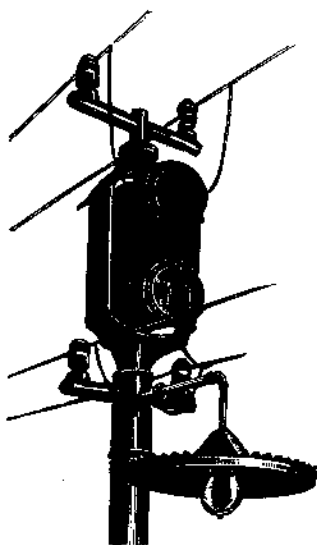
**500. Различные способы пользованія трансформаторами при ихъ параллельномъ соединеніи. Отдѣльные трансформаторы.** Существуетъ нѣсколько способовъ питать установки абонентовъ при помощи трансформаторовъ, введенныхъ параллельно въ распределительные провода.

Можно, во-первыхъ, для каждого абонента устанавливать отдѣльный трансформаторъ, помѣщая его или въ погребѣ, когда канализація подземная, на вѣшной сторонѣ дома, или на столбѣ, когда канализація воздушная. На фиг. 288 изображенъ столбъ съ трансформаторомъ Вестингауза.

Эта система позволяетъ питать установки абонентовъ находящіяся на большихъ разстояніяхъ одна отъ другой, но она даетъ, какъ мы уже видѣли въ § 468, отдачу только въ 70 или 80% (отношеніе числа ваттъ-часовъ полезныхъ къ числу потраченныхъ), если только не размыкать первичной цѣпи, когда вторичная бездѣйствуетъ, или не пускать машины въ ходъ только въ опредѣленные часы.

Это уменьшеніе отдачи приборовъ, которые при полной нагрузкѣ возвращаютъ 95% поглощаемой ими энергіи, за-

виситъ отъ того, что потери, происходящія въ сердечникѣ отъ токовъ Фуко и гистерезиса, почти не мѣняются, какова бы ни была нагрузка прибора. Чтобы увеличить среднюю величину отдачи, эти потери ослабляютъ, уменьшая размѣры сердечника, что въ свою очередь вызываетъ большую затрату мѣди для полученія прежняго полезнаго дѣйствія. Дѣйствительно, уменьшеніе величины магнитнаго потока заставляетъ увеличивать число оборотовъ проволоки, какъ въ индуктирующей обмоткѣ, такъ и въ индуктируемой. Вслѣдствіе этого



Фиг. 288.

увеличивается потеря при полной нагрузкѣ, происходящая по закону Джоуля, но средняя отдача улучшается. Большое количество мѣди увеличиваетъ паденіе напряженія во вторичной цѣпи и заставляетъ прибѣгать къ системѣ питающихъ проводовъ, позволяющей увеличивать напряженіе по мѣрѣ увеличенія нагрузки.

Свинбурнъ пошелъ по этому пути еще дальше (§ 459). Онъ устроилъ трансформаторы съ разомкнутой магнитной цѣпью, что уменьшаетъ потери отъ гистерезиса въ сердечникѣ до минимума. Но въ этомъ случаѣ является другое неудобство.

Когда вторичная цѣпь такого трансформатора разомкнута, то количество энергіи тратящееся въ первичной цѣпи очень мало, такъ какъ разность фазъ тока, и разность потенціаловъ, производимая самоиндукціей, велика. Дѣйствительно, выраженіе для доставляемой энергіи будетъ  $\frac{E_1 I_1}{2} \cos \varphi$  въ случаѣ синусоидальныхъ токовъ и  $K E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$  гдѣ  $K$  коэффициентъ работоспособности цѣпи, въ общемъ случаѣ. Въ трансформаторахъ съ незамкнутой магнитной цѣнью, гдѣ число оборотовъ проволоки въ первичной обмоткѣ очень велико, уголъ  $\varphi$  очень близокъ къ  $90^\circ$ , при работѣ безъ нагрузки. Слѣдовательно, чтобы получить количество энергіи, необходимое для намагничиванія сердечника, надо дѣлать  $I_1$  довольно большимъ. Отсюда уже видно, что потери на нагреваніе въ первичной обмоткѣ трансформаторовъ въ сѣти и въ альтернаторахъ мѣняются мало и машины на центральной станціи должны работать круглые сутки, причемъ отдача ихъ въ теченіе часовъ со слабой нагрузкой будетъ не велика. Этимъ объясняются цифры, приводимыя Присомъ для трансформаторной сѣти, въ которой, правда, примѣнены трансформаторы съ замкнутыми сердечниками. Трата топлива на станціи достигаетъ 7,2 килогр. на полезный киловаттъ-часъ и 4,8 — на каждый произведенный киловаттъ-часъ, т. е. полезное дѣйствіе системы будемъ только 67%. Свинбурнъ предложилъ уменьшать дѣйствіе самоиндукціи первичной цѣпи при помощи конденсаторовъ, которые играютъ роль отрицательной самоиндукціи; но цѣна конденсаторовъ до сихъ поръ слишкомъ высока и не существуетъ еще конденсаторовъ безъ потерь отъ діэлектрическаго гистерезиса. Общее мнѣніе теперь, что трансформаторы съ замкнутымъ сердечникомъ даютъ наилучшіе результаты если они только хорошо вычислены.

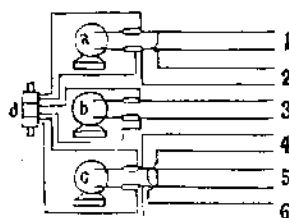
**501. Группировка трансформаторовъ на вспомогательныхъ станціяхъ.** Большее полезное дѣйствіе получаютъ, устраивая второстепенные центры распределенія, состоящіе изъ группъ трансформаторовъ большихъ размѣровъ, отдача которыхъ больше, чѣмъ отдача малыхъ трансформаторовъ. Эти второстепенные центры соединяются со вторичной сѣтью, питающей приѣмники абонентовъ, размѣщенныхъ вблизи центра.

Трансформаторы включают въ цѣпь постепенно, по мѣрѣ увеличенія потребленія и, наоборотъ, размыкаютъ ихъ вторичныя и первичныя цѣпи, когда потребленіе уменьшается. Такимъ образомъ каждый трансформаторъ работаетъ при самыхъ выгодныхъ условіяхъ и средняя величина отдачи мѣняется отъ 90 до 96%, смотря по качеству употребляемыхъ приборовъ.

Указанныя включенія и выключенія трансформаторовъ могутъ производиться автоматически.

Эти второстепенные центры распределенія помѣщаются или у кого-нибудь изъ абонентовъ, въ погребахъ, устраиваемыхъ подъ тротуарами, или же въ специальныхъ кіоскахъ. Слѣдуетъ устраивать помѣщенія съ вентиляціей, чтобы теплота, выделяемая трансформаторами, не накоплялась.

Ничто не мѣшаетъ во вторичной сѣти употреблять промежуточный проводъ и такимъ образомъ примѣнять для питанія приемниковъ трехпроводную систему.



Фиг. 289.

Въ различныхъ существующихъ сѣтяхъ боязнь соединять между собою отдѣльныя группы распределительныхъ проводовъ, въ которые токъ доставляется отдѣльными питающими проводами. Боязнь происходитъ вслѣдствіе того, что при канализаціи токовъ высокаго напряженія очень легко могутъ образоваться контакты съ землей, вслѣдствіе порчи изоляции. Двухъ такихъ контактовъ тогда будетъ достаточно, чтобы выключить изъ цѣпи всю сѣть. Поэтому-то и устраиваютъ обыкновенно частныя сѣти, не сообщающіяся между собою, въ которыя доставляютъ токъ черезъ отдѣльные питающіе провода отъ отдѣльныхъ альтернаторовъ. Если эти частныя

сѣти не велики, то съ каждой соединяется только одинъ альтернаторъ, такъ что, если какая-нибудь машина испортится, то соответствующей сѣти уже не откуда будетъ получать энергію.

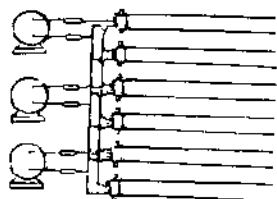
Чтобы устранить это неудобство, Свинбурнъ предложилъ употреблять нѣчто въ родѣ вспомогательнаго трансформатора *d* (фиг. 289), на которомъ сдѣлано столько катушекъ, сколько на станціи имѣется альтернаторовъ, причемъ каждый изъ нихъ соединенъ съ одной изъ катушекъ. Такимъ образомъ всѣ динамомшины будутъ соединены параллельно безъ того, чтобы между ихъ цѣпями было непосредственное сообщеніе. Токи, проходящіе черезъ катушки трансформатора, имѣютъ только такую силу, которая необходима для поддержанія синхронизма въ машинахъ. Если одна изъ машинъ, напримѣръ *A*, испортится, ее выключаютъ изъ цѣпи и соответствующая катушка трансформатора *d* начинаетъ доставлять энергію въ питающіе провода 1 и 2, пока ихъ не соединять или съ однимъ изъ остальныхъ альтернаторовъ, или съ запасной машиной.

Можно также соединять между собою вторичныя сѣти восторепенныхъ центровъ при помощи трансформаторовъ, коэффициентъ трансформации которыхъ равенъ единицѣ, чѣмъ избѣгаются прямые контакты и ослабляется вліяніе земныхъ потерь.

Такого рода комбинацій трансформаторовъ можно придумать множество. Въмѣсто того, чтобы трансформировать электрическую энергію только въ мѣстахъ утилизаціи, можно ее также трансформировать на генераторной станціи, что позволяетъ примѣнять альтернаторы, дающіе токъ слабаго напряженія, и имѣть токи высокаго напряженія только въ проводникахъ, соединяющихъ обѣ группы трансформаторовъ. Эта комбинація вызываетъ еще потерю энергіи, правда, очень небольшую, если только заставлятъ трансформаторы на станціи работать при достаточныхъ нагрузкахъ. Съ другой стороны эта система имѣетъ то преимущество, что она уменьшаетъ трудности постройки альтернаторовъ и позволяетъ уменьшать въ нихъ пространство, занимаемое изолирующими веществами, что, конечно, улучшаетъ отдачу. Наконецъ, при этой системѣ исчезаетъ всякая опасность при манипуляціи съ альтернаторами.

Если допустить такую комбинацію, то можно, какъ на это

указывает Свинбурнъ, соединять альтернаторы параллельно для первичныхъ цѣпей трансформаторовъ, предназначенныхъ для доставленія тока отдѣльнымъ питающимъ проводамъ (фиг. 290). Чтобы измѣнить напряженіе въ сѣти, достаточно измѣнить число первичныхъ оборотовъ проволоки, включенныхъ въ цѣпь каждого трансформатора.



Фиг. 290.

Ферранти пользуется въ Лондонѣ двойной трансформацией, но съ другой цѣлью. Динамомашинъ-генераторы, дающія токъ очень высокаго напряженія, установлены на разстояніи 7 километровъ отъ распредѣлительной сѣти. Они соединены съ группой трансформаторовъ, помѣщенныхъ въ центрѣ сѣти. Вторичные провода отъ этихъ трансформаторовъ идутъ къ трансформаторамъ, установленнымъ у абонентовъ, послѣдніе трансформаторы уже понижаютъ напряженіе тока до требуемыхъ предѣловъ.

**502. Употребленіе вращающихся трансформаторовъ.** Переменные токи имѣютъ тотъ недостатокъ, что до сихъ поръ они не позволяютъ примѣнять аккумуляторовъ, которые въ нѣкоторыхъ установкахъ, напримѣръ, предназначенныхъ для освѣщенія театровъ, могутъ принести огромную пользу въ случаѣ какой-нибудь порчи въ машинахъ.

Другой недостатокъ переменныхъ токовъ состоитъ въ томъ, что синхроничные двигатели переменнаго тока хуже двигателей постоянного тока съ точки зрѣнія пусканія въ ходъ и ухода за ними. Наконецъ, переменные токи непримѣнимы къ электротехническимъ операціямъ. Эти причины заставили искать системы распредѣленія при помощи трансформаторовъ постоянного тока. Наиболѣе употребителенъ до сихъ поръ способъ, къ описанію котораго мы переходимъ.

На электрической станціи устанавливается извѣстное число динамомашинъ, дающихъ постоянный токъ высокаго напряженія; машины можно соединять параллельно для того, чтобы онѣ питали, если надо, черезъ посредство питающихъ проводовъ первичную сѣть распределительныхъ центровъ, во вторичную сѣть которыхъ включены пріемники.

На вспомогательныхъ постахъ помѣщается одинъ или нѣсколько двигателей-генераторовъ, которые тоже, въ случаѣ надобности, можно соединять параллельно съ цѣлью удовлетворить требованіямъ потребленія. Каждый изъ этихъ приборовъ состоитъ изъ электрическаго двигателя, соединеннаго съ первичною цѣпью, приводящаго въ движеніе динамомашину постоянного тока низкаго напряженія, которая посылаетъ токъ въ сѣть съ пріемниками.

Обыкновенно обѣ машины, двигатель и генераторъ, имѣютъ одну общую ось, иногда даже онѣ составляютъ одну машину. Въ этомъ случаѣ индукторъ, возбуждаемый первичнымъ токомъ, окружаетъ арматуру, секція которой по очереди образована изъ тонкой и толстой проволоки. Обмотка изъ тонкой проволоки соединена съ коллекторомъ, помѣщеннымъ съ одной стороны арматуры. Черезъ нее пропускается первичный токъ. Обмотка изъ толстой проволоки, соединенная со вторымъ коллекторомъ, помѣщеннымъ съ другой стороны арматуры, производитъ токъ слабаго напряженія. Хотя такое устройство упрощаетъ машину, но за то при этомъ первичная и вторичная цѣпи въ арматурѣ очень сближены и поэтому между ними легко можетъ образоваться контактъ, вслѣдствіе котораго напряженіе во вторичной цѣпи поднимается до опасныхъ предѣловъ. Замѣтимъ, что реакція арматуры въ такой машинѣ очень слаба, вслѣдствіе противоположныхъ дѣйствій обмотокъ.

Описанная нами вкратцѣ система распределенія энергіи хуже системы распределенія при помощи трансформаторовъ переменнаго тока какъ съ точки зрѣнія отдачи, такъ и съ точки зрѣнія легкости ухода за приборами. Отдача трансформаторовъ постоянного тока не превышаетъ 80% даже при полной нагрузкѣ, тогда какъ при подобныхъ условіяхъ хорошіе трансформаторы переменнаго тока имѣютъ отдачу, превосходящую 96%. Кромѣ того, двигатели-генераторы, какъ имѣю-

шіе вращающіяся части, требуютъ постояннаго ухода: нужно слѣдить за смазкой, за положеніемъ щетокъ, регулировать скорость и напряженіе. Трансформаторы же переменнаго тока, наоборотъ, можно оставлять безъ всякаго надзора и располагать въ самыхъ маленькихъ помѣщеніяхъ.

Трансформаторы постоянного тока примѣнены въ Парижѣ Обществомъ *Société pour la transmission de la force* которое питаетъ со своей станціи, расположенной въ предмѣстьѣ Парижа Сентъ-Уанъ, четыре вспомогательныя станціи, помѣщенные въ Анберѣ, Сентъ-Дени и Парижѣ. Первичныя линіи воздушныя почти на всемъ протяженіи. Линіи, идущія на двѣ станціи Парижа, расположенныя вдоль рельсъ Сѣверной дороги, идутъ по воздуху на протяженіи 7,5 километра.

Генераторы, каждый въ 100 силъ, возбуждаемые отдѣльными динамомашинами слабаго напряженія, даютъ токъ при напряженіи въ 3000 вольтъ. Генераторы соединяются параллельно по мѣрѣ увеличенія потребленія.

Чтобы уменьшить искры при выключеніи какой-нибудь изъ машинъ, токъ отъ нея пропускаютъ черезъ водяной реостатъ, желѣзные электроды котораго постепенно раздвигаютъ, пока не уменьшать достаточно силу тока.

**503. Распределеніе при помощи многофазныхъ токовъ.** Машины, производящія многофазные токи, даютъ еще одну систему трансформации токовъ высокаго напряженія, которыми можно пользоваться для пріемниковъ. Мы познакомимся дальше съ приборомъ Шуккерта, позволяющимъ преобразовывать двухфазный токъ въ токъ постоянного направленія. Электрическая энергія можетъ быть передаваема на разстоянія въ видѣ двухфазныхъ токовъ высокаго напряженія и на вспомогательныхъ станціяхъ преобразовываться въ токи слабаго напряженія: эти послѣдніе, при помощи приборовъ Шуккерта, можно уже преобразовать въ постоянный токъ.

Пользуются также трехфазными токами, распределяемыми по трехпроводной сѣти. Пріемники въ этомъ случаѣ соединяются съ тремя кабелями звѣздой или треугольникомъ.

Можно сравнить съ точки зрѣнія экономіи проводниковъ системы одно-, двухъ и трехфазную. Если задаться величиной



наибольшей электродвижущей силы между двумя проводниками и принять за 1 вѣсь мѣди, требуемый для передачи опредѣленнаго количества энергіи по закону Джоуля, то для однофазнаго тока при равной величинѣ потери по закону Джоуля вѣсь мѣди будетъ равняться 2, для двухфазнаго, при двухъ совершенно отдѣльныхъ цѣпяхъ, онъ будетъ тоже равняться 2, при общей же обратномъ проводѣ (3 провода вмѣсто 4)—2,91 и для трехфазнаго тока—1,5.

Изъ приведенныхъ цифръ видно, что преимущество на сторонѣ постоянного тока. Но при передачѣ на большія разстоянія, высокія напряжения, которыя приходится примѣнять, заставляютъ прибѣгать къ переменнымъ токамъ, чтобы имѣть возможность употребить трансформаторы.

Однофазные токи, наиболѣе простые съ точки зрѣнія распредѣленія, неудобны для производства двигательной силы, такъ какъ еще нѣтъ хорошихъ однофазныхъ электродвигателей, легко начинающихъ движеніе. Двухфазные токи не обладаютъ этимъ недостаткомъ, будучи въ то же время удобны для распредѣленія, такъ какъ возможно исполнѣ раздѣлить обѣ цѣпи. Кромѣ того, двухфазные генераторы развиваютъ весьма постоянное количество электрической энергіи и производятъ убыльное полезное дѣйствіе большее, чѣмъ однофазные генераторы, производительность которыхъ очень измѣнчива.

Наконецъ, распредѣленіе помощью трехфазныхъ токовъ позволяетъ употреблять генераторы, дающіе большее полезное дѣйствіе, достигать значительной экономіи на проводахъ и пользоваться электродвигателями, легко приходящими въ движеніе при полной нагрузкѣ.

Однако эта система распредѣленія менѣе удобна для питанія лампъ, такъ какъ трудно регулировать напряженіе въ трехъ вѣтвяхъ сѣти. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ рѣшались группировать всѣ лампы на двухъ проводахъ, чтобы только можно было довольствоваться регулированіемъ напряженія только въ одной вѣтви.

Съ цѣлью соединить качества двухпроводной и трехпроводной системъ, Скоттъ предложилъ слѣдующую систему. Энергія производится генераторами двухфазовыми. Спеціальныи трансформаторъ подымающій напряженіе имѣетъ три вто-

ричные катушки и двѣ первичныя, такъ что получаются отъ него трехфазные токи. На пріемныхъ подстанціяхъ, если желаютъ примѣнить двухфазные токи для освѣщенія, производятъ обратную трансформацию.

**504. Примѣненіе аккумуляторовъ для распределенія энергіи.** Аккумуляторы даютъ другія рѣшенія вопроса о косвенномъ распределеніи энергіи при помощи постоянныхъ токовъ. Приборы эти имѣютъ передъ трансформаторами то преимущество, что они образуютъ какъ бы резервуары энергіи и играютъ роль совершенно подобную роли газометровъ на газовыхъ заводахъ. Они позволяютъ лучше пользоваться машинами на станціяхъ и уменьшать ихъ размѣры, такъ какъ машины могутъ работать непрерывно и избытокъ производимой въ нѣкоторые часы дня энергіи надъ потребленіемъ можетъ запасаться въ аккумуляторахъ. Если взглянуть на діаграмму фиг. 284, то видно, что въ случаѣ, къ которому діаграмма относится, машины должны въ декабрѣ въ нѣкоторый моментъ давать 120 киловаттовъ, тогда какъ средняя величина нагрузки не превосходитъ 31,8 киловатта. Если, слѣдовательно, употреблять аккумуляторы, имѣющіе отдачу въ 75%, то работоспособность станціи можно уменьшить на двѣ трети, при условіи, чтобы машины работали 24 часа въ сутки.

Съ другой стороны аккумуляторы представляютъ полезное средство, позволяющее уменьшать измѣненія напряженія въ сѣти, въ случаяхъ, когда ходъ двигателей не равномеренъ и даже когда они временно пріостанавливаются.

До сихъ поръ распространенію аккумуляторовъ мѣшаетъ ихъ высокая стоимость и необходимость тщательнаго ухода за ними. Тѣмъ не менѣе, постоянныя усовершенствованія въ ихъ устройствѣ позволяютъ надѣяться, что препятствія, встречаемыя для ихъ распространенія, будутъ уменьшаться съ каждымъ днемъ. Въ настоящее время большія фирмы принимаютъ на себя полное содержаніе аккумуляторовъ въ теченіе 10 лѣтъ за годовую плату въ 4—5% ихъ покупной стоимости. На многихъ электрическихъ станціяхъ батареи аккумуляторовъ употребляются для освѣщенія лампъ въ цѣли съ момента остановки машинъ, съ 12 ч. ночи или 1 ч. утра,

и до того времени, пока съ сумерки машины не будутъ пущены вновь.

Для заряженія аккумуляторовъ напряженіе тока должно быть больше, чѣмъ напряженіе въ цѣпи, поэтому для того, чтобы можно было ихъ заряжать въ то же время, когда машины питають лампы, примѣняются различныя приспособленія. Можно, наиримѣръ, раздѣлить всё аккумуляторы на двѣ группы, соединяемыя параллельно. Но лучше употреблять трансформаторъ постоянного тока, первичная цѣпь котораго соединяется съ динамомашинами, а вторичная заряжаетъ аккумуляторы, которые въ этомъ случаѣ всё остаются соединенными послѣдовательно.

Слѣдуетъ замѣтить, что отсутствіе аккумуляторовъ не мѣшаетъ электрическимъ станціямъ, устроеннымъ въ городахъ, имѣть возможность постоянно совершенно правильно доставлять въ сѣть токъ. Употребляя динамомашинны, соединяемыя параллельно и приводимыя въ движеніе независимыми двигателями и имѣя въ запасѣ двигатель и динамомашину, работающую все время хотя не включенную въ цѣпь, можно избѣжать всякой остановки, хотя бы на мгновеніе, въ распредѣленіи энергіи.

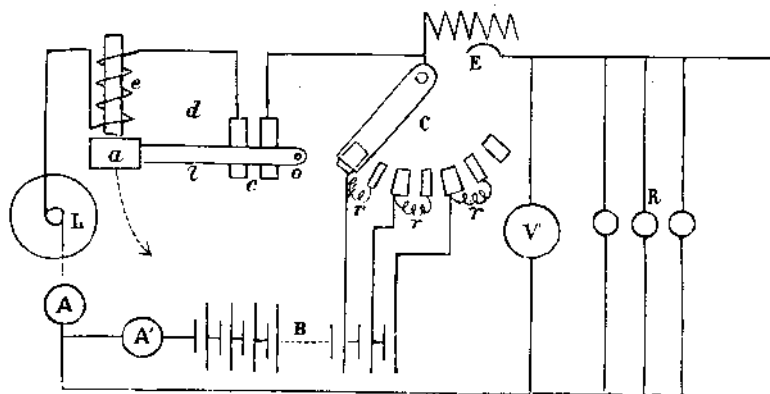
**505. Употребленіе аккумуляторовъ въ частныхъ установкахъ.** На большихъ станціяхъ, гдѣ персоналъ служащихъ великъ точно такъ же, какъ великъ и комплектъ запасныхъ приборовъ, какъ мы видѣли, можно избѣжать всякой остановки въ распредѣленіи безъ помощи аккумуляторовъ. Этого результата нельзя достигъ въ маленькихъ частныхъ установкахъ, гдѣ двигатели вдобавокъ часто имѣютъ весьма неравномѣрный ходъ, или по своей конструкціи, или потому, что имъ приходится приводить въ движеніе не только динамомашину, но и другіе приборы. Въ этихъ случаяхъ батарея аккумуляторовъ можетъ принести громадную пользу.

На фиг. 291 изображено схематическое расположеніе приборовъ, которое можетъ быть примѣняемо въ подобныхъ случаяхъ.

Динамомашина съ параллельнымъ возбужденіемъ снабжается регуляторомъ магнитнаго поля, состоящимъ изъ реостата, включеннаго въ цѣпь индукторовъ. Машина эта пи-

таетъ приёмники  $R$ , помѣщенные параллельно, и батарею аккумуляторовъ  $B$ , тоже соединенную съ машиной параллельно.

Автоматическій выключатель  $d$  прерываетъ сообщеніе между динамомашиной и аккумуляторамъ, когда, благодаря случайному замедленію хода двигателя, эти послѣдніе могутъ начать разряжаться черезъ машину. Выключатель этотъ со-



Фиг. 291.

стоитъ изъ рычага  $l$ , могущаго вращаться вокругъ точки  $O$ , который соединяетъ два контакта  $c$  и тѣмъ замыкаетъ цѣпь. На концѣ рычага помѣщена арматура, которую рукой представляютъ въ полюсамъ электромагнита, по которому проходитъ токъ. Когда сила этого тока уменьшается за нѣкоторый опредѣленный предѣлъ, то подъ дѣйствіемъ тяжести арматура отпадаетъ внизъ и цѣпь размыкается.

Обыкновенно въ подобнаго рода установкахъ динамомашина заряжаетъ аккумуляторы, когда приёмниковъ въ цѣпи нѣтъ, или же есть только небольшое число. Когда же всѣ приёмники включаются въ цѣпь, то батарея помогаетъ машинѣ питать ихъ.

Эти условія требуютъ, чтобы напряженіе у приёмниковъ, указываемое вольтметромъ  $V$ , поддерживалось бы постояннымъ. Но такъ какъ разность потенциаловъ, требуемая для заряженія аккумуляторовъ, больше напряженія, требуемаго для приёмниковъ, то въ цѣпь приходится включать реостатъ  $E$ , посредствомъ котораго напряженіе тока можно понижать и

поддерживать такимъ образомъ постоянство показаній вольтметра. Въмѣсто реостата Е можно употреблять также нѣсколько вторичныхъ элементовъ, только ихъ нужно включить противъ В.

Когда батарея В помогаетъ динамомашинѣ питать приѣмники, то реостатъ Е надо выключить изъ цѣпи и измѣнять число элементовъ батареи, включенныхъ въ цѣпь, такъ, чтобы вольтметръ V показывалъ нормальное напряженіе, а амперметръ А' силу тока, соответствующую типу употребляемыхъ аккумуляторовъ. Чтобы производить подобное регулированіе, пользуются коммутаторомъ С, посредствомъ котораго можно включать въ цѣпь или выключать изъ нея определенное число элементовъ. Чтобы рычагъ, переходя отъ одного контакта къ другому, не замыкалъ аккумуляторовъ на себя, контакты въ этомъ коммутаторѣ дѣлаются двойные, причемъ ихъ части соединяются мельхиоровыми проволоками  $\gamma$ , черезъ которыя, при дѣйствіи коммутаторомъ, проходятъ токъ отъ коммутируемыхъ аккумуляторовъ.

Для сохранности аккумуляторовъ важно, чтобы зарядженіе этихъ запасныхъ элементовъ дѣлалось весьма тщательно и провѣрялось при помощи ареометра. Безъ этой предосторожности часто случается, что элементы или переряжаютъ, или слишкомъ разряжаютъ, отчего они очень быстро портятся.

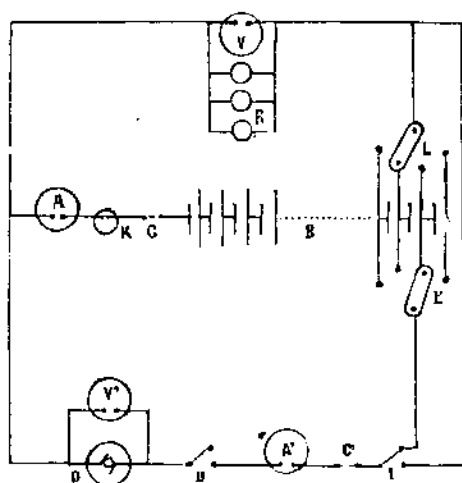
Это неудобство избѣгаютъ, совершенно устраняя коммутаторъ С и имѣя въ цѣпи, какъ при зарядѣ, такъ и при разрядѣ, всегда постоянное число элементовъ. Регулированіе напряженія тогда производится при помощи реостата Е и регулятора магнитнаго поля динамомашинны. Токъ, проходящій черезъ Е, иногда бываетъ очень силенъ, поэтому реостатъ надо приготавливать изъ полосокъ никкелина.

Размѣры элементовъ батареи В зависятъ отъ цѣли, для которой батарея предназначена. Если желаютъ, чтобы батарея доставляла значительную часть утилизируемой энергіи, то слѣдуетъ употреблять элементы большихъ размѣровъ, требующихъ продолжительнаго зарядженія. Но часто батарея аккумуляторовъ служитъ только для покрытія неравномѣрности хода двигателя и для того, чтобы дать механику время регулировать двигатель, когда въ приѣмникахъ происходятъ

быстрых изменений. Въ этомъ случаѣ надо употреблять элементы небольшихъ размѣровъ, которые всегда держатся заряженными и регулированными такъ, чтобы если выключить сопротивление  $E$ , амперметръ  $A'$  показывалъ бы силу тока, равную нулю, при нормальномъ ходѣ двигателя. Если теперь произойдутъ какія-нибудь изменения въ машинѣ или въ сѣти, аккумуляторы могутъ въ продолженіи нѣкотораго времени удовлетворять потребленію, отдавая свой запасъ электрической энергии. При двигателѣ съ неравномернымъ ходомъ, напримеръ, газовомъ, аккумуляторы играютъ роль сильного маховика и маскируютъ изменения напряженія въ динамомашинѣ. Но регулировка происходитъ только тогда, когда батарея не перегружена, такъ какъ напряженіе, которое можетъ достигать 2,7 вольтъ на элементъ при зарядѣ падаетъ до 2 вольтъ при разрядѣ. Слѣдовательно при примѣненіи аккумуляторовъ къ описанной цѣли слѣдуетъ регулировать напряженіе такъ, чтобы не превосходить 2,2 вольтъ на элементъ.

#### 506. Другія системы пользованія аккумуляторами.

Система пользованія аккумуляторами, описанная въ предыдущемъ параграфѣ, заставляетъ имѣть въ цѣпи то же напряженіе, которое нужно для заряжанія аккумуляторовъ. Слѣ-



Фиг. 229.

лавъ измѣненія, указанная на фиг. 292, этого можно избѣжать, такъ что можно заряжать аккумуляторы и въ то же время имѣть въ цѣпи пріемниковъ  $R$  болѣе слабое напряженіе, указываемое вольтметромъ  $V$ . Эта система соединенія основана на примѣненіи коммутатора съ двумя рычагами  $L$  и  $L'$  и съ промежуточными сопротивленіями, не указанными на чертежѣ. Динамомашина  $D$ , напряженіе которой измѣряется вольтметромъ  $V'$ , а сила тока амперметромъ  $A'$ , можетъ быть соединяема или съ рычагомъ  $L'$ , или съ пріемниками при помощи коммутатора  $I$ . Автоматическій выключатель  $D$  препятствуетъ разрядному току аккумуляторовъ проходить черезъ динамомашину. Въ цѣпи аккумуляторовъ изображены амперметръ  $A$  и указатель направленія тока въ аккумуляторахъ  $K$ . Предохранители  $C$  и  $C'$  дополняютъ установку.

**507. Система Монье.** Монье распространилъ описанную систему на городскія сѣти. Генераторная станція питаетъ извѣстное число второстепенныхъ станцій, на которыхъ установлены батареи аккумуляторовъ, причемъ во всѣхъ батареяхъ аккумуляторы соединены между собою послѣдовательно. Каждая изъ батарей вмѣстѣ съ динамомашинами питаетъ группу лампъ, соединенныхъ съ вторичной сѣтью.

Машины работаютъ въ теченіе опредѣленныхъ часовъ дня, напримѣръ, отъ двухъ часовъ дня до 12 ночи, давая токъ постоянной силы. Пока потребленіе энергіи мало, аккумуляторы заряжаются. Въ теченіе трехъ часовъ, когда потребленіе становится очень большимъ, аккумуляторы помогаютъ динамомашинамъ удовлетворять этому потребленію.

На каждой станціи имѣется два коммутатора: одинъ для того, чтобы можно было мѣнять число заряжаемыхъ элементовъ, второй, чтобы регулировать напряженіе во вторичной сѣти. Эта послѣдняя регулировка можетъ быть произведена также при помощи реостата, который позволяетъ измѣнять напряженія на меньшія величины, чѣмъ электродвижущая сила элемента.

При помощи такой комбинаціи можно съ не слишкомъ большимъ вѣсомъ аккумуляторовъ и съ средней двигательной силой получать хорошую отдачу. Предположимъ, въ самомъ

дѣлѣ, что динамомашинны даютъ непосредственно двѣ трети всего количества энергіи, потребляемаго въ теченіе 24 часовъ, а аккумуляторы доставляютъ остальную треть въ тѣ немногіе часы, когда потребление значительно начинается превосходить среднюю свою величину (см. фиг. 284). Если предположить, что отдача аккумуляторовъ равняется 70%, то отдача всей системы будетъ:

$$\frac{2}{3} \times 1 + \frac{1}{3} \times 0,7 = 0,9.$$

При примѣненіи этой системы предполагается, однако, что въ каждой части сѣти, питаемой отдѣльной батареей аккумуляторовъ, потребляется одинаковое количество энергіи. Но на самомъ дѣлѣ это количество не только не одно и то же въ различныхъ частяхъ сѣти, но даже въ одной и той же частп оно мѣняется изо дня въ день. Такъ какъ всѣ батареи при заряденіи соединяются послѣдовательно, то надо имѣть приспособленіе, позволяющее регулировать запасъ пропорціонально потребленію въ каждой части сѣти. Когда какая-нибудь батарея будетъ заряжена до желаемой степени, ее можно, на примѣръ, выключить изъ цѣпи и соединить непосредственно между собою проводники, связывающіе ее съ динамомашинами. Тогда эти послѣднія придется опять регулировать такъ, чтобы сила доставляемаго ими тока достигла нормальной величины.

Система Монье позволяетъ получать энергію при высокомъ напряженіи, поддерживая въ то же время умѣренную разность потенціаловъ между проводниками во вторичныхъ сѣтяхъ. Такъ, на примѣръ, при четырехъ группахъ аккумуляторовъ, дающихъ 110 вольтъ, на станціи достигаютъ напряженія въ 450—500 вольтъ, что позволяетъ питать районъ довольно большихъ размѣровъ.

Не слѣдуетъ, однако, терять изъ виду, что если между однимъ изъ полюсовъ динамомашинъ и землей случайно образуется контактъ, то проводники, соединенные со вторымъ полюсомъ, получаютъ потенціалъ въ 500 вольтъ, который можетъ произвести очень сильныя сотрясенія въ организмѣ лица, дотронувшагося до этихъ проводниковъ стоя на влажной землѣ.



Чтобы уменьшить это неудобство, Монье предлагаетъ соединять съ землей точку, находящуюся на серединѣ цѣпи машины; тогда на полюсахъ машины не можетъ быть потенциалъ выше половины общаго напряженія.

**508. Система Сименса и Гальске.** Въ секторѣ Клиши, въ Парижѣ, примѣнена система Сименса и Гальске, въ которой отдѣльныя батареи аккумуляторовъ сосредоточены на генераторной станціи и вмѣстѣ съ динамомашинами питаютъ пятипроводную сѣть (§ 487). Каждая динамомашина развиваетъ напряженіе большее, чѣмъ напряженіе батарей, соединенныхъ послѣдовательно; промежуточные питающіе провода присоединяются къ соединительнымъ проводамъ между батареями. Эти батареи поглощаютъ энергію, развиваемую динамомашинами, въ продолженіи опредѣленной части сутокъ, а въ остальное время, когда потребление превосходитъ количество энергіи, доставляемое машинами, батареи помогаютъ машинамъ питать сѣть.

Такъ какъ при такой системѣ всѣ батареи находятся подъ рукою, то есть возможность въ случаѣ надобности мѣнять соединенія между батареями и сѣтью.

Особые уравниатели (§ 487) распредѣляютъ равномерно напряженіе въ различныхъ вѣтвяхъ сѣти.

**509. Система Кинга.** Вмѣсто того, чтобы, какъ во всѣхъ описанныхъ системахъ, оставлять пріемники въ соединеніи съ заряжающей цѣпью, можно совершенно изолировать первичную сѣть отъ вторичной, помѣщая въ каждомъ центрѣ распределенія двѣ батареи, которыя заряжаются съ генераторной станціи поочередно.

Заряжаемыя батареи всѣхъ центровъ соединяются послѣдовательно и, такъ какъ онѣ не находятся въ сообщеніи съ пріемниками, то по первичной цѣпи можетъ проходить токъ очень высокаго напряженія, какъ это дѣлается при распределеніи при помощи трансформаторовъ.

Въ теченіе большей части сутокъ для питанія пріемниковъ каждой группы достаточно одной изъ батарей, помѣщенныхъ въ каждомъ центрѣ распределенія. Когда же потребление

значительно превосходить количество энергии, доставляемое одной батареей, то включают въ цѣпь обѣ параллельно.

Чтобы замѣнить при зарядженіи одну батарею другой, начинаютъ съ того, что параллельно съ заряжаемой батареей включают сопротивление, равное кажущемуся сопротивленію этой батареи. Затѣмъ ее выключаютъ изъ первичной цѣпи и соединяютъ съ цѣпью пріемниковъ, параллельно съ разряженной уже батареей. Затѣмъ эта послѣдняя соединяется параллельно съ введеннымъ сопротивленіемъ и наконецъ это сопротивление выводится изъ заряжающей цѣпи.

Система эта, принятая въ секторѣ Поппа, въ Парижѣ, требуетъ гораздо большаго числа аккумуляторовъ, чѣмъ предыдущая, такъ какъ сѣтъ пріемниковъ считается исключительно аккумуляторами. Слѣдовательно, успѣшность примѣненія этой системы зависитъ отъ стоимости аккумуляторовъ и стоимости ихъ эксплуатаціи. Кромѣ того, такъ какъ всю энергію доставляютъ аккумуляторы, то отдача системы меньше отдачи смѣшанныхъ системъ, описанныхъ раньше.

Кингъ придумалъ для лондонской станціи Chelsea систему коммутаторовъ, производящую автоматически всѣ перемѣны соединеній батарей съ сѣтями. Въ этой лондонской установкѣ напряженіе заряжающаго тока равняется приблизительно 2000 вольтъ. Когда обѣ батареи соединены параллельно, генераторная станція питаетъ въ каждомъ распредѣлительномъ центрѣ трансформаторъ постояннаго тока, который вмѣстѣ съ аккумуляторами увеличиваетъ силу тока во вторичной сѣти.

Энергія, необходимая для приведенія въ дѣйствіе автоматическихъ коммутаторовъ, заимствуется отъ элементовъ, включенныхъ въ обратномъ направленіи во вторичную цѣпь и служащихъ для регулированія въ ней напряженія.

Окончаніе зарядженія батареи обнаруживается сигнальнымъ элементомъ, одна изъ отрицательныхъ пластинъ котораго покрыта уравновѣшеннымъ колпакомъ, въ которомъ собирается выдѣляющійся водородъ. Когда количество выдѣлившагося газа соответствуетъ полному заряду, колпакъ перемѣщается и приводитъ въ дѣйствіе коммутаторы, пересоединяющіе батареи.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКІЕ СЧЕТЧИКИ.

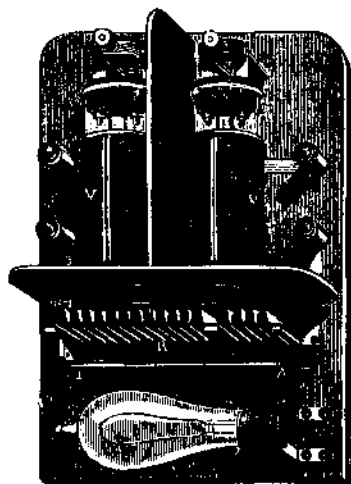
510. Въ водопроводахъ или газопроводахъ количество жидкости или газа, потребленнаго абонентомъ, служить основаніемъ таксы. При распредѣленіи электричества стоимость должна опредѣляться количествомъ потребленной энергіи.

Но такъ какъ въ большинствѣ случаевъ распредѣленіе происходитъ при постоянномъ напряженіи, то количество потребленной энергіи пропорціонально количеству доставленнаго электричества. Слѣдовательно, достаточно имѣть въ цѣпи приборъ, который бы опредѣлялъ это послѣднее количество, чтобы получить основаніе для установленія соотвѣтствующей таксы. Поэтому-то значительная часть счетчиковъ суть измѣрители количества электричества или *кулонометры*.

Замѣтимъ, что если отношеніе коэффиціента самоиндукціи къ сопротивленію пріемниковъ мѣняется, то мѣняется и запаздываніе по фазѣ. Поэтому, какъ это видно изъ выраженія для электрической энергіи переменнаго тока  $\frac{EI}{2} \cos \varphi$  (§ 182), для постоянной дѣйствующей разности потенциаловъ количество энергіи, доставленной пріемникамъ, не будетъ пропорціонально количеству прошедшаго черезъ пріемники электричества. Въ этомъ случаѣ истинные результаты даютъ только счетчики-ватметры.

511. Счетчикъ Эдисона. Для постоянныхъ токовъ счетчикомъ можетъ служить всякій вольтметръ, такъ какъ количество отложеннаго токомъ вещества пропорціонально количеству электричества, прошедшему черезъ вольтметръ. Эдисонъ употреблялъ вольтметры съ цинковымъ купоросомъ и цинковыми электродами. Чтобы не вводить слишкомъ большое сопротивленіе въ главную цѣль, токъ, питающій пріемникъ, пропускается черезъ мельхіоровую проволоку R (фиг. 293), параллельно съ которой соединены вольтметры V и V'. Каждый изъ нихъ еще соединенъ послѣдовательно съ катушкой изъ мѣдной проволоки r и r'. Сопротивленіе каждого вольтметра вмѣстѣ съ добавочной катушкой вы-

числяется такъ, чтобы черезъ электролитъ проходила тысячная часть тока, питающаго пріемники. Катушки  $r$  и  $r'$  введены для компенсаціи измѣненій сопротивленія электролита. При измѣненіи температуры сопротивленіе жидкости мѣняется. Сопротивленіе мѣди мѣняется тоже, только въ обратномъ направленіи, и эти оба сопротивленія подобраны такъ, чтобы измѣненія ихъ взаимно компенсировались. Чтобы



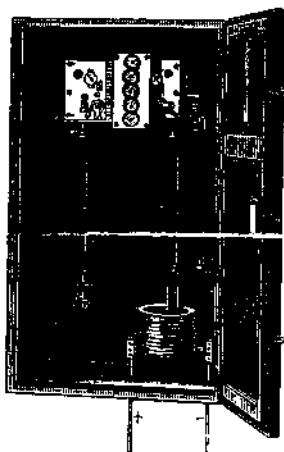
Фиг. 298.

помѣшать затвердѣванію жидкости, подъ вольтметромъ помѣщена лампа  $L$ , цѣпь которой замыкается при слишкомъ сильномъ пониженіи температуры пластинкой  $B$ , состоящей изъ двухъ металловъ. Лампа горитъ до тѣхъ поръ, пока выделяемое ею тепло не нагрѣетъ двойную пластинку до нормальной температуры, при которой она приметъ свое начальное положеніе. Ежемѣсячно одинъ изъ вольтметровъ вынимается и отправляется на станцію, гдѣ измѣряется приращеніе вѣса катода. Въ продолженіе этого времени количество проходящаго черезъ пріемники электричества измѣряется вторымъ вольтметромъ.

Если не обращать вниманіе на неудобство выключать вольтметръ и взвѣшивать катодъ, то описанный приборъ дѣйствуетъ очень хорошо. Онъ можетъ суммировать постоянный

токъ, мѣняющій свою силу даже въ десять разъ, съ точностью до 2—3%. Эта ошибка не больше, чѣмъ ошибки въ газовыхъ или водяныхъ счетчикахъ. Очевидно, что этотъ счетчикъ непримѣнимъ для переменныхъ токовъ.

**512. Счетчикъ Арона.** Во многихъ сѣтяхъ примѣняются счетчики, основанные на принципѣ, открытомъ Айртономъ и Перри. Часовой маятникъ оканчивается магнитомъ, который колеблется надъ катушкой, по которой проходитъ токъ. Токъ этотъ можетъ быть направленъ въ катушкѣ такъ, что онъ будетъ дѣйствовать на магнитъ въ томъ же направленіи, что и сила тяжести, или въ обратномъ и, такимъ образомъ, будетъ или увеличивать, или уменьшать время колебанія маятника. Поэтому часы



Фиг. 294.

будутъ или идти впередъ, или отставать на время, находящееся въ связи съ силою тока и съ промежуткомъ времени, въ продолженіе котораго токъ проходилъ по катушкѣ.

Такъ какъ измѣненія времени колебанія не велики, то, чтобы регистрировать ихъ съ нѣкоторой точностью, нужно особое приспособленіе, которое и придумалъ Аронъ. Счетчикъ Арона (фиг. 294) состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ часовъ, имѣющихъ одни—обыкновенный маятникъ, другіе—магнитный. Механизмы этихъ часовъ соединены между собою такимъ

образомъ, что на циферблатѣ, подобномъ циферблату водяныхъ и газовыхъ счетчиковъ, отмѣчается разность скоростей движенія обоихъ маятниковъ. Измѣненія температуры, дѣйствуя одинаковымъ образомъ на оба маятника, не вліяютъ сколько-нибудь замѣтно на показанія счетчика. Въ ящикѣ, въ которомъ находятся маятники, помѣщенъ отвѣсъ, позволяющій устанавливать приборъ въ вертикальномъ положеніи.

Показанія прибора зависятъ отъ постоянства магнетизма въ правомъ маятникѣ. Кратковременный сильный токъ, вызванный, напримѣръ, короткимъ замыканіемъ въ установкѣ, достаточно иногда, чтобы значительно измѣнить намагниченіе сердечника.



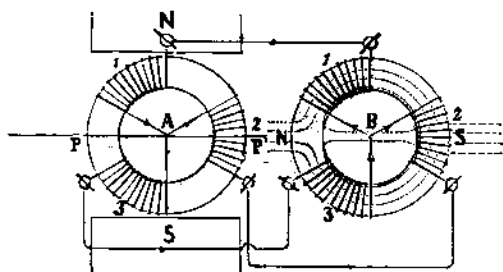
Фиг. 295.

Когда приходится измѣрять количество энергіи, поглощаемой въ цѣпи, по которой проходятъ переменные токи, то счетчикъ устраиваютъ на принципѣ ваттметра (фиг. 295). Неподвижная катушка, сдѣланная изъ толстой проволоки, по которой проходитъ потребляемый токъ, помѣщается горизонтально. Внутри нея колеблется катушка изъ тонкой проволоки, прикрѣпленная къ правому маятнику и соединенная съ точками входа и выхода тока изъ цѣпи, въ которой измѣряется количество поглощенной энергіи. Разность между числами колебанія маятниковъ пропорціональна взаимодействию катушекъ т.е. средней величинѣ работоспособности, умноженной на время.

Опыты, произведенные Каппомъ надъ счетчикомъ Арона, предназначеннымъ для постоянныхъ токовъ до 25 амперъ, показали, что постоянная прибора не отличается никогда больше, чѣмъ на 0,5% отъ средней своей величины, причемъ пропускаемый токъ измѣнялся отъ 0,65 до 25 амперъ. Наибольшее количество энергіи, потребляемое самимъ счетчикомъ не превосходить 9 ваттовъ.

Постоянные счетчиковъ для переменныхъ токовъ мѣняются въ зависимости отъ продолжительности періода тока вслѣдствіе самоиндукціи катушки, помѣщенной въ отвѣтвленіи. Каппъ нашель, что наибольшая ошибка можетъ достигь 1,25%.

**513. Счетчикъ Арона для трехфазныхъ токовъ.** Возьмемъ динамомашину А (фиг. 296), питающую трехфазный дви-



Фиг. 296.

гатель В. Назовемъ черезъ  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  силы токовъ въ катушкахъ 1, 2 и 3 этого двигателя въ какой-нибудь моментъ времени и черезъ  $e_1$ ,  $e_2$  и  $e_3$  соответствующія разности потенциаловъ на концахъ этихъ катушекъ.

Количество электрической энергіи, расходуемой въ двигателѣ въ разсматриваемый моментъ, будетъ:

$$p = e_1 i_1 + e_2 i_2 + e_3 i_3. \quad (1).$$

Если бы желали измѣрить количество энергіи на основаніи этой формулы, то нужно было бы имѣть три счетчика-ваттметра или три маятника съ катушками изъ тонкой проволоки, колеблющимися внутри трехъ катушекъ изъ толстой проволоки.

Приборъ можно упростить, замѣчая, что на основаніи свойствъ многофазныхъ токовъ (§ 448).

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0. \quad (2)$$

и

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0. \quad (3)$$

Исключая изъ нашихъ трехъ уравненій  $i_3$  и  $e_3$ , получимъ:

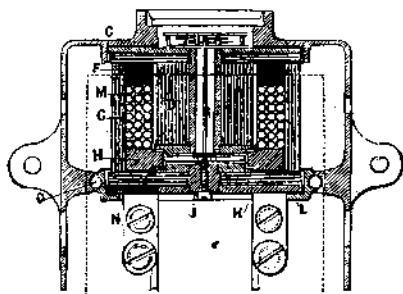
$$p = e_1 i_1 + e_2 i_2 - (i_1 + i_2) (e_1 + e_2) = - (e_1 i_2 + e_2 i_1).$$

Уравненіе это, справедливое для всякаго момента, справедливо также для интеграла, дающаго среднюю величину энергій.

$$\frac{1}{T} \int_0^T p \, dt = P.$$

Слѣдовательно, довольно къ маятнику счетчика Арона прикрѣпить два соленоида изъ тонкой проволоки, соединенныхъ черезъ посредство соответствующихъ сопротивленій безъ самоиндукціи съ оконечностями катушекъ 1 и 2. Эти соленоиды должны помѣщаться внутри двухъ другихъ соленоидовъ изъ толстой проволоки, по которымъ проходятъ токи  $i_1$  и  $i_2$ . Дѣйствія двухъ паръ обмотокъ складываются и вызываютъ отставаніе, пропорціональное количеству потребленной энергій.

**514. Счетчикъ Ферранти.** Приборъ этотъ есть ничто иное, какъ электрическій двигатель, основанный на принципѣ вращенія жидкостей въ магнитномъ полѣ. Магнитное поле производится катушкой G (фиг. 297), по которой проходитъ



Фиг. 297.

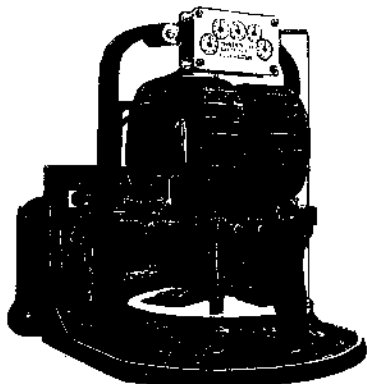


измѣряемый токъ, окруженный внутри и снаружи цилиндрами изъ тонкаго листоваго желѣза. Въ жолобѣ, сдѣланномъ въ полостѣ, соединяющей внутренней и вѣшной цилиндры и наполненномъ ртутью, вращается колесо съ лопаточками, ось котораго соединена со счислительнымъ механизмомъ, подобнымъ механизму въ счетчикѣ Аропа.

Измѣряемый токъ проходитъ черезъ ртуть по направлению отъ центра къ периферіи, внутри жолоба, перпендикулярно къ силовымъ линіямъ, производимымъ электромагнитомъ. Жидкій металлъ приходитъ благодаря электромагнитной силѣ, почти пропорціональной квадрату силы тока, во вращеніе и увлекаетъ за собою колесо съ лопаточками. Сопротивленіе тренія мѣняется какъ квадратъ скорости вращенія, такъ что скорость будетъ пропорціональна силѣ тока. Число оборотовъ колеса слѣдовательно будетъ служить мѣрою количества прошедшаго черезъ счетчикъ электричества.

Чтобы приспособить этотъ приборъ для переменныхъ токовъ, Ферранти дѣлаетъ внутренній сердечникъ изъ раздѣленнаго желѣза и тѣмъ избѣгаетъ образованія токовъ Фуко.

**515. Счетчикъ Э. Томсона.** Томсонъ придумалъ счетчикъ-ваттметръ, пригодный одинаково какъ для постоянныхъ токовъ, такъ и для переменныхъ (фиг. 298). Двѣ катушки изъ толстой проволоки, по которымъ проходитъ измѣряемый токъ, служатъ индукторами для подвижной катушки изъ тон-



Фиг. 298.

кой проволоки. послѣдовательно съ которой соединяють внѣшнее сопротивленіе безъ самоиндукціи. Это сопротивленіе и подвижную катушку помѣщаютъ въ отвѣтвленіе въ цѣпи, по которой проходитъ измѣряемый токъ.

Коммутаторъ, подобный изображенному на фиг. 156, помѣщенъ на вертикальной оси вращенія катушки, которая подѣйствіемъ электродинамической пары силъ приходитъ въ движеніе. Электродинамическая пара, пропорціональная числу потребляемыхъ ваттовъ, уравнивается, когда достигнута нормальная скорость вращенія, реакціей токовъ Фуко, развивающихся въ мѣдномъ дискѣ, вращающемся между полюсами постоянныхъ магнитовъ. Чтобы компенсировать потери на треніе, индукторы снабжаются дополнительной обмоткой изъ тонкой проволоки, соединенной послѣдовательно съ обмоткой подвижной катушки, по которой проходитъ отвѣтвленный токъ. Число оборотовъ подвижной катушки, безъ желѣзнаго сердечника, регистрируется счислительнымъ приборомъ, помѣщеннымъ въ верхней части прибора.

Приборъ поглощаетъ 7,5 ватта, когда энергія, потребляемая въ цѣпи, равняется 2500 ваттамъ. Онъ начинаетъ дѣйствовать лишь тогда, когда эта энергія достигнетъ 10 ваттовъ. Изобрѣтатель гарантируетъ точность до  $\frac{1}{2}\%$ .

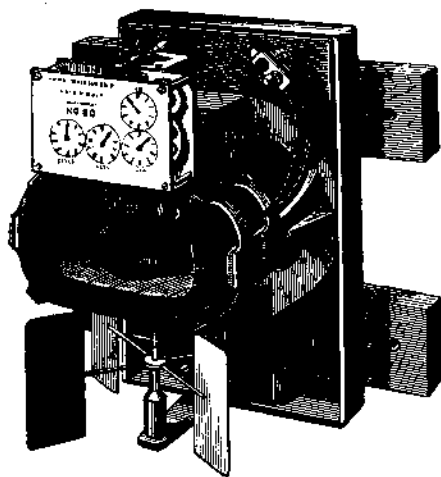
**516. Счетчикъ Шалленбергера.** Принципъ счетчика Шалленбергера, употребляемаго исключительно для переменныхъ токовъ, былъ изложенъ въ § 193. Подвижной желѣзный дискъ (фиг. 299), подвергающійся одновременному дѣйствію главнаго тока и тока индуктируемаго этимъ послѣднимъ въ катушкѣ, замкнутой на себя и наклоненной подъ угломъ въ  $45^\circ$  относительно главной катушки, приходитъ во вращеніе, которое регулируется колесомъ съ лопаточками, вращающимся въ воздухѣ. Число оборотовъ диска, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, отмѣчается на циферблатѣ.

Этотъ счетчикъ и счетчикъ Ферранти, которые суть кулонометры, даютъ неточные результаты въ случаѣ, когда разность фазъ тока и электродвижущей силы мѣняется (§ 510).

**517. Счетчикъ Фраже.** Счетчикъ Фраже состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ частей.

1) Изъ амперметра или ваттметра, показанія котораго пропорціональны силѣ тока или количеству энергіи, которое желаютъ измѣрить.

2) Механизма, сообщающаго вращательное движеніе, медленное и непрерывное (1 оборотъ въ теченіе 100 секундъ),



Фиг. 299.

кулону, который соприкасается со стрѣлкой перваго прибора въ теченіе промежутка времени, зависящаго отъ величины отклоненія стрѣлки.

3) Счетчика съ циферблатомъ, приходящаго въ движеніе во все время контакта кулона со стрѣлкой.

Изъ комбинаціи этихъ трехъ приборовъ явствуетъ, что счетчикъ даетъ числа, пропорціональныя произведенію силы тока или количества энергіи на время, т. е., что онъ даетъ количество прошедшаго черезъ него электричества или соотвѣтствующее количество энергіи.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ.

---

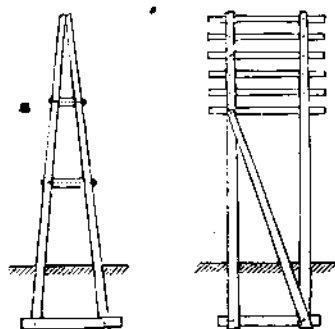
## ВОЗДУШНЫЯ ЛИНІИ.

**518. Столбы и стойки.** Воздушныя линіи проводятся на столбахъ или стойкахъ, деревянныхъ или металлическихъ, къ которымъ прикрѣпляются изоляторы, служащіе для прокладки по нимъ самихъ проводниковъ.

Деревянные столбы, употребляемые обыкновенно для проведенія линій внѣ городовъ, приготовляются изъ достаточно прямыхъ стволовъ хвойныхъ деревьевъ. Ихъ пропитываютъ разными противугниlostными веществами, напримѣръ мѣднымъ купоросомъ, креозотомъ и т. п., предохраняющими ихъ отъ гніенія и отъ порчи насѣкомыми въ нашемъ климатѣ лѣтъ на двадцать.

Пока линія идетъ по прямому направленію простые столбы достаточны, но на закругленіяхъ, гдѣ провода производятъ боковую тягу, столбы надо поддерживать, оттягивая ихъ проволочнымъ канатомъ, помѣщаемымъ въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ равнодѣйствующую всѣхъ натяженій; канатъ привязывается къ тумбѣ, вбиваемой въ землю наискось. Проволоки каната могутъ окислиться и лопнуть, поэтому лучше употреблять деревянные подпорки или составные

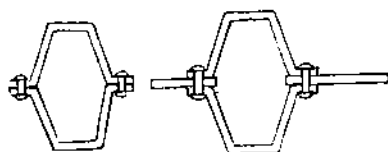
столбы. На фиг. 300 и 301 изображены два наиболее употребительные типа столбовъ.



Фиг. 300 и 301.

Столбы, у которыхъ провода оканчиваются, приходится дѣлать еще солиднѣе, напримѣръ, устраивая изъ трехъ отдѣльныхъ брусьевъ трехугольную пирамиду.

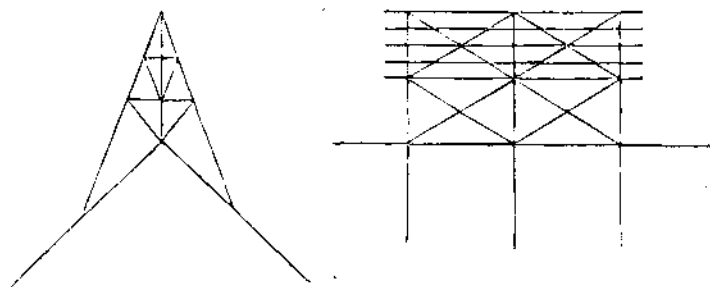
Съ цѣлю получить столбы, которые служили бы болѣе продолжительное время, въ жаркихъ и сырыхъ странахъ, гдѣ дерево портится весьма быстро, столбы употребляютъ металлическіе. Проще всего употреблять столбы изъ таврового, двутаврового или корочатаго желѣза, вдѣлываемые въ бетонныя цоколи, къ которымъ прикрѣпляются поперечныя горизонтальныя полосы, поддерживающія провода. На фиг. 302



Фиг. 302.

видно, какъ устраиваютъ изъ корочатаго желѣза прочныя, пустотѣлые столбы. Подобнаго рода столбы все-таки распространены весьма мало, вслѣдствіе ихъ сравнительно высокой цѣны. Тѣмъ не менѣе въ городахъ часто бываетъ необходимо употреблять металлическіе столбы, которые можно сдѣлать болѣе красивыми, чѣмъ деревянные, придавая имъ

форму усѣченныхъ пирамидъ, или устраивая ихъ изъ трубъ уменьшающагося діаметра. Если нужны не особенно высокіе столбы, то ими могутъ служить чугуныя колонки. Когда провода идутъ вдоль стѣнъ домовъ, то ихъ прикрѣпляютъ къ желѣзнымъ стойкамъ, вѣдываемымъ въ стѣнки. Когда число проволокъ очень велико, напримѣръ, въ случаѣ воздушныхъ телефонныхъ линій, устраиваютъ желѣзныя стойки, помѣщаемыя на крышахъ домовъ. На закругленіяхъ линій эти стойки укрѣпляются тягами. Эти тяги надо вычислять такъ, чтобы онѣ могли выдерживать усиліе, которое получилось бы, если бы порвались всѣ проволоки съ одной стороны стойки. Это можетъ произойти, напримѣръ, въ случаѣ пожара, урагана и т. п. На фиг. 303 изображена такая метал-



Фиг. 303.

лическая стойка. Полезно защищать столбы громоотводами съ остриемъ или шеткой, соединенными съ землею проводами достаточной поверхности.

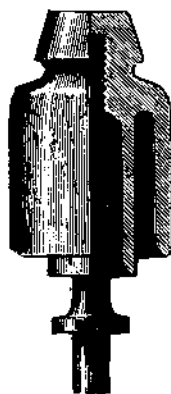
Изоляторы обыкновенно употребляются изъ эмаллированнаго фарфора. Имъ придаютъ колоколообразную форму, съ цѣлю предохранить нѣкоторыя части изолятора отъ дождя и помѣшать образованію слоя влаги, который могъ бы соединить металлическій стержень, на который надѣтъ изоляторъ, съ проволокой, привязанной къ его шейкѣ.

Тѣмъ не менѣе роса стучается на внутренней поверхности изолятора. Это стученіе замедляютъ, употребляя двойные колокола, имѣющіе углубленныя части, не подвергающіяся тепловому излученію.

На фиг. 304 изображенъ разрѣзъ фарфороваго изолятора,

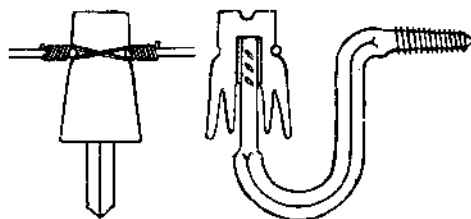
имѣющаго форму двойнаго колокола, насаженнаго на желѣзный стержень, который прикрѣпляется къ горизонтальной поперечинѣ гайкой, не изображенной на чертежѣ.

Раньше чѣмъ навинчивать колоколъ на стержень слѣдуетъ



Фиг. 304.

послѣдній покрыть лакомъ или просмоленной тканью; это нужно сдѣлать для избѣжанія разрыва фарфора при расширеніяхъ отъ измѣненія температуры.



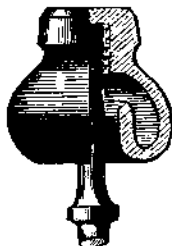
Фиг. 305.

Проводникъ прикрѣпляется къ шейкѣ изолятора металлической проволокой.

На Фиг. 305 изображенъ изоляторъ иной формы, прикрѣпляемый къ столбу сбоку, при помощи изогнутаго стержня. Изоляторъ укрѣпляется на стержнѣ гипсомъ.

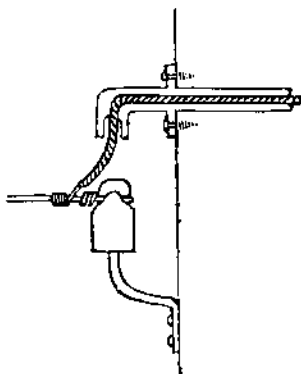
Когда требуется очень высокая изоляція линіи, что необходимо для линій, по которымъ проходятъ токи высокаго напряженія, то употребляются масляные изоляторы Джонсона

и Филлипса (фиг. 306), дающіе очень хорошіе результаты. Въ этихъ изоляторахъ нижній край фарфороваго колокола загнутъ внутрь и такимъ образомъ образуетъ кольцеобразный сосудъ, куда наливается масло. Эта изолирующая ванна препятствуетъ потерямъ электричества черезъ поверхность. Масло надо отъ



Фиг. 306.

времени до времени мѣнять, такъ какъ оно покрывается мало-по-малу коденсаціонной водой. Чтобы вводить провода внутрь зданій, употребляютъ изолирующія трубки (фиг. 307) изъ фарфора или эбонита, внѣшній конецъ которыхъ загибается внизъ, чтобы избѣжать проникновенія влаги внутрь зданія.



Фиг. 307.

**519. Проводники.** Для воздушныхъ линій, которыя должны выдерживать какъ свой собственный вѣсъ, такъ и добавочную нагрузку, причиняемую снѣгомъ и инеемъ, обыкновенныхъ мѣдныхъ проводовъ употреблять нельзя, такъ какъ слабая вязкость мѣди повела бы къ необходимости ставить столбы



слишкомъ часто. Разрывающій грузъ для чистой мѣди равняется только 28 килогр. на кв. миллиметръ (удѣльное сопротивленіе этой мѣди равняется 1,654 микромъ-сант. при 0° Ц.). Обыкновенно употребляютъ фосфористую бронзу, полученную въ первый разъ Жоржемъ Монтефіоре, называемую такъ вслѣдствіе присутствія въ бронзѣ фосфора, очищающаго ее отъ окисловъ мѣди и придающаго ей вязкость. Кромѣ этой бронзы употребляется еще кремнистая бронза, приготовляемая Вейлеромъ, обладающая такими же качествами, какъ и фосфористая.

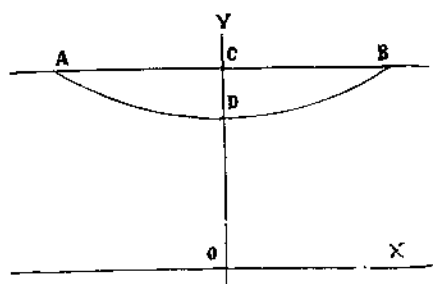
Благодаря усовершенствованіямъ въ приготовленіи и тщательности фабрикаціи, Монтефіоре теперь приготовляетъ провода, имѣющіе проводимость равную 97% проводимости чистой мѣди и сопротивленіе разрыву въ 45 килогр. на кв. миллиметръ. Въ проводахъ для телефонныхъ линий, имѣющихъ большіе пролеты между столбами, увеличиваютъ содержаніе олова и фосфора и такимъ образомъ увеличиваютъ ихъ вязкость, но зато уменьшаютъ проводимость.

Фэрмеръ и Милликенъ въ Соединенныхъ Штатахъ и Мартенъ во Франціи придумали готовить *составные проводники*, состоящіе изъ центральной стальной проволоки, окруженной мѣдной оболочкой. Такіе провода могутъ имѣть очень большую прочность и одновременно хорошую проводимость.

Желѣзо и сталь употребляются еще для телеграфныхъ линий вслѣдствіе ихъ дешевизны, но удѣльное сопротивленіе и коэффициенты самоиндукціи (§ 190) препятствуютъ употребленію ихъ для освѣщенія и телефоніи. Кромѣ того, желѣзные проволоки портятся гораздо скорѣе бронзовыхъ, такъ какъ постоянное окисленіе постепенно уменьшаетъ полезное сѣченіе провода. Окись мѣди образуетъ на бронзовой проволоцѣ слой, который препятствуетъ окисленію внутреннихъ слоевъ и поэтому бронзовый проводъ можетъ служить неопредѣленное время. При равной проводимости для желѣзныхъ проводовъ пришлось бы употреблять болѣе прочные столбы и ставить ихъ чаще, чѣмъ для бронзовыхъ.

Діаметръ проводниковъ, употребляемыхъ для воздушныхъ линий, никогда не превосходитъ 5 миллиметровъ. При большихъ діаметрахъ проволоки уже становятся слишкомъ жесткими и предпочтительно употреблять металлическіе канаты.

**520. Вычисленіе натяженія воздушнаго провода.** Проводъ, натянутый между двумя точками А и В (фиг. 308), на-



Фиг. 308.

ходящимися на одномъ уровнѣ, принимаетъ форму кривой ADB, называемой цѣпной линіей. Разстояніе АВ называется пролетомъ кривой, а вертикальное разстояніе CD—ея стрѣлкой.

Уравненіе цѣпной линіи выражается въ прямоугольныхъ координатахъ слѣдующимъ образомъ. Вертикальная ось ОУ проводится черезъ самую низкую точку кривой. Горизонтальная ось ОХ проходитъ отъ точки D на разстояніи  $h$ , удовлетворяющемъ уравненію:

$$h = \frac{T}{p}, \quad (1)$$

гдѣ  $T$ —натяженіе проволоки въ этой точкѣ, а  $p$ —вѣсъ единицы длины проволоки.

При этихъ условіяхъ уравненіе кривой будетъ:

$$y = \frac{h}{2} \left( e^{\frac{x}{h}} + e^{-\frac{x}{h}} \right), \quad (2)$$

гдѣ  $e$ —основаніе Неперовыхъ логарифмовъ.

Разлагая вторую часть этого уравненія по формулѣ Маклорена, получимъ:

$$y = h \left( 1 + \frac{x^2}{1 \cdot 2 \cdot h^2} + \frac{x^4}{4 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot h^4} + \dots \right).$$

Обыкновенное натяженіе  $T$  очень велико сравнительно съ

вѣсомъ  $p$ , такъ что для пролетовъ обыкновенныхъ размѣровъ кривую можно выразить уравненіемъ:

$$y = h + \frac{x^2}{2h}, \quad (3)$$

что сводится къ замѣнѣ цѣпной линіи параболой.

Называя величину пролета черезъ  $a$ , стрѣлку черезъ  $f$  и полагая  $x = \frac{a}{2}$ , получаемъ изъ уравненія (3).

$$y = h + \frac{a^2}{8h}, \text{ откуда } f = \frac{a^2}{8h} = \frac{a^2 p}{8T}. \quad (4)$$

Это послѣднее уравненіе позволяетъ опредѣлять стрѣлку для провода, для котораго извѣстенъ вѣсъ на единицу длины, длина пролета и натяженіе въ самой низкой точкѣ. На основаніи свойствъ цѣпной линіи, натяженіе  $T_h$  въ самой высокой точкѣ будетъ

$$T_h = T + pf \quad (5)$$

Кромѣ случаевъ, гдѣ длина стрѣлки сравнительно велика, натяженіе  $T_h$  не превосходитъ замѣтно  $T$  и практически можно считать, что натяженіе, вычисляемое по формулѣ (4), будетъ натяженіемъ проволоки въ точкѣ опоры.

Длина проволоки выводится изъ уравненія:

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}. \quad (6)$$

Замѣняя въ этомъ уравненіи  $\frac{dy}{dx}$  величиной, полученной изъ уравненія (3), получимъ:

$$dl = dx \left( 1 + \frac{x^2}{h^2} \right)^{\frac{1}{2}} = dx \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{x^2}{h^2} - \frac{1}{8} \frac{x^4}{h^4} + \dots \right).$$

Для среднихъ величинъ пролета это уравненіе превратится въ слѣдующее:

$$dl = dx \left( 1 + \frac{x^2}{2h^2} \right);$$

откуда

$$l = \int_{-\frac{1}{2}a}^{+\frac{1}{2}a} \left(1 + \frac{x^2}{2h^2}\right) dx = a + \frac{a^3}{24h^2}$$

или

$$l = a + \frac{a^3 p^2}{24T}, \quad (7)$$

Въ этомъ уравненіи длина проволоки выражается въ видѣ функціи отъ длины пролета и ея натяженія.

Второй членъ бинома, стоящаго въ правой части, обыкновенно весьма малъ сравнительно съ первымъ. Сдѣлаемъ, на примѣръ, вычисленіе для проволоки изъ фосфористой бронзы въ 0,4 мил. въ діаметрѣ, для которой пусть натяженіе будетъ 80 килогр., а длина пролета 8000 сантиметровъ. Вѣсъ на каждый сантиметръ будетъ 0,00112 килограмма.

Тогда

$$l = 8000 + \frac{8000^3}{24} \frac{0,00112^2}{80^2} = 8004,18 \text{ сант.}$$

Уравненіе (7) можно написать еще въ формѣ, изъ которой видно, что натяженіе растетъ весьма быстро, по мѣрѣ разности между длиною проволоки и величиной пролета, именно въ формѣ

$$T = \frac{a^3 p^2}{24(l-a)}.$$

Во всемъ предыдущемъ изложеніи мы предполагали, что точки опоры находятся на одномъ уровнѣ. Въ противномъ случаѣ проволока всегда принимаетъ форму кривой, изображаемой уравненіемъ (2), причемъ ось ОУ будетъ проходить чрезъ нижнюю точку кривой, расположенную ближе къ болѣе низкой точкѣ опоры. Уравненіе (5) показываетъ, что натяженіе въ высшей точкѣ опоры такое же, какое было бы, если бы проволока была прирѣплена не къ нижней точкѣ опоры, а шла бы дальше до точки, расположенной на продолженіи кривой, на одномъ уровнѣ съ высшей.

### 521. Вліяніе измѣненій температуры на проволоку.

Натяженіе проволоки, выводимое изъ формулы (4), есть натяженіе, наблюдаемое въ моментъ укладки. Если температура понижается, то проволока стремится укоротиться на длину, пропорціональную пониженію температуры. Но упругость проволоки позволяетъ ей удлиняться подъ вліяніемъ увеличенія натяженія, вызываемаго укорачиваніемъ. Окончательное натяженіе, получающееся отъ дѣйствія этихъ двухъ причинъ, легко вычислить.

Пониженіе температуры, кромѣ того, что производитъ укорачиваніе проволоки, часто вызываетъ еще образованія на ней слоя инея, значительно увеличивающаго усиліе натяженія. Поэтому натяженіе проволоки въ моментъ укладки линіи слѣдуетъ дѣлать такимъ, чтобы, при самыхъ сильныхъ холодахъ, оно не превышало опредѣленной части разрывающей нагрузки, называемой *предѣльнымъ натяженіемъ*. Это предѣльное натяженіе часто берутъ равнымъ четверти разрывающей нагрузки. Предѣлъ упругости соотвѣтствуетъ приблизительно одной трети этой нагрузки. Такимъ образомъ проволока изъ фосфористой бронзы въ 0,4 милл. въ діаметрѣ, сѣченіе которой равняется 0,126 кв. сант., а вѣсъ 0,00112 килограммовъ на сантиметръ длины, можетъ выдерживать нагрузку въ  $4500 \times 0,126 = 567$  килограммовъ; слѣдовательно, предѣльное натяженіе для нея будетъ приблизительно 142 килограмма. Эта величина не должна быть переходима въ самые сильные холода, въ Бельгій около  $-20^{\circ}$  Ц. \*). Съ другой стороны натяженіе не должно быть меньше  $\frac{1}{8}$  разрывающаго груза, такъ какъ въ противномъ случаѣ стрѣлка увеличивается настолько, что сосѣдніе проводы могутъ перемѣщаться.

Назовемъ черезъ  $T$  предѣльное натяженіе при самой низкой температурѣ и вычислимъ натяженіе  $T'$ , которое должна имѣть проволока въ моментъ укладки при температурѣ  $\theta^{\circ}$ , отличающейся отъ низшей на  $t^{\circ}$ .

Пусть  $\delta$  будетъ коэффициентъ расширенія проволоки,  $\varepsilon$  — упругое удлиненіе, соотвѣтствующее нагрузкѣ въ 1 килограммъ на квадратный сантиметръ.

\*) Въ Россіи до  $-40^{\circ}$  Ц. и больше.

Для фосфористой бронзы эти величины будутъ:

$$\begin{aligned}\delta &= 0,000\ 016 \\ \epsilon &= 0,000\ 000\ 78.\end{aligned}$$

Для желѣза:

$$\begin{aligned}\delta &= 0,000\ 012 \\ \epsilon &= 0,000\ 000\ 34.\end{aligned}$$

При повышеніи температуры на  $t^{\circ}$ , свободная проволока длиною  $l$  удлинилась бы на  $\delta l t$  и ея длина стала бы равна  $l(1 + \delta t)$ .

Но такъ какъ концы проволоки прикрѣплены на-мертво, то начальное натяженіе  $T$  уменьшается и принимаетъ величину  $T'$ . Вліяніе упругости вызываетъ укорачиваніе, равное  $\epsilon \frac{T - T'}{s}$ , гдѣ  $s$  — площадь сѣченія проволоки.

Пусть будетъ  $\frac{\epsilon}{s} = \epsilon'$ . Тогда окончательная длина проволоки будетъ:

$$l' = l(1 + \delta t) \left[ 1 - \epsilon' (T - T') \right] = a + \frac{a^3}{24} \frac{p^2}{T^3}. \quad (9)$$

Но мы знаемъ, что

$$l = a + \frac{a^3}{24} \frac{p^2}{T^3}. \quad (10)$$

Вычитая уравненіе (10) черезъ уравненіе (9) и замѣчая, что произведеніемъ  $\delta t$  можно пренебречь, получимъ

$$l \delta t - l \epsilon' (T - T') = \frac{a^3 p^2}{24} \left[ \frac{1}{T^3} - \frac{1}{T'^3} \right].$$

Обыкновенно длина проволоки  $l$  мало отличается отъ длины пролета  $a$ , такъ что можно написать:

$$\delta t - \epsilon' (T - T') = \frac{a^3 p^2}{24} \left( \frac{1}{T'^3} - \frac{1}{T^3} \right) \quad (11)$$

Это уравненіе третьей степени относительно  $T'$ , которое легко рѣшить при помощи счетной линейки, примѣняя способъ Клерена.

Когда приходится проводить линію изъ данной проволоки,

то заранее вычисляют величины  $T'$ , соответствующія постепенно увеличивающимся температурамъ и длинамъ пролета. Тогда простая интерполяція позволитъ опредѣлить натяженіе, соответствующее опредѣленной температурѣ и опредѣленнымъ пролетамъ.

Замѣтимъ, что для данной величины натяженія вліяніе температуры тѣмъ больше, чѣмъ короче пролетъ. Поэтому на это обстоятельство надо обращать тѣмъ большее вниманіе, чѣмъ ближе столбы помѣшены одинъ къ другому.

Въ помѣщаемыхъ таблицахъ, вычисленныхъ Барбара, предполагается, согласно постановленію Конгресса Электриковъ въ 1889 году, что натяженіе проволоки достигаетъ  $\frac{1}{8}$  разрывающаго груза при  $+10^\circ \text{ Ц.}$

| Натяженіе въ<br>килограммахъ<br>на кв. милли-<br>метръ.            |      | Температуры соответствующія пролетамъ въ |          |          |          |          |          |
|--------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                    |      | 60 метр.                                 | 80 метр. | 100метр. | 150метр. | 200метр. | 300метр. |
| Бронзовая про-<br>волока, выдер-<br>живающая 45 к.<br>на кв. милл. | 12,8 | — 11,9                                   | — 15,3   | — 19,6   | — 34,8   | — 56,0   |          |
|                                                                    | 11,2 | — 3,2                                    | — 5,6    | — 8,6    | — 19,4   | — 34,3   |          |
|                                                                    | 10,0 | + 3,9                                    | + 2,6    | + 1,0    | + 4,6    | + 12,7   |          |
|                                                                    | 9,0  | + 10,0                                   | + 10,0   | + 10,0   | + 10,0   | + 10,0   |          |
|                                                                    | 8,1  | + 15,5                                   | + 16,9   | + 18,7   | + 24,9   | + 33,5   |          |
|                                                                    | 7,5  | + 20,5                                   | + 23,4   | + 27,2   | + 40,3   | + 58,5   |          |
| Бронзовая про-<br>волока, выдер-<br>живающая 75 к.<br>на кв. милл. | 21,4 |                                          | — 22,6   | — 24,3   | — 30,2   | — 38,5   | — 57,5   |
|                                                                    | 18,7 |                                          | — 9,3    | — 10,6   | — 14,7   | — 20,6   | — 33,9   |
|                                                                    | 16,6 |                                          | + 1,4    | + 0,7    | + 1,5    | + 4,6    | + 11,6   |
|                                                                    | 15,0 |                                          | + 10,0   | + 10,0   | + 10,0   | + 10,0   | + 10,0   |
|                                                                    | 13,6 |                                          | + 17,4   | + 18,1   | + 20,6   | + 24,0   | + 31,8   |
|                                                                    | 12,5 |                                          | + 23,9   | + 25,4   | + 30,5   | + 37,7   | + 54,0   |
| Желѣзная про-<br>волока, выдер-<br>живающая 40 к.<br>на кв. милл.  | 13,3 | — 21,0                                   | — 27,0   | — 34,8   |          |          |          |
|                                                                    | 11,4 | — 11,3                                   | — 16,1   | — 22,3   |          |          |          |
|                                                                    | 10,0 | — 3,1                                    | — 6,5    | — 10,9   |          |          |          |
|                                                                    | 8,8  | + 3,7                                    | + 1,9    | — 0,4    |          |          |          |
|                                                                    | 8,0  | + 10,0                                   | + 10,0   | + 10,0   |          |          |          |
|                                                                    | 7,2  | + 15,7                                   | + 17,7   | + 20,2   |          |          |          |
|                                                                    | 6,6  | + 21,1                                   | + 25,2   | + 40,5   |          |          |          |

**522. Проектированіе воздушной линіи.** Въ помѣщаемой ниже таблицѣ собраны данныя относительно качествъ метал-

ловъ, главнымъ образомъ употребляемыхъ для устройства линій.

| Названіе металла.                                             | Разрывающій грузъ въ килогр. на кв. милл. | Сопротивлен. проволоки въ 1 мил. въ діаметрѣ длиною въ 1 кил. въ омахъ, при 0° Ц. | Вѣсъ въ кило-граммахъ одного километр. |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Чистая мѣдь . . . . .                                         | 28                                        | 21                                                                                | 7,05                                   |
| Бронза высокой проводимости для электрич. освѣщенія . . . . . | 45                                        | 21,7                                                                              | тоже.                                  |
| Бронза телеграфная . . . . .                                  | 50                                        | 25,7                                                                              | тоже.                                  |
| „ телефонная . . . . .                                        | 75                                        | 68,5                                                                              | тоже.                                  |
| Желѣзо, выплавд. на дрв. углѣ . . . . .                       | 36                                        | 135                                                                               | 6,12                                   |
| Сталь Бессемера . . . . .                                     | 40                                        | 156                                                                               | тоже.                                  |

Положимъ, что намъ требуется построить воздушную линію, состоящую изъ опредѣленнаго числа проволокъ, сѣченіе которыхъ и металлъ, изъ котораго они приготовлены, извѣстны и опредѣлены механическими и электрическими условіями. Обыкновенно задаютъ себѣ также и высоту столбовъ. Зная эти элементы, можно вычислить:

1. Натяженіе, которое должно быть при прокладкѣ, причемъ принимается во вниманіе матерьялъ проволоки, ея сѣченіе и температура. Необходимо, чтобы при самыхъ сильныхъ холодахъ натяженіе не могло достигъ своей предѣльной величины. Въ открытыхъ мѣстахъ иней, осѣдающій на проволокахъ зимой, удешевляетъ иногда ихъ вѣсъ, почему натяженіе линій въ моментъ прокладки слѣдуетъ дѣлать меньшимъ.

2. Нормальную длину пролетовъ по прямой линіи. Если извѣстны наименьшая высота проволокъ надъ землею, число проволокъ, разстоянія между ними и высота столбовъ, то изъ этихъ данныхъ выводять допускаемую длину стрѣлки и, слѣдовательно, и длину пролета.

Дѣйствительно:

$$f = \frac{a^2}{8} \frac{p}{T}, \text{ откуда } a = \sqrt{\frac{8 T f}{p}},$$

гдѣ  $a$  — длина пролета,  $p$  — вѣсъ на единицу длины и  $T$  — на-



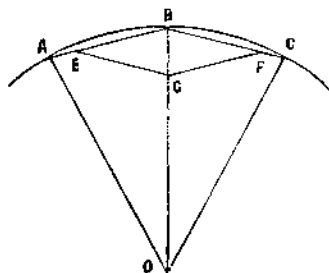
тяженіе. При вычисленіяхъ полезно оставлять мѣсто для нѣ-  
колькихъ дополнительныхъ проводовъ.

Можно обратить задачу, т. е., задавъ себѣ длину про-  
лета, вычислить стрѣлку и высоту столбовъ.

Разстояніе между проволоками одной и той же линіи мѣ-  
няется отъ 30 до 50 сантиметровъ. Пролеты для толстыхъ  
проводовъ и бронзы высокой проводимости обыкновенно бы-  
ваютъ въ 50 метр., для телеграфной желѣзной или бронзовой  
проводами 80—100 метровъ и для телефонныхъ бронзовыхъ  
проводовъ 300 метр. и больше.

На закругленіяхъ обыкновенно нельзя сохранить нормальной  
длины пролетовъ, такъ какъ усиліе, стремящееся повалить  
столбъ, растетъ очень быстро при уменьшеніи радіуса кривой.  
Кромѣ того, если провода идутъ вдоль дорогъ, то они могутъ  
стѣснять движеніе. На закругленіяхъ обыкновенно употре-  
бляютъ составные столбы (§ 518).

Назовемъ черезъ АВ и ВС длины двухъ послѣдователь-  
ныхъ пролетовъ, черезъ ВЕ и ВF натяженія Т съ двухъ сто-  
ронъ столба В и черезъ F ихъ равнодѣйствующую ВG (фиг. 309).



Фиг. 309.

Такъ какъ равнобедренный треугольникъ BFG подобенъ тре-  
угольнику BOC, то, называя черезъ  $r$  — радіусъ кривой, и  
черезъ  $a$  — длину пролета, мы можемъ написать:

$$a = r \frac{F}{T}$$

условіе, дающее предѣльную длину пролета.

Усиліе, которое можетъ выдержать столбъ, укрѣпленный у  
своего основанія, получается, приравнивая сгибающій моментъ

силы сопротивляющемуся моменту въ точкѣ закрѣпленія столба. Въ столбахъ изъ хвойныхъ деревъ уменьшеніе сѣченія кверху таково, что если предыдущее условіе будетъ удовлетворено для сѣченія въ мѣстѣ укрѣпленія, то оно будетъ удовлетворено и для всякаго другаго сѣченія надъ поверхностью земли.

Пусть усиліе будетъ  $F$ ,  $h$ —соотвѣтствующее плечо относительно земли,  $R$ —коэффициентъ сопротивленія или предѣльное допускаемое усиліе (для сосны 600 килогр. на кв. сант.),  $d$ —разстояніе между линіей волоконъ, наиболѣе подвергающихся дѣйствію силы, и линіей неизмѣняющихся волоконъ, и наконецъ  $I$ —моментъ инерціи сѣченія. Условіе наше выразится уравненіемъ:

$$Fh = \frac{RI}{d}.$$

Два связанныхъ столба обладаютъ такимъ сопротивленіемъ, какъ будто промежутокъ между ними былъ заполненъ.

При выборѣ направленія линіи надо принимать во вниманіе самыя разнообразныя соображенія. Если слишкомъ высокое электрическое напряженіе проводовъ не заставляетъ удаляться отъ людныхъ мѣстъ, то всегда стараются вести линію вдоль по желѣзнымъ или шоссеинымъ дорогамъ, чтобы этимъ облегчить постройку, содержаніе и надзоръ за линіей. Матеріалы при этомъ могутъ легко доставляться къ самому мѣсту работы и наблюденіе за работами можетъ быть легко произведено агентомъ, объѣзжающимъ эти работы по желѣзной дорогѣ или въ экипажѣ. Всегда предпочитаютъ закрытые пути открытымъ, такъ какъ всегда желательно защитить провода отъ вѣтра и инея, опасныхъ враговъ воздушныхъ линій. Если дорога идетъ зигзагами, эти зигзаги можно обойти, разставляя столбы по прямой линіи. Если дорога пересѣкаетъ глубокую долину, то можно получить значительную экономію, соединивъ непосредственно проволокой вершину хребтовъ, окружающихъ долину. Такъ какъ пролетъ будетъ въ этомъ случаѣ обыкновенно великъ, то и стрѣлка провѣса должна быть длинная, чтобы натяженіе не было бы слишкомъ велико.

Чтобы вычислить предѣльную длину пролета, припомнимъ, что натяженіе въ точкахъ опоры выражается формулой (§ 520).

$$T_h = T + pf = \frac{a^2 p}{8f} + pf. \quad (1)$$

Натяженіе  $T_h$  уменьшается при увеличеніи  $f$  до величины, определяемой условиемъ:

$$\frac{dT_h}{df} = 0, \text{ т. е. } a^2 = 8f^2.$$

Другими словами, минимумъ натяженія соотвѣтствуетъ длинѣ стрѣлки, равной приблизительно трети длины пролета. Вводя эту величину въ уравненіе (1), получимъ:

$$T_h = \frac{3ap}{8} + \frac{ap}{3} = 17 \frac{ap}{24},$$

откуда

$$a = \frac{24 T_h}{17 p}.$$

Возьмемъ для примѣра бронзовую телефонную проволоку въ 1 мил. въ діаметрѣ, предѣльное натяженіе для которой равняется приблизительно  $\frac{75}{3} = 15$  кил. при  $10^\circ \text{ Ц.}$ , а вѣсъ на метръ длины 0,007 килогр. Подставляя эти числа въ предыдущее уравненіе, получимъ:

$$a = \frac{24 \times 15}{17 \times 0,007} = 3025.$$

На практикѣ устраивали пролеты въ 1 километръ, оказавшіеся совершенно годными.

Не надо терять изъ виду, что при такихъ громадныхъ пролетахъ, въ случаѣ разрыва проволоки, починка линіи дѣлается крайне затруднительной. Если же линія состоитъ изъ нѣсколькихъ проволокъ, перепутывающихся при колебаніи ихъ вѣтромъ, то починка дѣлается почти невозможной.

Столбы слѣдуетъ насколько возможно ставить на выдающихся мѣстахъ, чтобы по возможности удалять проволоки отъ земли. Наименьшая высота проволокъ надъ землею на линіяхъ, идущихъ вдоль дорогъ, должна быть 3 метра. Высота эта

должна быть увеличена до 4,5 метровъ, когда провода пересекаютъ дорогу. Если вдоль по дорогѣ насажены деревья, то столбы слѣдуетъ разставлять такъ, чтобы избѣжать контакта проволокъ съ вѣтвями деревь.

Въ городахъ высота столбовъ бываетъ въ 6 метровъ и больше въ зависимости отъ мѣстныхъ постановленій. Иногда проволоки идутъ по металлическимъ стойкамъ, прикрѣпляемымъ къ домамъ. Въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ устраивать такъ, чтобы вибраціи проволоки не передавались стропиламъ крышъ, иначе онѣ вызываютъ очень непріятный шумъ. *Сурдинки* могутъ состоять изъ свинцовыхъ проволокъ въ 2—3 мил. въ діаметрѣ, наматываемыхъ на проводъ плотной спиралью на длину въ 40—50 сант. по каждую сторону изолятора. Свинецъ, покрывая такимъ образомъ пучность, образующуюся при вибраціяхъ, мѣшаетъ имъ распространяться. Другой способъ состоитъ въ томъ, что къ изолятору прикрѣпляютъ два куска цѣпи, соединяемые съ отрѣзками проводовъ. Кромѣ того, провода для лучшаго контакта соединяются еще кускомъ мѣдной гибкой проволоки, огибающей изоляторъ. Кольца цѣпи не пропускаютъ вибрацій.

Если линія пересекаетъ судоходные пути, то провода должны быть подняты по крайней мѣрѣ на 18 метровъ, чтобы ихъ не задѣвали мачты проходящихъ судовъ. Очень часто предпочитаютъ вести черезъ водяной путь не воздушную линію, а подводную, соединяя концы воздушныхъ проводовъ на берегахъ кабелемъ, погруженнымъ въ воду.

Когда линія идетъ вдоль полотна желѣзной дороги, за которымъ существуетъ постоянный надзоръ, то высота столбовъ можетъ быть уменьшена до 2-хъ метровъ, но при переходѣ черезъ полотно, провода должны опять подыматься на высоту 4,5—5 метровъ. При переходѣ черезъ путь, слѣдуетъ его пересѣкать подъ прямымъ угломъ, чтобы, въ случаѣ разрыва проволокъ, онѣ не падали на путь, но, благодаря упругости столбовъ, отбрасывались къ нимъ. Вертикальная плоскость, проходящая черезъ проволоки линіи, идущей вдоль полотна желѣзной дороги, должна встрѣчаться съ поверхностью земли по крайней мѣрѣ на разстояніи 1,50 метра отъ внѣшняго рельса, чтобы проволоки не могли коснуться ваго-

новъ. Это условіе заставляетъ, когда линія идетъ по выпуклому краю пути, ставить столбы на вѣншемъ его скатѣ, иначе пролеты были бы слишкомъ коротки. При переходахъ черезъ туннели воздушную линію можно замѣнять кабелемъ. Но лучше обойти туннель, прокладывая линію черезъ гору вдоль по дорогѣ, въ этихъ случаяхъ почти вездѣ существующей.

**553. Постройка воздушной линіи.** Когда проэктъ линіи оконченъ, остается рассмотреть условія его выполненія. Слѣдующія правила, принятые для телеграфныхъ линій, могутъ быть съ нѣкоторыми ограниченіями приложены ко всякимъ другимъ линіямъ вѣ городовъ.

Послѣ того какъ матерьялы будутъ доставлены къ мѣсту работъ въ вагонѣ или въ повозкахъ, въ зависимости идетъ-ли линія вдоль желѣзной дороги или нѣтъ, артель изъ 10—12 рабочихъ приступаетъ къ постановкѣ столбовъ. Напримѣръ 6 человекъ копаютъ ямы, два человека ввинчиваютъ въ столбы изоляторы, остальные устанавливаютъ столбы.

Въ рыхлой землѣ столбы въ 6—7,5 метровъ высоты закапываются на глубину 1,5 метра, столбы въ 8—10 метр. на глубину 2 метр., столбы же высотой въ 12 м. и больше закапываются на глубину 2,5 м. Въ скалахъ довольствуются углубленіемъ въ 0,6 м., но столбы заливаютъ известковыми растворами.

Въ рыхломъ грунтѣ ямы копаются кирками и лопатами, причемъ параллельно направленію линіи дѣлаютъ насколько возможно болѣе узкую траншею, спускающуюся уступами до требуемой глубины. Такимъ образомъ по направленію перпендикулярному къ проводамъ, столбы упираются въ нетронутую землю. Въ очень мягкой землѣ отверстія можно высверливать буромъ.

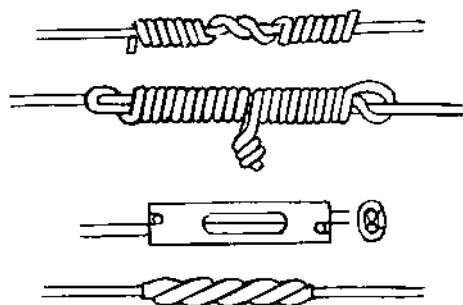
Вставивъ столбъ въ вырытую яму, его укрѣпляютъ у основанія большими камнями и затѣмъ утрамбовываютъ вырытую землю слоями въ 10—15 сантим.

Артель въ 12 человекъ, ставя по 10 столбовъ на километръ, можетъ пройти при обыкновенномъ грунтѣ до 3 километровъ въ день.

Затѣмъ смѣна изъ 6 человекъ прокладываетъ провода,

проходя по 10 километровъ въ день. Проволока, доставляемая бухтами, разворачивается по землѣ, причемъ надо стараться избѣжать образованія петель при спаденіи съ бухты разомъ нѣсколькихъ оборотовъ. Въ этомъ случаѣ проводникъ пере-  
кручивается вокругъ себя одинъ разъ на длинѣ, соотвѣтствующей одному обороту на бухтѣ. Чтобы предотвратить это крученіе, работникъ, идущій съ бухтой, долженъ переворачивать ее каждый разъ, какъ онъ свернетъ одинъ оборотъ проволоки. Лучше бухту надѣть на барабанъ, который катать по землѣ.

По мѣрѣ разворачиванія бухтъ проволоки, концы сосѣднихъ проволокъ соединяются. Соединенія должны быть сдѣланы весьма тщательно, какъ съ точки зрѣнія механической



Фиг. 310, 311, 312 и 313.

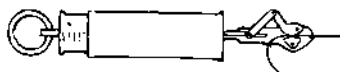
такъ и электрической. Часто они составляютъ слабую сторону лини. Толстыя стальные или желѣзныя проволоки могутъ быть соединяемы такъ, какъ показано на фиг. 310. Чтобы улучшить электрическое соединеніе, все мѣсто связи погружаютъ въ паяльную воду и затѣмъ въ олово.

Предыдущій способъ соединенія не годится для болѣе эластичныхъ бронзовыхъ проводовъ, такъ какъ подъ вліяніемъ натяженія проволока могла бы скоро развиться. Кромѣ того спаиваніе посредствомъ погруженія уменьшило бы прочность металла и могло бы вызвать разрывъ проволоки. Соединенія въ этомъ случаѣ можно дѣлать, какъ показано на фиг. 311, такъ, чтобы подъ вліяніемъ натяженія спирали бы стягивались. Свободные концы выводятся наружу и спаиваются.

Во всѣхъ случаяхъ возможно употреблять для соединенія муфты. Муфта изъ того же металла, что и проводникъ (фиг. 312), надѣвается на проволоку, загнутыя на концахъ. Капля припоя, налитая въ отверстіе муфты, достаточна для того, чтобы проводимость была вполне хорошая. Для бронзы употребляютъ висмутовые припой, плавящіеся при низкихъ температурахъ.

Соединеніе Макъ-Интира (фиг. 313) состоитъ изъ двухъ сваренныхъ трубокъ, въ которыя вводятся концы проволокъ. Затѣмъ при помощи особенныхъ инструментовъ закручиваютъ трубки и получаютъ такимъ образомъ отличный контактъ, не прибѣгая къ паянію.

Когда всѣ соединенія на длинѣ километра сдѣланы, проволока помѣщается на стержни изоляторовъ и закрѣпляется у одного конца. Другой конецъ тянуть сначала руками, затѣмъ клещами, составляющими часть пружиннаго динамометра (фиг. 314), подвижной стержень котораго соединенъ съ парой



Фиг. 314.

блоковъ, позволяющихъ получать желаемое натяженіе. Надо помогать проволоку двигаться въ нѣсколькихъ промежуточныхъ точкахъ, не то, вслѣдствіе тренія ея объ изоляторы, въ болѣе близкихъ къ блокамъ пролетахъ, она будетъ натянута сильнѣе. По окончаніи этой операціи привязываютъ проводъ къ каждому изолятору особой проволокой. Клещи, употребляемые для натягиванія бронзовой проволоки, должны соответствовать ея діаметру, такъ какъ если зажать тонкую проволоку между большими поверхностями, то ее можно сломать.

Въ городахъ, гдѣ пролеты обыкновенно велики и гдѣ развертываніе проволоки по улицамъ затруднило бы движеніе, между сосѣдними столбами вѣшаютъ толстую проволоку, по которой заставляютъ кататься повозочку, тянущую прикрѣпленный къ ней конецъ развертываемаго свертка проволоки. Такимъ образомъ по очереди можно развернуть всѣ провода.

## КАНАЛИЗАЦІЯ СЪ ЗАЩИТНЫМИ ОБОЛОЧКАМИ.

**524. Общія свѣдѣнія.** Для подземной канализаціи могутъ служить какъ проводники безъ всякихъ оболочекъ, помѣщаемые подобно воздушнымъ линіямъ на изоляторахъ внутри особыхъ каналовъ, такъ и проводники, окруженные сплошнымъ слоемъ діэлектрика и предохраняемые отъ механической порчи или металлической броней, помѣщаемой непосредственно на изолирующій слой, или тѣмъ, что проводъ прокладывается въ прочныхъ каналахъ.

Проводники, діаметръ которыхъ превышаетъ нѣкоторый предѣлъ, состояются изъ отдѣльныхъ мѣдныхъ проволокъ, сплетенныхъ такъ, что онѣ образуютъ какъ бы канатъ. Такой канатъ обладаетъ большей гибкостью сравнительно со сплошнымъ проводомъ того же діаметра и легче мѣняетъ свою форму при измѣненіяхъ температуры. Кромѣ того въ приготовленныхъ такимъ образомъ кабеляхъ увеличивается поверхность охлажденія проволокъ и поэтому онѣ могутъ выдерживать бѣольшую плотность тока чѣмъ сплошные проводы съ такимъ же сѣченіемъ. Если въ качествѣ проводниковъ употребляютъ массивныя мѣдныя полосы, то для соединенія такихъ полосъ между собою употребляютъ болѣе гибкіе проводники, чтобы не мѣшать расширенію этихъ полосъ. Общее правило то, что надо спаивать мѣста соединенія проводовъ, но, если поверхность контакта достаточно велика и, кромѣ того, вылужена, то достаточно сжать проводники винтомъ.

**525. Провода для переменныхъ токовъ.** Вокругъ проводника, по которому проходятъ переменные токи, развивается переменное магнитное поле, которое можетъ вызвать въ окружающихъ металлическихъ массахъ и даже въ металлической бронѣ самаго провода образованіе индуктированныхъ токовъ, которые поглощаютъ, конечно, часть энергіи, доставляемой электрическимъ токомъ. Кромѣ того, если вблизи идутъ телефонные провода, то индуктированные токи мѣшаютъ правильной передачѣ.

Это неудобство устраняютъ, помѣщая оба провода, состав-



вляющіе цѣпь, по которой проходятъ перемѣнные токи, насколько возможно ближе одинъ къ другому, такъ какъ при этомъ сосѣдніе токи обратныхъ направленій производятъ въ сосѣднихъ металлическихъ массахъ и проводахъ обратныя дѣйствія.

Вышеуказанное неудобство устраняютъ совершенно, употребляя два концентрическихъ провода, такъ какъ въ этомъ случаѣ каждый проводъ развиваетъ во внѣшнемъ пространствѣ такое же магнитное поле, какъ если бы этотъ проводникъ былъ концентрированъ по общей оси. Поэтому внѣшнія силовыя линіи взаимно нейтрализуются и магнитное поле концентрируется исключительно въ кольцевомъ пространствѣ, занятомъ изолирующимъ веществомъ. Подтверждается это тѣмъ, что такая система не оказываетъ никакого вліянія на магнитную стрѣлку.

Припомнимъ, что перемѣнные токи имѣютъ не одну и ту же плотность во всей массѣ проводника. Плотность эта уменьшается отъ поверхности къ оси (§ 190). Поэтому существуетъ стремленіе замѣнять сплошные проводники трубками, когда діаметръ первыхъ превосходитъ 1—1,5 сантиметра. Концентрическіе кабели могутъ быть замѣнены двумя трубами, съ совпадающими осями. Это устройство проводовъ имѣетъ еще то преимущество, что оно уменьшаетъ опасность, которую представляетъ прикосновеніе къ общимъ проводамъ, такъ какъ тутъ нельзя коснуться обоихъ проводовъ одновременно. Ферранти предложилъ соединять одинъ изъ концовъ внѣшней трубы съ землей. При этомъ можно касаться этого провода, не испытывая никакого сотрясенія даже тогда, когда потенциалъ внутренняго провода очень высокъ. Кромѣ того при описанномъ устройствѣ уменьшается до минимума количество діэлектрика, необходимаго для изолированія одного провода отъ другаго.

Жаккенъ (Jacquin) сдѣлалъ рядъ опытовъ съ цѣлью опредѣлить потери, происходящія отъ боковой индукціи, при употребленія для перемѣнныхъ токовъ отдѣльныхъ кабелей, снабженныхъ металлической оболочкой. Опыты производились надъ кабелями, снабженными свинцовой оболочкой въ 1 мил. толщины, и надъ кабелями, у которыхъ сверхъ свинцовой обо-

лочки была еще броня изъ желѣзныхъ проволокъ въ 3 мил. въ діаметрѣ.

Когда по такимъ кабелямъ проходятъ переменные токи, то вообще происходятъ явленія индукціи, а во второмъ случаѣ и магнитныя явленія, поглощающія опредѣленную часть энергіи, доставляемой источникомъ электричества. Если бы этихъ явленій не было, то, чтобы получить въ проводникахъ съ сопротивленіемъ  $E$  дѣйствующую силу тока равную  $I_{\text{eff}}$ , потребовалась бы электродвижущая сила, равная  $I_{\text{eff}} E$ . Но такъ какъ побочныя явленія вызываютъ противоположную электродвижущую силу, то электродвижущая сила  $E_{\text{eff}}$ , необходимая для поддержанія силы тока  $I_{\text{eff}}$ , больше, чѣмъ вышеописанное произведеніе. Энергія  $P$ , затрачиваемая въ проводникѣ, можетъ быть измѣрена помощью ваттметра, не имѣющаго самоиндукціи (§ 245). Въ это же время можно измѣрить дѣйствующую силу тока электродинамометромъ, что позволитъ вычислить количество энергіи  $P'$ , превращаемой въ проводникѣ въ тепло. Именно:

$$P = I_{\text{eff}}^2 R.$$

Разность

$$P'' = P - P'$$

даетъ количество энергіи, израсходованное въ металлической оболочкѣ кабеля.

Потеря будетъ наибольшая, когда эта оболочка составляетъ замкнутую цѣпь, т. е. когда обѣ оконечности ея соединены металлически. При этихъ условіяхъ Жаккенъ нашелъ въ кабелѣ съ свинцовой оболочкой потерю, мѣняющуюся отъ 1 до 2% всего затрачиваемаго количества энергіи  $P$ . Въ кабелѣ со свинцовой оболочкой и желѣзной броней эта потеря возрасла до 35% въ случаѣ, когда концы обѣихъ оболочекъ были соединены и образовали замкнутыя цѣпи. Чтобы получить этотъ случай, кабель былъ накрученъ на барабанъ и концы его сложены вмѣстѣ. При этомъ образуется нѣчто въ родѣ индукціонной катушки, первичная цѣпь которой концентрична со вторичной.

На практикѣ потеря никогда не достигаетъ такой величины, такъ какъ оконечности брони могутъ соединяться между собою только черезъ весьма несовершенные контакты этой брони съ

землей. Кроме того, такъ какъ количество энергій, расходуемое въ проводникѣ при распредѣленіи при высокомъ напряженіи, никогда не достигаетъ 5% всего количества утилизируемой энергій, то увеличеніе потери, производимое индукціей, въ худшемъ случаѣ не превосходитъ  $0,35 + 0,05$ , т. е. 1,75% всего количества энергій.

При опытахъ Жаккена машина давала токъ со 100 періодами въ секунду. Конечно, съ увеличеніемъ числа періодовъ, увеличивается и потеря.

Жаккенъ замѣчаетъ, что потерю можно уменьшить до совершенно незамѣтныхъ величинъ, помѣщая оба составляющіе цѣпь кабеля со свинцовой оболочкой внутрь одной общей желѣзной брони, такъ какъ въ этомъ случаѣ силовыя линіи, производимыя токами обратныхъ направленій, циркулирующими въ проводахъ, вызываютъ противодѣйствующія явленія, которыя отчасти взаимно нейтрализуются. Кроме того, непрерывная желѣзная броня, на примѣръ труба, служитъ для магнитныхъ линій экраномъ, такъ какъ, благодаря проницаемости металла, эти линіи стремятся сконденсироваться въ немъ. Ясно, что телефонныя линіи, проходящія вблизи такихъ проводовъ, менѣе подвергаются дѣйствію индукціи. Слѣдуетъ замѣтить, что такъ какъ емкость концентрическихъ кабелей сравнительно велика, то въ нихъ можетъ происходить значительная потеря отъ гистерезиса въ діэлектрикахъ. Дѣйствія емкости, сложенные съ дѣйствіями самоиндукціи цѣпей могутъ, вызвать образованіе очень значительныхъ напряженій, могущихъ испортить изолирующія вещества. При распредѣленіи энергій помощью токовъ высокаго напряженія главные прерыватели, соединяющіе альтернаторы съ концентрическими кабелями должны быть снабжены приспособленіями, позволяющими постепенно усиливать токъ до нормальной силы и также постепенно ослаблять его до нуля.

**526. Вещества, употребляемыя для изолировки кабелей. Каучукъ.** Раньше чѣмъ перейти къ изученію способовъ поддерживать хорошую изоляцію подземныхъ линій, полезно ознакомиться съ тѣми веществами, которыя главнымъ образомъ употребляются для изолировки проводовъ.

Между этими веществами первое мѣсто занимаетъ каучукъ. Этимъ именемъ называютъ смолистое вещество, находящееся въ сокѣ нѣкоторыхъ тропическихъ деревьевъ. Чтобы извлечь смолу, достаточно выпарить жидкую часть сока. Неочищенный каучукъ состоитъ изъ двухъ составныхъ частей, одной твердой, другой вязкой. Благодаря этой послѣдней, смола обладаетъ драгоценнымъ качествомъ соединяться подъ давленіемъ. Но присутствіе этого вязкаго вещества дѣлаетъ каучукъ чувствительнымъ къ дѣйствію воздуха и кромѣ того понижаетъ температуру его плавленія. Чтобы избѣжать этого неудобства, каучукъ смѣшиваютъ съ 10—11% сѣры, которая подъ дѣйствіемъ тепла имѣетъ свойство превращать вязкое вещество въ твердое.

Чистый каучукъ есть углеводородъ, но каучукъ продажный содержитъ смолу, воду и нѣкоторыя минеральныя вещества. Прежде чѣмъ употреблять каучукъ, его очищаютъ отъ самыхъ грубыхъ примѣсей. Для этого разрѣзаютъ его сначала на мелкіе куски и моютъ въ холодной водѣ. Затѣмъ изъ каучука испаряютъ воду и прибавляютъ къ нему сѣры въ видѣ сѣрнаго цвѣта (бѣлый каучукъ), или въ видѣ сѣрнистой сурьмы (каучукъ красный). Прибавляютъ также иногда, съ цѣлью понизить цѣну смѣси, и другія вещества, какъ, напримѣръ, известь, гипсъ и т. п. Всѣ эти смѣси готовятся въ мастикаторѣ. Затѣмъ масса спрессовывается подъ гидравлическимъ прессомъ и продается въ видѣ полосъ.

Каучуковые предметы готовятъ изъ отдѣльныхъ слоевъ, соединяемыхъ при помощи давленія и затѣмъ нагреваемыхъ до температуры въ 130°—140° Ц. Подъ дѣйствіемъ тепла сѣра соединяется съ каучукомъ и изъ смѣси получается масса, извѣстная подъ именемъ *вулканизированнаго каучука*, обладающая значительной упругостью, которую она сохраняетъ при всѣхъ температурахъ до 180°. Въ этомъ состояніи каучукъ уже не слѣпляется самъ съ собой и сопротивляется обыкновеннымъ растворителямъ каучука. Если содержаніе сѣры въ каучукѣ довести до 30—35% и прибавить около 3% сажи, то получится вещество, извѣстное подъ именемъ *вулканизита* или *эбонита*. Это вещество вполне твердое, отлично

полирующеее и поддающееся обработкѣ инструментами, обладаетъ очень большой изолирующей способностью.

Проводники, изолируемые вулканизированнымъ каучукомъ, полезно предварительно вылуживать, чтобы предотвратить химическое дѣйствіе сѣры на мѣдь. Но лучше всего покрыть сначала мѣдь слоемъ чистаго каучука, а уже поверхъ него слоемъ каучука вулканизированнаго. Разрушительное дѣйствіе вулканизированнаго каучука на металлы уменьшаютъ, прибавляя въ него при фабрикаціи извѣстное количество извести.

Для полученія изолирующей оболочки вокругъ проводника наматываются спирально ленты изъ каучука, края которыхъ находятъ слегка одинъ на другой. Эти края склеиваются. Вулканизируютъ каучукъ уже послѣ окончанія обмотки. Приготавливаютъ также ткани, пропитанныя каучукомъ, которыя разрѣзаютъ на ленты и этими лентами обматываютъ проводники. Получаемыя этимъ послѣднимъ способомъ оболочки не будутъ совершенно непроницаемы для воды, такъ какъ края могутъ склеиться не совсѣмъ плотно.

Нагрѣтый до 200° вулканизированный каучукъ становится мягкимъ и эластичность его не возвращается послѣ охлажденія. Поэтому при фабрикаціи и употребленіи изолированныхъ проводниковъ надо избѣгать повышенія температуры до этого предѣла.

Существуетъ способъ готовить оболочки и безъ заливки, основанный на томъ же принципѣ, на которомъ основанъ способъ приготовленія трубокъ. Каучукъ помѣщается въ коническую трубку съ двойными стѣнками, нагрѣваемую паромъ, и продавливается пустотѣлымъ винтомъ, по оси котораго проходитъ проводникъ. Такимъ образомъ, при выходѣ проводника изъ трубки вокругъ него образуется непрерывная каучуковая оболочка.

Такъ называемые *оконитовые кабели* суть не что иное, какъ каучуковые кабели, покрываемые на время вулканизации тонкой оловянной оболочкой, которую снимаютъ послѣ окончанія операціи. Эта оболочка имѣетъ цѣлью защищать діэлектрикъ отъ дѣйствія воздуха и водянаго пара во время нагрѣванія.

Проводники, покрытые каучукомъ, должны быть достаточно

гибкими, чтобы изолирующій слой не трескался при изгибаніи кабеля. Если кабель долженъ имѣть значительное сѣченіе, то его образуютъ изъ отдѣльныхъ мѣдныхъ проволокъ, скрученныхъ въ видѣ каната, что придаетъ ему значительную гибкость. Такой кабель можно покрывать еще бумажной лентой, чтобы лучше предохранить каучуковую оболочку. Толщина этой оболочки мѣняется въ зависимости отъ электрическаго напряженія, для котораго предназначается кабель. Присъ находить, что она должна равняться 1 милл. для 500 вольтъ и увеличиваться на 0,5 мил. для каждыхъ послѣдующихъ 500 вольтъ.

Во всякомъ случаѣ, раньше чѣмъ употреблять кабель, слѣдуетъ испытать его изолировку. Для этого черезъ кабель пропускаютъ токъ, напряженіе котораго должно равняться двойному напряженію тока, для котораго кабель предназначенъ. Для этой цѣли употребляютъ индукціонныя катушки, позволяющія легко получать весьма значительныя разности потенциаловъ.

Кабели, изолированные вулканизированнымъ каучукомъ, мало портятся на воздухѣ, но ихъ нельзя погружать въ воду, особенно на большую глубину, такъ какъ подъ давленіемъ каучукъ поглощаетъ до 25% воды.

**527. Гуттаперча. Приготовленіе подводныхъ кабелей.** Свойство каучука поглощать воду служить причиной, что для изолировки подводныхъ кабелей, употребляютъ гуттаперчу, которая для воды вполне непроницаема. Для большинства подводныхъ телеграфныхъ кабелей употребленъ этотъ діэлектрикъ.

Гуттаперча получается изъ особаго рода деревьевъ, называемыхъ *Isonandra-gutta*, растущихъ преимущественно на Малайскихъ островахъ. Сокъ этихъ растений, послѣ выпариванія, содержитъ множество нечистотъ, напримѣръ, камни, кору, соки другихъ породъ деревьевъ и т. п., прибавленные туземцами или намѣренно или по незнанію.

Куски гуттаперчи хорошаго качества узнаютъ по волокнистому строенію и по розовой окраскѣ. Къ несчастію этотъ послѣдній признакъ можно получить искусственно при помощи красящихъ веществъ, такъ что единственное вѣрное средство

судить о ея качествахъ состоитъ въ томъ, что гуттаперчу надо приготовить, покрыть ею кабель и изслѣдовать тогда ея электрическія качества.

Гуттаперча имѣетъ одинъ существенный недостатокъ, именно она плавится при  $37^{\circ}\text{C}$ , что мѣшаетъ употребленію ея для изолировки освѣтительныхъ проводовъ, которые могутъ нагреваться токомъ до гораздо высшихъ температуръ. Кромѣ того на гуттаперчу дѣйствуетъ воздухъ, особенно подъ вліяніемъ свѣта: она затвердѣваетъ и трескается. Поэтому ее никогда не слѣдуетъ употреблять для приготовленія воздушныхъ проводовъ.

Раньше чѣмъ употреблять гуттаперчу для какихъ-нибудь цѣлей, ее очищаютъ слѣдующимъ образомъ.

Куски гуттаперчи разрѣзаются на части при помощи диска съ зубами. Получающіеся кусочки падаютъ въ ванну съ водой, нагреваемую паромъ, гдѣ гуттаперча, постоянно размѣшиваемая, размягчается и всплываетъ, а всѣ примѣси, болѣе тяжелыя чѣмъ вода, осѣдаютъ на дно. Иногда эту операцію повторяютъ, разрѣзая гуттаперчу на болѣе мелкіе куски при помощи цилиндра, на поверхности котораго имѣются зубцы, и затѣмъ повторяя операцію отдѣленія постороннихъ веществъ въ теплой водѣ.

Размягченную тепломъ гуттаперчу пропускаютъ черезъ фильтръ-прессъ, состоящій изъ цилиндра съ паровой рубашкой, въ днище котораго продѣланы отверстія, а внутри помѣщенъ рядъ металлическихъ сѣтокъ съ постоянно уменьшающимися петлями. Поршень заставляетъ гуттаперчу проходить черезъ этотъ фильтръ и очищаться въ немъ отъ послѣднихъ оставшихся въ ней нечистотъ, которыя съ небольшимъ количествомъ гуттаперчи остаются на сѣткахъ.

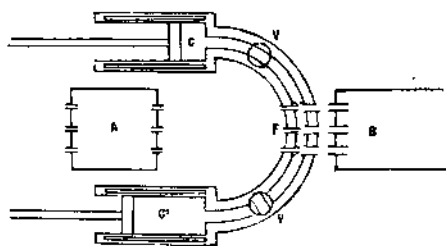
Операцію продавливанія повторяютъ до тѣхъ поръ, пока въ полость каучука, растянутой до прозрачности между пальцами, при взглядѣ на свѣтъ не будетъ видно никакихъ слѣдовъ примѣсей.

Очищенная такимъ образомъ гуттаперча прокатывается между двумя цилиндрами, нагреваемыми внутри паромъ. Эта обработка придаетъ тѣсту однородность и вытѣсняетъ изъ него пузырьки воздуха и слѣды влажности. Наконецъ гутта-

перчу помѣщаютъ въ погребѣ, гдѣ она и затвердѣваетъ. Передъ самымъ употребленіемъ ее пропускаютъ черезъ мастикаторъ, чтобы опять придать ей мягкость. Этотъ приборъ состоитъ изъ чугунной ванны, нагреваемой паромъ, въ которой вращаются два цилиндра съ желобчатой поверхностью, размѣшивающіе тѣсто.

Гуттаперча не пристаётъ къ мѣди, поэтому между проводомъ и слоемъ гуттаперчи прокладываютъ слой другого состава, называемаго составомъ Чаттертона, состоящаго изъ 3 частей по вѣсу гуттаперчи, 1 части смолы и 1 части древеснаго дегтя. Покрытіе этимъ слоемъ производится въ тотъ моментъ, когда проводникъ входитъ въ волочилню, въ которой онъ покрывается слоемъ гуттаперчи.

Эта волочилня F (фиг. 315) соединена съ двумя цилиндрами



Фиг. 315.

драми C и C'. нагреваемыми паромъ. Мѣдныя проволоки проходятъ черезъ стѣнки сосуда A, содержащаго составъ Чаттертона въ жидкомъ видѣ, затѣмъ входятъ въ волочилню черезъ отверстія того же діаметра, что и проводники, и выходятъ изъ нея черезъ отверстія, имѣющія діаметръ равный діаметру уже покрытой проволоки.

При помощи крановъ V волочилня можетъ быть соединена съ обоими изъ цилиндровъ C и C'. Пока, при помощи поршня, гуттаперчу сжимаютъ въ одномъ изъ нихъ, въ другомъ поршень выдвигаютъ назадъ и наполняютъ цилиндръ гуттаперчей. Такимъ образомъ операція идетъ непрерывно. Отверстія въ цилиндрахъ, величину которыхъ можно мѣнять, позволяютъ регулировать давленіе и выгонять воздухъ, заключающійся въ тѣстѣ.



Покрытыя гуттаперчей проволоки поступаютъ въ длинные баки съ водой при температурѣ 12—13° Ц., въ которыхъ гуттаперча охлаждается и становится крѣпкой. Затѣмъ проволока проходитъ между двумя цилиндрами, покрытыми каучукомъ, и наматывается на катушки.

Гуттаперчевая оболочка дѣлается обыкновенно въ нѣсколько слоевъ, чередующихся со слоями состава Чаттертона, служащаго какъ бы связующимъ цементомъ. Такимъ образомъ исправляютъ эксцентричность, которая можетъ произойти при покрытіи каждымъ отдѣльнымъ слоемъ. Послѣдовательные слои получаютъ, пропуская проволоку нѣсколько разъ черезъ волоочильню, отверстіе которой, конечно, мѣняютъ соответствующимъ образомъ.

Когда такимъ образомъ *сердечникъ*, состоящій изъ проводника, покрытаго гуттаперчей, приготовленъ, его погружаютъ въ воду, налитую въ цилиндрическій резервуаръ, нагрѣтую до 24° Ц., и опредѣляютъ сопротивленіе его изолировки и его емкость.

Диэлектрическая постоянная среднихъ сортовъ гуттаперчи меньше, чѣмъ постоянная высихшихъ сортовъ. Кромѣ того сопротивленіе изоляціи кабеля, покрытаго слоемъ гуттаперчи средняго качества, вскорѣ послѣ его приготовленія можетъ быть выше, благодаря содержанію въ ней смолистыхъ веществъ, чѣмъ кабеля, покрытаго хорошей гуттаперчей; но, спустя нѣкоторое время, эти вещества начнутъ трескаться и сопротивленіе изоляціи значительно уменьшится.

Подводные телеграфные кабели должны быть защищены еще броней изъ гальванизированной желѣзной или стальной проволоки, окружающей проводникъ спиралью.

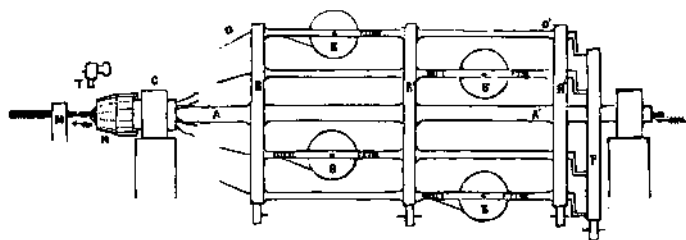
Чтобы эта проволока не повредила сердечника, между ними прокладываютъ слой пеньки или джута, который увеличиваетъ діаметръ обмотки изъ защитительной проволоки.

Можно также употреблять джутъ, пропитанный дегтемъ; но слѣдуетъ для этой цѣли брать исключительно древесный деготь, такъ какъ газовый деготь, вслѣдствіе присутствія въ немъ креозота, дѣйствуетъ химически на гуттаперчу.]

Проволоки, составляющія броню, подъ вліяніемъ большихъ давленій на морской глубинѣ, выпучиваются и мѣшаютъ сердечнику быть раздавленнымъ.

Наконецъ, такъ какъ морская вода (особенно тамъ, гдѣ дно скалисто и богато сѣрнистыми соединеніями) дѣйствуетъ на желѣзо, то броню покрываютъ оболочкой изъ пеньки и холста, пропитанныхъ составомъ Клэрка, состоящаго изъ 65 вѣсовыхъ частей минеральной смолы, 30 частей кремнезема и 5 частей дегтя.

Для большихъ глубинъ броня дѣлается изъ проволоки въ 2—3 мил. въ діаметрѣ. Въ менѣе глубокихъ моряхъ и около береговъ, гдѣ кабели могутъ быть зацѣпляемыми судовыми якорями, ихъ снабжаютъ броней изъ проволокъ въ 5—6 мил. въ діаметрѣ.



Фиг. 316.

Всѣ названныя оболочки накладываютъ на сердечникъ, заставляя его проходить вдоль по оси вращающихся дисковъ, къ которымъ прикрѣплены катушки съ проволоками, нитями или изолирующими лентами. Если прикрѣпить концы ихъ къ кабелю то вслѣдствіе комбинаціи поступательнаго его движенія и вращательнаго движенія катушекъ кабель покрывается спиральной обмоткой.

Если катушки сохраняютъ неизмѣнно свое положеніе относительно дисковъ, то сходящія съ нихъ проволоки или нити, во время обматыванія кабеля, перекручиваются одинъ разъ при каждомъ оборотѣ диска. Этого крученія, не имѣющаго значенія при обмоткѣ кабеля пеньковыми нитями, слѣдуетъ избѣгать при обмоткѣ желѣзными проволоками.

Для этой цѣли на пустотѣлой оси, черезъ которую проходитъ кабель (фиг. 316), прикрѣплены три диска  $R$ ,  $R'$ ,  $R''$ . Диски эти, для облегченія оси, катятся внизъ по роликамъ. Диски соединены поперечинами  $OO'$ , на которыхъ помѣщаются катушки  $B$ . Концы поперечинъ  $OO'$  загнуты вправо и къ нимъ

прикрѣпленъ дискъ Р, играющій роль противовѣса. Этотъ дискъ заставляетъ катушки перемѣщаться параллельно самимъ себѣ и, слѣдовательно, вращаться относительно дисковъ  $R, R'R''$ , вслѣдствіе чего проволоки будутъ разматываться безъ крученія.

Проволоки проходятъ черезъ пустотѣлыя поперечины  $OO'$  и черезъ рядъ отверстій, окружающихъ подшипникъ С. Затѣмъ, онѣ входятъ въ спиральные желобки, имѣющіеся въ передней части N, и наматываются на кабель, причемъ на нихъ въ этомъ мѣстѣ льетъ струя воды, вытекающая изъ трубки Т, предназначенная для охлажденія проволокъ. Наконецъ спирали сжимаются въ М, между двумя частями, давленіе которыхъ регулируютъ.

Различныя обмотки дѣлаются всѣ одной машиной, черезъ которую проходитъ кабель. Та же трансмиссія, которая вызываетъ поступательное движеніе кабеля, вращаетъ и подвижные диски такъ, что, когда нужно сдѣлать остановку, то весь механизмъ можетъ быть остановленъ одновременно при помощи сильнаго тормоза, дѣйствующаго на трансмиссію.

**528. Парафѣинъ. Смола.** Парафѣинъ есть одинъ изъ продуктовъ, получающихся при очисткѣ нефти.

Нефть, которая, по мнѣнію проф. Д. И. Менделѣева, образуется черезъ проникновеніе воды съ поверхности земли внутрь земли, гдѣ она разлагается и ея элементы соединяются съ углеродомъ, въ нѣдрахъ земли содержащимся, есть одно изъ веществъ, которыя имѣютъ громадное примѣненіе въ промышленности. Очистка ея даетъ сначала летучія масла, затѣмъ освѣтительныя, затѣмъ тяжелыя, смазочныя, наконецъ вазелинъ и парафѣинъ. Въ остаткѣ получается вещество, выдерживающее весьма высокія температуры и почти не воспламеняющееся.

Русская нефть не даетъ парафѣина, но только тяжелыя масла (олеонафтъ), которыя, какъ смазочныя масла, замѣчательны. Эти масла, вдобавокъ, отличные изоляторы, пригодные особенно для погруженія въ нихъ такихъ приборовъ, какъ трансформаторы, токи въ которыхъ имѣютъ весьма высокое напряженіе.

Слѣдуетъ замѣтить, что воздухъ, сопротивленіе котораго

почти бесконечно для электричества слабаго напряженія, проникаемъ для электричества высокаго напряженія, проходящаго черезъ него напимѣръ въ формѣ искры. Діэлектрическая постоянная различныхъ сортовъ масла и твердыхъ тѣлъ гораздо больше постоянной воздуха, хотя сопротивление изоляціи ихъ, измѣряемое обыкновенными способами, гораздо меньше.

Параффинъ представляетъ изъ себя очень хорошій изоляторъ, но, къ сожалѣнію, онъ легко ломается; въ немъ образуются трещины, вслѣдствіе чего влага можетъ достигъ до покрываемыхъ имъ проводниковъ. Чтобы уменьшить это неудобство, параффинъ употребляютъ вмѣстѣ съ какимъ-нибудь другимъ дешевымъ изоляторомъ, напимѣръ съ джутомъ или бумагой, которые пропитываются параффиномъ въ горячемъ состояніи, чтобы выгнать изъ нихъ влагу и увеличить ихъ изолирующую способность. Такими веществами покрываютъ проводникъ. Затѣмъ все вмѣстѣ помѣщаютъ въ какую-нибудь прочную оболочку, напимѣръ въ свинцовую трубку, препятствующую влагѣ проникать въ трещины, образующіяся съ теченіемъ времени въ параффинѣ.

Параффинъ при этихъ условіяхъ можно замѣнить смолой или остатками отъ дистилляціи маслъ.

Озокеритомъ или ископаемымъ воскомъ называютъ сортъ параффина, находимый въ природѣ смѣшаннымъ съ различными горными породами; онъ не трескается, какъ обыкновенный параффинъ.

**529. Различные изоляторы.** Дороговизна каучука и трудности, встрѣчаемая при пользованіи параффиномъ, привели къ изобрѣтенію различныхъ изолирующихъ составовъ, въ которыхъ эти вещества смѣшаны съ другими смолистыми веществами. Цѣль приготовленія всѣхъ этихъ составовъ—это получить дешевое вещество, которое, обладая достаточной изолирующей способностью и непроницаемостью для воды, не боялось бы до нѣкоторой степени вліянія тепла, воздуха и жидкостей, пропитывающихъ землю. Изъ такихъ составовъ мы назовемъ оконить, керить, нигритъ и составъ Каллендера. Многіе изъ этихъ составовъ вулканизированы и потому про-

водники, которые они должны покрыть, слѣдуетъ предварительно вылуживать.

Кабели, которые не будутъ подвергаться дѣйствию влажности, можно просто изолировать слоями бумаги или джута, пропитываемыхъ иногда кремнеземистыми составами, чтобы сдѣлать ихъ нескораемыми.

### КАНАЛИЗАЦІЯ ДЛЯ СИЛЬНЫХЪ ТОКОВЪ.

**530. Воздушные кабели.** Высокая стоимость подземной канализации заставляетъ иногда примѣнять и въ городахъ воздушные провода, предназначенные для электрическаго освѣщенія. Провода эти, если напряженіе проходящаго по нимъ тока велико, должны быть изолированы. Обыкновенно употребляютъ кабели съ каучуковой оболочкой. Чтобы имѣть возможность ставить столбы возможно рѣже, электрическіе кабели подвѣшиваютъ на вспомогательныхъ тросахъ изъ гальванизированной стальной проволоки, прикрѣпленнымъ къ изоляторамъ. Мѣдный кабель проходитъ въ этомъ случаѣ черезъ фарфоровыя кольца, прикрѣпленные металлическими проволоками къ стальному тросу.

**531. Прокладка кабелей и проволокъ внутри зданій. Деревяныя рейки и трубы Вергмана.** Проводники, прокладываемые внутри зданій въ сухихъ помѣщеніяхъ, могутъ быть просто покрываемы оболочкой изъ какой-нибудь ткани, пропитанной какимъ-нибудь не гигроскопическимъ веществомъ, напримѣръ параффиномъ. Въ сырыхъ помѣщеніяхъ слѣдуетъ употреблять провода съ непроницаемой для воды оболочкой, обыкновенно каучуковой.

Когда провода идутъ настолько высоко, что до нихъ трудно дотронуться, то ихъ нужно вести на фарфоровыхъ изоляторахъ, прикрѣпляемыхъ съ стѣнамъ. Въ противномъ случаѣ, для защиты проводовъ отъ механическихъ поврежденій примѣняются два способа. Самый обыкновенный состоитъ въ томъ, что оба проводника каждой цѣпи помѣщаются въ двухъ параллельныхъ желобкахъ, продѣлываемыхъ въ рейкахъ,

которые прибиваются къ стѣнамъ. Затѣмъ эти рейки закрываются такими же крышками, только безъ желобковъ.

Второй способъ, придуманный Бергманомъ, состоитъ въ томъ, что провода помѣщаютъ въ трубки, приготовляемые изъ прессованной бумажной массы, пропитанной предохраняющими веществами. При проводкѣ сначала размѣщаются по стѣнамъ трубки, соединяемые между собою металлическими муфтами. Затѣмъ черезъ эти трубки протягиваются провода, соединяющіеся между собою въ соединительныхъ коробкахъ тоже изъ бумажной массы, снабженныхъ крышками. При этой системѣ работа при прокладкѣ значительно облегчается и, кромѣ того, значительно облегчается и замѣна одной проволоки другой, въ случаѣ ея порчи. Для слабыхъ токовъ оба провода помѣщаютъ въ одну трубку, для сильныхъ же—въ двѣ параллельныя трубки.

**532. Подземная канализація.** Въ большихъ городахъ устройство подземной канализаціи представляетъ большія затрудненія, такъ какъ въ нихъ подъ улицами и безъ того уже существуетъ множество газопроводовъ, водопроводовъ, сточныхъ канавъ и т. п.

Эта причина заставляла многократно поднимать вопросъ объ устройствѣ подъ главными улицами сухихъ туннелей, въ которые можно было бы помѣщать всѣ виды канализаціи, служащія для общественнаго пользованія. Эти туннели должны соединяться съ домами трубами, достаточно широкими, чтобы въ нихъ можно было помѣщать отвлѣтенія отъ всѣхъ канализацій. При существованіи такихъ туннелей всѣ починки и всѣ возобновленія могли бы дѣлаться безъ раскопки траншей и стѣсненія уличнаго движенія.

Но такой проектъ можетъ быть выполненъ только самимъ городомъ, который затѣмъ отдавалъ бы уже отъ себя въ аренду мѣста въ такихъ туннеляхъ различнымъ электрическимъ обществамъ. Но пока такія сѣти туннелей отсутствуютъ, электрикамъ приходится разыскивать систему подземной канализаціи, которая позволяла бы, съ наибольшимъ удобствомъ и при наименьшихъ расходахъ, осматривать и починять провода и дѣлать отвлѣтенія. Въ настоящее время примѣняются три системы канализаціи.

1. Когда сѣченіе кабелей не слишкомъ велико и когда, поэтому они достаточно гибки, можно примѣнять слѣдующую систему, давно уже примѣняемую съ успѣхомъ для телеграфныхъ кабелей.

Вдоль по улицамъ прокладываются подъ землей трубы изъ асфальта, цемента или желѣза, упирающіяся черезъ извѣстныя разстоянія въ колодцы изъ чугуна или каменной кладки достаточныхъ размѣровъ, чтобы въ нихъ могъ свободно двигаться рабочій. Куски проводовъ, имѣющіе длину, равную разстоянію между двумя сосѣдними колодцами, протягиваются черезъ трубы и соединяются между собою внутри колодцевъ. Такая канализация состоитъ обыкновенно изъ нѣсколькихъ трубъ, по которымъ проходятъ различныя цѣпи.

Приготовляя трубы изъ какого-нибудь изолирующаго вещества, можно уменьшать толщину слоя діэлектрика на самомъ кабелѣ. Для этой цѣли употребляютъ трубы изъ асфальта или желѣза, покрытаго внутри цементомъ или стекловидной эмалью.

Вода, конденсирующаяся въ трубахъ или впитывающаяся въ нихъ, собирается на дно колодцевъ, откуда отъ времени до времени она выкачивается ручной помпой. Если почва легко проницаема для воды, то достаточно сдѣлать въ днѣ колодца нѣсколько отверстій.

Описанная система канализации очень распространена въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ очень развито примѣненіе токовъ высокаго напряженія и гдѣ, поэтому, часто употребляются провода настолько тонкіе и гибкіе, что ихъ можно протаскивать безъ затрудненій сквозь трубы. Преимущество этой системы состоитъ въ томъ, что она допускаетъ замѣну проводовъ и прокладку новыхъ безъ разрыванія траншей. Она имѣетъ только одно неудобство: газъ, прорывающійся сквозь неплотныя соединенія сосѣднихъ газопроводныхъ трубъ, а также, можетъ быть, и происходящій отъ разложенія подъ вліяніемъ сильныхъ токовъ діэлектрика, окружающаго проводники, собирается иногда въ колодцахъ и можетъ произвести взрывъ. Это неудобство устраняютъ, вентилируя трубы посредствомъ сжатого воздуха.

Когда для распредѣленія электрической энергіи пользуются

очень сильными токами и, слѣдовательно, употребляютъ провода съ большимъ сѣченіемъ, то для примѣненія описанной системы, вмѣсто одного толстаго провода, приходится употреблять нѣсколько тонкихъ, каждый не болѣе 2 кв. сантиметровъ поперечнаго сѣченія.

2. Второй способъ основанъ на употребленіи проводовъ, окруженныхъ изолирующимъ слоемъ и защитительной броней, состоящей или изъ желѣзныхъ трубъ, или изъ желѣзныхъ полосъ или проволокъ, которыя закапываются прямо въ землю.

3. Третій способъ основанъ на употребленіи голыхъ кабелей, которые прокладываются на изоляторахъ внутри подземныхъ каналовъ, прерываемыхъ черезъ опредѣленные промежутки колодцами, въ которыхъ производятся соединенія проводовъ между собою и въ которыхъ собирается конденсационная и просочившаяся вода, выкачиваемая или насосами или спускаемая въ сточныя канавы. Эта система примѣнима въ тѣхъ случаяхъ, когда напряженіе употребляемаго тока не слишкомъ велико. Она имѣетъ то преимущество, что устраняетъ употребленіе изолирующихъ оболочекъ, составляющихъ одну изъ самыхъ дорогихъ и наиболѣе легко портящихся частей канализаціи.

Электрическіе провода такъ же, какъ и водо- и газопроводы помѣщаются обыкновенно посреди улицъ. Поэтому, чтобы устроить новую вѣтвь, надо прерывать совершенно или отчасти движеніе по улицѣ. Чтобы избѣжать этого неудобства, въ нѣкоторыхъ городахъ провода прокладываютъ подъ троттуарами съ каждой стороны улицы что, однако, значительно увеличиваетъ стоимость канализаціи. На перекресткахъ улицъ въ этомъ случаѣ кабели или протягиваются по трубамъ, или проходятъ по особому туннелю, чтобы можно было работать надъ ними не стѣсняя уличнаго движенія.

## ТИПЫ КАНАЛИЗАЦИИ СЪ ПРОВОДАМИ, ПРОТЯНУТЫМИ ПО ТРУБАМЪ.

**533. Трубы.** Для прокладки кабелей компаніи электрическаго освѣщенія въ Нью-Йоркѣ, по даннымъ Майера, изъ труда котораго мы заимствуемъ здѣсь многочисленныя детали



относительно канализациі въ Америкѣ, употребляютъ главнымъ образомъ чугунныя трубы. Эти трубы, длиною обыкновенно въ 7 метровъ и діаметромъ въ 5—8 сант. заливаются въ бетонъ. Прокладка трубъ совершается слѣдующимъ образомъ: когда траншея готова, на дно ея наливаютъ бетонъ и укладываютъ рядъ трубъ, затѣмъ опять наливаютъ бетонъ и укладываютъ второй рядъ трубъ и т. д. Верхній слой бетона дѣлаютъ болѣе толстымъ, чѣмъ промежуточные, и изъ предосторожности, чтобы случайно при разрытіи траншеи не разбили бетона ломомъ, его покрываютъ толстыми сосновыми досками и все засыпаютъ землей. Внѣшняя поверхность трубъ иногда, для предохраненія отъ ржавчины, покрывается смолой. Нужно тщательно слѣдить, чтобы на ихъ внутренней поверхности не было выступовъ, которые могли бы повредить кабели во время протягиванія. Желѣзныя трубы соединяются между собою муфтами съ двойной нарѣзкой и шпаклюются паклей съ суриковой замазкой.

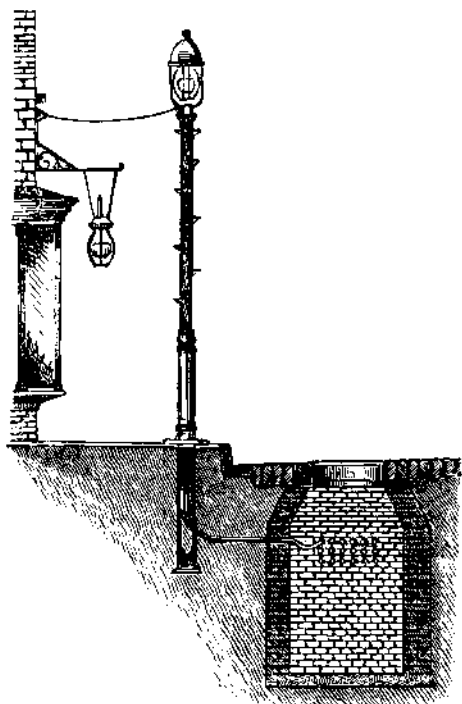
Употребляютъ также чугунныя трубы, покрытыя внутри слоемъ цемента. Для приготовленія такихъ трубъ внутрь ихъ временно помѣщаютъ мѣдныя трубы и заполняютъ промежутокъ растворомъ цемента.

Вмѣсто металлическихъ трубъ примѣняютъ также куски асфальта, которые слѣпляютъ одинъ съ другимъ и внутри которыхъ просверливаютъ рядъ продольныхъ капаловъ по которымъ протаскиваютъ кабели. Система канализациі Дорсетта, примѣняемая въ Соединенныхъ Штатахъ, и система Каллендера-Вебера, примѣняемая въ Англіи, основаны на этомъ принципѣ. Наконецъ пробовали примѣнять каналы изъ пропитаннаго креозотомъ дерева. Во всякомъ случаѣ наиболѣе употребителенъ первый типъ канализациі съ чугунными трубами. По возможности для каждой пары кабелей слѣдуетъ имѣть особую трубу. Площадь сѣченія трубы должна быть въ шесть разъ больше сѣченія кабеля,

Колодцы, изъ которыхъ тянутъ кабели и внутри которыхъ дѣлаютъ соединенія, помѣщаются обыкновенно на разстояніи 60—100 метровъ одинъ отъ другаго.

Размѣры этихъ колодцевъ, образенъ которыхъ представленъ на фиг. 317, зависятъ отъ числа кабелей. Но во всякомъ

случаѣ они должны быть достаточно велики, чтобы рабочій могъ бы въ нихъ двигаться совершенно свободно. Стѣнки такихъ колодцевъ кладутся изъ камня и штукатурятся цемен-



Фиг. 317.

томъ, чтобы помѣшать просачиванію въ нихъ почвенныхъ водъ. Отверстіе ихъ закрывается двойной чугунной крышкой. На фиг. 317 виденъ рядъ трубокъ, доходящихъ до колодца, а также вѣтвь къ уличному фонарю съ дуговой лампой.

**534. Кабели.** Кабели, помѣщаемые въ трубахъ, состоятъ изъ гибкаго каната изъ мѣдныхъ проволокъ, окруженнаго изолирующимъ слоемъ и, если діэлектрикъ не непроницаемъ для воды, то заключеннаго еще въ свинцовую трубку, препятствующую влагѣ и ѣдкимъ жидкостямъ проникать до проводника. Чистый свинецъ подъ перемежающимся дѣйствіемъ жидкостей, фильтрующихся черезъ почву изъ сточныхъ каналовъ

и при соприкосновеніи съ веществами, содержащими креозотъ, превращается въ углессвинцовую соль и свинцовая оболочка такимъ образомъ постоянно утончается. Свинецъ дѣлаютъ менѣе доступнымъ для этихъ реакцій, примѣшивая къ нему 3% олова. Этотъ сплавъ имѣетъ еще то преимущество, что приготовляемая изъ него трубы болѣе эластичны и не трескаются при складываніи. Часто свинцовыя трубы еще оплетаютъ просмоленной бумажной тканью.

Составъ изолирующей оболочки бываетъ весьма различнымъ. Лучшія оболочки съ точки зрѣнія изоляцій и продолжительности службы несомнѣнно тѣ, для которыхъ примѣняется каучукъ. Вокругъ мѣдной жилы дѣлается бумажная оплетка, затѣмъ идутъ послѣдовательно слои чистаго каучука, вулканизированнаго каучука и пропитанной каучукомъ ленты, наматываемой спиралью.

Такъ какъ каучукъ стоитъ дорого, то его часто замѣняютъ пенькой, бумагой или джутомъ, пропитанными въ горячемъ состояніи смолой или параффиномъ. Въ этомъ случаѣ слой изолятора для напряженія въ 3000 вольтъ долженъ имѣть толщину въ 5—6 мил. Кромѣ того, кабели съ такой изоляціей необходимо заключать въ свинцовыя трубки, чтобы предохранить ихъ отъ дѣйствія сырости.

**535. Протягиваніе кабелей. Соединенія.** Прежде чѣмъ протягивать кабель черезъ уложенныя уже трубы (§ 533), сквозь нихъ протягиваютъ прочную веревку, посредствомъ которой и протаскиваютъ кабель. Для этой цѣли изъ одного изъ колодцевъ въ трубу впускаютъ стальную ленту съ шарикомъ на концѣ, чтобы лента не зацѣплялась въ мѣстахъ соединенія трубъ, и вталкиваютъ эту ленту до тѣхъ поръ, пока конецъ ея не выйдетъ въ сосѣднемъ колодцѣ. Тамъ къ ней привязываютъ веревку и, втягивая ленту назадъ, веревку протаскиваютъ сквозь трубу. Затѣмъ къ концу веревки привязываютъ одну изъ оконечностей прокладываемаго кабеля; за противоположный конецъ веревки тянутъ два или три человека и такимъ образомъ кабель протаскиваютъ черезъ трубу. Если въ одну и ту же трубу надо помѣстить два или нѣсколько кабелей, то ихъ слѣдуетъ протаскивать одновре-

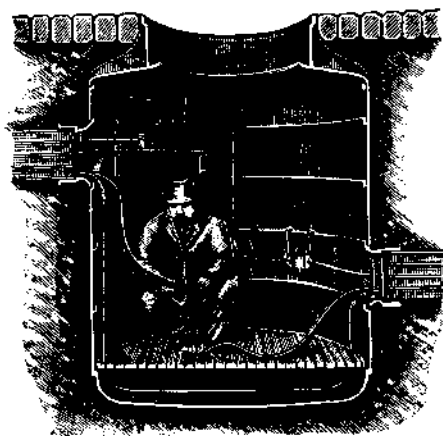
менно, иначе треніе одного кабеля о другіе, при протаскиваніи ихъ поочередно, можетъ повредить ихъ изолировку. Когда черезъ трубу протаскиваютъ нѣсколько кабелей, то треніе ихъ о внутреннія стѣнки трубы настолько сильно, что руками ихъ протащить немислимо. Въ этихъ случаяхъ помѣщаютъ внутри колодца вертикальный воротъ, приводимый въ движеніе людьми, находящимися на поверхности земли, и съ его помощью протаскиваютъ кабели. Чѣмъ длинѣе кусокъ кабеля, прокладываемый безъ соединеній, тѣмъ лучше. При прокладкѣ длинныхъ кабелей, весь кабель протягивается черезъ первую секцію трубъ между двумя сосѣдними колодцами и укладывается по мѣрѣ протягиванія на днѣ второго колодца. Затѣмъ точно также кабель протаскивается черезъ вторую секцію трубъ и т. д., пока не будетъ протянутъ весь.

Когда кабели такимъ образомъ протянуты черезъ трубы, надо приступить къ соединенію отдѣльныхъ ихъ кусковъ. Соединенія эти слѣдуетъ дѣлать весьма тщательно, такъ какъ часто случалось, что кабели отличнаго качества давали самые плохіе результаты только потому, что соединенія были сдѣланы плохо. Для производства этихъ соединеній слѣдуетъ употреблять самыхъ опытныхъ рабочихъ, извѣстныхъ тщательностью своей работы, да и то раньше слѣдуетъ заставлять ихъ сдѣлать нѣсколько пробныхъ соединеній и измѣрить изолировку этихъ соединеній.

Чтобы сдѣлать соединеніе, свинцовую оболочку снимаютъ на длинѣ въ 6—7 сант., а изолирующую оболочку на длинѣ 2,5 сант., на каждомъ изъ соединяемыхъ концовъ. Оголенные концы вводятся въ мѣдную муфту и запаиваются при помощи канифоли. Если отъ мѣста соединенія надо взять отвѣтвленіе, то употребляютъ муфту, имѣющую форму буквы Т, причемъ отвѣтвленный проводъ вставляется въ свободную вѣтвь муфты. Когда муфта запаяна, на нее надвигаютъ изоляторъ и затѣмъ ее покрываютъ однимъ или нѣсколькими слоями чистаго каучука, затѣмъ слоемъ каучука вулканизированнаго, причемъ каждый слой склеиваютъ съ предыдущимъ, покрывая поверхность послѣдняго кѣкимъ-нибудь растворителемъ каучука, напримѣръ бензиномъ. Сверхъ получаемаго изолирующаго слоя накладываютъ листъ свинца, который нажи-

мають плотно на муфту и кабель, стягивая его съ двухъ сторонъ пропитанными смолой или дегтемъ лентами.

Англійская компанія *India, Rubber* въ Сильвертоунѣ устраиваетъ соединенія съ еще бѣльшими предосторожностями. Оголенные концы проводовъ обмакиваютъ въ расплавленный припой, затѣмъ спиливаютъ наискось и тщательно спаиваютъ. Если кабели состоятъ болѣе чѣмъ изъ 18 отдѣльныхъ проволокъ, то внѣшнія проволоки отгибають, внутреннія же спаиваютъ, какъ было сказано. Затѣмъ внѣшнія пригибають обратно, обрѣзають соотвѣственнымъ образомъ и спаиваютъ попарно. Поверхность спайки опиливаютъ напилькомъ, чтобы



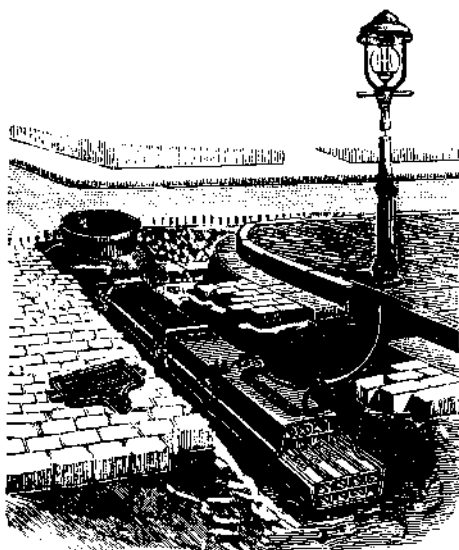
Фиг. 318.

устранить всѣ неровности, которыя могли бы повредить слой діэлектрика. Очинивъ затѣмъ края изолирующей оболочки, какъ чинятъ карандаши, мѣсто соединенія обматываютъ слоемъ чистаго каучука и нѣсколькими слоями каучука съ сѣрой, пока діаметръ въ мѣстѣ соединенія не будетъ равенъ діаметру кабеля. Отдѣльные слои склеиваютъ другъ съ другомъ бензиномъ, слегка подогревая его послѣ намазыванія на спиртовой лампѣ. Каучуковые ленты при наматываніи сильно вытягиваютъ, съ цѣлью выгнать изъ-подъ нихъ воздухъ. Сверхъ всего наматываютъ слой пропитанной каучукомъ ленты и затѣмъ все мѣсто соединенія вулканизируютъ, помѣщая его на

полъчаса въ чугунную форму, нагреваемую въ ваннѣ изъ расплавленной сѣры до температуры 145—150° Ц.

На фиг. 318 изображена модель колодца системы Джонстона, къ которому проходятъ трубы, описаніе которыхъ помѣщено ниже. На рисункѣ видно, что кабели внутри колодца идутъ вдоль по стѣнкамъ, что облегчаетъ устройство сообщеній между кабелями.

**536. Распредѣлительные провода.** Распредѣлительные кабели, соединяющіеся съ питающими проводами внутри колодцевъ, слѣдуетъ проводить такъ, чтобы легко можно было устраивать отвлѣтленія. Мауеръ говоритъ, что въ Соединенныхъ Штатахъ распредѣлительные провода часто помѣщаются въ трубахъ, залитыхъ бетономъ, проложенныхъ надъ главными трубами, не глубже 0,50 мет. подъ уровнемъ мостовой. Передъ



Фиг. 319.

каждымъ домомъ или противъ средней стѣнки двухъ сосѣднихъ домовъ эти второстепенныя трубы прерываются малыми колодцами (лазами), состоящими какъ бы изъ чугуннаго котла съ такой же крышкой. Отвлѣтленные кабели помѣщаются въ

чугунныхъ трубахъ, идущихъ отъ этихъ малыхъ колодцевъ въ погребъ абонентовъ.

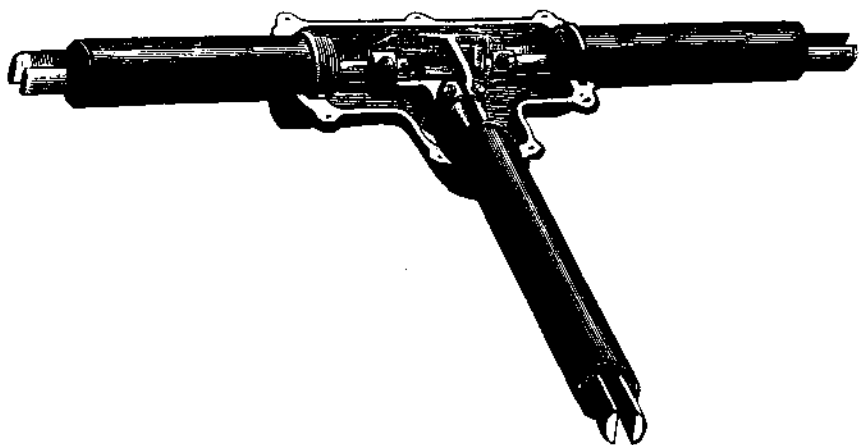
При канализациі по системѣ Джонстона (фиг. 319) вмѣсто того, чтобы употреблять отдѣльныя трубы, употребляютъ одну только трубу, имѣющую видъ коробки, раздѣленной перегородками на отдѣльныя части, черезъ которыя протаскиваютъ распределительные кабели. Черезъ извѣстныя разстоянія въ верхней части трубы сдѣланы отверстія, закрываемыя крышками, одна изъ которыхъ изображена на лѣвой сторонѣ фигуры; черезъ эти отверстія входятъ трубы, заключающія кабели, помѣщенные въ отвѣтвленіи. Такъ какъ внутреннія перегородки подвижныя, то соединять отвѣтвленные кабели съ распределительными не трудно. Хотя всѣ крышки въ трубахъ Джонстона входятъ въ желоба, наполненные мастикой, тѣмъ не менѣе, благодаря многочисленности подобныхъ соединений, непроницаемость системы сомнительна.

Во многихъ случаяхъ распределительные и питающіе провода помѣщаются въ одной и тойже трубѣ. Такъ въ Парижѣ, въ секторѣ Поппа, употребляются четырех-угольныя чугунныя трубы съ подвижными крышками. Чтобы мѣста соединений сдѣлать непроницаемыми, въ нихъ прокладываются каучуковыя ленты. Трубы эти раздѣляются деревянными перегородками на части, внутри которыхъ протягиваются по одному кабелю. Промежутки между верхними перегородками предназначаются для распределительныхъ кабелей, до которыхъ такимъ образомъ очень легко добраться, снявъ, гдѣ нужно сдѣлать отвѣтвленіе, крышку съ одной изъ трубъ.

## СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ ИЗЪ БРОНЕВЫХЪ ПРОВОДОВЪ.

**537. Канализація Эдисона (1-я система).** Проводниками въ первыхъ канализаціяхъ Эдисона служатъ мѣдные прутья, помѣщенные въ желѣзныя трубы въ 6 метровъ длиною, внутри которыхъ они укрѣплены при помощи дисковъ съ отверстіями, помѣщенныхъ на опредѣленныхъ разстояніяхъ одинъ отъ другаго. Пустое пространство въ трубахъ запол-

няется особой смѣсью, которая наливается въ расплавленномъ состояніи и затвердѣваетъ при обыкновенной температурѣ. Черезъ каждые 6 метровъ прутья соединяются внутри соединительныхъ коробокъ изогнутыми проводниками, которые не мѣшаютъ расширенію прутьевъ при повышеніи температуры.



Фиг. 320.

Соединительныя коробки тоже заполняются затвердѣвющею массой и закрываются крышками, края которыхъ соединяются съ краями коробокъ болтами, причемъ между ними помѣщаются каучуковыя прокладки. На фиг. 320 изображена соединительная коробка, помѣщаемая въ мѣстахъ присоединенія вѣтвей.

**538. Канализація Эдисона (2-я система).** Чтобы примѣнить трехпроводную систему распределенія тока (§ 485), Эдисонъ измѣнилъ предыдущее устройство своей канализаціи.

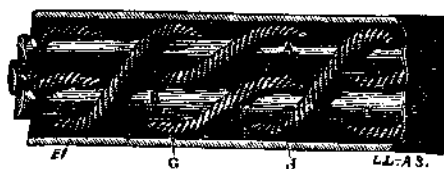
Въ желѣзныя трубы, длиною въ 6 метровъ, вводятся три мѣдныя круглыя прута, отдѣленные одинъ отъ другаго джутовыми веревками (фиг. 321). Промежутки между проводниками наполняются твердой массой, состоящей изъ парафина, масла и смолы, наливаемой въ расплавленномъ состояніи. Отдѣльные прутья соединяются между собою внутри соединительныхъ коробокъ съ шарнирами, которые позволяютъ та-



кимъ образомъ обходить другіе провода, встрѣчающіеся подъ землей. Чтобы дать возможность мѣднымъ прутьямъ расширяться, и ихъ соединяють кусками гибкаго кабеля, оканчивающимися наконечниками, надѣваемыми на прутья и припаяваемыми къ нимъ.

Для отвѣтвленій употребляются коробки съ третьимъ отверстиемъ, черезъ которое въ коробки входитъ третья труба.

На извѣстныхъ разстояніяхъ одинъ отъ другаго устроены чугунные колодцы, внутри которыхъ распредѣлительные провода соединяють съ питающими.



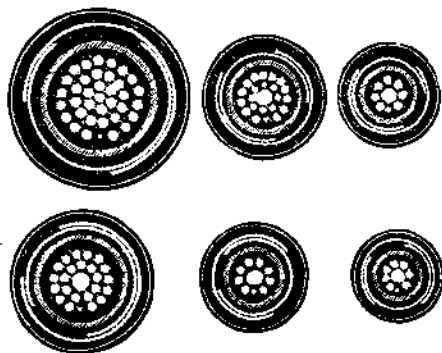
Фиг. 321.

Наибольшій діаметръ мѣдныхъ прутьевъ, употребляемыхъ Эдисономъ, не превосходитъ 18 мил. Если этотъ діаметръ слишкомъ малъ, то устраивають нѣсколько параллельныхъ трехпроводныхъ системъ.

Въ питающихъ проводахъ нейтральный проводникъ имѣетъ сѣченіе, равное половинѣ сѣченія крайнихъ проводниковъ, и параллельно каждому пруту идетъ тонкая проволока къ вольтметру. Въ распредѣлительныхъ проводахъ всѣ три прута имѣють одинаковое сѣченіе.

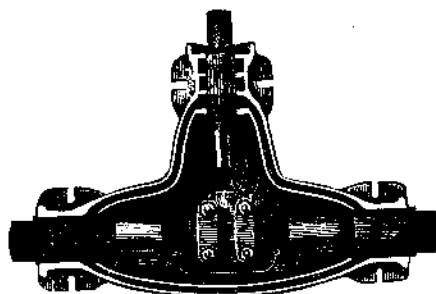
**539. Броневые кабели съ бумажной изолярошкой.** Фирма Сименса и Гальскеи фирма Фельтенъ и Гильомъ приготавлиють кабели, состоящіе изъ мѣднаго каната, покрытаго слоемъ манильской бумаги, пропитанной изолирующимъ составомъ изъ битума и тяжелыхъ маслъ. Чтобы помѣшать проникновению сырости, на кабель надвигается и крѣпко прижимается къ нему свинцовая трубка. Трубка эта покрывается слоемъ пропитанной пеньки и снабжается броней, состоящей изъ двухъ желѣзныхъ лентъ, навитыхъ въ одномъ и томъ же направленіи такъ, чтобы края одной ленты покрывались другой. На эту желѣзную броню накладывается послѣдній слой джута,

пропитаннаго битумомъ, предохраняющій желѣзо отъ ржавчины. Въ питающихъ проводахъ имѣется одна тонкая проволока для вольтметра, какъ это видно изъ разрѣзовъ кабелей, представленныхъ на чертежѣ 322. Кабели эти просто зары-



Фиг. 322.

ваются въ землю. Довольствуются тѣмъ, что надъ кабелями кладутъ плотный металлическій холстъ, предохраняющій кабели отъ ударовъ лопатъ при разрытіи траншей. Соединенія кабелей производятся внутри соединительныхъ коробокъ

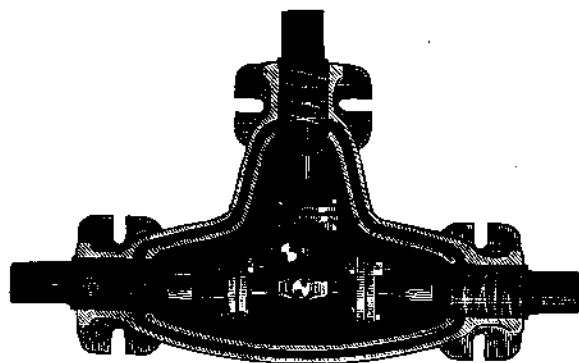


Фиг. 323.

(фиг. 323), снабженныхъ шейками съ перегородками, въ которыхъ кабели, во избѣжаніе проникновенія влаги, зажимаются весьма сильно. Проводники соединяются муфтой съ винтами. Проволоки для вольтметровъ соединяются отдѣльно. Послѣ того, какъ крышки уже навинчены на коробки, ихъ наполняютъ

тяжелымъ масломъ, которое вливаютъ черезъ отверстіе въ крышкѣ, снабженное винтовой пробкой.

Соединеніе питающихъ проводовъ съ распредѣлительными производится въ большихъ чугунныхъ коробкахъ. Питающіе провода присоединяются къ мѣднымъ концамъ, имѣющимся въ центрѣ коробокъ, соединеннымъ съ распредѣлительными проводами плавкими лентами.



Фиг. 324.

Замѣтимъ, что всѣ соединенія дѣлаются безъ спаиванія. Единственная предосторожность, которую принимаютъ, это луженіе соединяемыхъ концовъ, предохраняющее ихъ отъ окисленія.

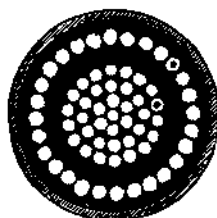
Устраиваютъ точно также и концентрическіе кабели въ два и три провода для распредѣленія энергіи переменными токами. На фиг. 324 представлена соединительная коробка для концентрическаго двухпроводнаго кабеля. Центральные провода соединены, какъ видно на рисункѣ, непосредственно муфтой. Концы же пустотѣлыхъ проводовъ приподняты и зажаты между двумя дисками, соединенными между собою.

Приготовленные такимъ образомъ кабели, проложенные въ Римѣ въ деревянныхъ каналахъ, наполненныхъ цементомъ, выдержали испытаніе токами въ 5000 вольтъ.

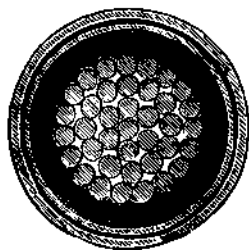
**540. Кабели Верту, Бореля и К<sup>о</sup>.** Фирма Верту, Борель и К<sup>о</sup> prepares кабели какъ простые, такъ и концентрическіе, сѣченія которыхъ представлены на фиг. 325 и

326. Кабели эти состоятъ изъ мѣднаго каната, изолированнаго слоемъ джута, пропитаннаго смѣсью окисленнаго льнянаго масла со смолой, и покрытаго двумя свинцовыми трубками, надѣтыми на него въ горячемъ состояніи въ особаго рода волочилнѣ. Оба слоя свинца отдѣлены слоемъ вара, мѣшающаго влагѣ, которая могла бы пройти черезъ трещину въ одной изъ трубокъ, пройти черезъ вторую.

Если кабели эти зарываются въ землю, то ихъ защищаютъ, какъ и кабели Сименса, броней изъ желѣзныхъ лентъ, покрытыхъ предохранительнымъ лакомъ. Если въ землю въ городахъ зарыть кабели, защищенные только свинцовой оболочкой, то свинецъ этой оболочки соединится съ углеродомъ уже черезъ нѣсколько лѣтъ службы. Многочисленные опыты



Фиг. 325.



Фиг. 326.

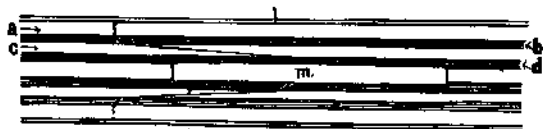
показываютъ, что это явленіе происходитъ вслѣдствіе электролиза. Дѣйствительно свинцовыя водопроводныя трубы отлично сохраняются подъ землей.

Броневые кабели больше всего распространены на континентѣ, гдѣ они дали отличные результаты. Примѣненіе ихъ однако требуетъ разрытія траншей всякій разъ, какъ хотятъ перемѣнить кабель или положить новый. Въ электрическихъ сѣтяхъ потребление растетъ постепенно. Чтобы удовлетворить ему одно изъ средствъ оставить прежніе распредѣлительные провода и увеличить число питающихъ. Чтобы можно было исполнить это, не разрывая траншей совѣтуютъ примѣнять смѣшанную систему канализаціи: распредѣлительными проводами, укладываемыми навсегда служатъ броневые кабели, отъ

которыхъ легко брать отвѣтвленія къ абонентамъ. Питающими же проводами служатъ кабели, протягиваемые въ трубахъ, число которыхъ укладывается съ расчетомъ на увеличеніе потребленія.

**541. Проводники Ферранти.** Проводники, употребляемые Ферранти для канализаціи переменныхъ токовъ высокаго напряженія, состоятъ изъ двухъ концентрическихъ мѣдныхъ трубокъ *b* и *d* (фиг. 327), отдѣленныхъ одна отъ другой и покрытыхъ снаружии оболочками, состоящими изъ листовъ парафинированной бумаги *a* и *c*. Поверхъ втораго изолирующаго слоя надѣта желѣзная труба, покрытая асфальтовымъ лакомъ, служащая защитительной броней.

Проводники эти приготавливаются кусками въ 6 метровъ длины. Изолирующія обмотки дѣлаются слѣдующимъ образомъ.



Фиг. 327.

Трубку вращаютъ и при этомъ навиваютъ на нее послѣдовательные слои бумаги, пропитанной расплавленнымъ парафиномъ. Внѣшняя мѣдная трубка и желѣзная трубка сжимаются пропусканіемъ черезъ волоочильню.

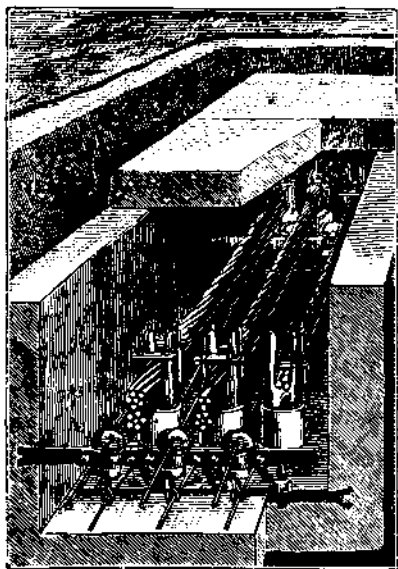
Для того чтобы куски въ 6 метровъ было удобнѣе соединять, концамъ ихъ придаютъ форму, изображенную на фиг. 327, благодаря которой трубки входятъ одна въ другую. Какъ проводникъ, такъ и изоляторъ, срезанные конусомъ, взаимно накрываются. Вспомогательный цилиндръ *m* служитъ для центрированія соединяемыхъ проводниковъ. Слой *a* и желѣзная труба обрѣзаются перпендикулярно къ ихъ оси.

Если канализація должна идти по кривой, то проводники сгибаются при помощи машины, подобной той, которая служитъ для сгибанія рельсъ.

## СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНЫХЪ ГОЛЫХЪ ПРОВОДНИКОВЪ.

**542. Различныя системы.** Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Кромптону пришла мысль уничтожить изолирующій слой, составляющій самую ненадежную часть канализаціи и устроить въ подземныхъ каналахъ нѣчто въ родѣ воздушной линіи, помѣщая провода на изоляторы.

Эта система съ тѣхъ поръ получила многочисленныя примѣненія для распредѣленій электричества токами слабого напряженія. На фиг. 328 изображена часть канализаціи, устроен-



Фиг. 328.

ной по описанной системѣ компаніей Эдисона въ Парижѣ. Бетонные каналы, покрываемые бетонными же пластинами, помѣщаются подъ тротуарами на глубинѣ 15 сантим. Каналы эти имѣютъ 37 сантим. въ высоту и 55 сантим. въ ширину. Голые мѣдные кабели трехпроводной системы помѣщаются на изоляторахъ, прикрѣпленныхъ къ желѣзнымъ поперечинамъ, задрѣзаннымъ въ бетонъ. Кабели эти заключены внутри чу-

гунныхъ рогатинъ, нижніе концы которыхъ ввинчены въ изоляторы.

Тонкія проволоки, идущія къ вольтметрамъ, проведены по особымъ изоляторамъ. Вѣтви въ зданія дѣлаются изъ проводовъ съ свинцовой оболочкой.

На перекресткахъ улицъ каналы оканчиваются колодцами, соединенными подъ улицей туннелями, настолько широкими, чтобы по нимъ могъ ходить рабочій. Кабели спускаются въ эти туннели внутри колодцевъ.

Опытъ показалъ, что кабели быстро портятся вслѣдствіе окисленія, если внутри каналовъ можетъ проникать влага. Кромѣ того, несмотря на многочисленныя соединенія со сточными канавами, въ каналахъ во время сильныхъ дождей собирается вода, соприкасающаяся съ проводами; вслѣдствіе этого образуются короткія замыканія или, самое меньшее, начинается электролизъ, благодаря которому въ каналѣ собирается гремучій газъ, который можетъ взорвать отъ первой образовавшейся искры. Поэтому въ настоящее время компанія Эдисонъ покрываетъ провода предохранительнымъ слоемъ.

При канализации по системѣ Кромптона, давшей хорошіе результаты въ Англіи, каналы тоже употребляются бетонные, крытые сводомъ, находящимся на разстояніи 25—60 сант. отъ тротуарныхъ плитъ, смотря по положенію уже существующихъ канализаций. На углахъ улицъ и въ мѣстахъ главныхъ развѣтвленій, каналы прерываются чугунными колодцами. Въ каналахъ проложены проводники, состоящіе изъ плоскихъ мѣдныхъ полосъ въ 2,5 сант. шириной и 0,6 сант. толщиной. Эти полосы приготавливаются кусками въ 210 метровъ длины и помѣщаются плашмя въ рогатки, прикрѣпленные къ стекляннымъ изоляторамъ, размѣщеннымъ на разстояніи 15—20 метровъ одинъ отъ другаго, подъ отверстіями въ сводѣ канала. Полосы пропихиваются одна за другой между двумя сосѣдними отверстіями и накладываются одна на другую до тѣхъ поръ, пока сѣченіе мѣди не будетъ достаточно. Такъ какъ эти полосы очень гибки, то онѣ очень легко выдерживаютъ расширенія отъ переменъ температуры: при нагрѣваніи ихъ только измѣняется длина стрѣлки прогиба между двумя сосѣдними изоляторами. При пересѣченіи улицъ каналы за-

мѣняются чугуниными трубами, въ которыя помѣщаютъ полосы, поддерживаемыя въ различныхъ мѣстахъ изоляторами, прикрѣпленными къ особымъ повозочкамъ, могущимъ двигаться по трубѣ.

Отвѣтвленія въ зданія дѣлаются изъ кабелей, покрытыхъ каучукомъ, помѣщаемыхъ въ чугуниныхъ трубахъ, соединяющихъ дома съ ближайшими отверстіями въ сводѣ канала. То незначительное количество воды, которое просасывается въ каналы, стекаетъ къ колодцамъ и оттуда выкачивается насосами.

Въ Берлинѣ Allgemeine Electricitäts Gesellschaft тоже пробовало употреблять голыя мѣдныя полосы, помѣщая ихъ въ каналахъ системы Монье. Эти каналы, имѣющіе прямоугольное сѣченіе, дѣлаются тоже изъ бетона, но въ ихъ стѣнки для крѣпости заливается рѣшетчатый остовъ изъ стальныхъ проволокъ.

Кабель системы, которая можетъ быть употребляема для внутренней проводники, изображенъ на фиг. 329. Это кабель



Фиг. 329.

Фортенъ-Германъ. На проводникъ нанизаны маленькіе цилиндрики изъ парафинированнаго дерева, и все заключено въ свинцовую трубку.

## ПОДЗЕМНЫЯ ТЕЛЕГРАФНЫЯ ЛИНІИ.

**543. Общія свѣдѣнія.** Обыкновенно подземныя телеграфныя линіи устраиваются только въ городахъ, гдѣ иногда трудно получить разрѣшеніе на прокладку воздушныхъ проводовъ. Но въ нѣкоторыхъ странахъ, не смотря на большія затраты, провели и нѣсколько подземныхъ линій между городами, чтобы избѣжать затрудненій, происходящихъ отъ порчи воздушныхъ линій вѣтромъ, морозомъ и т. п. Подземные кабели содержатъ нѣсколько отдѣльныхъ проводовъ, состоящихъ изъ 3—7 мѣдныхъ проволокъ. Провода состояются



изъ отдѣльныхъ проволокъ съ цѣлью сдѣлать ихъ болѣе гибкими и предохранить сообщеніе по нимъ отъ перерывовъ, происходящихъ отъ порчи одной проволоки. Въ качествѣ изолятора употребляется обыкновенно гуттаперча, непроницаемость которой для воды особенно драгоцѣнна въ сырой почвѣ. Такъ какъ телеграфныя токи никогда не нагрѣваютъ проводника, то она и не размягчается. Нѣсколько такихъ *жилъ* (отъ 3 до 7) сплетаютъ вмѣстѣ, перемѣшивая ихъ въ кабелѣ съ джутовыми шнурками, заполняющими пустоты.

Въ землѣ кабели защищаются или чугунными трубами, черезъ которыя они протаскиваются по способу, описанному въ § 535, или же броней изъ желѣзной проволоки. Въ первомъ случаѣ кабель обматываютъ толстой лентой, пропитанной таниномъ или древеснымъ дегтемъ, чтобы они во время протягиванія не распаялись. Во второмъ случаѣ кабель покрываютъ слоемъ джута, пропитаннаго дегтемъ, затѣмъ оплетаютъ броней изъ желѣзной проволоки, которую, въ свою очередь, покрываютъ джутомъ, пропитаннымъ предохраняющимъ составомъ.

**544. Французскія линіи.** Кабель, принятый французской телеграфной администраціей для устройства подземныхъ линій между городами, состоитъ изъ трехъ проводовъ. Діаметръ одного изъ нихъ больше, чѣмъ діаметръ другихъ. Онъ служитъ для передачи на дальнія разстоянія, тогда какъ два тонкихъ провода соединяютъ между собой промежуточныя станціи. По частямъ линіи, соединяющимъ эти станціи, проходятъ различные токи, индукціонныя дѣйствія которыхъ взаимно нейтрализуются или вполнѣ, или отчасти.

Слѣдуя обычаю, принятому долгое время въ подводной телеграфіи, дѣлаютъ вѣсь каучуковой изолировки кабелей равнымъ вѣсу мѣдныхъ проводовъ, изъ которыхъ они состоятъ.

Главный проводъ сплетенъ изъ 7 отдѣльныхъ проволокъ въ 0,75 мил. діаметромъ каждая, покрытыхъ тремя слоями гуттаперчи, въ перемѣшку съ тремя слоями состава Чаттертона. Весь діаметръ этого провода равенъ 6,4 мил. Два другихъ провода тоже состоятъ каждый изъ 7 проволокъ въ 0,6 мил. ва діаметрѣ; ихъ общій діаметръ равняется 5 мил.

Изъ этихъ трехъ проводовъ вмѣстѣ съ тремя джутовыми шнурами сплетается кабель, покрываемый снаружи сначала слоемъ пропитаннаго танниномъ джута, затѣмъ бумажной лентой, пропитанной дегтемъ, и наконецъ бумажной же лентой, пропитанной танниномъ, навернутыми въ обратныхъ направленіяхъ. Сопротивленіе такихъ проводовъ равняется, смотря по діаметру, 6,5—10 омамъ на километръ при 24° Ц.

Сопротивленіе изоляціи должно всегда, послѣ двухминутной электризаціи и при батарѣе, дающей 100 вольтъ, равняться 500 мегомовъ на километръ при 24° Ц., причемъ наибольшее отклоненіе въ ту и другую сторону не должно превышать 25%. Высшій предѣлъ сопротивленія изоляціи установленъ для того, чтобы воспрепятствовать употребленію нечистой гуттаперчи, которая не сохраняетъ долго того высокаго удѣльнаго сопротивленія, которымъ она обладаетъ вскорѣ послѣ приготвленія.

Емкость проводовъ не должна превышать 0,25 микрофады на километръ.

Качества электрическихъ кабелей гарантируются фабрикантами на 1 годъ. Въ теченіе этого времени измѣненія въ нихъ не должны превосходить 10%.

Чугунныя трубы, служащія для защиты кабелей, готовятся различныхъ діаметровъ, въ зависимости отъ того, сколько онѣ будутъ вмѣщать кабелей. Длина ихъ тоже мѣняется отъ 2 до 2,50 метровъ. Отдѣльныя трубы при соединеніи вставляются нѣсколько одна въ другую, а мѣста соединенія обмазываются свинцовой замазкой, предохраняющей внутренность трубы отъ проникновенія въ нее воды. Черезъ каждые 50 метровъ на трубы надѣваютъ муфты, которыя могутъ скользить по нимъ и такимъ образомъ позволяютъ наблюдать за протаскиваніемъ кабелей и за ихъ состояніемъ, когда они уже уложены. Черезъ каждые 500 метровъ между трубами вставляются чугунные котлы, черезъ которые и тянутъ кабели.

**554. Германскія и Бельгійскія подземныя линіи.** Телеграфныя администраціи въ Германіи и Бельгіи употребляютъ кабели съ броней изъ желѣзныхъ проволокъ, которые

просто зарываются въ землю. Вотъ описаніе одного изъ такихъ кабелей, состоящаго изъ 7 проводовъ.

Каждый отдѣльный проводъ, свитый изъ 7 мѣдныхъ проволокъ въ 0,7 мил. діаметромъ, покрытъ двумя слоями гуттаперчи, чередующейся съ двумя слоями состава Чаттертона. Діаметръ всего провода равняется 6 мил.

Всѣ семь проводовъ перемѣшаны съ джутовыми шнурами и покрываются снаружи слоемъ пропитаннаго дегтемъ джута, на который навивается броня изъ 20 желѣзныхъ гальванизированныхъ проволокъ въ 3,75 мил. въ діаметрѣ. Броня покрывается новымъ слоемъ пропитаннаго дегтемъ джута, обмазываемымъ асфальтовой краской.

Траншеи для кабеля дѣлаются въ 1 метръ глубиною и въ 0,50 метр. шириной. На дно укладывается кабель и покрывается сначала слоемъ просѣянной земли въ 0,10 метра и затѣмъ вырытой земли, утрамбовываемой слоями въ 0,30 метр.

При переходахъ черезъ рѣки, каналы и т. п. употребляются всегда кабели съ броней изъ желѣзной проволоки. Кабель прокладывается съ одного берега на другой съ помощью судна, направляемаго насколько возможно перпендикулярно къ берегамъ.

Иногда для подобныхъ мѣстъ кабель снабжается второй броней изъ желѣзной проволоки, которая еще болѣе предохраняетъ его отъ разрыва якорями судовъ и т. п.

**546. Соединенія кабелей.** Если желаютъ избѣжать частыхъ починокъ, стоящихъ весьма дорого, то соединенія кабелей между собою слѣдуетъ дѣлать весьма тщательно. Поэтому эта работа должна быть поручаема только вполне надежнымъ рабочимъ.

Все, что мы теперь скажемъ, можетъ быть отнесено и къ подводнымъ кабелямъ, о которыхъ мы будемъ говорить дальше.

Снявъ всѣ оболочки съ соединяемыхъ концовъ проводовъ на длину около 2 сант., зажимаютъ ихъ въ двѣ пары тисковъ, прикрѣпленныхъ къ козламъ, на которыхъ сидитъ рабочий. Концы проводовъ посыпаются канифолью и заливаютъ припоемъ такъ, чтобы они представляли изъ себя двѣ сплошныя проволоки, неровности которыхъ спиливаются напилькомъ.

Концы эти спиливаются наискось и спаиваются. Поверхъ мѣста припайки наматывается тонкая мѣдная проволока, обороты которой тѣсно прижимаются одинъ къ другому, и которую опять-таки заливаютъ припоемъ.

Спиливъ вновь всѣ неровности на поверхности спая, приступаютъ къ устройству изолирующей оболочки, которая должна состоять изъ столькихъ слоевъ гуттаперчи, сколько ихъ есть на кабелѣ. Обрѣзавъ части изолирующей оболочки, попорченной при паяніи, остальные части нагреваютъ слегка на спиртовой лампѣ, не касаясь до нихъ пламенемъ. Проводникъ намазывается составомъ Чаттертона, тоже размягченнымъ на огнѣ, и на него надвигаютъ обратно слои гуттаперчи, прижимая ее пальцами, смоченными слюной. Слой гуттаперчи тоже намазывается составомъ Чаттертона, который сглаживаютъ горячимъ желѣзомъ. Затѣмъ мѣсто соединенія обматываютъ полосками размягченной гуттаперчи, которую разминаютъ и склеиваютъ по краямъ. Избытокъ гуттаперчи обрѣзаютъ ножницами и все разглаживается горячимъ желѣзомъ. Эту операцию повторяютъ до тѣхъ поръ, пока въ мѣстѣ соединенія не образуется такая же изолировка, какъ и на всемъ кабелѣ. Рабочій долженъ всегда прогрѣвать тѣ части, которыхъ онъ касался руками, чтобы насколько возможно выгнать всю влажность.

Если кабель имѣетъ броню изъ желѣзной проволоки, то въ мѣстѣ соединенія ее также надо сплести. Для этого проволоки, отогнутыя раньше на извѣстную длину, пригибаютъ опять и ихъ обрѣзаютъ такъ, чтобы длина ихъ постепенно уменьшалась на одномъ концѣ кабеля и постепенно увеличивалась на другомъ. При этомъ проволоки, когда ихъ вновь наверху на кабель и спаяютъ концы попарно, образуютъ броню, совершенно подобную бронѣ на всемъ кабелѣ. Въ подземныхъ кабеляхъ этой послѣдней спайки не дѣлаютъ, но стягиваютъ броневыя проволоки поперечной проволокой.

**547. Сравнительная стоимость телеграфныхъ линій воздушныхъ и подземныхъ съ гуттаперчевой изолировкой. Примѣненіе другихъ изолирующихъ веществъ.**

Стоимость километра воздушной линии, идущей вдоль полотна желѣзной дороги, по Деларжу \*), равняется:

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| 13 столбовъ по 9 франковъ . . . . .             | 117,00 фр. |
| 110 килогр. желѣзн. проволоки въ 4 мил. . . . . | 33,50 „    |
| Аксессуары . . . . .                            | 16,00 „    |
| Плата рабочимъ . . . . .                        | 18,00 „    |

Всего 189,50 фр.

Прокладка каждой дополнительной проволоки влечетъ за собой слѣдующіе дополнительные расходы:

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| 110 килогр. желѣзн. проволоки въ 4 мил. . . . . | 38,50 фр. |
| Аксессуары . . . . .                            | 16,00 „   |
| Плата рабочимъ . . . . .                        | 18,00 „   |

Всего 64,50 фр.

Слѣдовательно линия въ 7 проводовъ стоитъ приблизительно:  
 $189,50 + 6 \times 64,50 = 576,50$  фр.

т. е. меньше 100 фр. на проводъ. Употребленіе бронзовой проволоки нѣсколько увеличиваетъ стоимость линіи, но зато продолжительность службы бронзовой проволоки, исключая механическую порчу, безконечна, тогда какъ гальванизированная желѣзная проволока черезъ 15 лѣтъ уже не годится. Кромѣ того, желѣзная проволока не пригодна, если, какъ мы это увидимъ дальше, линія должна служить для телефонной передачи.

Стоимость километра подземной французской линіи съ тремя кабелями (9 проводовъ) равняется:

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| Земляныя работы и укладка трубъ . . . . .         | 1900 фр. |
| Трубы . . . . .                                   | 1755 „   |
| Доставленіе матеріаловъ къ мѣсту работъ . . . . . | 320 „    |
| Три кабеля . . . . .                              | 5025 „   |
| Надзоръ и починка дороги . . . . .                | 1000 „   |

Всего . 10000 фр.

Стоимость километра германской линіи изъ броневаго кабеля (съ 7 проводами) съ прокладкою его равняется 7000 фр.

\*) F. Delarge. *Notice sur le matériel des lignes télégraphiques belges*, 1868.

Изъ приведенныхъ цифръ видно, что стоимость подземныхъ линій въ 7—9 проводовъ приблизительно въ 10 разъ больше, чѣмъ стоимость воздушныхъ линій, чѣмъ и объясняется малая распространенность первыхъ. Ихъ устраиваютъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо быть гарантированнымъ отъ перерывовъ сообщенія, происходящихъ отъ разрывовъ воздушныхъ проволокъ и т. п. Подземныя линіи имѣютъ большее распространеніе въ городахъ, гдѣ стоимость линіи на каждый проводъ можетъ быть меньше, такъ какъ въ этомъ случаѣ по одной трубѣ проходитъ иногда большое число этихъ проводовъ.

Чтобы понизить стоимость подземныхъ линій, предлагали употреблять изолирующія вещества, стоящія дешевле, чѣмъ гуттаперча, примѣняя которую, кромѣ того, нельзя, когда кабели лежатъ вблизи паропроводныхъ трубъ, что случается въ нѣкоторыхъ городахъ. Въ этихъ случаяхъ можно употреблять кабели Берту, Бореля и К° (§ 540).

Въ качествѣ изолирующаго вещества Бруксъ предложилъ употреблять нефтяныя масла. Жидкія изолирующія вещества имѣютъ то преимущество, что въ случаѣ пробитія изолирующаго слоя атмосфернымъ зарядомъ, слой этотъ сейчасъ же опять дѣлается сплошнымъ. Кабель, состоящій изъ проводовъ, покрытыхъ слоемъ бумаги, протягивается по трубамъ съ герметическими соединеніями. Затѣмъ трубы наполняются масломъ, для чего наиболѣе высокія точки канализаціи соединены съ резервуарами, черезъ которые наливается масло. Благодаря резервуарамъ, въ трубахъ послѣ наполненія масло находится подъ нѣкоторымъ давленіемъ, такъ что потери, происходящія отъ трещинъ въ трубахъ, постоянно пополняются. Система эта не получила распространенія вслѣдствіе тѣхъ трудностей, которыя вызываетъ прокладка и содержаніе трубъ.

**548. Соединеніе воздушныхъ линій съ подземными кабелями.** Соединеніе воздушныхъ линій съ подземными въ случаѣ длинныхъ кабелей дѣлается внутри особыхъ будокъ, гдѣ можно расположить разные измѣрительные приборы. Для короткихъ кабелей соединеніе устраиваютъ на вертикальныхъ

Изъ приведенныхъ цифръ видно, что стоимость подземныхъ линій въ 7—9 проводовъ приблизительно въ 10 разъ больше, чѣмъ стоимость воздушныхъ линій, чѣмъ и объясняется малая распространенность первыхъ. Ихъ устраиваютъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо быть гарантированнымъ отъ перерывовъ сообщенія, происходящихъ отъ разрывовъ воздушныхъ проволокъ и т. п. Подземныя линіи имѣютъ большее распространеніе въ городахъ, гдѣ стоимость линіи на каждый проводъ можетъ быть меньше, такъ какъ въ этомъ случаѣ по одной трубѣ проходитъ иногда большое число этихъ проводовъ.

Чтобы понизить стоимость подземныхъ линій, предлагали употреблять изолирующія вещества, стоящія дешевле, чѣмъ гуттаперча, примѣнять которую, кромѣ того, нельзя, когда кабели лежатъ вблизи паропроводныхъ трубъ, что случается въ нѣкоторыхъ городахъ. Въ этихъ случаяхъ можно употреблять кабели Берту, Бореля и К° (§ 540).

Въ качествѣ изолирующаго вещества Бруксъ предложилъ употреблять нефтяныя масла. Жидкія изолирующія вещества имѣютъ то преимущество, что въ случаѣ пробитія изолирующаго слоя атмосфернымъ зарядомъ, слой этотъ сейчасъ же опять дѣлается сплошнымъ. Кабель, состоящій изъ проводовъ, покрытыхъ слоемъ бумаги, протягивается по трубамъ съ герметическими соединеніями. Затѣмъ трубы наполняются масломъ, для чего наиболѣе высокія точки канализаціи соединены съ резервуарами, черезъ которые наливается масло. Благодаря резервуарамъ, въ трубахъ послѣ наполненія масло находится подъ нѣкоторымъ давленіемъ, такъ что потери, происходящія отъ трещинъ въ трубахъ, постоянно пополняются. Система эта не получила распространенія вслѣдствіе тѣхъ трудностей, которыя вызываетъ прокладка и содержаніе трубъ.

**548. Соединеніе воздушныхъ линій съ подземными кабелями.** Соединеніе воздушныхъ линій съ подземными въ случаѣ длинныхъ кабелей дѣлается внутри особыхъ будокъ, гдѣ можно расположить разные измѣрительные приборы. Для короткихъ кабелей соединеніе устраиваютъ на вертикальныхъ

планшеткахъ, прикрѣпляемыхъ къ столбамъ на консоляхъ. На планшеткѣ помѣщаются два ряда зажимовъ на эбонитовыхъ подставкахъ, одинъ для соединенія съ воздушными проводами, другой для соединенія съ подземными. Зажимы попарно соединяются между собою вспомогательными проволоками, которыя можно снимать, когда желаютъ изслѣдовать линіи по частямъ.

Планшетка и находящіеся на ней зажимы, покрываются металлическимъ колпакомъ, укрѣпленнымъ на консоли, плотно закрывающимъ соединенія и не допускающимъ дѣйствія на нихъ влажности.

Чтобы атмосферный разрядъ черезъ воздушную линію не повредилъ кабеля, въ мѣстахъ соединенія необходимо помѣщать громоотводы. Въ будкахъ употребляютъ громоотводы съ остріями или съ бумажными листами (§ 478). Точно также примѣняютъ и громоотводы Варлея.

Для длинныхъ кабелей примѣняютъ одновременно всѣ эти системы. Даже включаютъ въ линію тонкую предохранительную проволоку, которая плавится лишь только сила тока въ линіи превзойдетъ нормальную величину.

Когда соединенія дѣлаются на столбѣ, то иногда употребляютъ въ мѣстѣ прекращенія воздушной линіи особые изоляторы, представляющіе изъ себя громоотводы съ остріями.

### ПОДВОДНЫЯ ЛИНІИ \*).

**549. Общія свѣдѣнія.** Фабрикація подводныхъ кабелей составляетъ спеціальность нѣсколькихъ большихъ фабрикъ, находящихся главнымъ образомъ въ Англіи, Франціи и Италіи. Здѣсь мы ограничимся только тѣмъ, что дадимъ общую идею о прокладываніи этихъ кабелей.

Дно, по которому прокладывается кабель, должно быть по возможности гладко. Въ неглубокихъ моряхъ и около береговъ избѣгаютъ прокладывать кабель вблизи скалъ, о ко-

---

\*) См. E. Wünschendorff, *Traité de télégraphie sous-marine*. Paris, Baudry. 1888.



торыя бьютъ волны, или въ мѣстахъ, гдѣ существуютъ теченія, такъ какъ въ этихъ мѣстахъ кабель быстро портится. Для соединенія кабеля съ береговыми линиями ищутъ малопосѣщаемыя бухты, гдѣ бы онъ не подвергался опасности быть зацѣпленнымъ судовыми якорями.

Для длинныхъ линій устраиваются исключительно кабели съ одной жилой, такъ какъ индукція и емкость не позволяютъ вести нѣсколько параллельныхъ проводовъ. Для короткихъ линій, пересекающихъ морскіе заливы, можно, наоборотъ, употреблять кабели съ нѣсколькими жилами. Таковы кабели, уложенные черезъ Ламаншъ и Сѣверное море, которые имѣютъ по четыре жилы.

Для изоляціи жилъ употребляется главнымъ образомъ гуттаперча, которая однако не годится для кабелей, погружаемыхъ въ нѣкоторыя тропическія моря, гдѣ температура до стигаетъ 30° Ц. Въ этихъ случаяхъ для изоляціи слѣдуетъ употреблять смѣсь каучука съ гуттаперчей.

Броня кабеля мѣняется въ зависимости отъ того, предназначается-ли она для погруженія на большую глубину или нѣтъ. Въ первомъ случаѣ броня должна только позволить кабелю выдерживать тѣ натяженія, которымъ онъ подвергается во время погруженія. Она поэтому дѣлается изъ гальванизированныхъ стальныхъ проволокъ въ 3,5 мил. въ діаметрѣ. Во второмъ случаѣ кабель подвергается опасности быть зацѣпленнымъ якорями судовъ или сѣтями рыбаковъ и поэтому кабели, погруженные въ неглубокія моря и вблизи береговъ, должны быть защищены особенно сильно. Обыкновенно для этой цѣли или снабжаютъ кабели первой категоріи второй броней изъ стальныхъ проволокъ въ 6 мил. въ діаметрѣ, или же дѣлаютъ одну броню изъ этихъ проволокъ.

На кабель нападаютъ различныя мелкіе подводные организмы, проникающіе въ щели между проволоками брони. Жилу, вслѣдствіе этого, приходится предохранить, окружая ее въ нужныхъ мѣстахъ еще бронзовой лентой.

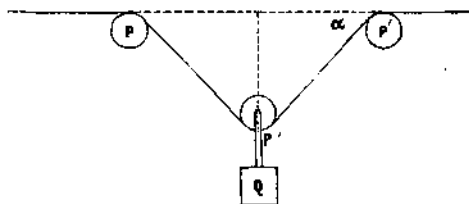
Прокладываемые въ настоящее время подводныя кабели должны удовлетворять слѣдующимъ электрическимъ условіямъ.

Средняя величина сопротивленія кабеля должна быть меньше 12 омовъ при 24° Ц. на морскую милю (1852 метра).

Сопротивление изоляции жилы должно превосходить 300 мегомовъ на милю, послѣ 24 часового нахождения въ водѣ при 24° Ц. Измѣреніе это производится черезъ 14 дней послѣ окончанія изолированія жилы. Электризація передъ измѣреніями должна продолжаться 2 минуты.

**550. Погруженіе кабелей.** Погруженіе длинныхъ подводныхъ кабелей дѣлается въ нѣсколько приѣмовъ при помощи судовъ особаго устройства, снабженныхъ помѣщеніемъ для кабелей очень большой длины. Кабель опускается въ море съ кормы судна, пройдя предварительно черезъ динамометръ, позволяющій измѣрять натяженіе кабеля на суднѣ, и черезъ особый тормазъ, позволяющій измѣнять это натяженіе, ускоряя или замедляя выходъ кабеля.

Динамометръ (фиг. 330) состоитъ изъ двухъ неподвижныхъ



Фиг. 330.

шківовъ P и P', находящихся на разстояніи 2l, черезъ которые проходитъ кабель, и подвижнаго колеса P'', къ которому прикрѣпленъ на двухъ вертикальныхъ стойкахъ грузъ Q, производящій такое натяженіе t, что

$$Q = 2t \sin \alpha = 2t \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}},$$

откуда

$$t = \frac{Q\sqrt{h^2 + l^2}}{2h}.$$

Натяженіе t можно отсчитывать въ любой моментъ по шкалѣ, указывающей высоту груза Q.

Кабель дѣлаетъ два оборота вокругъ барабана, вращеніе котораго можно болѣе или менѣе затруднить при помощи тормоза Анольда.

На днѣ моря кабель долженъ лежать совершенно ненапрянутымъ. Такъ какъ дно моря не плоско, то это условіе требуетъ, чтобы длина погруженнаго кабеля была больше разстоянія, проходимаго судномъ.

Пусть  $u$  будетъ скорость разматыванія кабеля,  $v$  скорость хода корабля. Запасомъ ( $m$ ) кабеля называютъ отношеніе  $m = \frac{u-v}{v}$ . Запасъ этотъ долженъ приблизительно равняться 0,10. Онъ можетъ быть нѣсколько уменьшенъ, когда дно морское гладко, и наоборотъ онъ долженъ быть увеличенъ, когда дно волнисто, чтобы кабель не повисъ между двумя хребтами, ограничивающими какую-нибудь подводную долину.

Кромѣ того, кабель долженъ быть не натянутъ, чтобы можно было поднимать его въ случаѣ порчи. Если бы кабель былъ положенъ безъ запаса, то при поднятіи одной его части остальные могли бы быть натянуты слишкомъ сильно и могли бы лопнуть.

Если бы во время погруженія кабеля судно оставалось бы неподвижно, то онъ бы падалъ съ кормы вертикально и его натяженіе на суднѣ равнялось бы вѣсу куска кабеля, длиною равнаго глубинѣ моря, уменьшенному на величину сопротивленія тренія о воду. Это сопротивленіе почти пропорціонально скорости  $u$ . Называя черезъ  $p$  вѣсъ кабеля въ водѣ на метръ длины, черезъ  $h$ —глубину и черезъ  $k$ —коэффициентъ тренія, мы могли бы натяженіе выразить формулой

$$t = ph - kuh.$$

Но если судно движется и, вдобавокъ, скорость разматыванія кабеля больше скорости движенія судна, то кабель падаетъ въ море по прямой, наклонъ которой будетъ тотъ же, какъ если бы судно было неподвижно, а вода передвигалась въ противоположную сторону. Уголъ  $\alpha$ , составляемый линіей паденія кабеля съ горизонтомъ, опредѣляется условіемъ, чтобы составляющая вѣса кабеля, перпендикулярная къ его направленію, уравнивалась бы поперечное сопротивленіе воды. Составляющая скорости кабеля, перпендикулярная къ его длинѣ, будетъ  $v \sin \alpha$ ; поперечное треніе воды пропорціонально квадрату этой скорости и на единицу длины кабеля будетъ

$$k' v^2 \sin^2 \alpha.$$

Слѣдовательно, уголъ  $\alpha$  опредѣляется условіемъ:

$$p \cos \alpha = v^2 \sin^2 \alpha. \quad (1)$$

Кромѣ того, мы имѣемъ

$$t = ph - ku \frac{h}{\sin \alpha} = ph - k \frac{h}{\sin \alpha} v (m + 1) \quad (2)$$

Эти два уравненія позволяютъ опредѣлить  $\alpha$  и  $t$  какъ функціи глубины моря, запаса кабеля и скорости судна. Отсюда видно, что для того, чтобы получить опредѣленный запасъ, слѣдуетъ мѣнять натяженіе, отсчитываемое на динамометрѣ и регулируемое тормазомъ въ зависимости отъ глубины моря. Положеніе судна должно быть всегда извѣстно на основаніи астрономическихъ наблюденій, а слѣдовательно будетъ извѣстна и глубина, которая должна быть опредѣлена заранѣе по всему пути кабеля.

**551. Испытанія во время погруженія кабеля.** Во время погруженія кабеля судно можетъ сообщаться съ берегомъ черезъ уже уложенную линію. Для этой цѣли оставшійся на берегу конецъ кабеля соединяется съ наблюдательнымъ постомъ, а конецъ на суднѣ съ испытательной станціей, помѣщающейся на судовой палубѣ. На суднѣ же съ кабелемъ соединена батарея изъ 100 элементовъ Даніэля, при помощи которой постоянно измѣряютъ сопротивленіе изоляціи кабеля по градуированному гальванометру.

Каждая пять минутъ на береговой станціи кабель соединяется съ конденсаторомъ, свободная обкладка котораго соединена съ землею черезъ гальванометръ. Заряжающій токъ, наблюдаемый при помощи послѣдняго, указываетъ, что линія не перервана. То же самое указаніе на суднѣ даютъ толчки, наблюдаемые въ гальванометрѣ.

Каждая четверть часа на береговой станціи кабель соединяется непосредственно съ землею, чтобы наблюдатель на суднѣ могъ измѣрять сопротивленіе.

Быстрое уменьшеніе сопротивленія изоляціи указываетъ или на потерю въ линіи, или на разрывъ кабеля. Сейчас же судно останавливаютъ, опредѣляютъ мѣсто порчи по спосо-

бамъ, съ которыми мы познакоимся ниже, и приступаютъ къ починкѣ.

Если мѣсто порчи находится на нѣкоторомъ разстояніи отъ судна, то кабель поднимаютъ черезъ носъ судна. Для этой цѣли кабель дѣлаетъ нѣсколько оборотовъ вокругъ барабана, приводимаго во вращеніе паровой машиной. Особый тормазъ позволяетъ регулировать скорость подъема, а динамометръ измѣрять натяженіе. Поднятый кабель помѣщается въ особый бакъ. Когда мѣсто, гдѣ кабель попорченъ, будетъ вытянуто изъ воды, то испорченный кусокъ вырѣзаютъ, соединяютъ разрѣзанные концы (§ 546) и вновь начинаютъ погружать кабель черезъ корму.

Длинные кабели погружаются въ нѣсколько пріемовъ. Конецъ каждого погруженнаго отрѣзка прикрѣпляется къ большому бакану, пока его не соединять съ слѣдующимъ отрѣзкомъ. За новыми кабелями судно возвращается въ портъ отправленія. Иногда, впрочемъ, за судномъ, производящимъ погруженіе, слѣдуютъ транспорты съ кабелями, но достоинства системы уменьшаются тѣмъ, что перегрузка кабеля съ транспортовъ на судно очень затруднительна.

**552. Порча погруженнаго кабеля. Починка.** Подводные кабели могутъ портиться отъ весьма различныхъ причинъ. Въ Атлантическомъ океанѣ громадныя ледяныя горы, заносимыя изъ полярныхъ странъ, тащатся иногда по дну и увлекаютъ съ собой кабель. Суда иногда зацѣпляють кабели якорями и рвутъ ихъ при поднятіи якорей. Рыбаки, а особенно ловцы коралловъ, рвутъ кабель при поднятіи сѣтей. Но самые главные враги кабелей это мелкія животныя, живущія подъ водой, проникающія въ промежутки между проволоками брони и портящія гуттаперчу. Когда въ кабелѣ замѣчена будетъ значительная порча, то опредѣляютъ раньше всего ея положеніе при помощи измѣреній, дающихъ возможность опредѣлить сопротивленіе или электрическую емкость отрѣзка, заключающагося между берегомъ и мѣстомъ порчи, слѣдовательно и соответствующую его длину. При опредѣленіи мѣста порчи надо принимать во вниманіе и запасъ, съ которымъ положенъ кабель.

Судно, посылаемое для производства починки, направляется къ мѣсту порчи, опредѣляя свое положеніе или по берегамъ, или навигаціонными измѣреніями. Прежде всего судно устанавливаетъ баканъ и затѣмъ направляется вдоль по линіи кабеля, волоча по дну крюкъ. Зацѣпивъ кабель, его вытаскиваютъ на бортъ судна и разрѣзаютъ. Затѣмъ опредѣляютъ, какой изъ отрѣзковъ попорченъ и, прикрѣпивъ конецъ непопорченнаго къ бакану, поднимаютъ порченный до тѣхъ поръ, пока не найдутъ мѣста порчи. Въ этомъ мѣстѣ кабель отрѣзаютъ, присоединяютъ новый кусокъ его и возвращаются къ бакану, гдѣ опять оба конца соединяютъ и погружаютъ въ воду.

### ИЗОЛЯЦІЯ КАНАЛИЗАЦІИ.

553. Именемъ *сопротивленіе изоляціи* канализаціи опредѣляютъ сопротивленіе между проводникомъ и землей. Это сопротивленіе обратно пропорціонально длинѣ линіи, такъ какъ, если канализація изолирована у одного изъ своихъ концовъ и соединена у другаго съ однимъ полюсомъ батареи, второй полюсъ которой соединенъ съ землей, то отвѣтвленные токи черезъ изоляторы или изолирующую оболочку происходятъ по всей длинѣ линіи и, слѣдовательно, увеличиваются вмѣстѣ съ ея длиною. Изъ этого слѣдуетъ, что для того, чтобы удержать постоянную величину потери, изоляція на единицу длины должна возрастать вмѣстѣ съ увеличеніемъ длины канализаціи.

Измѣреніе сопротивленія изоляціи производится по способу сравненія, описанному въ § 238, наблюдая отклоненіе, вызываемое теряемымъ токомъ на градуированномъ гальванометрѣ, включенномъ между батареей и однимъ изъ концовъ электрическаго кабеля, другой конецъ котораго предварительно изолированъ.

Зная разность потенціаловъ, вызывающую токъ, легко вычислить искомое сопротивленіе.

Сила тока, наблюдаемаго въ гальванометрѣ, не постоянна для данной разности потенціаловъ, такъ какъ къ теряемому

току еще прибавляется токъ, заряжающій кабель, который представляетъ изъ себя конденсаторъ. Этотъ токъ, сила котораго велика въ моментъ присоединенія батареи, постепенно ослабляется, но съ обыкновенными діэлектриками онъ имѣетъ еще замѣтную силу послѣ нѣсколькихъ минутъ электризаціи кабеля, вслѣдствіе существованія явленія остаточнаго заряда (§ 96).

Чтобы ускорить испытаніе, обыкновенно принято вычислять сопротивление изоляціи по отклоненію гальванометра, замѣчаемому послѣ электризаціи въ продолженіи минуты.

Напряжение батареи, при помощи которой производится испытаніе, не безразлично. Слѣдуетъ производить испытаніе съ источникомъ тока, дающимъ разность потенціаловъ по крайней мѣрѣ равную той, для которой предназначается кабель. Часто даже при испытаніи употребляютъ источникъ, дающій вдвое большее напряжение, съ цѣлью обнаружить нѣкоторые недостатки, напримѣръ трещины, пузыри, которые при слабыхъ напряженияхъ проявляются только черезъ долгое время.

Когда разность потенціаловъ, для которой предназначается кабель, достигаетъ нѣсколькихъ сотенъ и даже нѣсколькихъ тысячъ вольтъ, то устроить на фабрикѣ батарею, которая давала бы такое напряжение, стоило бы слишкомъ дорого. Въ этомъ случаѣ можно употреблять индукціонныя катушки, которыя позволяютъ легко получать весьма высокое напряжение.

Сопротивленіе изоляціи на километръ, которое требуется обыкновенно отъ электрическихъ кабелей, покрытыхъ изолирующимъ слоемъ, бываетъ очень велико. Минимумъ требованія—это нѣсколько сотенъ мегомовъ и кромѣ того для токовъ высокаго напряженія сопротивленіе должно возрасть на 25 мегомовъ для каждыхъ 100 вольтъ.

Съ перваго взгляда, кромѣ опасности, представляемой контактомъ съ дурно изолированнымъ проводомъ, не видно необходимости въ такой сильной изоляціи, такъ какъ потеря энергіи, соотвѣтствующая этой изоляціи, равная

$$\frac{100^2}{25000000} = \frac{1}{2500} \text{ ватта}$$

на километръ, могла бы еще значительно увеличиться, оставаясь все-таки весьма малой сравнительно съ потерей въ проводникѣ на явленіе Джоуля.

Часто поэтому высказывали мнѣніе, что изоляція въ одинъ мегомъ на километръ совершенно достаточна. Но трудность состоитъ въ томъ, чтобы поддержать такую изоляцію: вещества, служащія для изолированія, обыкновенно не выдерживаютъ дѣйствій тока и разлагающихся агентовъ. Приходится поэтому прибѣгать къ тѣламъ, въ родѣ каучука, которыя и при малой толщинѣ слоя даютъ уже значительную изоляцію.

Въ воздушныхъ и подземныхъ канализаціяхъ изъ голыхъ проводовъ изоляція сильно мѣняется въ зависимости отъ влажности воздуха, такъ какъ роса, осѣдающая на фарфоровыхъ изоляторахъ, мѣняетъ ихъ проводимость. Въ очень влажной атмосферѣ изоляція можетъ упасть до 1 мегома на километръ.

Для городской станціи въ Парижѣ требовалось, чтобы кабели, предназначенные для напряженія въ 2400 вольтъ, имѣли бы изоляцію въ 1000 мегомовъ на километръ, причемъ эта величина послѣ прокладки кабеля не должна падать болѣе чѣмъ на 10%. Эта изоляція соотвѣтствуетъ приблизительно 42 мегомамъ на 100 вольтъ.

Общества электрическаго освѣщенія въ Нью-Йоркѣ требуютъ изоляціи въ 24 мегома на километръ при 100 вольтахъ въ моментъ прокладки кабеля.

При распредѣленіи посредствомъ трансформаторовъ можно въ испытаніе включить всѣ вѣтви и первичныя цѣпи приборовъ и отнести найденное сопротивленіе изоляціи къ километру канализаціи. Но при прямомъ распредѣленіи длину вѣтвей внутри зданій трудно измѣрить и кромѣ того изоляція этихъ вѣтвей иногда бываетъ мала, благодаря употребленію проводовъ съ бумажной изолировкой. Поэтому въ подобныхъ случаяхъ нельзя опредѣлить сопротивленіе изоляціи по истинной длинѣ канализаціи.

Чтобы обойти это затрудненіе, Пикку предложилъ считать длину канализаціи пропорціональной силѣ тока, циркулирующаго въ сѣти. Если еще допустить, что изоляція должна



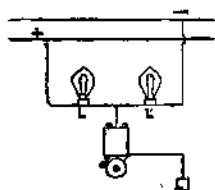
расти пропорціонально напругенію, то сопротивление изоляціи сѣти можно будетъ выразить формулой

$$r = k \frac{e}{i},$$

гдѣ  $e$  разность потенциаловъ, примѣняемая въ цѣпи, а  $i$ —сила тока. Остается опредѣлить коэффициентъ пропорціональности  $k$ . Онъ необходимо будетъ мѣняться въ зависимости отъ напругенія. Многіе электрики считаютъ, что онъ не долженъ никогда быть меньше 10000.

Электрическія канализаціи должны насколько возможно подвергаться періодическимъ испытаніямъ. Эти испытанія особенно важны для цѣпей высокаго напругенія, напримѣръ при непрямыхъ способахъ распредѣленія энергіи. Въ этихъ случаяхъ слѣдуетъ испытывать отдѣльно первичную цѣпь въ моментъ, когда генераторы не работаютъ.

**554. Указатели земнаго сообщенія.** Часто электрическія сѣти дѣйствуютъ непрерывно, что дѣлаетъ испытанія затруднительными. Въ этихъ случаяхъ устраниваютъ приборъ, который указываетъ немедленно на сколько-нибудь значительную порчу изолировки. Положимъ, что два провода (фиг. 331) соеди-



Фиг. 331.

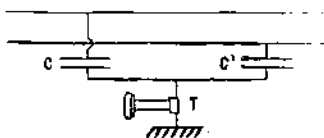
нены съ зажимами генератора, развивающаго постоянную разность потенциаловъ. Двѣ лампы накаливанія  $L$  и  $L'$ , предназначенныя для дѣйствія при этой разности потенциаловъ, будучи соединены послѣдовательно, какъ показано на фигурѣ, даютъ слабый красноватый свѣтъ. Проволока, соединяющая лампы, соединена также съ землѳю черезъ обыкновенный электрическій звонокъ. Какъ только въ какомъ-нибудь мѣстѣ канализаціи произойдетъ сколько-нибудь значительная порча изо-

дировки, сила теряемаго тока увеличится и звонокъ начнетъ звонить. Теряемый токъ, проходя черезъ одну изъ лампъ, заставитъ ее горѣть ярче, чѣмъ сосѣдняя. Если контактъ съ землей образовался у верхняго проводника, то ярко начнетъ горѣть лампа L.

Иногда довольствуются одной сигнальной лампой, одинъ изъ зажимовъ которой соединенъ съ землей, другой же черезъ посредство коммутатора соединяется то съ однимъ, то съ другимъ полюсомъ генератора. Если въ цѣпи есть контактъ съ землей, то яркость лампы въ этихъ случаяхъ будетъ различна.

Если испытываемые провода питаются переменными токами высокаго напряженія, то предыдущій способъ можетъ быть тоже примѣненъ, только вмѣсто лампы придется включить первичную цѣпь маленькаго трансформатора-редуктора, во вторичную цѣпь котораго включается или лампа, или вольтметръ Кардью.

Пикку придумалъ другой способъ, примѣнимый къ цѣпямъ, питаемымъ переменными токами. Оба провода соединяются съ двумя конденсаторами, состоящими изъ двухъ пластинъ (фиг. 332). Свободныя обкладки конденсаторовъ присоеди-

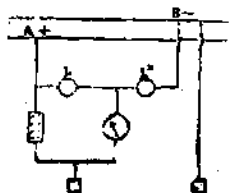


Фиг. 332.

няются къ телефону, соединенному съ землей. По проволокаѣ, соединяющей конденсаторы, проходятъ переменные токи, которые начнутъ проходить и черезъ телефонъ, если въ цѣпи есть гдѣ-нибудь сообщеніе съ землей. Указанія этого прибора непрерывны. Звуки его можно усилить настолько, что они будутъ слышны на довольно значительномъ разстояніи.

**555. Измѣреніе сопротивленія порчи.** Чтобы опредѣлить сопротивленіе порчи, Пикку замѣняетъ въ приборѣ, изображенномъ на фиг. 331, звонокъ гальваноскопомъ. Кромѣ

того, точку А проводника соединяетъ черезъ реостатъ съ землей (фиг. 333). Такимъ образомъ производить искусственную потерю, которая уравниваетъ на гальваноскопѣ влияние истинной потери, происходящей вслѣдствіе сообщенія про-



Фиг. 333.

водника В съ землей. Сопротивленіе реостата мѣняютъ до тѣхъ поръ, пока стрѣлка гальваноскопа не вернется къ нулю. Въ этотъ моментъ включенное сопротивленіе реостата равняется измѣряемому сопротивленію, если пренебречь сопротивленіемъ канализаціи.

**556. Примѣненіе вольтметра.** Другой способъ, годный для опредѣленія сопротивленія порчи R во время работы, требуетъ употребленія одного только вольтметра. Пусть V и  $-V'$  будутъ потенціалы въ точкахъ присоединенія канализаціи къ генераторамъ.

Если соединить вольтметръ, имѣющій сопротивленіе r, съ одной стороны съ землей, съ другой съ точкой соединенія, имѣющей потенціалъ V, то черезъ приборъ будетъ проходить токъ силы:

$$i = \frac{V - v}{r + R},$$

гдѣ v—потенціалъ кабеля въ мѣстѣ порчи.

Число вольтъ, указываемое приборомъ, будетъ:

$$n = i r = \frac{V - v}{r + R} r.$$

Если теперь соединить вольтметръ съ точкой, имѣющей потенціалъ  $-V'$ , то получимъ

$$n' = -i' r = \frac{v - (-V')}{r + R} r.$$

Наконецъ, соединивъ зажимы вольтметра съ точками V и —V', получимъ

$$n'' = V + V'.$$

Отсюда

$$R = \frac{n'' r}{n + n'} - r.$$

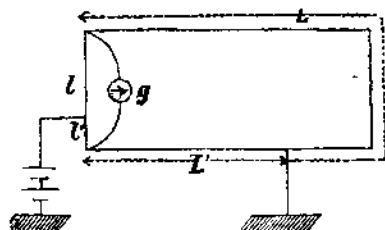
**567. Опредѣленіе мѣста порчи изолировки.** Разъ существованіе порчи будетъ установлено и ея сопротивленіе измѣрено, слѣдуетъ опредѣлить мѣсто порчи, чтобы имѣть возможность ее уничтожить. Въ сѣтяхъ, въ которыхъ постоянно поддерживаютъ напряженіе и которыя состоятъ изъ большаго числа отдѣльныхъ петель, опредѣленіе мѣста порчи бываетъ иногда затруднительнымъ.

Въ этомъ случаѣ можно только поочередно выключать отдѣльныя части, прерывая сообщеніе съ ними въ соединительныхъ коробкахъ, пока не будетъ найдена испорченная часть. Затѣмъ въ ней уже опредѣляется мѣсто порчи. При подобныхъ разысканіяхъ пользуются батареей, одинъ изъ полюсовъ которой соединяется съ землей, а другой полюсъ соединяется съ гальванометромъ или звонкомъ, соединеннымъ въ свою очередь съ изслѣдуемой частью канализаціи. Для этой же цѣли употребляется магнитоэлектрической звонокъ, позволяющій обходиться безъ батареи. Въ случаѣ примѣненія батареи и гальванометра, приборъ можно градуировать заранее, такъ что стрѣлка его будетъ прямо показывать сопротивленіе порчи.

Чтобы точно опредѣлить положеніе мѣста соединенія съ землей, находящагося или у какого-нибудь абонента, или въ какой-нибудь вѣтви сѣти, часто поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Когда земной указатель на станціи покажетъ соединеніе съ землей одного изъ проводовъ, напримѣръ В, то реостатъ (фиг. 333) замѣняютъ предохранительной проволокой, которую берутъ сначала очень тонкой. Если отъ дѣйствія теряемаго тока проволока плавится, ее замѣняютъ новой, болѣе толстой, и такъ далѣе. Наконецъ, при проволоки опредѣленнаго діаметра плавленія не произойдетъ, но зато расплавится одинъ изъ предохранителей въ помѣщенной вѣтви. Такимъ образомъ

мѣсто порчи обнаружится. Къ такого рода разысканіямъ слѣдуетъ приступать осторожно, выбирая утренній часы, чтобы не мѣшать правильной работѣ сѣти.

**558. Способъ петли.** Иногда случается, что нужно опредѣлить мѣсто сообщенія съ землей въ канализаціи, состоящей изъ двухъ извѣстныхъ проводовъ, напримѣръ, двухъ питающихъ проводовъ или двухъ проволокъ, соединяющихъ генераторную станцію съ пріемной и т. п. Если можно прекратить временно работу этихъ проводовъ, то опредѣлить мѣсто земнаго сообщенія можно слѣдующимъ образомъ. Оба провода у одного конца канализаціи соединяются непосредственно, у другаго же соединяются черезъ гальванометръ и градуированную проволоку (§ 236), вводимую параллельно гальванометру (фиг. 334). По градуированной проволоцѣ скользить



Фиг. 334.

подвижной контактъ. Контактъ этотъ соединенъ съ батареей, свободный полюсъ которой соединенъ съ землей. Подвижной контактъ перемѣщаютъ до тѣхъ поръ, пока въ гальванометрѣ не будетъ отклоненія. Называя черезъ  $l$  и  $l'$  число дѣленій проволоки, находящихся съ каждой стороны контакта, черезъ  $L$  и  $L'$  длины двухъ отрезковъ цѣпи по обѣ стороны мѣста порчи, получимъ

$$\frac{L}{L'} = \frac{l}{l'}.$$

Предполагаютъ при этомъ, что сопротивленіе проводниковъ однородно, чего бы не было, если бы въ нихъ были дурно сдѣланныя соединенія.

**559. Способъ автора \*).** Авторъ придумалъ способъ, основанный на употребленіи телефона, позволяющій точно опредѣлять положеніе мѣста порчи.

Предположимъ сначала для простоты, что нужно опредѣлить мѣсто сообщенія съ землей въ проводникѣ, изолированномъ съ обоихъ концовъ. Одинъ изъ этихъ концовъ соединяютъ съ однимъ полюсомъ батареи, второй полюсъ которой соединенъ съ землей. Особый прерыватель, приводимый въ движеніе часовымъ механизмомъ, прерываетъ цѣпь батареи черезъ опредѣленные промежутки времени, вслѣдствіе чего по части линіи между батареей и мѣстомъ порчи проходитъ прерывистый токъ. Вдоль по линіи, начиная отъ мѣста соединенія ея съ батареей, проходятъ съ прямой катушкой, снабженной пластинчатымъ сердечникомъ изъ мягкаго желѣза, помѣщая ее насколько возможно ближе къ проводнику, перпендикулярно къ нему \*\*). Обмотка этой катушки соединяется съ телефономъ, который наблюдатель держитъ вблизи своего уха. Прерывистые токи вызываютъ въ катушкѣ образованіе индуктированныхъ токовъ, обрануживаемыхъ телефономъ. Въ моментъ, когда катушка переходитъ за мѣсто порчи, звукъ въ телефонѣ внезапно прерывается.

Этотъ способъ легко примѣняется къ изслѣдованію внутреннихъ проводовъ у абонентовъ, вѣтви которыхъ предварительно выключаются изъ цѣпи, такъ какъ въ этомъ случаѣ очень легко перемѣщать катушку параллельно проводамъ, проложеннымъ въ рейкахъ, въ стѣнахъ или подъ поломъ.

Въ случаѣ попземной канализаціи, катушку придется приближать къ проводамъ въ колодцахъ или въ соединительныхъ коробкахъ, такъ, чтобы опредѣлить тѣ коробки, между которыми кабель попорченъ. Если кабель имѣетъ металлическую броню, то ее можно легко снять въ лазахъ, устроенныхъ для наблюденія за кабелемъ.

Этотъ способъ можно пробовать примѣнять даже во время работы проводовъ. Предположимъ, что проводникъ, въ ко-

---

\*) Bulletin de l'Académie Royale des Sciences de Belgique, 1885.

\*\*) Ось катушки и ось проводника не должны лежать въ одной плоскости.

Прим. Ред. 1-го изд.

торомъ образовалось сообщеніе съ землей, соединенъ съ работающей динамомашиной. Тогда одинъ изъ зажимовъ машины надо соединить съ одной изъ обкладокъ большаго конденсатора, другая обкладка котораго соединена съ батареей черезъ посредство очень быстродѣйствующаго прерывателя.

Получающіеся такимъ образомъ токи будутъ вызывать въ конденсаторѣ заряды и разряды, протекающіе по той части кабеля, которая находится между машиной и мѣстомъ порчи, и налагающіеся на токъ, даваемый машиной. Эти токи зарядные и разрядные не пройдутъ черезъ арматуру динамомашины благодаря ея значительной самоиндукціи. Если, поэтому, прослѣдовать вдоль по этой части съ катушкой и телефономъ, то мѣсто порчи будетъ найдено.

### ОСОБЫЯ ИСПЫТАНІЯ ТЕЛЕГРАФНЫХЪ ЛИНІЙ.

**560. Предметъ испытаній.** Телеграфныя линіи, особенно подземныя и подводныя, должны подвергаться ежедневнымъ испытаніямъ, имѣющимъ цѣлью съ одной стороны проверить состояніе линіи, съ другой стороны собрать необходимыя данныя, чтобы можно было легко опредѣлить положенія мѣстъ, гдѣ провода повреждены.

Эти испытанія состоятъ въ опредѣленіи электрическаго сопротивленія линій, сопротивленія изоляціи, а для кабелей и ихъ емкости. Результаты испытаній заносятся въ таблицу, на которой обозначаются число и мѣсяцъ, когда испытанія были произведены, а также обстоятельства, при которыхъ они производились. Такъ, на примѣръ, для воздушныхъ линій слѣдуетъ обозначать состояніе атмосферы (туманъ, снѣгъ, дождь и т. п.), такъ какъ влажность имѣетъ громадное значеніе на сопротивленіе изоляціи.

Всѣ порчи, происходящія въ телеграфныхъ линіяхъ, можно раздѣлить на три слѣдующихъ класса:

1. *Случайное сообщеніе линіи съ землей.* Этого рода порча происходитъ, на примѣръ, когда одна изъ проволокъ порвется и одинъ изъ концовъ упадетъ на землю, или когда до проволоки касается вѣтка дерева, или же, для кабелей, если изолирующій слой пробить.

2. *Соединение между двумя соседними проволоками.* Такое соединение может быть произведено или концом третьей порвавшейся проволоки, или каким-нибудь другим посторонним предметом, или же оно может произойти вследствие перепутывания проволок, производимаго вѣтромъ.

3. *Разрывъ линіи.* Этотъ случай можетъ произойти только съ подземными и подводными кабелями, проводникъ въ которыхъ можетъ порваться и все-таки остаться изолированнымъ въ своей гуттаперчевой оболочкѣ. Въ воздушныхъ линіяхъ разъ проволока порвется, то она непремѣнно упадетъ или на землю, или на другую проволоку, а эта порча входитъ въ одинъ изъ первыхъ двухъ классовъ.

Въ случаѣ порчи воздушной линіи, проще всего послать вдоль линіи рабочего, который находитъ мѣсто порчи и исправляетъ ее. Если линія идетъ вдоль желѣзной дороги, то этотъ осмотръ дѣлается очень скоро. Рабочій изъ вагона слѣдитъ за указанной ему проволокой, относительное положеніе которой на столбахъ не мѣняется.

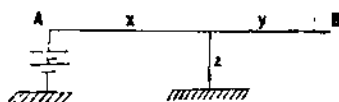
Но если порча произойдетъ въ подземномъ или подводномъ кабелѣ или же на очень длинной воздушной линіи, то, чтобы опредѣлить положеніе мѣста порчи, приходится прибѣгать къ электрическимъ измѣреніямъ. Начинаютъ съ предварительнаго испытанія, позволяющаго опредѣлить природу порчи. Для этой цѣли въ линію черезъ гальванометръ пускаютъ токъ отъ батареи. Если отклоненіе гальванометра укажетъ, что сила тока больше, чѣмъ ей слѣдуетъ быть по закону Ома (сопротивленіе линіи при нормальныхъ условіяхъ извѣстно), то, слѣдовательно, въ какой-нибудь промежуточной точкѣ образовалось сообщеніе съ землей. Если отклоненіе гальванометра очень слабо, то значить, что линія порвана. Наконецъ, если токъ проходитъ и черезъ проволоку не ту, которую изслѣдуютъ, то значить между ними образовалось соединеніе.

Зная природу порчи, приступаютъ къ опредѣленію ея мѣста. Разсмотримъ сначала случай соединенія проволоки съ землей или другой проволокой. Прежде всего опредѣляютъ электрическое сопротивленіе  $x$  части линіи, лежащей между станціей, на которой производятся измѣренія, и мѣстомъ соединенія. Ясно, что если  $r$  есть сопротивленіе одного кило-



метра проволоки, то величина  $\frac{x}{r}$  даетъ разстояніе между станціей и мѣстомъ порчи въ километрахъ. При опредѣленіи положенія мѣста порчи въ подводномъ кабелѣ, необходимо принять во вниманіе запасъ, съ которымъ онъ положенъ.

**561. Порча изоляціи въ длинной линіи. Способъ Блавье.** Предположимъ, что діэлектрикъ кабеля пробитъ въ какой-нибудь точкѣ. Назовемъ черезъ  $x$  и  $y$  (фиг. 335) электри-



Фиг. 335.

ческое сопротивленіе двухъ отрѣзковъ линіи, раздѣляемыхъ этой точкой, и черезъ  $z$  сопротивленіе порчи.

Сопротивленіе всей линіи

$$r_1 = x + y \quad (1)$$

извѣстно изъ ежедневныхъ испытаній.

Изолируя линію у конца В и измѣряя ея сопротивленіе отъ точки А, напริมѣръ съ помощью мостика Витстона, получимъ

$$r_2 = x + z. \quad (2)$$

Если это измѣреніе повторить, соединивъ съ землей точку В, то, такъ какъ сопротивленіе этого соединенія ничтожно сравнительно съ сопротивленіемъ проводниковъ, получимъ:

$$r_3 = x + \frac{y z}{y + z}. \quad (3)$$

Изъ предыдущихъ трехъ уравненій выводимъ:

$$y = r_1 - r_2 \pm \sqrt{(r_1 - r_2)(r_1 - r_3)}.$$

Тѣ же измѣренія можно сдѣлать у другого конца линіи и взять среднее.

**Необходимыя предосторожности.** Измѣренія эти представляютъ нѣкоторыя затрудненія въ подводныхъ кабеляхъ вслѣдствіе измѣнчивости сопротивленія порчи. Предположимъ, напри-

мѣръ, что порча произошла вслѣдствіе образованія трещины въ гуттаперчѣ, позволяющей водѣ прикасаться къ проводнику. Сопротивленіе порчи зависитъ отъ тонкаго слоя воды, находящагося въ трещинѣ. Если соединить кабель съ положительнымъ полюсомъ батареи, то кислородъ и хлоръ, выделяемые при электролизѣ, соединяются съ мѣдью и образуютъ соединеніе, увеличивающее сопротивленіе порчи.

Когда вслѣдъ затѣмъ кабель соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ, то водородъ возстановляетъ соединеніе, очищаетъ проводникъ и уменьшаетъ сопротивленіе до тѣхъ поръ, пока газъ не начнетъ выделяться въ видѣ пузырьковъ, послѣ чего сопротивленіе порчи опять мѣняется. Примѣняя описанный способъ, стараются поймать моментъ, когда проводникъ кабеля чистъ и прямо сообщается съ водой: для этой цѣли кабель поочередно соединяютъ съ обоими полюсами батареи и наблюдаютъ, когда сопротивленіе проходитъ черезъ минимумъ.

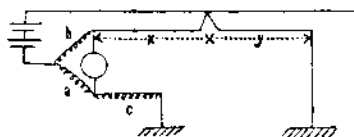
Измѣреніямъ еще препятствуютъ земные токи, происходящіе вслѣдствіе существованія разности потенциаловъ между различными точками земли. Эти токи мѣняются вообще, исключая времени магнитныхъ бурь, медленно, что позволяетъ считать ихъ въ теченіе измѣренія, если оно только длится недолго, за постоянные.

Ихъ можно или уравнивать батареей, или же можно уничтожать ихъ дѣйствіе на стрѣлку гальванометра при помощи вспомогательнаго магнита, помѣщаемого вблизи стрѣлки. Но проще всего считать за нулевое положеніе стрѣлки то, положеніе, которое она принимаетъ подъ вліяніемъ этихъ токовъ.

*Способъ петли.* Всякій разъ, когда будутъ имѣть дѣло съ двумя кабелями, соединяющими конечныя точки, слѣдуетъ употреблять способъ, описанный въ § 558, не зависящій отъ сопротивленія порчи.

**562. Соприкосновеніе между двумя линіями.** Въ случаѣ соприкосновенія между двумя линіями, на одной изъ станцій изолируютъ конецъ одной изъ линій и соединяютъ съ землей конецъ другой. На другой станціи устраиваютъ соединенія.

указанныя на фиг. 336, благодаря чему образуется мостикъ Витстона.



Фиг. 336.

Измѣренія помощью мостика позволяютъ опредѣлить отношеніе  $\frac{x}{y+z}$ , тогда какъ ежедневныя измѣренія даютъ  $x+y$ .

Въ описанномъ способѣ сопротивленіе контакта не имѣетъ никакого вліянія. Это сопротивленіе помѣщается въ діагонали мостика, какъ и въ способѣ петли и его величина не имѣетъ никакого вліянія.

**563. Разрывъ линіи.** Въ случаѣ, когда проводникъ порвется и обѣ его части останутся изолированными въ своей гуттаперчевой оболочкѣ, то опредѣляютъ емкости этихъ частей. Такъ какъ изъ періодическихъ измѣреній извѣстна емкость одного километра кабеля, то мѣсто разрыва можно опредѣлить съ большой точностью.

# ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.

---

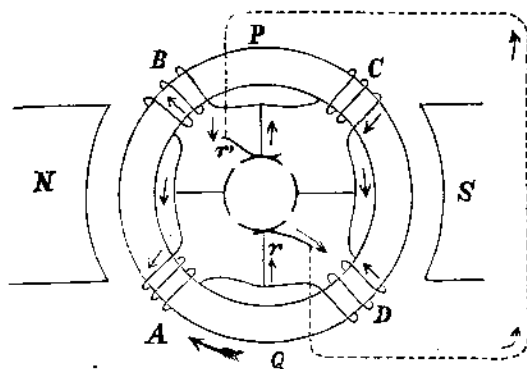
## ТЕОРІЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННАГО ТОКА.

**564. Обратимость динамомашииъ постояннаго тока.**  
Если соединить динамомашину постояннаго тока съ электрическимъ генераторомъ, дающимъ постоянную разность потенциаловъ, то машина начинаетъ вращаться, причемъ скорость вращенія постоянно увеличивается до тѣхъ поръ, пока моментъ вращенія не станетъ равнымъ парѣ сопротивленія. Въ это же время, по мѣрѣ увеличенія скорости вращенія, сила тока, проходящаго черезъ машину, уменьшается, что указываетъ на образованіе въ динамомашииъ противоположной электродвижущей силы, увеличивающейся, въ нѣкоторыхъ предѣлахъ, при увеличеніи производимой работы.

Динамомашины постояннаго тока, слѣдовательно, обратимы. Ихъ можно употреблять съ такимъ же успѣхомъ для преобразованія электрической энергіи въ механическую, какъ и для обратнаго преобразованія. Динамомашины, употребляемыя для превращенія электрической энергіи въ механическую, носятъ названіе *электродвигателей*.

Чтобы ознакомиться съ движеніемъ armатуры электродвигателя, рассмотримъ динамомашину съ кольцевой armатурой и послѣдовательнымъ возбужденіемъ (фиг. 337). Токъ, проходящій черезъ машину, производитъ въ индукторахъ магнитный

силовой потокъ, пронизывающій арматуру въ направленіи  $NS$ . Каждый оборотъ проволоки на арматурѣ стремится перемѣститься такъ, чтобы его пронизывалъ съ отрицательной стороны по возможности большій силовой потокъ (§ 131). Въ обороты проволоки, находящіеся въ четверти окружности  $A$ , потокъ входитъ черезъ ихъ отрицательную сторону и онѣ стремятся перемѣщаться по направленію обратному движенію часовой стрѣлки такъ, чтобы потокъ, ихъ пронизывающій, сталъ наибольшимъ. Обороты, лежащіе въ четверти окружности  $D$ ,



Фиг. 337.

въ которые, наоборотъ, силовыя линіи входятъ черезъ положительную ихъ сторону, стремятся перемѣститься въ томъ же направленіи, что и обороты  $A$ , чтобы потокъ, ихъ пронизывающій, уменьшился. Разсуждая подобнымъ же образомъ для четвертей окружности  $B$  и  $C$ , мы легко убѣдимся, что арматура должна начать вращаться въ направленіи обратномъ тому, по которому она должна двигаться, чтобы давать проходящій по ней токъ. Этотъ фактъ вытекаетъ непосредственно изъ закона Ленца (§ 165) и онъ относится ко всѣмъ динамомашинамъ постоянного тока, какимъ бы образомъ не возбуждались ихъ индукторы и какова бы ни была система обмотки арматуры.

**565. Поворотъ щетокъ.** Вслѣдствіе измѣненія направленія вращенія динамомашины, положеніе щетокъ относительно коллектора должно быть тоже измѣнено такъ, чтобы коллекторъ

вращался не на встрѣчу концамъ проволокъ или пластинокъ, изъ которыхъ состоятъ щетки.

Въ двигателяхъ, такъ же, какъ и въ генераторахъ, положеніе щетокъ надо мѣнять до тѣхъ поръ, пока искры на коллекторѣ или совсѣмъ не будутъ уничтожены, или число ихъ не будетъ доведено до минимума. Для этой цѣли щетки должны быть приложены къ коллектору позади линіи, равноотстоящей отъ двухъ полюсовъ, такъ чтобы коммутируемая катушки находились въ магнитномъ полѣ напряженія, достаточнаго для измѣненія направленія тока и доведенія его до нормальной силы въ моментъ, когда короткое замыканіе разсматриваемыхъ секцій прекращается.

Положеніе, занимаемое щетками на коллекторѣ въ двигателяхъ и генераторахъ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, почти одинаково, но, вслѣдствіе обратнаго направленія вращенія armатуры двигателя, щетки въ двигателѣ находятся позади нейтральной линіи, тогда какъ въ генераторѣ они находятся впереди ея.

**566. Вычисленіе работоспособности и момента вращенія развиваемыхъ электродвигателемъ.** Если мы назовемъ черезъ  $i$  силу тока, развѣтвляющагося на двѣ равныя части въ armатурѣ двухъполюсной машины, и черезъ  $N$  величину всего магнитнаго потока черезъ armатуру, то работа, совершаемая однимъ оборотомъ проволоки на armатурѣ въ теченіе каждаго ея оборота вокругъ оси, будетъ:

$$\frac{i}{2} \times 4 \frac{N}{2} = iN.$$

Если на поверхности armатуры помѣщаются  $n$  проволокъ и если эта armатура вращается со скоростью  $N$  оборотовъ въ секунду, то развиваемая двигателемъ энергія будетъ:

$$p = i n N N. \quad (1)$$

Но

$$n N N = e, \quad (2)$$

гдѣ  $e$ —электродвижущая сила индукціи, вызываемая вращеніемъ armатуры въ магнитномъ полѣ индукторовъ. (§ 371).

Слѣдовательно, энергія можетъ быть также выражена и произведеніемъ:

$$p = e i. \quad (3)$$

На основаніи принципа сохраненія энергіи, электродвижущая сила  $e$  должна быть противоположна разности потенциаловъ, приложенной къ электродвигателю. Если эту разность потенциаловъ обозначить черезъ  $E$ , а сопротивление машины черезъ  $r$ , то

$$i = \frac{E - e}{r}. \quad (4)$$

Назовемъ черезъ  $C$  моментъ вращенія armатуры относительно оси двигателя. Работа, совершаемая при каждомъ оборотѣ, будетъ  $2\pi C$  и вся полезная энергія, доставляемая въ одну секунду, будетъ  $2\pi C N$ . Если пренебrecь механическимъ и магнитнымъ треніемъ \*), а также и токами Фуко, то можно написать равенство:

$$2\pi C N = i n N,$$

откуда

$$C = \frac{i n N}{2\pi}. \quad (5)$$

Если двумъ изъ пяти величинъ  $C$ ,  $i$ ,  $E$ ,  $e$  и  $N$ , связываемымъ уравненіями (2) (4), (5), придать опредѣленные значенія, то опредѣленные значенія получатъ и три другія величины, такъ какъ  $r$  и  $n$  суть величины постоянныя для данной машины, величина же потока  $N$  зависитъ отъ силы тока (§ 349). Такимъ образомъ, если регулируютъ пару сопротивленія, напримѣръ при помощи опредѣленной нагрузки на нажимѣ Прони, надѣтомъ на шкивѣ двигателя, а также и разность потенциаловъ  $E$ , то число оборотовъ armатуры въ секунду, сила тока и противоположная электродвижущая сила получатъ опредѣленные значенія.

Уравненіе (5) показываетъ, что если въ машинѣ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ паразитныхъ явленій нѣтъ, то моментъ вращенія не зависитъ отъ скорости вращенія, а только

\*) Подъ магнитнымъ треніемъ авторъ подразумѣваетъ гистерезисъ.

Прим. Ред. 1-го изд.

отъ силы тока. Денре, высказавшій это положеніе, подтвердилъ его, помѣстивъ на ось двигателя съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ нажимъ Прови съ определенной нагрузкой, предназначенной для уравниванія вращающаго усилія. Прилагая къ двигателю постоянно возрастающую разность потенциаловъ, онъ замѣтилъ, что сила тока увеличивается до момента, когда двигатель придетъ во вращеніе, т. е. до момента, когда пара сопротивляющаяся не будетъ преодолѣна парой вращающей. Начиная съ этого момента сила, тока почти не мѣняется и увеличеніе разности потенциаловъ только увеличиваетъ скорость вращенія. Скорость эта достигаетъ величины, соответствующей расходуемому количеству энергіи.

**567. Отдача электродвигателя.** Изъ уравненія (4) выводимъ

$$Ei = i^2 r + ei.$$

Первая часть равенства  $Ei = P$  есть затраченное количество электрической энергіи; первый членъ второй части  $i^2 r$ —есть потеря на нагреваніе по закону Джоуля, а второй членъ  $ei = p$ —количество энергіи, доставляемое приборомъ, паразитныя потери въ которомъ считаются равными нулю. *Электрической отдачей* называютъ отношеніе

$$\frac{p}{P} = \frac{e}{E} = \frac{E - ir}{E}.$$

Легко видѣть, что сила тока и количество затраченной въ единицу времени энергіи будутъ наибольшими, когда  $e$ —равно нулю, т. е. когда электродвигатель не вращается, будучи удерживаемъ парой сопротивленія. Въ этомъ случаѣ электрическая отдача тоже равна нулю.

Когда пара, сопротивляющаяся вращенію электродвигателя, уменьшается, скорость его увеличивается, и въ то же время увеличивается и  $e$ . Количество энергіи

$$p = ei = \frac{e(E - e)}{r}$$

тоже увеличивается, пока  $e$  не достигнетъ определенной величины. Величина  $p$  достигаетъ максимума при  $e = \frac{E}{2}$ . Въ этотъ



моментъ электрическая отдача равняется 50%. Вслѣдствіе этой малой отдачи электродвигатель долженъ работать при такомъ режимѣ только короткое время, напримѣръ при пусканіи въ ходъ. Поэтому проволоки для арматуры берутся такой толщины, что они могутъ выносить безъ нагрѣванія токъ, соотвѣтствующій наибольшей энергіи, въ теченіе весьма короткаго времени.

Если скорость двигателя продолжаетъ увеличиваться, то количество энергіи  $p$  уменьшается, но отдача увеличивается до величины, которая при допущенномъ предположеніи можетъ дойти до единицы. Въ этотъ моментъ получаемъ:

$$e = E, \quad i = 0.$$

Эти величины относятся къ идеальному двигателю, въ которомъ нѣтъ тренія, нѣтъ никакихъ внутреннихъ потерь и которому не приходится преодолѣвать никакихъ сопротивленій. Двигатель въ этомъ случаѣ идетъ безъ затраты работы, конечно онъ и не производитъ никакой работы.

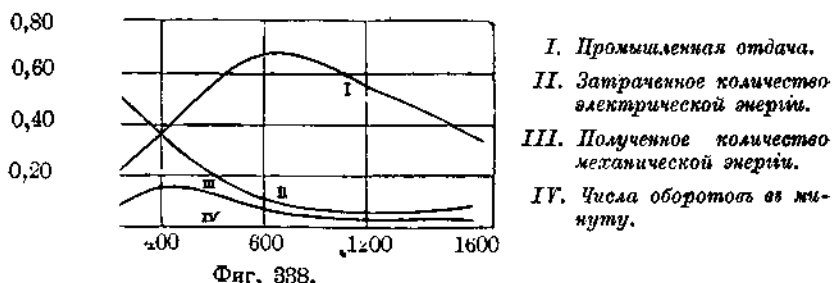
Для настоящихъ электродвигателей это не такъ. Часть теоретическаго количества энергіи  $p$  поглощается треніемъ оси въ подшипникахъ и сопротивленіемъ воздуха движенію арматуры. Другая часть теряется на нагрѣваніе, на гистерезисъ или магнитное треніе и на токи Фуко.

Работоспособность  $p_n = 2\pi CN$ , которою можно пользоваться и которую можно измѣрить нажимомъ на оси машины, есть только часть теоретической работоспособности  $p$ . Именемъ *промышленной отдачи* электродвигателя называютъ отношеніе полезной работоспособности  $p_n$  къ затраченному количеству электрической энергіи  $P$ .

Чтобы измѣрить измѣненія этихъ количествъ, измѣряютъ помощью нажима Прони или другаго подобнаго прибора полезную работу, совершаемую двигателемъ при измѣненіи сопротивляющейся пары силъ, причемъ у зажимовъ электродвигателя поддерживается постоянная разность потенціаловъ, для которой онъ построенъ. Эту разность потенціаловъ, а также и силу тока опредѣляютъ при помощи вольтметра и амперметра.

Имѣя эти величины, можно построить діаграммы, изобра-

жая затраченное количество энергии  $E_2$ , получаемое обратно  $p_n$  и промышленную отдачу  $\frac{p_n}{E_2}$  ординатами кривыхъ, абсциссами которыхъ служатъ скорости вращения электродвигателя. Кривыя, представленныя на фиг. 338, вычерчены по



результатамъ, доставленнымъ маленькимъ электродвигателемъ. Кривая отдачи показываетъ, что при нормальной работѣ слѣдуетъ двигатель заставлять вращаться со скоростью 800 оборотовъ въ минуту. Сбѣненіе проводниковъ на арматурѣ вычисляють для тока, соотвѣтствующаго наибольшей отдачѣ.

Въ хорошихъ машинахъ даже довольно значительныя измѣненія скорости и количества энергии не измѣняютъ слишкомъ сильно отдачу. Это одно изъ большихъ достоинствъ электродвигателей. Такимъ образомъ двигатель Шуккерта, номинальная работоспособность котораго 40 лошадиныхъ силъ, имѣетъ промышленную отдачу 0,80 производя 25 силъ, 0,85 для 35 силъ и 0,78 для 50 силъ.

**568. Сравненіе величинъ отдачи машины, работающей какъ генераторъ и какъ двигатель.** Опытъ показываетъ, что промышленная отдача динамомашинъ не мѣняется сколько нибудь значительно, дѣйствуетъ-ли она какъ генераторъ или какъ двигатель, при условіи, что работоспособность машины будетъ превосходить 8—10 силъ.

Если, дѣйствительно, заставить двѣ одинаковыя машины съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ вращаться одну какъ двигатель, другую какъ генераторъ, то разность потенциаловъ  $e$  у зажимовъ обѣихъ машинъ, при одинаковомъ положеніи ще-

токъ, будетъ одинакова. Если допустить, что черезъ машины, сопротивленіе которыхъ  $r$ , проходятъ токи одинаковой силы  $i$ , то потеря по закону Джоуля  $i^2 r$  будутъ въ нихъ равны. То же самое будетъ и для потерь  $a$  на треніе, на токи Фуко и на гистерезисъ. Величины промышленной отдачи генератора и двигателя будутъ соотвѣтственно

$$\frac{ei - i^2 r}{ei + a} \text{ и } \frac{ei - a}{ei + i^2 r}$$

или же

$$\frac{(ei)^2 - (i^2 r)^2}{(ei + a)(ei + i^2 r)} \text{ и } \frac{(ei)^2 - a^2}{(ei + i^2 r)(ei + a)}$$

Смотря по тому, будетъ-ли  $a$  больше, равно или меньше  $i^2 r$ , отдача генератора будетъ больше, равна или меньше отдачи двигателя.

Но въ хорошихъ машинахъ, работоспособность которыхъ превосходитъ 8 силъ,  $i^2 r$  и  $a$  не больше одной десятой  $ei$  и никогда не отличаются сколько-нибудь значительно другъ отъ друга, такъ что написанныя выраженія будутъ въ этомъ случаѣ равны между собой. Но вообще  $a$  всегда нѣсколько меньше  $i^2 r$ , почему отдача двигателя всегда нѣсколько больше отдачи генератора. Въ двигателяхъ токи Фуко, развивающіеся въ желѣзѣ сердечника armатуры, имѣютъ направленіе, обратное направленію тока въ проволокахъ armатуры, отчего поперечные потоки и уголъ поворота щетокъ уменьшаются.

Машины малой работоспособности, когда онѣ работаютъ какъ двигатели, имѣютъ гораздо большую отдачу, чѣмъ когда работаютъ какъ генераторы. Эта разница между величинами отдачи объясняется тѣмъ, что, во-первыхъ, реакція armатуры въ двигателѣ слабѣе, а во-вторыхъ условіями, при которыхъ генераторы начинаютъ дѣйствовать. Извѣстно, что генераторы намагничиваются съ тѣмъ большими затрудненіями, чѣмъ они меньше. Двигатель, наоборотъ, начинаетъ вращаться всегда, когда пара сопротивленія соотвѣтствуетъ силѣ тока. Изъ этого слѣдуетъ, что динамомашина можетъ имѣть какъ генераторъ отдачу равную нулю и все-таки дѣйствовать какъ двигатель.

## РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННАГО ТОКА.

**569. Двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ.** Такъ какъ распреѣленіе электрической энергіи происходитъ или при постоянной силѣ тока (послѣдовательное соединеніе), или при постоянномъ напряженіи (параллельное соединеніе) то намъ слѣдуетъ изучить условія дѣйствія электродвигателей въ обоихъ этихъ случаяхъ.

Когда черезъ двигатель съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ проходитъ токъ постоянной силы, то силовой потокъ, а слѣдовательно и моментъ вращенія сохраняютъ неизмѣнную величину, какова бы ни была скорость вращенія. Это слѣдуетъ прямо изъ уравненія (§ 566):

$$C = \frac{i n N}{2\pi}.$$

Слѣдовательно, двигатель приходитъ въ движеніе только тогда, когда пара сопротивленія меньше этой величины. Если нагрузка уменьшается, скорость увеличивается до тѣхъ поръ, пока пассивныя сопротивленія не компенсируютъ уменьшенія нагрузки.

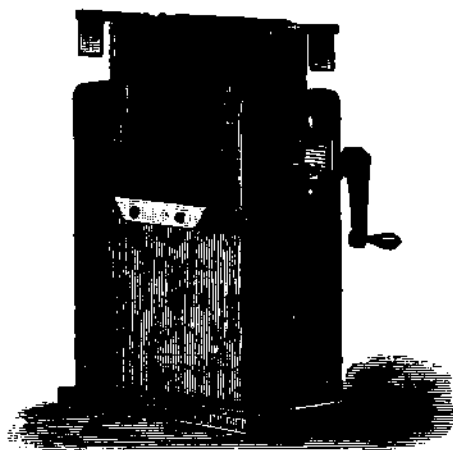
Въ случаѣ когда постоянной остается разность потенціаловъ у зажимовъ двигателя, то сила тока, проходящаго черезъ двигатель, достигаетъ наибольшей величины когда арматура неподвижна. Въ это время величины потока **N** и момента вращенія тоже имѣютъ наибольшія значенія.

Если пара сопротивленія не превосходитъ величины, соотвѣтствующей начальной силѣ тока, двигатель приходитъ въ движеніе со скоростью, увеличивающейся до тѣхъ поръ, пока между вращающимъ усиліемъ и сопротивленіями не наступитъ равновѣсія. Противодѣйствующая электродвижущая сила увеличивается со скоростью вращенія, отчего уменьшается сила тока, а слѣдовательно и величины потока **N** и момента вращенія **C**. Когда сопротивление уменьшится до такихъ предѣловъ, что двигатель долженъ будетъ преодолѣвать только внутреннія тренія, то скорость его будетъ такой, что противудѣйствующ-

щая электродвижущая сила станетъ почти равной разности потенціаловъ у зажимовъ. Такъ какъ напряженіе магнитнаго поля уменьшается вмѣстѣ съ силой тока, то это условіе можетъ быть выполнено, когда скорость вращенія значительно превосходитъ нормальную величину.

Въ очень маленькихъ двигателяхъ, гдѣ относительная величина пассивныхъ сопротивленій велика, скорость вращенія ненагруженного двигателя не достигаетъ никогда опасныхъ предѣловъ, но въ большихъ двигателяхъ, если нагрузка должна уменьшиться за нѣкоторый предѣлъ, лучше прибѣгать къ параллельному или смѣшанному возбужденію.

**570. Реостатъ для пуска въ ходъ двигателя.** Когда двигатель, включенный въ распредѣлительную цѣпь съ постояннымъ напряженіемъ, пускается въ ходъ, будучи сильно нагруженнымъ, то сила тока можетъ увеличиться до предѣла опаснаго для проводниковъ машины раньше, чѣмъ машина приметъ скорость режима и разовьетъ электродвижущую силу, могущую воспрепятствовать слишкомъ большому увеличенію силы тока. Подобное усиленіе тока предотвращаютъ, соединяя послѣдовательно съ двигателемъ реостатъ, сопротивленіе котораго уменьшаютъ по мѣрѣ увеличенія скорости двигателя. Иногда для дешевизны въ этомъ случаѣ употребляютъ жидкій реостатъ, состоящій изъ двухъ рядовъ электродовъ (Фиг. 339).



Фиг. 339.

погружающихся въ сосудъ, содержащій водный растворъ двууглекислой соды. Рядъ мѣдныхъ анодовъ можно при помощи рукоятки опускать въ сосудъ на большую или меньшую глубину и такимъ образомъ мѣнять сопротивление ванны. На днѣ сосуда устроено нѣчто въ родѣ тисковъ, куда входятъ аноды если ихъ погрузить совсѣмъ, и такимъ образомъ ванна выключается изъ цѣпи. Черезъ опредѣленные промежутки времени аноды приходится мѣнять.

Металлическіе реостаты удобнѣе. Ихъ снабжаютъ иногда электромагнитомъ, который размыкаетъ токъ, когда сила его, вслѣдствіе случайной перегрузки двигателя, становится слишкомъ большой.

**571. Двигатели съ параллельнымъ возбужденіемъ.** Мы видѣли, что если черезъ машину съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ пропускаютъ токъ такого же направленія, какъ и токъ, производимый машиной когда она работаетъ какъ генераторъ, то направленіе вращенія машины будетъ обратное. Это измѣненіе направленія вращенія не происходитъ въ динамомашинѣ съ параллельнымъ возбужденіемъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ направленіе силового потока различно въ зависимости отъ того, производится-ли онъ токомъ отъ арматуры, или токомъ отъ посторонняго источника (§ 346). Для одной и той же силы тока въ арматурѣ, направленіе вращенія машины съ параллельнымъ возбужденіемъ будетъ одно и то же, не смотря на то, будетъ-ли она дѣйствовать какъ генераторъ или какъ двигатель. Только щетки, которые въ генераторѣ лежатъ впереди нейтральной линіи, въ двигательѣ будутъ лежать позади ея.

Съ точки зрѣнія измѣненій момента вращенія оба вида возбужденія значительно отличаются другъ отъ друга. Чтобы разсмотрѣть условія дѣйствія двигателя съ параллельнымъ возбужденіемъ, къ уравненіямъ

$$C = \frac{i n N}{2\pi}$$

$$e = n N \omega$$

$$i = \frac{E - e}{r},$$

гдѣ  $i$  и  $r$  суть сила тока и сопротивленіе обмотки, надо еще прибавить уравненіе

$$i_a = \frac{E}{d},$$

гдѣ  $i_a$  и  $d$  есть сила тока въ индукторахъ и сопротивленіе ихъ обмотки, причемъ это сопротивленіе гораздо больше  $r$ .

Если включить послѣдовательно въ цѣпь, питаемую токомъ постоянной силы, двигатель съ параллельнымъ возбужденіемъ, то сила отвѣтственнаго тока въ индукторахъ будетъ сначала очень мала, такъ что потокъ  $N$  и моментъ вращенія будутъ тоже незначительны. Но если оставить обмотку вращающагося, не нагружая ее, то развиваемая ею противная электродвижущая сила быстро увеличиваетъ разность потенциаловъ у зажимовъ. Сила тока въ индукторахъ, а слѣдовательно и моментъ вращенія при этомъ увеличиваются, и двигатель становится способнымъ преодолевать возрастающія сопротивленія. Если нормальная нагрузка должна быть уже приложена къ двигателю, когда онъ находится въ покоѣ, то послѣдовательно съ обмоткой включаютъ реостатъ, имѣющій цѣлью увеличить начальную силу возбуждающаго тока; реостатъ выключаютъ по мѣрѣ того, какъ скорость машины увеличивается.

Когда электродвигатель включенъ параллельно въ цѣпь, питаемую токомъ постоянного напряженія, то разность потенциаловъ  $E$  у зажимовъ машины остается постоянной, а слѣдовательно не мѣняется и сила тока  $i_a$ .

На этомъ основаніи моментъ вращенія будетъ наибольшимъ въ моментъ пуска двигателя и затѣмъ уменьшится по мѣрѣ увеличенія скорости. Уменьшеніе это во всякомъ случаѣ идетъ медленно, чѣмъ въ двигателѣ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ  $i$  и  $N$  уменьшаются одновременно, тогда какъ въ двигателѣ съ параллельнымъ возбужденіемъ, питаемомъ токомъ постоянного напряженія, величина потока мѣняется мало.

Послѣдовательно съ обмоткой надо включать реостатъ, который бы мѣшалъ образованію въ обмоткѣ тока слишкомъ большой силы, когда двигатель пускается въ ходъ при полной нагрузкѣ.

Изъ сказаннаго видно, что параллельное возбужденіе для двигателя, находящагося въ цѣпи питаемой токомъ постоянного напряженія, весьма пригодно въ томъ случаѣ, когда нагрузка мѣняется. При началѣ движенія моментъ вращенія въ двигателѣ великъ, затѣмъ какъ онъ, такъ и расходъ тока уменьшаются по мѣрѣ увеличенія скорости. Тутъ происходитъ совершенно противоположное происходящему въ водяныхъ и воздушныхъ двигателяхъ, гдѣ расходъ воды или воздуха возрастаетъ при увеличенія скорости, если только нѣтъ регулятора для уменьшенія ихъ доступа. Если по какой-нибудь причинѣ усиліе, прилагаемое къ двигателю, переменить знакъ, то машина станетъ генераторомъ и токъ отъ нея увеличить количество энергіи, доставляемое въ сѣть, такъ какъ направленіе тока въ индукторахъ не переменится.

Автоматическое регулированіе потребленія энергіи, производимое противодействующей электродвижущей силой, дѣлаетъ электродвигатели съ параллельнымъ возбужденіемъ особенно пригодными для нуждъ промышленности и для домашняго употребленія. Нѣтъ ни одного другаго прибора этого рода, который бы отличался большей простотой механизма и требовалъ бы меньше ухода.

На скорость двигателя съ параллельнымъ возбужденіемъ, у зажимовъ котораго поддерживается постоянная разность потенциаловъ, измѣненія нагрузки вліяютъ слабо. Дѣйствительно, такъ какъ противодействующая электродвижущая сила будетъ

$$e = n N \mathbf{N} = E - ir,$$

то число оборотовъ armатуры въ секунду будетъ:

$$N = \frac{E - ir}{n \mathbf{N}}.$$

Обѣ части написаннаго отношенія уменьшаются при увеличеніи силы тока въ armатурѣ, такъ какъ силовой потокъ уменьшается благодаря противному потоку, производимому armатурой. Слѣдовательно число оборотовъ въ секунду мало мѣняется въ зависимости отъ силы тока, которая приблизительно пропорціональна моменту вращенія.



Интересно сопоставить это свойство двигателя съ параллельнымъ возбужденіемъ со свойствомъ такой же машины, когда она служитъ генераторомъ: будучи вращаема съ постоянною скоростью, она даетъ у зажимовъ почти постоянную разность потенциаловъ.

И такъ, въ двигательъ съ параллельнымъ возбужденіемъ, у зажимовъ котораго поддерживается постоянная разность потенциаловъ, моментъ вращенія наибольшій при началѣ движенія и затѣмъ онъ уменьшается по мѣрѣ того; какъ развивается противоѣдствующая электродвижущая сила, уменьшающая токъ въ арматурѣ.

Разъ скорость режима достигнута, она въ предѣлахъ нагрузки машины мѣняется уже мало.

**572. Электродвигатели со смѣшаннымъ возбужденіемъ.** Если въ двигательъ съ параллельнымъ возбужденіемъ разность потенциаловъ у зажимовъ котораго поддерживается постоянной, уменьшеніе величины потока, вызываемое реакціей арматуры, слишкомъ мало для того, чтобы скорость ея оставалась постоянной, то этого результата можно достигъ, снабжая индукторы кромѣ параллельной обмотки еще обмоткой, включаемой въ цѣпь послѣдовательно съ арматурой. причемъ токъ въ этой обмоткѣ направляется такъ, чтобы онъ ослаблялъ возбужденіе, производимое первой обмоткой. Такимъ образомъ получаютъ дифференціальную индуктирующую систему и возбужденіе ослабляется по мѣрѣ усиленія тока.

При пусканіи двигателя въ ходъ слѣдуетъ въ этомъ случаѣ или выключить изъ цѣпи послѣдовательную обмотку, или, еще лучше, измѣнить въ этотъ моментъ направленіе тока въ этой обмоткѣ и дать току въ ней нормальное направленіе только тогда, когда двигатель достигнетъ нормальной скорости.

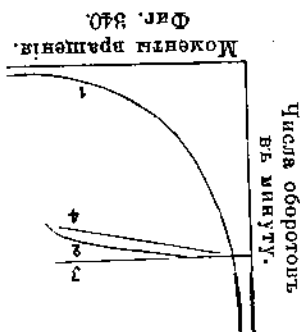
Эта система возбужденія непригодна въ тѣхъ случаяхъ, когда сопротивляющіяся усилія очень измѣнчивы, такъ какъ тогда токъ въ арматурѣ и послѣдовательной обмоткѣ индукторовъ можетъ достигъ такой силы, что намагничиваніе индукторовъ можетъ слѣдаться обратнымъ.

Иногда соединенія въ смѣшанной обмоткѣ устраиваются такіа, что дѣйствіе послѣдовательной обмотки прибавляется

къ дѣйствию параллельной, вмѣсто того, чтобы вычитаться изъ него, какъ это было сказано. Двигатель съ такой обмоткой имѣетъ нѣкоторыя свойства двигателя съ параллельной обмоткой и нѣкоторые—двигателя съ послѣдовательной. Такая смѣшанная обмотка особенно пригодна, когда источникъ электричества не въ состояніи поддерживать постоянную разность потенциаловъ при пускании двигателя. Въ этомъ случаѣ одной параллельной обмотки недостаточно, слѣдуетъ усилить на начальное возбужденіе, прибавивъ вспомогательную послѣдовательную обмотку.

**673. Механическія характеристики двигателя.** Свои свойства различныхъ типовъ обмотокъ могутъ быть ясно выставлены на видъ при помощи кривыхъ, абсциссы которыхъ представляютъ величину момента вращения, а ординаты—числа оборотовъ въ минуту.

Кривыя 1, 2, 3 и 4 (фиг. 340), вычерченныя такимъ обра-



зомъ, относятся соответственно къ двигателямъ съ возбужденіемъ послѣдовательнымъ, параллельнымъ, двойнымъ дифференціальнымъ и двойнымъ обыкновеннымъ, питаемымъ токомъ постоянного напряженія.

Кривая 1 показываетъ, что скорость двигателя съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ сильно мѣняется въ зависимости отъ нагрузки. Эта система особенно пригодна для случаевъ, гдѣ усиленіе при началѣ работы велико. Нѣкоторые двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ могутъ давать начальный моментъ вращения въ десять разъ больше нормальнаго, причемъ токъ не превышаетъ проводниковъ.

Но когда нагрузка уменьшается, скорость двигателя значительно увеличивается и достигает иногда предѣловъ, при которыхъ двигатель можетъ испортиться. Въ подобныхъ случаяхъ предпочитаютъ прибѣгать къ двигателямъ съ параллельнымъ возбужденіемъ, которые, какъ показывается кривая 2, обладаютъ ровностью хода, часто достаточной для практики. Когда источникъ электричества не можетъ поддерживать постояннымъ начальное напряженіе, слѣдуетъ употреблять двигатели съ двойной обыкновенной обмоткой, т. е. отдѣльныя части которой помогаютъ другъ другу (кривая 4). Если, наконецъ, скорость должна оставаться строго постоянной, то рѣшеніе вопроса даетъ двойная дифференціальная обмотка (кривая 3).

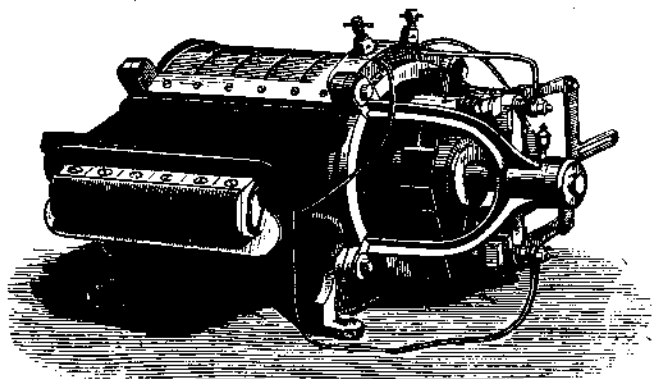
Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что, не прибѣгая къ помощи механическихъ регуляторовъ, необходимыхъ для паровыхъ и водяныхъ двигателей, можно только устраивая соотвѣтствующимъ образомъ обмотку электрическихъ двигателей удовлетворить самымъ разнообразнымъ условіямъ. Поэтому эти двигатели и отличаются простотой частей.

**574. Системы, употребляемыя для уменьшенія работоспособности двигателей и измѣненія направленія ихъ вращенія.** Когда требуется измѣнять работоспособность и направленіе вращенія двигателя, то приходится снабжать его особыми приспособленіями. Когда онъ питается токомъ постоянного напряженія, то самое употребительное средство уменьшенія работоспособности состоитъ въ томъ, что послѣдовательно съ двигателемъ въ цѣпь включают реостатъ, позволяющій мѣнять разность потенціаловъ у зажимовъ машины.

Для измѣненія направленія вращенія двигателя необходимо измѣнить направленіе тока или въ одной обмоткѣ, или въ обмоткахъ индукторахъ. Если измѣнить направленіе тока въ обмоткахъ этихъ частей, то взаимодѣйствіе тока и магнитнаго потока остались бы прежнія. Это замѣчаніе влечетъ за собою предположеніе о возможности питать двигатель съ последовательнымъ возбужденіемъ и переменными токами, но исполненію этой идеи, какъ мы увидимъ, мѣшаютъ нѣкоторыя трудности.

Когда желаютъ имѣть возможность измѣнять направленіе вращенія двигателя, то его надо снабжать приспособленіемъ для соотвѣтствующаго измѣненія положенія и наклона щетокъ.

Двигатель Рекензауна (фиг. 341) для измѣненія направленія вращенія снабженъ двумя парами щетокъ. Двѣ щетки, которыя видны на рисункѣ передъ коллекторомъ и которыя елужатъ поочередно, точно такъ же какъ и двѣ другія щетки на обратной сторонѣ коллектора, прикрѣплены къ коромысламъ, составляющимъ часть шарнирнаго параллелограмма. Перемѣщая рычагъ, изображенный на правой сторонѣ рисунка,



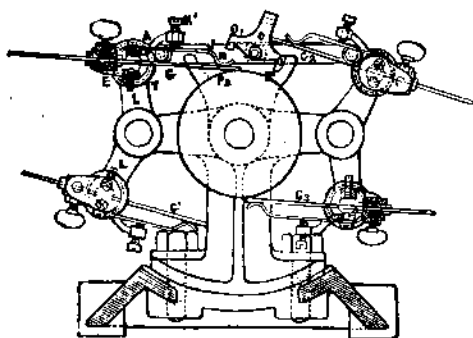
Фиг. 341.

наклоняютъ коромысла въ ту же сторону и приводятъ, по желанію, въ соприкосновеніе съ коллекторомъ ту или другую пару щетокъ.

Подобнаго же рода приспособленіе употребляетъ для своихъ двигателей Иммишъ (фиг. 342). Щетки  $G$ , вращающіяся на шарнирахъ  $E$ , прижимаются къ коллектору пружинами  $J$ . Обѣ пары щетокъ  $GG_1$  и  $G_2G_3$ , соотвѣтствующія двумъ полюсамъ прикрѣплены къ коромысламъ  $L$ . Эти коромысла могутъ наклоняться въ ту или другую сторону при помощи рычага  $N$  съ рукояткой  $O$ , движеніе котораго ограничивается рогаткой  $P_1P_2$ . Смотри по тому, наклонена-ли ручка вправо или влево, въ соприкосновеніе съ коллекторомъ приходитъ или пара щетокъ  $G_1G_2$  или пара  $GG_3$ .

Въ настоящее время устриваютъ электродвигатели, въ которыхъ

реакція арматуры очень слаба. Уголъ поворота щетокъ при этомъ очень малъ и щетки можно, если не обращать вниманія на искры, помѣщать по линіи симметріи относительно полюсовъ. Въ этомъ случаѣ употребляютъ массивныя трущіяся части, которыя сохраняли бы свое положеніе независимо отъ направленія и скорости вращенія. Эта система часто примѣняется для двигателей трамваевъ, черезъ которые пропускаютъ токъ



Фиг. 342.

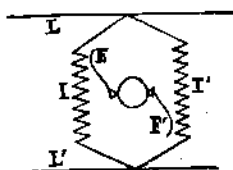
постоянно мѣняющейся силы и въ которыхъ невозможно постоянно мѣнять положеніе щетокъ. Искры въ этомъ случаѣ являются почти неизбѣжнымъ зломъ, если только не примѣнить, какого-нибудь приспособленія, дѣлающаго уголъ поворота постояннымъ.

Э. Томсонъ съ успѣхомъ примѣняетъ вмѣсто массивныхъ щетокъ куски твердаго угольнаго аггломерата. Вслѣдствіе большого сопротивленія контакта, представляемаго этимъ тѣломъ, токъ въ секціяхъ, проходящихъ подъ щетками, ослабляется.

Чтобы измѣнить направленіе вращенія, измѣняютъ при помощи коммутатора направленіе тока въ индукторахъ или въ арматурѣ, послѣ того, какъ его силу, во избѣжаніе появленія у щетокъ сильныхъ искръ экстратока, уменьшаютъ до минимума.

Сирэгъ употребляетъ для измѣренія направленія вращенія и измѣненія работоспособности двигателя слѣдующую систему. Индукторы состоятъ изъ двухъ отдѣльныхъ цѣпей, по-

мѣщенныхъ въ отвѣтвленіи относительно распредѣлительныхъ проводовъ (фиг. 343). Арматуру можно присоединять къ этимъ цѣпямъ въ различныхъ точкахъ, подобно тому, какъ это дѣлается съ гальванометромъ въ мостикѣ Витстона. Когда точки соединенія помѣщаются посерединѣ, сила тока въ катушкѣ равняется нулю и двигатель не развиваетъ никакого усилія. Если одну изъ точекъ соединенія перемѣщать къ точкѣ входа



Фиг. 343.

тока, а другую къ точкѣ выхода, то двигатель начинаетъ вращаться съ возрастающею скоростью. Если контакты скользятъ въ противоположныхъ направленіяхъ, двигатель начинаетъ вращаться въ обратную сторону. Такимъ образомъ можно управлять двигателемъ очень просто, не рискуя вызвать появленіе на щеткахъ опасныхъ искръ. Описанное устройство приспособлено къ параллельному включенію приемниковъ въ распредѣлительную цѣпь.

## ПОСТРОЙКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННАГО ТОКА.

**575. Проектированіе электрическаго двигателя.** Проектированіе электрическаго двигателя вообще сводится къ проектированію динамомашины. Тѣмъ не менѣе, есть и нѣкоторыя отличія, зависящія отъ цѣлей, для которыхъ двигатель употребляется. Тогда какъ въ динамомашинахъ вѣсь ихъ имѣетъ значеніе только по столько, по сколько онъ вліяетъ на ихъ цѣну, въ двигателяхъ часто небольшой вѣсь является необходимымъ условіемъ; это влечетъ за собой употребленіе для приготовленія индукторовъ мягкаго желѣза или стали. Когда приходится помѣщать электродвигатель въ небольшихъ

пространствахъ, напримѣръ въ промежуткѣ между поверхностью земли и поломъ вагона трамвая, то часто необходимо дѣлать ихъ насколько возможно меньшихъ размѣровъ.

Такъ какъ арматура составляетъ самую дорогую часть машины, то обыкновенно стараются облегчить ее, уменьшая размѣры. Но такъ какъ отдача двигателя пропорціональна развиваемой имъ обратной электродвижущей силѣ, а слѣдовательно и линейной скорости проволоки арматуры, то не слѣдуетъ слишкомъ уменьшать диаметръ этой послѣдней, иначе придется слишкомъ сильно увеличивать ея угловую скорость, что вызоветъ необходимость сложныхъ передачъ. Эти передачи нужны, чтобы уменьшить угловую скорость до предѣловъ, требуемыхъ для различныхъ приводимыхъ въ движеніе двигателями приборовъ.

Такъ какъ въ мастерскихъ обыкновенно валы вращаются со скоростью 200—300 оборотовъ въ минуту, то стараются, чтобы двигатели не дѣлали болѣе 1000 оборотовъ, такъ какъ при этомъ валы можно соединять съ двигателями непосредственно ремнемъ. Въ случаяхъ, когда употребляютъ многополюсные двигатели съ арматурами большаго діаметра, возможно непосредственно соединять оси этихъ двигателей съ инструментами. Но многополюсные двигатели малой работоспособности стоятъ дороже, чѣмъ двухполюсные, что и ограничиваетъ примѣненія первыхъ.

Начальные условія проекта двигателя суть: нормальная и наибольшая работоспособность двигателя, нормальная скорость арматуры и скорость передаточныхъ валовъ.

Надо знать также, предназначается-ли двигатель къ непрерывной работѣ или къ работѣ съ перерывами, чтобы имѣть возможность опредѣлить предѣлы силы тока, допустимые безъ излишняго нагрѣванія.

Зная количество энергіи въ ваттахъ  $P$ , которое должно быть на оси двигателя, помощью сравненія съ существующими двигателями выводятъ потерю  $p$  на механическія и магнитныя тренія, а также и на паразитные токи въ арматурѣ. Называя черезъ  $e$  обратную электродвижущую силу и черезъ  $i$ —силу тока, получимъ

$$ei = P + p.$$

Величина  $e$  опредѣляется напряженіемъ тока, питающаго двигатель. Слѣдовательно сила тока будетъ

$$i = \frac{P + p}{e}.$$

И такъ, задача сводится къ постройкѣ динамомашинны, могущей развить при данной скорости электродвижущую силу  $e$  и токъ силы  $i$ .

Въ извѣстныхъ случаяхъ важно, чтобы двигатель въ тотъ моментъ, когда онъ приходитъ въ движеніе, могъ развить значительное усиліе. Пусть  $I$  будетъ наибольшая сила тока, которую машина можетъ выдержать въ продолженіи нѣсколькихъ мгновеній, тогда наибольшій начальный моментъ вращенія будетъ:

$$C = \frac{n N I}{2 \pi}.$$

Опредѣляя діаметръ проволоки для арматуры, необходимо принять во вниманіе величину  $I$ .

## ТРАНСФОРМАТОРЫ ПОСТОЯННАГО ТОКА.

**576. Различныя системы.** Электрическій двигатель, будучи соединенъ съ динамомашинной, можетъ быть примѣненъ для превращенія электрической энергіи, доставляемой въ видѣ постоянного тока высокаго напряженія, въ энергію въ видѣ тока, напряженіе котораго уменьшено до предѣловъ, допустимыхъ въ частныхъ жилищахъ. Для этой цѣли первый токъ питаетъ двигатель, а этотъ послѣдній вращаетъ динамомашину, арматура которой развиваетъ допустимую разность потенциаловъ.

Лорансъ, Парисъ и Скоттъ соединили эти два прибора въ одинъ. Въ арматурѣ типа Пачинотти секціи поочереди сдѣланы изъ тонкой и толстой проволоки. Эти двѣ обмотки соединены каждая съ особымъ коллекторомъ, помѣщенными одинъ съ одного, другой съ другаго конца арматуры. Обмотка изъ тонкой проволоки соединена послѣдовательно съ индукторами и черезъ нее проходитъ токъ высокаго напряженія, тогда какъ въ обмоткѣ изъ толстой проволоки развивается токъ



большой силы, необходимый для питания лампъ и другихъ приемниковъ, помещающихся у абонентовъ. Это соединеніе двухъ приборовъ въ одинъ имѣетъ двойное преимущество: оно уменьшаетъ затрату на возбужденіе, благодаря употребленію общихъ индукторовъ, и оно почти что уничтожаетъ смѣщеніе щетокъ, такъ какъ реакціи обѣихъ обмотокъ на магнитное поле обратны. Слѣдовательно приборъ можетъ работать безъ особаго надзора, такъ какъ во время работы мѣнять положенія щетокъ не приходится. Но зато описанная система имѣетъ одинъ громадный недостатокъ, именно въ арматурѣ помещаются рядомъ двѣ цѣпи весьма различнаго напряженія, между которыми можетъ легко образоваться контактъ. Опасность здѣсь гораздо большая, чѣмъ въ трансформаторахъ переменнаго тока, вслѣдствіе вращенія арматуры и экстраторковъ, которые вызываются быстрой переменной нагрузкой. По этой причинѣ лучше, кажется, вполне отдѣлять двигатель отъ генератора и употреблять двѣ отдѣльныя машины, оси которыхъ соединяются изолирующей муфтой.

Мы видѣли, что Э. Томсонъ и Сименсъ употребляютъ двигатели-генераторы для регулированія напряженія при многопроводныхъ системахъ распредѣленія. Въ этихъ случаяхъ обмотки арматуры одинаковы и, такъ какъ напряженіе въ нихъ слабо, то названная выше опасность здѣсь не существуетъ.

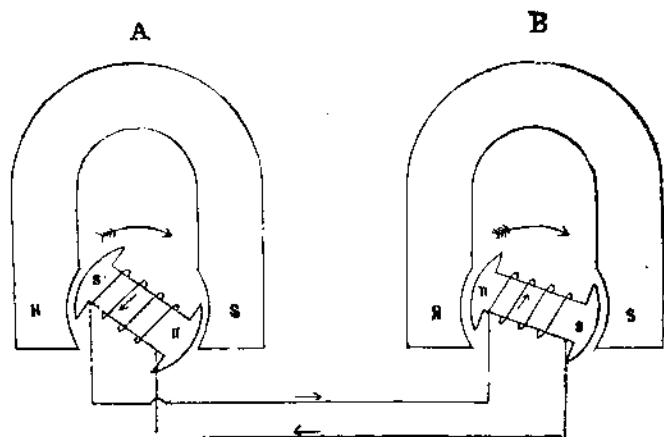
## ОДНОФАЗНЫЕ СИНХРОНИЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

**577. Общія свѣдѣнія.** Изобрѣтеніе двигателей переменнаго тока сдѣлано сравнительно недавно. Они представляютъ особенно большой интересъ вслѣдствіе современнаго развитія способа распредѣленія электрической энергіи при помощи трансформаторовъ.

Устройство двигателей переменнаго тока основывается на различныхъ принципахъ и ихъ можно раздѣлить на двигатели однофазные и многофазные, причемъ въ обоихъ классахъ есть двигатели синхроничные и асинхронные.

Первые по принципу не отличаются отъ альтернаторовъ индукторы которыхъ питаются постояннымъ токомъ.

Альтернаторы, какъ и динамомашинны постояннаго тока, обратимы, но, подобно тому какъ генераторы переменнаго тока поглощаютъ во время каждаго оборота измѣняющіеся количества энергіи (§ 438), двигатели переменнаго тока, питаемые токомъ съ соотвѣтственной продолжительностью періода, развиваютъ моментъ вращенія, величина котораго мѣняется періодически, что вызываетъ образованіе при каждомъ оборотѣ цѣлаго ряда мертвыхъ точекъ. Это обстоятельство требуетъ, чтобы альтернаторы, дѣйствующие какъ двигатели (по крайней мѣрѣ извѣстныхъ до настоящаго времени типовъ) пускались въ ходъ безъ нагрузки и кромѣ того чтобы двигателямъ извѣстной работоспособности сообщалось нѣкоторое начальное движеніе, какъ это дѣлаютъ съ газовыми двигателями.



Фиг. 344.

Предположимъ, что токъ, доставляемый магнитоэлектрической машиной Сименса (§ 315) А (фиг. 344), посылается въ подобную же машину В, черезъ посредство коллектора изъ колецъ, не изображеннаго на рисункѣ. Подъ дѣйствіемъ тока, направленіе котораго указано стрѣлками, въ арматурѣ В образуются полюсы, которые стремятся перемѣщать арматуру такъ, чтобы въ ней образовалась электродвижущая сила, противоположная силѣ производимой машиной А.

Чтобы арматура В начала вращаться, необходимо, чтобы она не находилась въ одной изъ мертвыхъ точекъ, что слу-

чится, когда индукированные полюсы будутъ лежать прямо противъ полюсовъ индукирующихъ. Кромѣ того, тренія арматуры и ея инерція должны быть настолько невелики, чтобы она получила такую же угловую скорость, какъ и арматура генератора.

Эти условія можно сравнить съ условіями дѣйствія одноцилиндровой паровой машины, парораспределение въ которой производилось бы отдѣльной машиной. Поршень поддавался бы дѣйствию упругой силы пара только тогда, когда онъ не находился бы въ положеніи, соотвѣтствующемъ мертвымъ точкамъ и когда инерція и треніе движущихся частей были бы достаточно малы для того, чтобы поршень съ мѣста могъ бы слѣдовать за періодическими движеніями распределительныхъ частей.

Обстоятельство, благоприятствующее началу движенія электродвигателя, состоитъ въ отсутствіи въ началѣ электродвижущей силы, что позволяетъ начальному току достигъ значительной силы. Такъ какъ моментъ вращенія пропорціоналенъ произведенію величины потока въ арматурѣ на силу тока, проходящаго по ея обмоткѣ, то, благодаря сказанному обстоятельству, при началѣ движенія въ двигателѣ образуется значительное усиліе.

Вслѣдствіе существованія разности фазъ между электродвижущей силой въ А и силой тока въ ней, положенія, занимаемыя одновременно арматурами А и В, отличаются на нѣкоторый уголъ, такъ какъ положеніе второй зависитъ отъ фазъ тока, опредѣляющаго величину момента вращенія. Моментъ этотъ, такъ сказать, пульсирующий и двигатель достигаетъ равномернаго вращенія только благодаря инерціи вращающихся массъ. Періодъ пульсацій можно уменьшать, употребляя многополюсные индукторы и арматуры.

Количество энергіи, которое можетъ дать двигатель, зависитъ отъ количества энергіи  $EI \cos \varphi$  (§ 182), которое онъ поглощаетъ. Слѣдуетъ насколько возможно уменьшить постоянную времени двигателя, чтобы уголъ между фазами былъ невеликъ, иначе придется употреблять приборы очень большихъ размѣровъ и, главное, очень дорогіе сравнительно съ ихъ полезной работоспособностью.

Разъ арматура начала вращаться, двигатель можно нагрузить до нормальныхъ предѣловъ. Всякая перегрузка, хотя бы длившаяся одинъ моментъ, вызываетъ внезапное замедленіе и слѣдовательно уменьшеніе противодѣйствующей электродвижущей силы, отчего сила тока и вращающее усиліе увеличатся. Когда пара сопротивленія перейдетъ извѣстные предѣлы, согласіе фазъ въ машинахъ нарушается и, такъ какъ взаимодѣйствія между арматурой и индуктирующимъ полемъ больше не будутъ содѣйствовать движенію арматуры, то двигатель остановится.

Если двигатель идетъ безъ нагрузки, то онъ поглощаетъ ровно то количество энергіи, которое нужно для преодоленія пассивныхъ сопротивленій. Когда, по какой-либо причинѣ, машина подвергается дѣйствію усилія, стремящагося ускорить ея движеніе, то она становится сейчасъ же генераторомъ и, въ случаѣ распределенія энергіи въ сѣти пріемниковъ, соединенныхъ параллельно, усиливаетъ токъ въ этой сѣти. Синхроничные двигатели по своему существу имѣютъ преимущество регулировать самостоятельно скорость своего вращенія.

Отдать себѣ отчетъ въ условіяхъ работы синхроничныхъ двигателей мы можемъ, вернувшись къ соображеніямъ, высказаннымъ при изученіи вопроса о послѣдовательномъ соединеніи альтернаторовъ. Мы видѣли тогда, что два альтернатора, соединенныхъ послѣдовательно, стремятся прійти въ такое состояніе движенія, чтобы ихъ фазы стали противоположны, причемъ отстающій альтернаторъ играетъ роль двигателя.

Назовемъ черезъ  $E_1$  наибольшую электродвижущую силу альтернатора и предположимъ, что фаза двигателя отстаетъ отъ фазы альтернатора на уголъ  $\pi - 2\alpha$ . Электродвижущая сила перваго выразится въ нѣкоторый моментъ формулой  $E_1 \sin(\omega t + \alpha)$  противная же электродвижущая сила двигателя, наибольшая величина которой есть  $E_2$ , формулой  $-E_2 \sin(\omega t - \alpha)$ .

Какъ мы видѣли въ § 441, количество энергіи, которое получаетъ двигатель, будетъ, если назвать черезъ  $r$  сопротивление дѣи,  $L$  ея самоиндукцію, предполагаемую постоянной, и придать  $E_1$  и  $E_2$  противоположные знаки

$$P_2 = \frac{1}{2} \frac{E_1 E_2}{r^2 + a^2 l^2} \left( r \cos(\alpha - \beta) + a L \sin(\alpha - \beta) \right), \quad (1)$$

гдѣ

$$E_0^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos\alpha$$

и

$$\tan\beta = -\frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} \tan\alpha.$$

Это послѣднее уравненіе приводитъ къ двумъ слѣдующимъ

$$\sin\beta = -\frac{E_1 + E_2}{E_0} \sin\alpha$$

$$\cos\beta = \frac{E_1 + E_2}{E_0} \cos\alpha$$

подставляя эти величины въ уравненіе (1), получимъ:

$$P_2 = \frac{1}{2r^2 + a^2L^2} (E_1(r\cos 2\alpha + aL\sin 2\alpha) - E_2r) \quad (2).$$

Уголъ фазъ  $2\alpha$  не можетъ превзойти четверти періода, соответствующаго углу  $\pi$ , но этотъ уголъ можетъ стать, вслѣдствіе инерціи двигателя, положительнымъ или отрицательнымъ, когда мѣняется нагрузка двигателя. Выраженіе (2) показываетъ, что работа, поглощаемая двигателемъ, меньше, когда уголъ  $2\alpha$  отрицательный, чѣмъ когда онъ положительный. Слѣдовательно двигатель будетъ стремиться отстать, если онъ упреждаетъ альтернаторъ, и вращаться быстрее, если онъ отстаетъ, такъ, чтобы уголъ фазъ стремился бы къ нулю. Пока величина  $2\alpha$  близка къ нулю,  $P_2$  будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше двигатель упреждаетъ генераторъ и тѣмъ больше, чѣмъ больше отставаніе. Слѣдовательно всякое отступленіе отъ противоположности фазъ генератора и двигателя будетъ исправляться причиной, которая сама возрастаетъ съ увеличеніемъ отступленія.

Краткое ознакомленіе съ синхроническими двигателями уже позволяетъ замѣтить главные недостатки этого рода двигателей.

1. Индукторы не могутъ быть питаемы тѣмъ же токомъ, что и арматура, такъ какъ этотъ токъ переменный. Этотъ недостатокъ устраняется употребленіемъ выпрямителя, подобнаго выпрямителю альтернатора Ганца и К<sup>о</sup> (§ 431).

Замѣтимъ, что направленіе вращенія двигателя зависитъ только отъ сообщаемого ему начальнаго импульса, такъ какъ

взаимодѣйствія между арматурой и магнитнымъ полемъ могутъ происходить въ обоихъ направленіяхъ. Но, такъ какъ вообще движеніе альтернатора связано съ полученіемъ тока для возбужденія, то надо обращать вниманіе на положеніе щетокъ, служащихъ для собиранія этого тока.

2. Машина, подобно газовымъ двигателямъ, должна приводиться въ движеніе безъ нагрузки руками или какимъ-нибудь другимъ способомъ до тѣхъ поръ, пока ея фазы не станутъ синхронны съ фазами тока. Небольшіе двигатели, въ которыхъ движущіяся массы легки, приходятъ въ движеніе сами по себѣ, если только положеніе этихъ массъ не соотвѣтствуетъ мертвымъ точкамъ.

3. Пара сопротивленія не можетъ превосходить извѣстныхъ предѣловъ и нагружать двигатель слѣдуетъ осторожно, такъ какъ замедленіе машины раастраииваетъ совпаденіе фазъ и причиняетъ остановку машины. Такъ какъ при остановкѣ обратная электродвижущая сила равняется нулю, то токъ можетъ усиливаться до опасныхъ для цѣлости машины предѣловъ. Вотъ почему полезно соединять эти двигатели съ приводимыми ими въ движеніе приборами посредствомъ особаго рода соединеній, которыя бы разъединяли двигатель съ приборами, когда нагрузка дѣлается слишкомъ велика. Тогда машины продолжали бы вращаться синхронно съ питающими ихъ альтернаторами.

**578. Графическое изученіе синхронныхъ двигателей.** Чтобы познакомиться съ условіями дѣйствія альтернатора, у зажимовъ котораго поддерживается постоянная дѣйствующая разность потенциаловъ, мы употребимъ графическій методъ, примѣненный Блэкслеемъ \*), который есть въ сущности развитіе метода, изложеннаго въ § 181.

Если пара силъ, препятствующая движенію альтернатора, не слишкомъ велика, то онъ принимаетъ угловую скорость, при которой въ немъ развивается электродвижущая сила съ

---

\*) Blakesley, *Alternating Currents of Electricity*, London, 1889 (имѣется русскій переводъ подъ ред. В. К. Лебединскаго). Fleming, *The Alternating current Transformer*, London, 1889.

такимъ же періодомъ, какъ приложенная къ нему разность потенциаловъ.

Изобразимъ наибольшую величину этой послѣдней черезъ АВ (фиг. 345), а наибольшую величину электродвижущей силы черезъ АС. Тогда уголъ ВАС изобразить разность фазъ между этими величинами. Если допустить, что обѣ прямыя вращаются вокругъ точки А по направленію, обратному движенію часовой стрѣлки, то ихъ проэкціи на произвольно выбранное направленіе представлять въ любой моментъ величины электродвижущихъ силъ, дѣйствующихъ въ этотъ моментъ въ альтернаторѣ. Равнодѣйствующая электродвижущая сила будетъ алгебраической суммой этихъ проэкцій. Въ случаѣ, представленномъ на чертежѣ, получающаяся электродвижущая сила по большей части будетъ равняться разности составляющихъ, такъ какъ составляющія имѣютъ обратныя



Фиг. 345.

направленія. Не трудно видѣть, что эта разность будетъ въ каждый моментъ равна проэкціи діагонали параллелограмма, двумя смежными сторонами котораго будутъ АВ и АС, проходящей черезъ точку А. Отсюда мы можемъ заключить, что эта діагональ изображаетъ наибольшую величину получающейся электродвижущей силы. Эта сила можетъ быть изображена также по величинѣ и по направленію прямой DB, если взять  $DA=AC$ . Отсюда видно, что если даны величины и направленія наибольшихъ электродвижущихъ силъ, дѣйствующихъ въ цѣпи, то наибольшую величину и направленіе равнодѣйствующей электродвижущей силы получаютъ по тому же способу, который употребляется для сложения различныхъ направленныхъ силъ. Равнодѣйствующая электродвижущая сила DB, чтобы дать дѣйствующую электродвижущую силу, фаза

которой совпадаетъ съ фазами тока, должна быть въ свою очередь сложена съ электродвижущей силой самоиндукціи въ альтернаторѣ (§ 181).

Назовемъ черезъ  $L$  коэффициентъ самоиндукціи машины, который мы предположимъ постояннымъ, черезъ  $r$  ея сопротивление черезъ  $T$  — періодъ тока. Тангенсъ угла отставанія  $\varphi$  дѣйствующей электродвижущей силы относительно  $DB$  равняется  $\frac{2\pi L}{T r}$ . Пусть этотъ уголъ будетъ  $DBG$ . Опустимъ перпендикуляры  $DF$  и  $AG$ . Длина  $FD$  изобразить электродвижущую силу самоиндукціи, а длина  $FB$  дѣйствующую электродвижущую силу, фазы которой совпадаютъ съ фазами силы тока и которая равна этой силѣ, умноженной на сопротивление  $r$ .

Примемъ теперь  $BG$  за направленіе въ пространствѣ, на которое проектируются электродвижущія силы при вращеніи вокругъ точки  $A$ , прямыхъ, ихъ изображающихъ. Въ разсматриваемомъ положеніи  $GB$  есть разность потенциаловъ, дѣйствующая въ этотъ моментъ, а  $FG$  — обратная электродвижущая сила.

Количества энергіи, производимыя этими различными силами, изображаются очень просто. Если обозначить черезъ  $E$  наибольшую величину равнодѣйствующей электродвижущей силы, черезъ  $I$  — наибольшую силу тока, то среднее количество энергіи выразится произведеніемъ

$$P = \frac{EI}{2} \cos \varphi.$$

Но

$$E = DB, \quad I = \frac{FB}{r}; \quad \cos \varphi = \frac{FB}{DB};$$

откуда

$$P = \frac{FB}{2r} \times FB.$$

Это количество энергіи превращается въ тепло въ цѣпи альтернатора.

Точно такъ же количество энергіи  $P'$ , производимое дѣйствующею разностью потенциаловъ  $AB$ , получается отъ умно-



женія половины наибольшей силы тока  $\frac{FD}{2r}$  на проекцію GB, т. е.

$$P' = \frac{FB}{2r} \times GB,$$

такъ какъ уголъ GBA есть уголъ, на который фазы силы тока отстаютъ отъ фазъ дѣйствующей разности потенциаловъ.

Надо замѣтить, что это выраженіе не зависитъ отъ направленія оси, на которую проектируются различные векторы.

Дѣйствительно, въ геометріи доказывается, что средняя величина изъ произведеній проекцій на какую-нибудь ось двухъ прямыхъ  $a$  и  $b$ , уголъ между которыми равенъ  $\alpha$ , равняется  $\frac{a b}{2} \cos \alpha$ .

Количество энергіи, производимое обратной электродвижущей силой, будетъ:

$$P'' = \frac{FB}{2r} \times FG.$$

Это и есть двигательная энергія альтернатора.

Количество затраченной энергіи  $P'$  очевидно равно суммѣ, получаемой отъ альтернатора энергіи  $P''$  и энергіи  $P$ , превращенной въ тепло.

Электрическая отдача альтернатора выразится:

$$\eta = \frac{P''}{P'} = \frac{FG}{GB}.$$

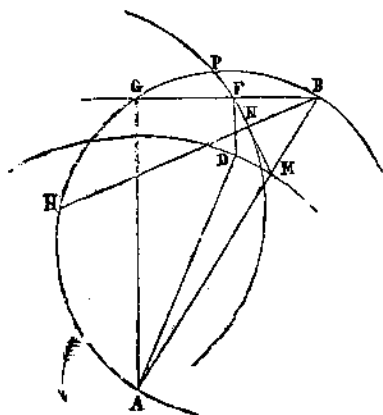
Изъ чертежа легко видѣть, что при увеличеніи электродвижущей силы самоиндукціи FD, уголъ FBD возрастаетъ до такой величины, для которой направленіе AG совпадаетъ съ направленіемъ AD. Въ этомъ случаѣ работа, которую можетъ произвести альтернаторъ, будетъ равна нулю.

До сихъ поръ мы предполагали, что электродвигатель вращается синхронно, причемъ уголъ между фазами обратной электродвижущей силы и дѣйствующей электродвижущей силы будетъ ВАС. Интересно найти условія динамическаго равновѣсія и для этого узнать, что произойдетъ, если быстро измѣнить сопротивляющееся усиліе, что вызоветъ мгновенное замедленіе или ускореніе хода электродвигателя. Мы предположимъ, что онъ продолжаетъ вращаться синхронно и что,

слѣдовательно, обратная электродвижущая сила, такъ же какъ и дѣйствующая разность потенциаловъ не измѣняются. Это сводится къ допущенію, въ случаѣ перегрузки, мгновенной остановки двигателя, послѣ чего онъ продолжаетъ идти нормально.

Если уголъ  $BAC$  между фазами мѣняется, то точка  $C$  будетъ двигаться по окружности, описанной изъ центра  $A$ . Такъ какъ уголъ  $DFB = \varphi$  не мѣняется, то точка  $F$  будетъ перемѣщаться по кривой, для которой отношеніе  $FB$  къ  $DB$  было бы постоянно и равно  $\cos \varphi$ .

Чтобы найти геометрическое мѣсто точекъ  $F$ , изъ  $B$  проводятъ прямую  $BH$  (фиг. 346) такъ, чтобы уголъ  $ABH$  былъ



Фиг. 346.

равенъ  $\varphi$ , и на діаметрѣ  $AB$  строятъ окружность. Изъ точки  $M$  опускаютъ перпендикуляръ  $MN$  на  $BH$ . Затѣмъ изъ  $N$ , какъ центра, описываютъ окружность радіуса  $HN$ , которая и будетъ искомымъ геометрическимъ мѣстомъ.

Дѣйствительно мы будемъ имѣть

$$\frac{DB}{FB} = \frac{BM}{BN} = \frac{MA}{NH} = \frac{1}{\cos \varphi}.$$

Посмотримъ, что случится, если уголъ между фазами  $BAC$  измѣнится, напримѣръ, вслѣдствіе мгновеннаго увеличенія сопротивляющейся пары, что вызываетъ легкое запаздываніе  $AC$ , т. е. уменьшеніе  $BAD$ .

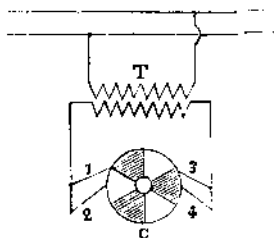
Точка D, такъ же какъ и точка F, подвигается вправо. Вслѣдствіе этого GB и FG увеличиваются и, такъ какъ длины эти соотвѣтственно пропорціональны количеству затраченной энергіи и количеству энергіи полученному обратно, то видно, что первая стремится измѣниться такъ, чтобы возстановить первоначальный уголъ между фазами.

Если наоборотъ, двигатель ускорить движеніе вслѣдствіе мгновеннаго уменьшенія нагрузки, то уголъ BAD увеличится, GB и FG уменьшаются и затрачиваемое количество энергіи уменьшается такъ, чтобы скорость вращенія двигателя стала нормальной.

Мы видимъ, что въ обоихъ случаяхъ количество энергіи, получаемое отъ источника электричества, мѣняется такъ, чтобы возстановить синхронизмъ двигателя. Разсматриваемый уголъ между фазами BAC соотвѣтствуетъ слѣдовательно положенію устойчиваго равновѣсія, какъ и всѣ подобнаго рода углы, для которыхъ точка F не лежитъ дальше точки пересѣченія P, такъ какъ для этой точки количество производимой двигателемъ работы равно нулю. Подобнымъ же образомъ можно найти рядъ положеній точки D, по правую сторону отъ AB, для которыхъ динамическое равновѣсіе будетъ устойчиво.

**579. Двигатель Ганца.** Двигатель Ганца по принципу не отличается отъ альтернатора того же конструктора (§ 431), Это машина переменнаго тока, индукторы которой возбуждаются выпрямленными токами, напряженіе которыхъ предварительно понижено посредствомъ трансформаторовъ до требуемой степени. На фиг. 347 представлена схема соединеній линій и индукторовъ. Какъ мы видѣли въ § 431, четныя пластины коммутатора соединены съ однимъ концомъ индуктирующей цѣпи, а другой же ея конецъ соединенъ съ нечетными пластинами. При нормальномъ ходѣ вторичная цѣпь трансформатора T соединена съ двумя парами щетокъ 1, 2, 3 и 4, причемъ одна изъ щетокъ каждой пары отстоитъ отъ другой на  $\frac{1}{2}$ , или  $\frac{1}{4}$  ширины пластинки коллектора. Такимъ образомъ индукторы замыкаются сами на себя въ моментъ, когда происходитъ измѣненіе направленія тока, чѣмъ избѣ-

гается образование искръ экстратока, которыя могли бы достигать очень значительныхъ размѣровъ, если бы съ каждой стороны была только одна щетка. Но подобное приспособленіе не годится при пусканіи двигателя въ ходъ, такъ какъ индукторы не возбуждались бы достаточно сильно, чтобы произвести начальный моментъ вращенія, могущій вызвать синхроничное вращеніе. Вслѣдствіе этого двигатели снабжаются особаго рода механизмомъ, позволяющимъ, при пусканіи въ ходъ двигателя, приподнимать одну изъ щетокъ каждой пары. Благодаря этому образуются на коллекторѣ пучки искръ, достигающихъ иногда въ большихъ двигателяхъ 5 сант. длины. Когда двигатель придетъ во вращеніе, опускаютъ вторую пару щетокъ и количество искръ уменьшается до минимума. Ганцъ устроилъ въ двигателяхъ особое приспособленіе, ко-



Фиг. 347.

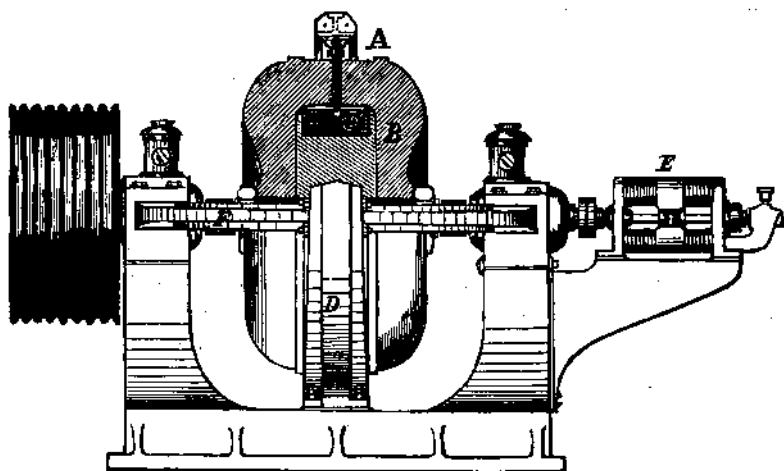
торое автоматически подымаетъ и опускаетъ щетки въ соответствующій моментъ. Для этой цѣли щетки соединены съ центробѣжнымъ регуляторомъ, помѣщеннымъ на оси, и прижимаются къ коллектору только тогда, когда шары регулятора достаточно раздвинутся.

Двигатели Ганца различной работоспособности были всесторонне испытаны комиссіей, учрежденной городомъ Франкфуртомъ. Двигатель въ 25 номинальныхъ силъ, при нагрузкахъ отъ 15 до 35 дѣйствительныхъ силъ, имѣлъ отдачу отъ 82% до 88%. Начальное движеніе сообщалось этому двигателю, еще не нагруженному, руками. Разъ скорость режима достигнута, на что требуется меньше одной минуты, можно сразу приложить усиліе, соответствующее 26 силамъ безъ опасенія остановить двигатель. Послѣ этого нагрузку можно увеличивать постепенно, пока двигатель не будетъ доставлять

количество энергии, соответствующее 40 силамъ, т. е. на 60% больше номинальной работоспособности. При пусканіи двигателя въ ходъ искры достигаютъ 5 сант. длины: Считаютъ, что дѣйствіе этихъ искръ на коллекторъ ничтожно, такъ какъ онъ теряетъ всякій разъ въ среднемъ только 17 миллиграммовъ мѣди.

Комиссія сравнивала эти двигатели съ двигателями постоянного тока той же работоспособности и нашла, что въ смыслѣ отдачи между ними нѣтъ замѣтной разницы, зато двигатели постоянного тока имѣютъ то преимущество, что они сами начинаютъ вращаться и что они могутъ выносить, не останавливаясь, очень большія кратковременныя перегрузки. Эти послѣднія качества особенно драгоценны въ двигателяхъ, предназначенныхъ для тяги трамваевъ.

**580. Системы Морди.** Морди рекомендуетъ возбуждать индукторы электродвигателя переменнаго тока посредствомъ



Фиг. 348.

машины постоянного тока, помѣщенной на оси этого электродвигателя (фиг. 348).

Во время нормальнаго хода динамомашина, дающая воз-

буждающій токъ, питая индукторы, одновременно заряжаютъ нѣсколько вторичныхъ элементовъ, которые въ моментъ пуска двигателя въ ходъ играютъ роль генератора, возбуждающаго его индукторы.

### ОДНОФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

**581. Двигатели съ пластинчатыми индукторами.** Мы уже имѣли случай замѣтить, что двигатель постоянного тока съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ сохраняетъ направленіе вращенія, если направленіе тока мѣняется одновременно въ обмоткѣ и въ индукторахъ. Слѣдовательно, въ принципѣ ничто не мѣшаетъ питать такой двигатель переменными токами особенно, если, какъ это дѣлается въ машинахъ Рехневскаго, индукторы, для избѣжанія токовъ Фуко, составлены изъ листового желѣза. Тѣмъ не менѣе, можно сейчасъ же найти нѣкоторыя возраженія противъ такого способа питанія. Значительная величина самоиндукціи такой системы сильно увеличиваетъ кажущееся сопротивленіе, встречаемое переменной электродвижущей силой, вслѣдствіе чего происходитъ замѣтное ослабленіе силы тока и значительная разность фазъ, которыя уменьшаютъ до минимума среднее количество энергіи, поглощаемое двигателемъ, а слѣдовательно и его работоспособность. Но что еще важнѣе, такъ это то, что періодическія измѣненія силы тока вызываютъ дѣйствія самоиндукціи, которыя необходимо должны причинять на коллекторѣ искры, весьма для него вредныя. Далѣе пластинчатость сердечниковъ индуктора не препятствуетъ большимъ потерямъ отъ гистерезиса. Эти возраженія падаютъ, когда дѣло идетъ о машинѣ безъ желѣзныхъ сердечниковъ, напримѣръ двигателѣ въ счетчикѣ Э. Томсона (§ 515). Замѣтимъ, что подобная система способна вращаться *съ любой скоростью* и можетъ подъ дѣйствіемъ тока приходить въ движеніе самостоятельно.

**582. Система Стэнли и Хелли.** Въ двигателяхъ съ пластинчатыми индукторами (§ 581), питаемыхъ переменными токами, нельзя примѣнять параллельнаго возбужденія, такъ какъ разность фазъ, которая произошла бы между индукти-

рующимъ и индуктируемымъ токами, вредила бы взаимодѣйствіямъ между этими токами, уменьшая моментъ вращенія.

Стэнли и Келли удалось однако устроить двигатель съ параллельнымъ возбужденіемъ, принимая слѣдующія предосторожности:

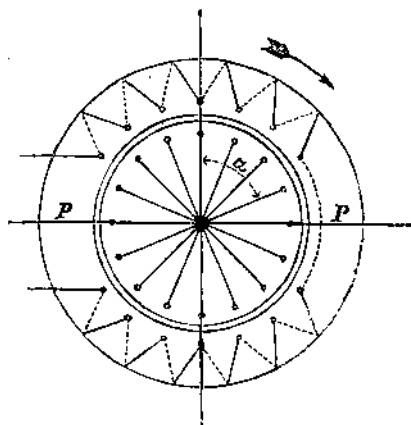
1. Число индуктирующихъ оборотовъ проволоки равняется только приблизительно  $\frac{1}{10}$  соответствующаго числа оборотовъ въ двигателѣ постоянного тока. Кромѣ того, конденсаторъ, соединенный послѣдовательно съ индукторами, играющій роль отрицательной самоиндукціи, уменьшаетъ кажущееся сопротивление этихъ индукторовъ.

2. Чтобы побѣдить самоиндукцію armатуры, въ полюсные наконечники вдѣлываютъ проводники, параллельные индуктируемымъ оборотамъ проволоки, изъ которыхъ при помощи соединительныхъ проволокъ, помѣщенныхъ между противоположными полюсами, составляютъ замкнутыя цѣпи. Плоскости этихъ замкнутыхъ цѣпей должны быть параллельны силовымъ линіямъ, исходящимъ изъ полюсовъ, чтобы измѣненія индуктирующаго потока не вызывали въ нихъ индукціонныхъ токовъ. Эти цѣпи играютъ по отношенію къ armатурѣ роль вторичной обмотки трансформатора, которая, какъ мы видѣли въ § 460, уменьшаетъ самоиндукцію первичной обмотки. Необходимо, чтобы сопротивление вспомогательныхъ цѣпей было очень невелико, иначе потеря по закону Джоуля будетъ слишкомъ велика.

**583. Система Э. Томсона.** Большую часть искръ у щетокъ удается уничтожить слѣдующимъ способомъ, придуманнымъ Э. Томсономъ. Возьмемъ двухполюсную машину съ пластинчатыми индукторами и предположимъ, что щетки повернуты на значительный уголъ, напримѣръ на  $45^\circ$ . Такъ какъ индукторы и armатура соединены послѣдовательно, то машина можетъ быть пущена въ ходъ переменными токами. Затѣмъ armатуру выключаютъ изъ цѣпи и соединяютъ ее щетки непосредственно проволокой. Armатура продолжаетъ вращаться вслѣдствіе взаимодѣйствій между періодическими потоками, производимыми индукторами и индуктированными токами въ armатурѣ. Дѣйствительно, измѣненія потока вызываютъ въ

секціяхъ арматуры электродвижущую силу, фазы которой отличаются на  $90^\circ$  и которая, благодаря несимметричному положенію щетокъ, вызываетъ токъ въ проволоку, соединяющей эти щетки. Вслѣдствіе самоиндукціи, сила индуктированнаго тока отстаетъ отъ электродвижущей силы, производящей этотъ токъ, отчего между фазой силы тока и фазой потока образуется разность, заключенная между  $90^\circ$  и  $180^\circ$ . Но такъ какъ взаимодействие между токомъ и потокомъ пропорціонально средней величинѣ произведенія этихъ величинъ, и такъ какъ это произведеніе имѣетъ въ этомъ случаѣ конечное значеніе, то арматура стремится продолжать вращаться все время, пока черезъ индукторы проходятъ переменные токи. Система эта образуетъ родъ трансформатора, подвижная индуктируемая цѣпь котораго подвергается дѣйствію пульсирующихъ усилій, производимыхъ индуктирующимъ токомъ.

**584. Двигатель Броуна.** Броунъ устраиваетъ двигатели, работающіе съ однофазными токами. Индукторы, кольцеобразной формы, снабжены кольцевой же обмоткой, помѣщенной внутри сердечника, около внутренней его поверхности (фиг. 348 bis).



Фиг. 348bis.

Арматура состоитъ изъ барабана, обмотка котораго, тоже помѣщенная внутри сердечника, замкнута на себя. Чтобы двигатель пришелъ въ движеніе, создаютъ, при помощи индукти-



«ующихъ катушекъ, не указанныхъ на чертежѣ, вращающееся магнитное поле. Эти вспомогательныя катушки, помѣщенныя въ отвѣтвленіи, чередуются съ главными. Онѣ включены послѣдовательно съ конденсаторомъ, состоящимъ изъ желѣзныхъ пластинъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга растворомъ двууглекислой соды. Емкость поляризации вызываетъ появленіе разности фазъ, достаточной для того, чтобы двѣ группы индуктирующихъ катушекъ образовали вращающееся магнитное поле и привели катушку во вращеніе. Когда нормальная скорость будетъ достигнута, размыкаютъ цѣпь вспомогательныхъ катушекъ и взаимодействие пульсирующаго потока и тока, индуктируемаго имъ въ катушкѣ, поддерживаютъ вращеніе.

Вотъ теорія этого взаимодействия, предложенная Сагулькой и упрощенная де-Бастомъ.

Пусть магнитная индукція въ катушкѣ будетъ

$$B = B_0 \sin 2\pi N t,$$

гдѣ  $B_0$  — наибольшая индукція, а  $N$  — число періодовъ въ секунду.

Потокъ, пронизывающій оборотъ  $S$ , составляющій уголъ  $\alpha$  съ плоскостью перпендикулярной къ  $pp$ , будетъ

$$N = S \cos \alpha B_0 \sin 2\pi N t$$

называя черезъ  $m$  число оборотовъ катушки, такъ что

$$\alpha = 2\pi m t$$

получимъ

$$N = S B_0 \cos 2\pi m t \sin 2\pi N t.$$

Слѣдовательно, электродвижущая сила въ оборотѣ  $S$  будетъ:

$$E = - \frac{dN}{dt} = - \frac{S B_0}{2} [2\pi (N + m) \cos 2\pi (N + m) t + \\ + 2\pi (N - m) \cos 2\pi (N - m) t]$$

Замѣтивъ, что выраженіе для электродвижущей силы состоитъ изъ двухъ простыхъ гармоническихъ членовъ и положивъ

$$r_1 = \sqrt{r^2 + 4\pi^2 (N + m)^2 L^2} \\ r_2 = \sqrt{r^2 + 4\pi^2 (N - m)^2 L^2}$$

гдѣ  $r$  и  $L$  — суть сопротивление и самоиндукція разсматриваемаго оборота, найдемъ слѣдующее выраженіе для силы тока въ немъ

$$I = -\frac{SB_0}{2} \left[ \frac{2\pi(N+m)}{r_1} \cos \{2\pi(N-m)t - \varphi_1\} - \right. \\ \left. + \frac{2\pi(N-m)}{r_2} \cos \{2\pi(N-m)t - \varphi_2\} \right]$$

гдѣ

$$\cos \varphi_1 = \frac{r}{r_1} \text{ и } \cos \varphi_2 = \frac{r}{r_2}.$$

Работа, совершенная оборотомъ, равняется уменьшенію его потенциальной энергіи

$$dT = -dw = -d(-IN) = -ISB_0 \sin 2\pi dNt \sin \alpha d\alpha.$$

Средняя работоспособность оборота равняется средней величинѣ интеграла величины  $dT$ . Послѣ всякихъ сокращеній получимъ:

$$P_{\text{средн.}} = \frac{2\pi m r \times S^2 B_0^4}{8} \left[ \frac{2\pi(N-m)}{r_2^2} - \frac{2\pi(N+m)}{r_1^2} \right].$$

Средняя работоспособность  $n$  оборотовъ  $P_{\text{средн.}}$  равняется

$$P_{\text{средн.}} = n P_{\text{средн.}}$$

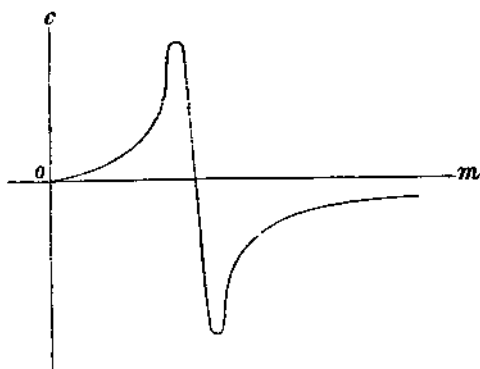
и моментъ вращенія будетъ

$$C = \frac{P_{\text{средн.}}}{2\pi m} = \frac{r n S^2 B_0^4}{8} \left[ \frac{2\pi(N-m)}{r^2 + 4\pi^2(N-m)^2 L^2} - \frac{2\pi(N+m)}{r^2 + 4\pi^2(N+m)^2 L^2} \right].$$

На фиг. 348<sup>ter</sup> изображена кривая, представляющая зависимость между  $C$  и  $m$ . Изъ этой кривой видно, что моментъ вращенія равенъ нулю при  $m=0$ , что требуетъ описаннаго выше приспособленія для пусканія двигателя въ ходъ. Моментъ вращенія становится опять нулемъ для скорости, близкой къ синхронизму. Слѣдовательно, движеніе двигателя устойчиво только при скоростяхъ, соответствующихъ положительному максимуму и синхронизму, такъ какъ тогда всякая перегрузка, вызывая замедленіе вращенія, въ то же время вызываетъ увеличеніе момента вращенія.

Фирма Эрдиконъ устраиваетъ для приведенія въ движеніе подобнаго же двигателя другое приспособленіе. Именно на

арматурѣ дѣлается нѣсколько дополнительныхъ секцій, соединенныхъ съ Граммовскимъ коллекторомъ. Въ эти секціи посылаетъ переменный токъ. Когда нормальная скорость будетъ достигнута, надвигаютъ на коллекторъ особое кольцо, которое замыкаетъ на себѣ всѣ секціи, такъ что и онѣ начинаютъ помогать главнымъ секціямъ, постоянно замкнутымъ на себя.



Фиг. 348ter.

Сравнивая синхроничные двигатели съ однофазными асинхронными двигателями, мы можемъ замѣтить, что первые не приходятъ во вращеніе, будучи нагруженными, и останавливаются при перегрузкѣ, причемъ однако, благодаря самоиндукціи арматуры, сила тока не достигаетъ чрезмѣрно большой величины. Ихъ удѣльное полезное дѣйствіе при полной нагрузкѣ достаточно велико. Асинхронные двигатели имѣютъ меньшее полезное дѣйствіе; они приходятъ въ движеніе и при существованіи нагрузки, но если вслѣдствіе перегрузки они останавливаются, то въ нихъ, подобно тому какъ въ трансформаторѣ, образуется токъ очень большой силы, могущій повредить провода. Ихъ примѣненіе, по всей вѣроятности, ограничится употребленіемъ маленькихъ двигателей.

## МНОГОФАЗНЫЕ СИНХРОНИЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

**585. Общія овойотва.** Моментъ вращенія, развиваемый синхроничнымъ двигателемъ, мѣняется, конечно, періодически, такъ какъ кривая, изображающая количество потребляемой

энергии, показываетъ измѣненія въ этомъ количествѣ. Но при помощи комбинированія нѣсколькихъ переменныхъ токовъ съ различными фазами удаётся передавать двигателю постоянное количество энергии.

Пусть черезъ  $n$  цѣпей, сопротивление и самоиндукція которыхъ одинаковы, проходятъ токи, производимые электродвижущей силой

$$e = E \sin \left( at + k \frac{2\pi}{n} \right),$$

въ выраженіи которой коэффициентъ  $k$  принимаетъ послѣдовательно значенія 1, 2, 1, . . . . ( $n-1$ ).

Силы токовъ, проходящихъ черезъ цѣпи, выразятся формулой

$$i = I \sin \left( at + k \frac{2\pi}{n} - \varphi \right),$$

а количество энергии, доставляемое каждой цѣпи, формулой

$$ei = EI \sin \left( at + k \frac{2\pi}{n} \right) \sin \left( at + k \frac{2\pi}{n} - \varphi \right).$$

Это послѣднее выраженіе можно написать такъ:

$$ei = \frac{EI}{2} \cos \varphi - \frac{EI}{2} \cos \left( 2at + 2k \frac{2\pi}{n} - \varphi \right).$$

Количество энергии, поглощенное всѣми  $n$  цѣпями, будетъ:

$$\frac{nEI}{2} \cos \varphi - \frac{EI}{2} \sum_{k=0}^{k=n-1} \cos \left( 2at + k \frac{2\pi}{n} - \varphi \right).$$

На основаніи извѣстнаго тригонометрическаго соотношенія второй членъ этого выраженія равенъ нулю, слѣдовательно полное количество энергии, передаваемой въ единицу времени, постоянно.

Это свойство многофазныхъ токовъ указываетъ на возможность преобразовывать, безъ особыхъ предосторожностей, постоянный токъ въ многофазные токи и обратно, тогда какъ преобразование простаго переменнаго тока въ постоянный при помощи альтернатора и динамомашины требуетъ употребленія двигателя, дополняющаго дѣйствіями инерціи дѣйствія измѣненій количествъ электрической энергии.

Изъ сказаннаго можно заключить, что возможно преобразовать двухфазный токъ въ токъ трехъ, четырехфазный или болѣе.

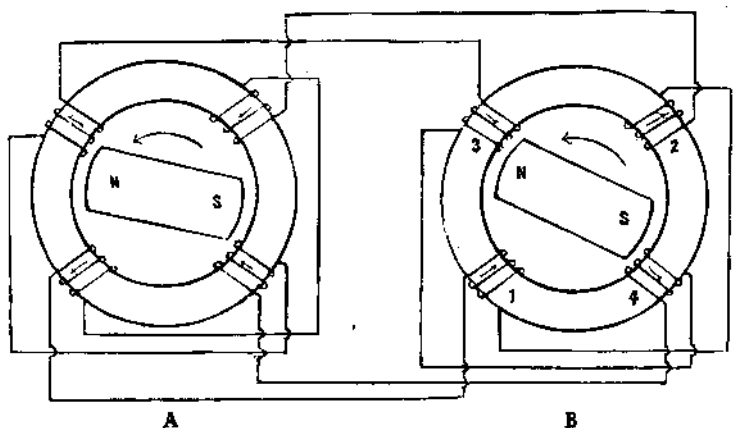
Феррарисъ показалъ (§ 192), что комбинація магнитодвижущихъ силъ, производимыхъ двумя переменными токами, отличающимися на  $\frac{1}{4}$  періода, образуетъ однородное вращающееся магнитное поле, въ чемъ можно убѣдиться, дѣлая нужныя построения на основаніи параллелограмма силъ. Если бы измѣненія силъ токовъ не были бы синусоидальными, то въ величинѣ напряженія поля происходили бы пульсаціи и моментъ вращенія подвижнаго диска, помѣщеннаго въ этомъ магнитномъ полѣ, не былъ бы постояннымъ. Сильные вращающіеся магнитные потоки получаютъ, наматывая катушки на сердечники. Чтобы потокъ былъ постояннымъ, нужно, чтобы сердечники и катушки были расположены такимъ образомъ, чтобы магнитное сопротивленіе пути потока оставалось неизмѣненнымъ. Мы увидимъ, что это условіе выполняется при употребленіи кольцевыхъ сердечниковъ, снабженныхъ сплошной обмоткой и концентрическихъ съ ними катушекъ.

**586. Теоретическій двигатель.** Возьмемъ два кольца А и В, на каждомъ изъ которыхъ имѣется четыре катушки, соединенныя, какъ показано на фиг. 349; четыре линейныя проволоки служатъ для соединенія одинаково расположенныхъ катушекъ на обоихъ кольцахъ. Если внутри кольца А заставить вращаться магнитъ N S, то въ катушкахъ появляются два тока, отличающіеся на четверть періода. Эти токи образуютъ въ кольцѣ В вращающееся магнитное поле.

Если разсмотрѣть направленія токовъ, то легко видѣть, что они производятъ полюсы, вращающіеся въ направленіи, указанномъ большою стрѣлкой. Внутри кольца А среднее направленіе потока, созданнаго индуктированными токами, вращается, оставаясь все время перпендикулярнымъ къ индуктирующему магниту. Вращающійся потокъ внутри кольца В параллеленъ потоку въ кольцѣ А, но направленъ обратно вслѣдствіе обратнаго направленія токовъ. Если внутри кольца В помѣстить подвижной магнитъ N S, то подъ дѣйствіемъ вращающихся полюсовъ онъ будетъ стремиться вращаться синхронно съ магнитомъ, находящимся внутри кольца А, и при томъ въ томъ же направленіи.

Замѣтимъ, что въ подобномъ двигателѣ нѣтъ мертвыхъ

точекъ, которыя мы встрѣчали въ однофазныхъ синхронныхъ двигателяхъ. Дѣйствительно, вмѣсто одного пульсирующаго потока постоянного направленія въ нашемъ случаѣ имѣется два пульсирующихъ потока, которые слагаются и даютъ вращающійся потокъ. Совершенно такъ, же какъ въ локомотивѣ



Фиг. 349.

неодинаковое положеніе кривошиповъ уничтожаетъ мертвыя точки, въ электродвигателѣ когда дѣйствіе двухъ катушекъ на подвижной магнитъ равняется нулю, положеніе двухъ другихъ относительно подвижнаго магнита будетъ наивыгоднѣйшимъ. Вращающіеся полюсы увлекаютъ магнитъ, каково бы ни было его начальное положеніе.

**537. Различные типы двигателей.** Скорость описаннаго двигателя, безъ сомнѣнія, зависитъ отъ скорости генератора, такъ что онъ представляетъ изъ себя многофазный синхронный двигатель съ неподвижной арматурой и подвижнымъ индукторомъ.

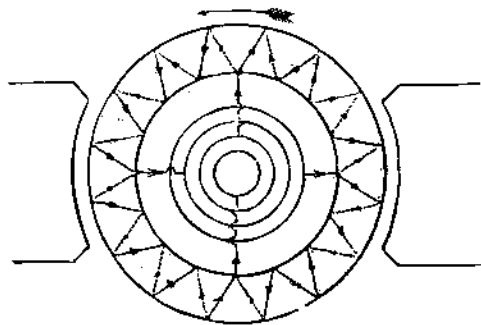
Сравнительно съ однофазнымъ синхроннымъ двигателемъ онъ имѣетъ то преимущество, что онъ самостоятельно приходитъ во вращеніе.

Существуютъ машины, подобныя описанной, но въ которыхъ индукторами служатъ электромагниты. Представимъ себѣ дѣйствительно, что постоянный магнитъ въ двигателѣ замѣненъ электромагнитомъ, причемъ катушки послѣдняго за-

мыкаются на себя съ момента начала вращенія. Вліяніе вращающагося потока, производимаго катушками, по которымъ проходятъ многофазные токи, на катушки электромагнита вызываетъ, какъ мы увидимъ дальше, образованіе вращающей пары, которая и приводитъ электромагнитъ во вращеніе со скоростью, близкой къ синхронизму. Устанавливая на общей оси вращенія динамомашину постоянного тока, получаютъ возбуждающій токъ, который и посылаютъ въ электромагнитъ, когда скорость вращенія достигнетъ нормальной величины.

Въ двигателяхъ Ламейера электромагнитъ неподвиженъ, а многофазные токи проходятъ черезъ катушки, помѣщенныя на подвижной части машины. При этомъ можно на подвижную часть намотать нѣсколько оборотовъ проволоки и соединить ихъ граммовскимъ коллекторомъ съ цѣлью получить возбуждающій токъ, посылаемый въ электромагнитъ послѣ достиженія синхронизма.

Въ качествѣ синхроничнаго многофазнаго двигателя можно примѣнять машины постоянного тока, измѣненныя, какъ это мы видѣли въ § 449, гдѣ говорилось о машинахъ Шуккерта.



Фиг. 350.

Если посылать индуктированные двухфазные токи въ кольцо машины, подобной генератору, то въ ней образуется вращающійся потокъ, могущій привести это кольцо во вращеніе, вслѣдствіе взаимодействій между индуктированными токами и сосѣдними полюсными наконечниками. Предположимъ что мы заставляемъ двигатель вращаться безъ нагрузки до тѣхъ поръ, пока онъ не приметъ скорости генератора. Если возбуждать электромагниты

теля постояннымъ токомъ, получаемымъ при помощи коллектора, выпрямляющаго токи, проходяшіе черезъ кольцо, то двигатель, будетъ и послѣ нагрузки продолжать вращаться синхронно съ генераторомъ, такъ какъ онъ находится въ условіяхъ теоретическаго двигателя (фиг. 349).

Моментъ, когда пущенный двигатель начнетъ вращаться почти съ тою же скоростью какъ генераторъ, замѣчаютъ, соединяя проволоки электромагнитовъ съ вольтметромъ. Такъ какъ абсолютная скорость вращающагося потока уменьшается по мѣрѣ ускоренія вращенія кольца, то электродвижущая сила, индуктированная въ обмоткахъ, уменьшается постепенно и достигаетъ величины, равной нулю, въ моментъ, когда, вслѣдствіе синхронизма, потокъ производимый арматурой, становится неподвижнымъ въ пространствѣ.

Интересно замѣтить, для какихъ разнообразныхъ цѣлей служить машина Шуккерта. Она одновременно трансформаторъ постоянного тока въ переменный, трансформаторъ переменнаго тока въ постоянный, альтернаторъ, двигатель постоянного тока и двигатель переменнаго тока.

Промѣня ея свойства для устройства генератора, компанія Вестингауза устроила *универсальную динамомашину*, удовлетворяющую всѣмъ потребностямъ въ городѣ. Она установила въ Рочестерѣ восьмиполосную динамомашину, имѣющую коллекторъ, отъ котораго получается токъ въ 550 вольтъ, служащій для электрической тяги, и двѣ пары колецъ дающія два тока, отличающіеся на  $\frac{1}{4}$  періода, дѣйствующаго напряженія въ 385 вольтъ при 50 періодахъ въ секунду. Эти двухфазные токи питаютъ двухфазные же двигатели и трансформируются для электрическаго освѣщенія лампами накаливанія.

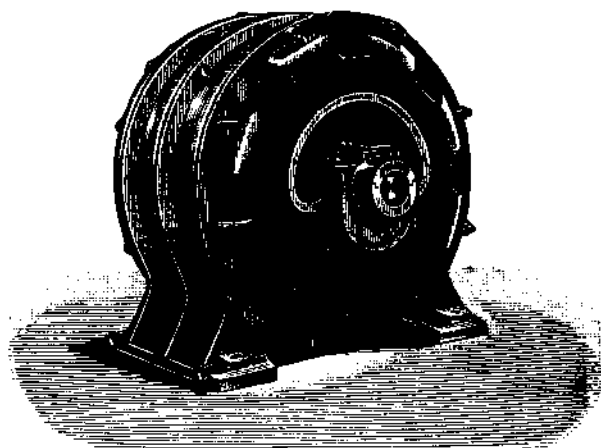
## МНОГОФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

**588. Теорія. Типы Тесла, Леблона и Гутена, Добровольскаго, Броуна и Сименса.** Предположимъ, что въ двигателѣ В (фиг. 349) магнитъ замѣненъ цилиндрическимъ проводникомъ, ось котораго совпадаетъ съ осью кольца, и предположимъ для простоты, что величина вращающагося потока



будетъ постоянна. Вслѣдствіе образованія въ цилиндрѣ индукціонныхъ токовъ онъ будетъ стремиться вращаться къ направленіи вращенія поля (§ 191). Такимъ образомъ получается замѣчательно простой двигатель. Но такого рода устройство годится только для весьма небольшихъ приборовъ. Такъ какъ моментъ вращенія зависитъ отъ взаимодѣйствія индукціонныхъ токовъ и магнитнаго поля, то въ большихъ машинахъ этимъ токамъ слѣдуетъ давать такое направленіе, чтобы сказанное взаимодѣйствіе было наибольшимъ, т. е. направлять ихъ такимъ образомъ, чтобы они были насколько возможно болѣе перпендикулярны къ направленію поля и направленію вращенія.

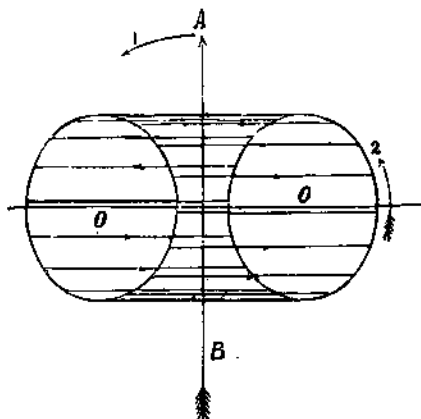
Для этой цѣли Добровольскій употребляетъ барабанную арматуру, составленную изъ мѣдныхъ проводниковъ, помѣщенныхъ вдоль по образующимъ цилиндрическаго сердечника изъ листового желѣза, который уменьшаетъ магнитное сопротивленіе, встрѣчаемое подвижнымъ потокомъ. Эти проводники соединяются такъ, что образуются обороты, замкнутые сами на себя.



Фиг. 351bis.

Въ подобнаго рода оборотахъ проволоки не существуетъ замѣтной разности потенциаловъ. Это случай, подобный случаю металлическаго кольца, по оси котораго движется магнитъ (§ 169). Слѣдовательно, можно, какъ это сдѣлалъ Бро-

унъ, соединить между собой оконечности всѣхъ параллельныхъ проводниковъ и устроить нѣчто подобное колесу для бѣлокъ (фиг. 351). Подобно тому, какъ это онъ дѣлаетъ для своихъ машинъ постоянного тока (§ 394), Броунъ и въ двигателяхъ переменнаго тока помещаетъ мѣдные прутья, въ которыхъ индуцируется токъ, въ цилиндрѣ изъ листового желѣза, вблизи его внѣшней поверхности. Такимъ образомъ онъ избѣгаетъ въ прутьяхъ токовъ Фуко и получаетъ арматуры исключительной прочности, вдобавокъ позволяющія уменьшать междужелѣзное пространство до минимума. На фиг. 351<sup>bis</sup> изображенъ получаемый такимъ образомъ двигатель. Индукторами и арматурой служатъ пластинчатая концентрическая кольца, снабженные непрерывной барабанной обмоткой Броуна. Токи входятъ въ индуцирующія обмотки въ равноотстоящихъ другъ отъ друга точкахъ. Обмотка же арматуры замкнута на себя.



Фиг. 351.

Скорость вращения описанныхъ арматуръ не можетъ достигъ скорости вращения потока, такъ какъ въ этомъ случаѣ величина потока, проходящаго черезъ обороты проволоки, не мѣнялась бы, при чемъ уничтожалась бы всякая индукція. И такъ, двигатель вращается не синхронно съ генераторомъ, какъ и въ случаѣ, когда арматурой служитъ магнитъ, но скорость его мѣняется въ зависимости отъ пары сопротивленія.

Назовемъ черезъ  $n$  число оборотовъ въ секунду потока,

величину котораго предположимъ постоянной, и черезъ  $n'$  — число оборотовъ въ секунду обмотки. Относительная скорость потока и обмотки будетъ

$$N = n - n'.$$

Въ существующихъ двигателяхъ эта относительная скорость мала; она равняется приблизительно 0,3 и при полной нагрузкѣ.

Все происходитъ по отношенію къ индукціи такъ, какъ если бы обмотка была неподвижна, а потокъ вращался бы со скоростью  $N$  оборотовъ въ секунду. Измѣненія величины потока, пронизывающаго оборотъ проволоки на обмоткѣ, будутъ:

$$N = N_0 \sin 2\pi Nt = N_0 \sin at.$$

Производимая электродвижущая сила будетъ:

$$e = - \frac{dN}{dt} = - a N_0 \cos at$$

и сила тока въ рассматриваемомъ оборотѣ

$$i = - I \cos (at - \varphi).$$

Работа, совершаемая однимъ оборотомъ въ теченіе времени  $dt$ , будетъ

$$ei = a I N_0 \cos at \cos (at - \varphi).$$

Эта работа равна работѣ электрической двигающей пары силъ  $c$  въ теченіе единицы времени, т. е.  $c \times 2\pi N$ .

Слѣдовательно, двигающая пара равна

$$c = - I N_0 \cos at \cos (at - \varphi).$$

Эта пара измѣняется періодически и она производитъ движеніе въ продолженіи большей части времени.

Если рассматривать на обмоткѣ оборотъ проволоки, расположенный перпендикулярно къ первому, то измѣненія пронизывающаго его потока будутъ выражаться уравненіемъ.

$$N = N_0 \sin \left( at + \frac{\pi}{2} \right) = N_0 \cos at.$$

Соотвѣтствующая сила тока будетъ

$$i' = I \sin (at - \varphi)$$

и пара силъ

$$c' = -I N_0 \sin at \sin (at - \varphi).$$

Получающаяся отъ совмѣстнаго дѣйствія пара будетъ постоянна и равна

$$C = c + c' = -I N_0 [\cos at \cos (at - \varphi) + \sin at \sin (at - \varphi)]$$

или

$$C = -I N_0 \cos \varphi.$$

Этотъ результатъ можно было предвидѣть, такъ какъ неизмѣненное количество электрической энергіи должно произвести неизмѣющую пару силъ (§ 585).

Если число оборотовъ проволоки будетъ  $2b$ , то пара будетъ

$$bC = -bI N_0 \cos \varphi.$$

Замѣтимъ, что при началѣ движенія арматура неподвижна, а относительная скорость равна скорости потока, т. е.  $n$ . При этомъ можно сравнить двигатель съ трансформаторомъ, у котораго замкнута на себя вторичная обмотка, отчего индуктированный токъ достигаетъ значительной силы. Въ сильныхъ машинахъ эта начальная сила тока можетъ достигъ опасныхъ предѣловъ и потому слѣдуетъ употреблять реостатъ преимущественно съ значительной самоиндукціей, включая его или въ индуктирующую цѣпь, чтобы уменьшить величину потока, или въ индуктируемую, какъ это мы увидимъ дальше, чтобы увеличить ея сопротивленіе. Это послѣднее устройство требуетъ, если арматура подвижна, употребленія коллектора.

Сопротивленіе, вводимое въ арматуру, позволяетъ увеличить до нѣкоторой степени начальный моментъ вращенія, такъ какъ при очень сильномъ токѣ реакція арматуры можетъ увеличиться настолько, что полезный потокъ станетъ совсѣмъ незначительнымъ.

Въ одномъ изъ своихъ двигателей съ подвижной арматурой Броунъ помѣщаетъ сопротивленіе, нужное для пусканія въ ходъ, внутрь арматуры и при помощи особаго кольца включаетъ его въ моментъ, когда машина достигаетъ нормальной скорости. Одно, очень остроумное приспособленіе, позво-

ляющее оставлять катушку замкнутою на себя, состоитъ въ томъ, что въ моментъ пуска двигателя усиливаютъ токъ въ индукторахъ. Это усиленіе производится при помощи трансформатора, первичная обмотка котораго включается въ линію, вторичная же обмотка должна доставлять токъ достаточной силы, чтобы двигатель пришелъ во вращеніе. Когда скорость этого вращенія достигнетъ нормальной величины, индукторы включаютъ непосредственно въ линію. Замѣтимъ, что если токъ двухъ или трехфазный, то трансформаторъ долженъ состоять изъ двухъ или трехъ паръ катушекъ, намотанныхъ на пластинчатые сердечники, соединенные общимъ якоремъ.

Сравнивая двигатель съ вращающимся потокомъ съ двигателемъ постоянного тока, мы видимъ, что въ этомъ послѣднемъ какъ индуктирующий, такъ и индуктированный потоки неподвижны въ пространствѣ, тогда какъ въ двигателѣ съ вращающимся полемъ эти оба тока подвижны. Двигатель съ вращающимся потокомъ, подобно двигателю постоянного тока съ параллельнымъ возбужденіемъ, имѣетъ предѣльную скорость  $n$ , опредѣляемую продолжительностью періода индуктирующихъ токовъ и числомъ индуктирующихъ полюсовъ. Если число періодовъ  $n$ , а число полюсовъ  $p$ , то число оборотовъ въ минуту, соотвѣтствующее синхронизму, будетъ  $\frac{60n}{p}$ . Въ дѣйствительности скорость будетъ на 3—5% меньше.

Вотъ нѣсколько замѣчаній относительно устройства двигателей съ вращающимся полемъ.

Число индуктируемыхъ полюсовъ слѣдуетъ по возможности увеличивать, чтобы, какъ это дѣлается въ альтернаторахъ, уменьшить угловую скорость. При 50 періодахъ въ секунду, для того, чтобы получить 1500, 1000 или 750 оборотовъ въ минуту, надо имѣть соотвѣтственно 4, 6 и 8 индуктирующихъ полюсовъ.

Арматура можетъ имѣть форму барабана, кольца или диска. Обыкновенно останавливаются на формѣ барабана, при которой упрощается конструкція машины и уменьшается длина проводниковъ, въ которыхъ индуктируются токи. Очень существенно по возможности уменьшать междужелѣзное простран-

ство, съ цѣлью уменьшить число индуктирующихъ амперъ-оборотовъ.

Въ небольшихъ машинахъ индукторъ дѣлается неподвижнымъ и помѣщается снаружѣ арматуры. Въ этомъ случаѣ не требуется коммутатора, что представляетъ для приборовъ небольшихъ размѣровъ значительное удобство, потому что при этомъ ихъ можно строить дешево и содержаніе ихъ тоже будетъ не дорого.

Съ цѣлью уменьшить размѣры индуктора въ большихъ двигателяхъ, поступаютъ обратно и помѣщаютъ катушку снаружѣ индуктора. Замѣтимъ, что скорость перемѣщенія потока невелика, вслѣдствіе чего потери отъ гистерезиса уменьшаются и, слѣдовательно, въ катушкѣ можно дѣлать сердечники большого сѣченія. Въ индукторѣ, наоборотъ, перемѣны потока идутъ одна за другой весьма быстро (на практикѣ обыкновенно 40 разъ въ секунду) и если эту часть двигателя не уменьшать до возможно малыхъ размѣровъ, то потери отъ гистерезиса были бы велики. Съ этой же цѣлью, при увеличеніи числа періодовъ въ секунду, уменьшаютъ магнитную индукцію. Подобно тому, какъ въ трансформаторахъ, для числа періодовъ отъ 40 до 120, индукція мѣняется отъ 6500 до 3000.

Съ цѣлью уменьшить число проволокъ въ линіи до двухъ, придуманы нѣсколько способовъ питать электродвигатель черезъ одну передаточную цѣпь и получать отъ одного простого альтернатора два индуктирующихъ тока, различающихся на нѣкоторый уголъ другъ отъ друга.

Способъ Шалленберга (§ 193), примѣняемый къ небольшимъ приборамъ, основанъ на введеніи въ катушку, расположенную подъ угломъ въ  $45^\circ$  относительно другой катушки, по которой проходитъ главный токъ, тока, фаза котораго отстаетъ отъ фазы главнаго. Два эти тока производятъ вращающееся поле перемѣннаго напряженія, достаточнаго для вращенія диска, въ которомъ индуктируется токъ.

Способъ Тесла состоитъ въ томъ, что между двумя проводниками, по которымъ идетъ перемѣнный токъ, вводятъ два ряда индуктирующихъ катушекъ. Сопротивленія и коэффициенты самоиндукціи этихъ отвлѣченныхъ цѣпей дѣлаются преднамѣренно весьма различными съ цѣлью получить по-

стоянныя времени, а слѣдовательно углы фазъ, весьма различныя. Чтобы выполнить эти условія, Тесла дѣлаетъ одні катушки изъ толстой проволоки, другія изъ тонкой.

Лебланъ и Гутенъ получили разность фазъ въ  $\frac{1}{4}$  періода, помѣщая въ одну изъ отвѣтвленныхъ цѣпей конденсаторъ, играющій роль отрицательной самоиндукціи. Этимъ инженерамъ удалось приготовить, при помощи пастепенной формовки, очищающей діэлектрикъ, конденсаторы изъ парафинированной бумаги, выдерживающіе переменные токи значительнаго напряженія. Свинбурнъ устраиваетъ для техническихъ цѣлей конденсаторы, состоящіе изъ листовъ олова, чередующихся съ болѣе толстыми слоями тонкой бумаги; слои бумаги должны быть въ нѣсколько разъ толще листовъ олова. Все вмѣстѣ помѣщается въ коробку, наполненную масломъ, которое подогреваютъ съ цѣлью выгнать всю влагу. Затѣмъ изъ коробки выкачиваютъ воздухъ и закупориваютъ ее герметически.

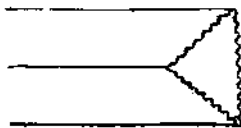
Въ двигателѣ Броуна (§ 584), какъ мы видѣли, пусканіе въ ходъ производится при помощи подобнаго же приспособленія. Такъ какъ при этомъ конденсаторъ долженъ работать только нѣсколько мгновений, то вмѣсто него просто берутъ жидкую ванну съ нѣсколькими электродами, имѣющую при маломъ объемѣ значительную ёмкость поляризаціи.

Всѣ эти способы превращенія однофазныхъ токовъ въ многофазные получили мало примѣненій. До настоящаго времени употребляютъ двухфазные и трехфазные, токи исключительно получаемые отъ соотвѣтственныхъ генераторовъ и передаваемые по 4 или 3 проволокамъ.

При употребленіи генератора, дающаго двухфазные токи, достаточно для соединенія двигателя съ генераторомъ трехъ проводовъ, причемъ по общей проволоцѣ, служащей для возврата, проходитъ токъ, дѣйствующая сила котораго равна суммѣ силъ токовъ, проходящихъ по двумъ другимъ проволокамъ. Однако, предпочитаютъ и въ этихъ случаяхъ употреблять двѣ совершенно отдѣльныя цѣпи, что облегчаетъ регулированіе напряженія и позволяетъ уменьшить сѣченіе проводовъ при томъ же наибольшемъ напряженіи (§ 503).

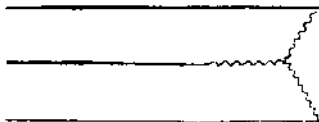
Въ случаѣ примѣненія трехфазныхъ токовъ, индуктирую-

щія катушки двигателя могутъ быть соединяемы съ тремя проводами различными способами. Соединеніе треугольникомъ группируетъ индуктирующія обмотки въ три цѣни, расположеніе которыхъ относительно линейныхъ проводовъ указано на фиг. 352.



Фиг. 352.

Соединеніе звѣздой, уже рассмотрѣнное въ § 448, изображенное схематически на фиг. 353, употребляется чаще. Въ этомъ случаѣ силы возбуждающихъ токовъ равны силамъ токовъ въ линіи и фазы этихъ токовъ и линейныхъ совпадаютъ.



Фиг. 353.

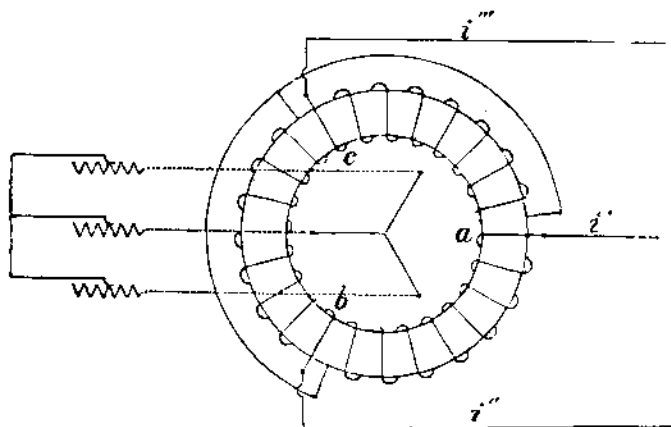
Такое соединеніе примѣняется въ сѣтяхъ, въ которыхъ кромѣ двигателей имѣются также лампы, включаемыя между каждымъ проводомъ линіи и компенсирующимъ проводомъ, соединяющимъ точки соединенія трехъ вѣтвей звѣзды. Эта дополнительная проволока во многихъ случаяхъ можетъ быть замѣнена землей.

На фиг. 354 представлена схема двигателя Добровольскаго, обмотки котораго соединены звѣздой. Подвижная арматура состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ цѣней, соединенныхъ скользящими контактами съ тремя реостатами, предназначенными для уменьшенія силы тока при пусканіи двигателя въ ходъ.

Чтобы получить большее число фазъ, а, слѣдовательно, и болѣе однородное поле, Добровольскій комбинировалъ оба предыдущіе способа (фиг. 355). Возбуждающія катушки соединены въ шесть цѣней, по которымъ проходятъ токи, разность фазъ которыхъ равняется  $60^\circ$ . Однако имѣетъ ли это расположеніе преимущество—вопросъ спорный. Многіе электрики счи-

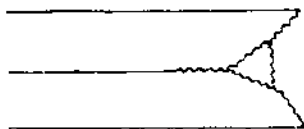


фактъ, что съ точки зрѣнія однородности вращающагося потока нѣтъ замѣтной разницы между двухъ и трехфазными токами, такъ какъ реакція арматуры въ значительной степени исправляетъ неравномѣрность, причиняемую индукторами. Въ асинхронныхъ двигателяхъ уменьшеніе междужелѣзнаго пространства имѣющее весьма важное значеніе, достигается со-



Фиг. 354.

ставленіемъ машины изъ двухъ концентрическихъ, очень сближенныхъ колецъ, снабженныхъ сплошными обмотками. Индукторы съ выступающими полюсами не могутъ дать однороднаго вращающагося поля, такъ какъ сердечники стремятся ориентировать потокъ въ направленіи ихъ осей. Сердечники съ не-



Фиг. 355.

прерывной обмоткой, соединенные въ симметрично расположенныхъ точкахъ съ линіей, одни только могутъ привести къ искомому результату. Барабанная обмотка индуктора и арматуры уменьшаетъ длину проволоки до минимума. Она устроивается по образцу арматуры Броуна, помѣщая проводники въ отверстіяхъ вблизи поверхности между желѣзнаго пространства.

Вотъ нѣсколько результатовъ опытовъ, произведенныхъ

Бушери надъ асинхроннымъ двигателемъ системы Броуна въ 3 силы, могущимъ работать съ однофазнымъ и двухфазными токами.

| Нагрузка въ<br>лошадяхъ. | О т д а ч а |         |
|--------------------------|-------------|---------|
|                          | 2 фазы.     | 1 фаза. |
| 0,5                      | 0,52        | 0,56    |
| 1                        | 0,67        | 0,68    |
| 2                        | 0,76        | 0,71    |
| 3                        | 0,75        | 0,68    |

Этотъ двигатель вращается со скоростью 1200 оборотовъ въ минуту и вѣситъ 120 килограммовъ.

Другой двигатель Броуна въ 20 силъ вращался со скоростью 800 оборотовъ, вѣсилъ 520 килограммовъ. Отдача его равнялась 0,90.

Бушери замѣчаетъ, что трехсилный двигатель постоянного тока того же конструктора дѣлаетъ 2200 оборотовъ и вѣситъ 170 килограммовъ. Двигатель постоянного тока въ 18 силъ дѣлаетъ 1100 оборотовъ и вѣситъ 830 килограммовъ.

Эти данныя благоприятствуютъ многофазнымъ двигателямъ и показываютъ, что будущность принадлежитъ этимъ интереснымъ приборамъ.

Если сравнить многофазные синхроничные двигатели съ такими же асинхронными, то можно замѣтить что эти послѣдніе проще въ томъ смыслѣ, что для нихъ не нужно возбуждителей. Кромѣ того начальный моментъ вращенія у нихъ больше.

Съ другой стороны ихъ индукторы стоятъ дороже, такъ какъ они должны быть для избѣжанія токовъ Фуко пластинчатыми и, вслѣдствіе значительной равности фазъ между электродвижущей силой и силой первичнаго тока, ихъ работоспособность на данный вѣсъ меньше, чѣмъ двигателей синхроничныхъ. Эти послѣдніе, отдача которыхъ высока даже для среднихъ нагрузокъ, предпочитаютъ для значительныхъ работоспособностей \*).

---

\*) См. Blondel, Notes sur la théorie élémentaire des appareils à champ tonruant, Lumière Electrique 25 nov. 1893.

## ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДѢ- ЛЕНІЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГІИ.

---

589. При современномъ состояніи нашихъ знаній химическіе и термическіе способы полученія электричества не могутъ соперничать со способами динамическими, такъ что, какъ прямой генераторъ механической энергіи, электродвигатель стоитъ ниже паровой машины. Но если электричество въ настоящее время еще не можетъ съ выгодною непосредственно питать двигатели, то оно и въ настоящее время уже съ успѣхомъ служить посредникомъ для передачи и распредѣленія энергіи.

Тутъ можно различать два случая:

1. Работоспособностью водопада или паровой машины нужно воспользоваться въ *одномъ мѣстѣ*, находящемся на большемъ или меньшемъ разстояніи отъ этого водопада или машины. Въ этомъ случаѣ двѣ динамомашинны, изъ которыхъ одна служитъ генераторомъ, а другая двигателемъ, соединенныя проводами, рѣшаютъ задачу. Этого рода примѣненія носятъ названіе *передачи* механической энергіи.

2. Электрическая энергія, производимая на станціи, должна быть распредѣлена на большемъ или меньшемъ протяженіи, на примѣръ, по заводу или на пространствѣ группы зданій и т. п. Въ этомъ случаѣ двигатель приводитъ въ движеніе одну или нѣсколько динамомашинъ, доставляющихъ электрическую энергію въ видѣ тока постоянного напряженія или постоянной силы въ цѣпь, въ которую включены всѣ питае-

мые маленькіе двигатели. Этотъ случай называется *распреде-  
леніемъ* механической энергіи.

**590. Теорія передачи энергіи отъ генераторной дина-  
момашины къ пріемной машинѣ.** Для упрощенія задачи  
начнемъ съ предположенія, что динамомашина - генераторъ  
превращаетъ въ электрическую энергію всю механическую ра-  
боту, затрачиваемую на приведеніе ея во вращеніе, и что  
электрическая энергія, поглощаемая двигателемъ, цѣликомъ  
возстановляется въ видѣ механической энергіи. Кромѣ того  
предположимъ, что изоляція проводовъ, соединяющихъ обѣ  
машины, совершенна, — условіе, которое, какъ мы увидимъ  
практически всегда можно выполнить. Пусть  $E$  будетъ элек-  
тродвижущая сила генератора;  $e$  — обратная электродвижущая  
сила двигателя;  $R$  — полное сопротивленіе цѣпи, г. е. сумма  
сопротивленій линіи и машинъ (для простоты положимъ, что  
индукторами въ нихъ служатъ постоянные магниты). Сила  
тока будетъ:

$$i = \frac{E - e}{R},$$

откуда.

$$E i = i^2 R + i e. \quad (1)$$

Здѣсь  $Ei$  — есть количество затраченной энергіи, а  $ie$  — ко-  
личество энергіи полученной. Въ рассматриваемомъ теоретиче-  
скомъ случаѣ электрическая отдача всей передаточной системы  
будетъ:

$$\eta = \frac{ie}{Ei} = \frac{e}{E}.$$

Если предположить, что скорость генератора постоянна, то  
электродвижущая сила  $E$  мѣняется мало, сила тока и, слѣдо-  
вательно, израсходованное количество энергіи будутъ въ этомъ  
случаѣ наибольшія, когда двигатель не вращается. Въ этомъ  
случаѣ, очевидно, отдача равна нулю. Когда двигатель начи-  
наетъ вращаться съ увеличивающеюся скоростью, обратная  
электродвижущая сила начинаетъ увеличиваться причемъ уве-  
личивается и отдача, могущая теоретически достигъ величины  
равной единицѣ: Этотъ идеальный случай соотвѣтствуетъ ра-  
венству двухъ противодѣйствующихъ электродвижущихъ силъ —

условію, которое можетъ быть выполнено только тогда, когда количество затраченной и полученной работы будутъ равны нулю, да вдобавокъ когда въ динамомашинахъ не будетъ тренія. Этотъ случай подобенъ случаю, когда два шкива, вращающіеся безъ тренія, соединены ремнями, не имѣющими жесткости: если сопротивленіе, встрѣчаемое шкивомъ-приемникомъ равно нулю, то онъ можетъ вращаться не требуя затраты работы на вращеніе ведущаго шкива.

Отдача растетъ прогрессивно вмѣстѣ со скоростью двигателя. Получаемое количество энергіи  $ei = \frac{E - e}{R} \times e$  идетъ отъ нуля ( $e = 0$ ), проходитъ черезъ максимумъ ( $e = \frac{E}{2}$ ) соответствующій половинѣ работы, затрачиваемой въ этотъ моментъ, т. е. отдачѣ въ 50%, и доходитъ опять до нуля ( $e = E$ ).

Замѣтимъ, что количества энергіи, затраченное и полученное, пропорціональны напряженіямъ машинъ, тогда какъ потеря по закону Джоуля отъ напряженія не зависитъ. Отсюда можно заключить, что потерю въ данной канализаціи можно уменьшать до безконечности, увеличивая напряженіе въ машинахъ. Слѣдовательно для электрической передачи энергіи слѣдуетъ примѣнять возможно высокое напряженіе, которое только можетъ быть употреблено безъ опасности для людей и для цѣлости машины. Когда машины и провода помѣщаются въ мѣстахъ недоступныхъ для публики, то напряженіе тока можетъ безъ затрудненій достигать нѣсколькихъ тысячъ вольтъ. Такимъ образомъ можно передавать громадное количество энергіи на большія разстоянія черезъ кабели, сѣченіе которыхъ сравнительно мало,

Чтобы возможно было примѣнять предыдущія формулы не къ идеальнымъ, а къ существующимъ динамомашинамъ, необходимо сдѣлать нѣкоторыя измѣненія. Если мы назовемъ черезъ  $P$  количество механической энергіи, поглощаемое генераторомъ, то

$$\frac{Ei}{P} = \eta_g.$$

Это отношеніе мѣняетъ свою величину, достигая въ хорошихъ машинахъ въ 10 силъ и больше 0,90—0,97. Точно также

если назвать через  $p$ —количество механической энергии, которое дает электродвигатель, то

$$\frac{p}{ei} = \eta_g.$$

*Промышленной отдачей передачи* называется отношение количества энергии, доставляемой электродвигателем к количеству ея, поглощаемому генератором т. е.

$$\frac{p}{P} = \eta \eta_g \eta_r.$$

гдѣ  $\eta$ —есть *электрическая отдача* равная  $\frac{e}{E}$ .

Изъ предыдущихъ формулъ легко вывести слѣдующія уравненія;

$$i = \sqrt{\frac{\eta_g P (1 - \eta)}{Я}}$$

$$E = \sqrt{\frac{\eta_g R P}{1 - \eta}}$$

$$e = \eta \sqrt{\frac{\eta_g R P}{1 - \eta}},$$

позволяющія рѣшать всевозможныя задачи, касающіяся электрической передачи энергии.

**591. Различные способы возбужденія индукторовъ при передачѣ энергии помощью двухъ динамомашинъ.** Съ цѣлью имѣть токи высокаго напряженія только въ арматурахъ и имѣть возможность употреблять индукторы съ обмоткой изъ толстой проволоки, по которой проходят токи низкаго напряженія, что уменьшаетъ вѣроятность несчастныхъ случаевъ, иногда примѣняютъ независимое возбужденіе.

На генераторной станціи этотъ способъ возбужденія не представляетъ никакихъ затрудненій, но на приѣмной станціи это затруднительно, такъ такъ при пусканіи въ ходъ индукторы двигателя должны быть намагничены безъ помощи возбуждающей динамомашинны. Это затрудненіе мы уже встрѣчали при изученіи электродвигателей переменнаго тока съ независимымъ возбужденіемъ. Въ настоящемъ случаѣ тоже можно

рѣшить нашъ вопросъ, помѣщая на приѣмной станціи батарею аккумуляторовъ, достаточную для того, чтобы сообщить индукторамъ двигателя необходимое начальное намагнитченіе и вызвать движеніе обѣихъ машинъ этой станціи. Какъ только динамомашина, служащая для возбужденія достигла нормальной скорости, ея цѣпь замыкають черезъ обмотку индукторовъ двигателя.

Марсель Дебре придумалъ другое рѣшеніе того же вопроса. Въ началѣ токъ, получаемый на генераторной станціи, посылается одновременно въ индукторы и въ катушку двигателя, не имѣющаго никакой нагрузки кромѣ своего возбуждителя.

Получаемая скорость достаточна, чтобы этотъ послѣдній началъ давать токъ, пропускаемый черезъ особый реостатъ. Какъ только это случится, соединеніе цѣпей мѣняють и электродвигатель можно постепенно нагружать.

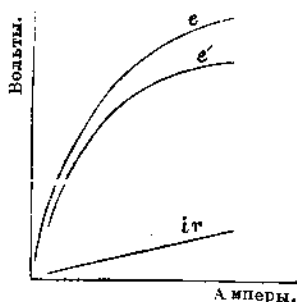
Вмѣсто того, чтобы примѣнять независимое возбужденіе, проще пользоваться двумя динамомашинами съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ. Въ этомъ случаѣ пусканіе машинъ въ ходъ не представляетъ никакихъ затрудненій. Каппъ \*) нашелъ, что при этомъ способѣ передачи возможно автоматическое регулированіе скорости двигателя и генератора. Пусть  $oe$  (фиг. 356) будетъ полная характеристика генератора, вращающагося съ постоянной скоростью, а  $oe'$  — полная характеристика двигателя, тоже имѣющаго постоянную скорость. Если начать отъ оси абсциссъ откладывать длины, равныя разности ординатъ обѣихъ кривыхъ, соответствующихъ одной и той же абсциссѣ, то получается линія  $or$ , которая вообще мало отличается отъ прямой, по крайней мѣрѣ въ нѣкоторой своей части. Можно, впрочемъ, получить и совершенно прямую линію, если вычислить двигатель такъ чтобы разности между ординатами его характеристики и ординатами характеристики генератора росли бы въ постоянномъ отношеніи. Если выбирать скорости динамомашинъ таковыми, чтобы угловой коэффициентъ полученной прямой былъ равенъ полному сопротивленію всей передаточной цѣпи, мѣняая, въ случаѣ надобности, это сопротивленіе такъ, чтобы этотъ результатъ могъ бы

---

Капп, *Electric transmission of energy* (русскій переводъ Д. Голова).

быть достигнуто, то двигатель будетъ вращаться съ постоянной скоростью все время, пока не будетъ мѣняться скорость генератора. Дѣйствительно, какова бы ни была сила тока, разность между первичной электродвижущей силой и падениемъ напряженія  $i r$  даетъ одну изъ величинъ  $e'$  нижней характеристики. Отсюда слѣдуетъ, что въ двигателѣ будутъ развиваться обратныя электродвижущія силы, соотвѣтствующія постоянной скорости. Сила усиливающагося тока будетъ мѣняться въ зависимости отъ нагрузки двигателя. Примѣняя этотъ способъ, Броуну удалось уменьшить разность между скоростями двигателя при полной нагрузкѣ и безъ нагрузки до 2%.

Если машины возбуждаются инымъ способомъ, то условія



Фиг. 356.

дѣйствія передачи опредѣляются въ зависимости отъ различныхъ свойствъ, сообщаемыхъ генераторамъ и двигателямъ различными видами обмотокъ.

При примѣненіи высокихъ напряженій помѣщать обмотку индукторовъ въ отвѣтвленіи совѣтовать нельзя, такъ какъ это ведетъ къ употребленію весьма тонкой проволоки, значительно увеличивающей стоимость машины. Кромѣ того, дѣйствіе самоиндукціи въ подобныхъ случаяхъ вызываетъ экстра-токи, могущіе легко повредить изолировку машинъ.

Способъ обмотки приходится выбирать съ осторожностью, принимая во вниманіе фактъ, что при передачѣ энергіи помощью двухъ машинъ производительность генератора обыкновенно ограничена, тогда какъ при распредѣленіи значительнаго количества энергіи, гдѣ генераторы сравнительно съ



двигателями очень сильны, можно производительность генераторовъ считать почти неограниченной.

Каппъ приводитъ по этому поводу весьма поучительный примѣръ. Онъ думалъ получить постоянную скорость въ двигательѣ, снабжая его индукторы отвѣтственной обмоткой и питая двигатель токомъ постоянного напряженія, доставляемаго гиперкомпаундной динамомашиной, въ которой преобладающее дѣйствіе имѣла послѣдовательная обмотка. Въмѣсто равномернаго хода съ постоянною скоростью Каппъ, получилъ постоянныя остановки и измѣненія направленія вращенія, сопровождавшіяся снопами искръ у коллекторовъ обѣихъ машинъ. Вотъ что происходитъ въ этомъ случаѣ: двигатель, соединенный съ генераторомъ, поглощаетъ въ моментъ пуска въ ходъ токъ, сила котораго значительно выше нормальной, и поэтому его индукторы возбуждаются весьма слабо. Изъ этого слѣдуетъ, что арматура двигателя имѣетъ время достичь гораздо большей скорости, чѣмъ скорость режима, пока индукторы не будутъ вполне возбуждены. Дѣйствительно, мы имѣемъ

$$N = \frac{E - ir}{n N} \quad (\S \ 571).$$

Но наступаетъ моментъ, въ который,

вслѣдствіе увеличенія обратной электродвижущей силы  $e$  въ двигательѣ, индукторы намагнитятся сразу. Величина  $e$  станетъ такимъ образомъ больше, чѣмъ электродвижущая сила генератора, и направленіе тока въ цѣпи переменится. Такъ какъ послѣдовательная обмотка въ генераторѣ преобладаетъ, то въ немъ мѣняются полюсы и черезъ двигатель начнетъ проходить токъ обратнаго направленія. Двигатель остановится и начнетъ вращаться въ обратную сторону, пока его индукторы не потеряютъ весь магнетизмъ. Тогда произойдетъ новая остановка, затѣмъ быстрое вращеніе въ нормальную сторону, пока арматура не достигнетъ скорости, достаточной для того, чтобы переменилось направленіе тока. Эти перемены направленія не происходили бы, если бы начальное сопротивленіе, препятствующее вращенію двигателя, было бы достаточно, или если бы отвѣтственная обмотка генератора имѣла бы преобладающее дѣйствіе. Авторъ этой книги наблюдалъ подобныя же явленія, употребляя генераторъ съ послѣдовательною обмоткой, а двигатель, съ параллельною.

Вмѣсто того, чтобы для передачи энергіи на разстояніе пользоваться двумя динамомашинами, полезно, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, увеличивать число этихъ машинъ, чтобы уменьшить вѣроятность полнаго прекращенія дѣйствія. Можно примѣнить способы группировки машинъ, уже описанные, изъ которыхъ наиболѣе характеристичны слѣдующіе.

Нѣсколько генераторовъ съ параллельнымъ или независимымъ возбужденіемъ соединяются параллельно и возбужденіе ихъ регулируется такъ, чтобы въ концѣ линіи была постоянная разность потенціаловъ. Двигатели тоже соединяются параллельно.

Для передачъ на дальнія разстоянія лучше соединять нѣсколько генераторовъ послѣдовательно. Двигатели соединяются на пріемной станціи такимъ же образомъ. Такимъ способомъ легко поддерживать электродвижущія силы машинъ въ предѣлахъ, для которыхъ постройка ихъ не затруднительна. Напримѣръ, Фонтенъ, соединяя послѣдовательно машины въ 1500 вольтъ, постройка которыхъ не представляетъ никакихъ затрудненій, получилъ общее напряженіе въ 6000 вольтъ.

При системѣ параллельнаго соединенія, наоборотъ, каждый генераторъ долженъ развивать полную электродвижущую силу. Но мы знаемъ, что коллекторы типа Грамма плохо служатъ при напряженіяхъ выше 2000 вольтъ, при которыхъ между щетками часто появляются цѣлые снопы искръ.

**592. Примѣненіе машинъ переменнаго тока.** Благодаря постояннымъ усовершенствованіямъ въ устройствѣ двигателей переменнаго тока, стало выгоднымъ примѣнять ихъ для передачи энергіи на большія разстоянія, такъ какъ употреблять высокія напряженія съ ними гораздо удобнѣе, чѣмъ съ машинами постоянного тока.

Машины переменнаго тока отличаются простотой ихъ коллекторовъ, которые меньше подвергаются опасности быть испорченными при высокихъ напряженіяхъ, чѣмъ коллекторы динамомашинъ постоянного тока. Въ нѣкоторыхъ многофазныхъ двигателяхъ возможно даже вовсе обойтись безъ коллектора. Обыкновенные альтернаторы позволяютъ достичь

абсолютной синхроничности хода обѣихъ соединенныхъ машинъ. Наконецъ, примѣняя трансформаторы, можно простымъ способомъ понижать напряженіе тока на приѣмной станціи если двигатель находится въ рукахъ малоопытныхъ лицъ.

Благодаря высокой отдачѣ трансформаторовъ, можно, не уменьшая сколько-нибудь значительно полезное дѣйствіе передачи, примѣнять двойное преобразование. Генераторъ питаетъ токомъ низкаго напряженія трансформаторъ, дающій токъ высокаго напряженія, нужный для лучшей утилизациі проводовъ. На приѣмной станціи второй трансформаторъ понижаетъ напряженіе тока до требуемыхъ предѣловъ. Такого рода комбинація имѣетъ то преимущество, что она допускаетъ употребленіе машинъ низкаго потенціала, обращеніе съ которой безопасно, а устройство не дорого. Такія машины, кромѣ того, имѣютъ болѣе высокую отдачу, чѣмъ машины высокаго потенціала, такъ какъ изолирующія вещества занимаютъ въ нихъ гораздо меньше мѣста. Если токи высокаго напряженія будутъ допущены только въ линіи, то нѣтъ никакихъ основаній не употреблять очень высокихъ потенціаловъ, такъ какъ съ точки зрѣнія опасности и трудности изоляціи нѣтъ особой разницы между напряженіями, напримѣръ, въ 2000 вольтъ и въ 10000 вольтъ. Слѣдовательно, двойное преобразование тока позволяетъ дѣлать весьма большую экономію на мѣди въ проводахъ. Относительно сравнительной стоимости проводовъ при примѣненіи различныхъ многофазныхъ токовъ и особенно относительно преимуществъ трехфазныхъ токовъ передъ токами одно и двухфазными, см. § 503.

**593. Распределеніе механической энергіи.** Въ предыдущихъ разсужденіяхъ мы предположили, что генераторы и двигатели сосредоточены на двухъ различныхъ станціяхъ, причемъ первые приводятся въ движеніе двигательной силой, находящейся на извѣстномъ разстояніи отъ мѣста, гдѣ пользуются энергіей; доставляемой двигателями.

Но существуютъ случаи, когда изъ одной генераторной станціи приходится распределять энергію между цѣлымъ рядомъ электродвигателей и лампъ, сосредоточенныхъ на меньшемъ или большемъ протяженіи.

Подобный случай можетъ встрѣтиться, напримѣръ, когда

вблизи города существует водопадъ, которымъ желаютъ воспользоваться для полученія двигательной энергіи и для полученія свѣта, или когда на заводѣ желаютъ сосредоточить двигательную силу только въ одномъ отдѣленіи, въ которомъ получаютъ электрическую энергію, достаточную для питанія двигателей и источниковъ свѣта. Мы здѣсь точно перечислимъ рѣшенія, которыя можетъ имѣть задача, такъ какъ детали уже сообщены при изложеніи общихъ принциповъ въ предыдущихъ главахъ.

Если центръ производства находится не очень далеко отъ мѣста утилизациі энергіи, то самымъ простымъ рѣшеніемъ будетъ распределеніе при помощи параллельнаго соединенія приемниковъ. Но если разстояніе это велико, то, съ цѣлью удешевить провода, приходится прибѣгать къ токамъ высокаго напряженія, которые могутъ быть допущены только на особыхъ станціяхъ, имѣющихъ уже опытный персоналъ служащихъ. Слѣдовательно, электрическую энергію необходимо преобразовать. Мы знаемъ, что употребленіе трансформаторовъ постоянного или переменнаго тока или аккумуляторовъ даетъ возможность сдѣлать это преобразование. Примѣненіе аккумуляторовъ, соединяемыхъ при заряданіи послѣдовательно и при разряданіи параллельно, имѣетъ преимущество допускать постоянное запасаніе энергіи и удобную регулировку расходаемаго тока; этимъ не слѣдуетъ пренебрегать, когда приходится пользоваться измѣняющимися двигательными силами. Къ сожалѣнію, въ настоящее время высокая цѣна аккумуляторовъ препятствуетъ ихъ распространенію. Поэтому въ настоящее время электрики предпочитаютъ для большихъ разстояній примѣнять переменные токи.

Что касается наиболѣе пригодной системы обмотки двигателей постоянного тока, то при выборѣ этой системы слѣдуетъ сообразоваться съ системой распределенія и съ работой, для которой предназначаются двигатели. Чаше всего распределеніе совершается помощью параллельнаго соединенія приемниковъ. Мы видѣли, что двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, отличающіеся простотой устройства и значительнымъ моментомъ вращенія при началѣ движенія, годятся только въ томъ случаѣ, когда нагрузка не понижается ниже

извѣстнаго предѣла. Конечно, въ случаѣ, если надзоръ за двигателемъ порученъ особому лицу, то нѣтъ опасности, чтобы его скорость увеличилась до опасныхъ предѣловъ, и въ этомъ случаѣ двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ могутъ быть примѣнимы при наиболѣе измѣнчивыхъ нагрузкахъ. Двигатель съ параллельнымъ возбужденіемъ въ большинствѣ случаевъ самъ автоматически регулируетъ свою скорость въ достаточной степени. Но эти двигатели имѣютъ при высокихъ напряженіяхъ неудобство требовать для обмотки индукторовъ очень тонкихъ проволокъ, что увеличиваетъ стоимость машины и вѣроятность порчи машины экстратоками. Наконецъ, смѣшанное возбужденіе съ помогающими другъ другу обмотками позволяетъ соединить достоинства обѣихъ предыдущихъ системъ, тогда какъ возбужденіе при помощи дифференціальной обмотки позволяетъ достигъ абсолютно точнаго регулированія скорости.

Многофазные двигатели переменнаго тока позволяютъ легко понижать напряжение въ распределительной сѣти. Кромѣ того, они позволяютъ не имѣть въ небольшихъ двигателяхъ коллекторовъ и тѣмъ настолько уменьшить ихъ стоимость, что явится возможность снабжать въ мастерскихъ всякій станокъ особымъ двигателемъ, уничтоживъ всѣ трансмиссіи, тренія частей которыхъ поглощаютъ большое количество энергіи. Чтобы имѣть возможность мѣнять скорость двигателя въ зависимости отъ сорта работы станковъ, можно имѣть нѣсколько генераторовъ съ различнымъ числомъ періодовъ въ секунду и соединять двигатели съ тѣмъ изъ генераторовъ, который даетъ наиболѣе подходящую скорость. Распределение помощью переменныхъ токовъ позволяетъ питать непосредственно двигатели, расположенные на станціи, токами высокаго напряженія и уменьшать напряжение токовъ, питающихъ двигатели и лампы, помѣщенные у абонентовъ, посредствомъ трансформаторовъ.

## ПРИМѢНЕНІЯ.

**594. Проектированіе.** Съ цѣлью примѣнить формулы, выведенныя въ § 590, предположимъ, что требуется передать энергію въ 50 силъ на разстояніи 10 километровъ при помощи

двухъ динамомашинъ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, причемъ наибольшее напряженіе въ нихъ не должно превышать 2000 вольтъ; провода должны быть воздушные; на погашеніе и на проценты со стоимости проводовъ положено  $7\frac{1}{2}\%$ . Положимъ, что бронза, удѣльное сопротивление которой 2 микромъ-сантиметра при  $0^\circ \text{ Ц.}$ , въ видѣ толстыхъ проволокъ стоитъ 3 фр. за килограммъ и что годовая цѣна электрическаго киловатта равна 240 фр., что при 2000 часахъ работы составитъ 0,12 фр. за киловаттъ-часъ. Это стоимость киловаттъ-часа, доставляемаго паровой машиной среднихъ размѣровъ, при цѣнѣ топлива въ 20 фр. за тонну.

Въ динамомашинѣхъ требуемой для данного случая работоспособности отношеніе полного количества электрической энергіи къ расходуемому количеству механической энергіи мѣняется отъ 0,90 до 0,97. Мы примемъ это отношеніе для генератора равнымъ 0,94, для двигателя же отношеніе количества потребляемой электрической энергіи къ работѣ, которую онъ можетъ произвести, примемъ равнымъ 0,92, причемъ предположимъ, что размѣры обѣихъ машинъ одинаковы, только скорость двигателя меньше.

Количество электрической энергіи, которое долженъ развить генераторъ, равняется \*):

$$50 \times 736 \times 0,94 = 34600 \text{ ваттъ.}$$

Сила тока будетъ:

$$i = \frac{34600}{2000} = 17,3 \text{ ампера.}$$

Правило Кельвина (§ 475) даетъ при нашихъ данныхъ плотность тока:

$$\delta = \sqrt{\frac{na}{p\rho t}} = \sqrt{\frac{0,027 \times 0,075}{\frac{0,12}{1000} \times 2 \times 10^{-6} \times 2000}} = 65 \text{ амп. на кв. сант.}$$

Для тока въ 17,3 ампера сѣченіе проводниковъ будетъ:

$$\frac{17,3}{65} = 0,266 \text{ кв. сант.,}$$

\*) Всѣ вычисленія сдѣланы при помощи счетной линейки.

а діаметръ ихъ

$$\sqrt{\frac{0,266 \times 4}{3,14}} = 0,583 \text{ сант.}$$

Сопротивленіе двойной линіи въ 10 километровъ, т. е. 20 километровъ такихъ проводниковъ, будетъ около 15 омовъ.

Предполагая, что внутреннее сопротивленіе каждой динамомашины приблизительно равняется 5 омамъ, мы для полного сопротивленія цѣпи получимъ цифру

$$R = 25 \text{ омовъ.}$$

Паденіе напряженія въ цѣпи будетъ:

$$25 \times 17,13 = 433 \text{ вольта,}$$

а обратная электродвижущая сила

$$2000 - 433 = 1567 \text{ вольта.}$$

При этихъ условіяхъ электрическая отдача передачи будетъ

$$\eta = \frac{1567}{2000} = 0,785,$$

а отдача промышленная

$$0,785 \times 0,92 \times 0,94 = 0,678.$$

Промышленная отдача генератора равна

$$\frac{[2000 - (17,3 \times 5)] 17,3}{36800} = 0,90.$$

Мы увидимъ далѣе, что на практикѣ, въ Кригштеттенѣ, получились лучшіе результаты. Если стоимость двигательной силы болѣе 240 фр. за киловаттъ, то приходится употреблять болѣе толстые провода, что улучшаетъ отдачу.

*Приблизительная стоимость подобной передачи.*

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| Двѣ динамомашины въ 35 киловаттовъ, по                     |           |
| 200 франковъ за киловаттъ, считая и аксессуары             | 14000 фр. |
| Бронзы $0,266 \times 2000 \times 8,9 = 4730$ килограммовъ, |           |
| по 3 фр. за килограммъ . . . . .                           | 14190 „   |
| Столбы, изоляторы и пр. . . . .                            | 3000 „    |
| Всего . . .                                                | 31190 фр. |

Эта сумма представляет стоимость электрическаго матерьяла для передачи полезной работоспособности въ

$$50 + 0,678 = 33,9 \text{ силъ,}$$

т. е. приблизительно по 922 франка на силу.

**595. Постепенное распространение передачи двигательной силы посредствомъ электричества.** Первая публичная демонстрація электрической передачи была сдѣлана при помощи двухъ машинъ Грамма на Вѣнской выставкѣ 1876 года Инполитомъ Фонтеномъ. Съ тѣхъ поръ компанія Грамма выполнила цѣлый рядъ различныхъ установокъ для передачи и распределенія двигательной силы посредствомъ электричества, увеличивая разстоянія, на которыя эта передача совершается, по мѣрѣ усовершенствованія машинъ и пониженія ихъ цѣны, позволяющихъ удовлетворять какъ техническимъ, такъ и экономическимъ требованіямъ \*).

Марсель Депре, занявшійся въ 1880 году вопросомъ объ электрической передачѣ энергіи, ясно указалъ на необходимость прибѣгать къ большимъ электродвижущимъ силамъ, чтобы возможно было совершать передачу на сколько-нибудь значительныя разстоянія.

Депре сдѣлалъ рядъ опытовъ передачи силы на большія разстоянія, приобрѣвшихъ большую извѣстность, которые, если не дали всѣхъ результатовъ, ожидавшихся отъ нихъ, то все-таки привлекли вниманіе общества на столь важную задачу.

Послѣ многихъ опытовъ, имѣвшихъ мѣсто въ Мюнхенѣ (1882), Парижѣ (1883) и Греноблѣ (1883), Депре началъ въ 1885 г. свои опыты на линіи въ 56 километровъ длиною, состоявшей изъ изолированныхъ проволокъ въ 5 мил. въ діаметрѣ, проведенной между Парижемъ и Крейлемъ. Сопротивленіе двойнаго провода равнялось 100 омамъ, къ которымъ прибавлялось 34,5 ома, составлявшихъ сопротивленіе динамомашинъ. Эти машины возбуждались отдѣльной машиной, какъ мы видѣли въ § 591. Размѣры динамомашинъ были различны, но обѣ были многополюсныя. Скорость вращенія гене-

\*) Н. Fontaine, *Transmissions électriques*. Paris—Baudry.



ратора была 170 оборотовъ въ минуту, а скорость двигателя 277 оборотовъ. Генераторъ давалъ электродвижущую силу въ 6000 вольтъ. Это было высшее напряженіе, которое до того времени удавалось получить при помощи динамомашинъ. Сила тока равнялась приблизительно 10 амперамъ. Изъ энергіи въ 116 силъ, затрачивавшейся на генераторной станціи, на приемной получали приблизительно 52 силы, т. е. промышленная отдача всей системы равнялась 45%.

Въ 1886 году И. Фонтенъ устроилъ при помощи динамомашинъ Грамма обыкновеннаго типа, соединенныхъ послѣдовательно, передачу силы черезъ линію, виѣшнее сопротивление которой приблизительно равнялось сопротивленію предыдущей. Четыре динамомашинны съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, соединенныя послѣдовательно, приводились въ движеніе общимъ передаточнымъ валомъ, при помощи трущихся колесъ. Эти машины были черезъ искусственное сопротивление въ 100 омовъ соединены съ тремя двигателями, совершенно подобными генераторамъ, рси которыхъ были соединены муфтами.

Общее напряженіе, развиваемое генераторомъ при 1200 оборотахъ въ минуту, было 5900 вольтъ, сила же тока не превосходила 9,5 ампера. Отдача, при передачѣ 50 силъ, превосходила 52%. Всѣ машинъ, который при опытахъ между Парижемъ и Крейлемъ достигалъ громадной цифры 70 тоннъ, въ опытахъ Фонтена былъ лишь 8,4 тонны.

Самый замѣчательный опытъ электрической передачи на дальнія разстоянія былъ сдѣланъ на Франкфуртской выставкѣ 1891 года между Франкфуртомъ и Лауффеномъ, находящимися другъ отъ друга на разстояніи 175 километровъ. Водопадъ въ 1500 силъ, изъ которыхъ 300 утилизировались при помощи турбины, служилъ въ Лауффенѣ для вращенія трехфазнаго генератора системы Эрликонъ (§ 449). Напряженіе тока въ 50 вольтъ, развиваемое машиной, при помощи трансформатора съ тремя цѣпями, погруженнаго въ масло, повышалось до 25000 вольтъ. Линія состояла изъ трехъ бронзовыхъ проволокъ въ 4 мм. въ діаметрѣ, укрѣпленныхъ на изоляторахъ. На приемной станціи второй трансформаторъ понижалъ напряженіе до 50 вольтъ и этимъ токомъ можно было уже питать

безразлично лампы или трехфазные двигатели. Отдача системы при употреблении двигателя Добровольскаго достигла 75%.

**596. Промышленные примѣненія.** Первые опыты, имѣвшіе главнымъ образомъ теоретическій интересъ, послужили точкой отправленія для промышленныхъ примѣненій, особенно въ тѣхъ странахъ, гдѣ существуетъ много водопадовъ и т. п., напримѣръ въ Швейцаріи. Общество Эрликонъ устроило въ 1888 году между Кригштеттеномъ и Солеромъ, на разстояніи 8 километровъ электрическую передачу для утилизаціи водопада, находящагося въ Солерѣ, работоспособность котораго мѣняется отъ 30 до 50 силъ. Эта установка очень интересна какъ по достигнутымъ результатамъ, такъ и по весьма точнымъ измѣреніямъ, которыя были сдѣланы на ней комиссіей подъ предсѣдательствомъ проф. Ф. Вебера.

Въ Кригштеттенѣ двѣ соединенныя послѣдовательно динамомашинны Броуна съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ приводятся въ движеніе гидравлическими турбинами. Эти машины соединены тремя мѣдными проводами въ 6 мил. въ діаметрѣ съ двумя подобными же динамомашинами, но нѣсколько меньшихъ размѣровъ, установленными въ Солерѣ на заводѣ, который непосредственно утилизируетъ получаемую энергію. Трехпроводная система позволяетъ уменьшать напряженіе у зажимовъ каждой машины и не прерывать дѣйствія установки, въ случаѣ порчи одной изъ динамомашинъ. Линія идетъ на столбахъ, снабженныхъ изоляторами Джемсона и Филиппса (§ 518). Каждый изъ трехъ проводовъ, имѣющихъ сопротивленіе въ 4,5 ома, изолированъ практически вполне совершенно. Каждая изъ динамомашинъ-генераторовъ при 700 оборотахъ можетъ развивать электродвижущую силу въ 1250 вольтъ и токъ въ 18 амперъ. Промышленная отдача этихъ машинъ равняется 88%. Общее сопротивленіе обоихъ генераторовъ—7,25 ома, сопротивленіе же двигателей—7,06 ома.

Электродвижущая сила, развивавшаяся при испытаніяхъ двумя соединенными послѣдовательно генераторами, была 2128 вольтъ, двигателями—1896 вольтъ. Слѣдовательно, электрическая отдача была 89%. Сила тока—9,78 амперъ. Количество механической энергіи, доставлявшееся турбинами,

было 30,85 силъ; количество же энергіи, измѣренное нажимомъ на оси двигателей, было 23,05 силъ. Слѣдовательно, промышленная отдача была 74,7%.

Другая установка для электрической передачи энергіи существуетъ около озера Четырехъ Кантоновъ. Водопадъ въ 60 силъ на рѣкѣ Аа утилизируется для движенія канатной желѣзной дороги, находящейся отъ него на разстояніи 4 километровъ. Эта дорога соединяетъ берегъ озера съ Бургенштокомъ, лежащимъ на 400 метровъ выше.

По вечерамъ тѣ же машины служатъ для освѣщенія отеля въ Бургенштотѣ, на что тратится около 30 силъ. Наконецъ, въ промежуткахъ между поѣздами токъ употребляется для поднятія изъ озера воды для надобностей отеля.

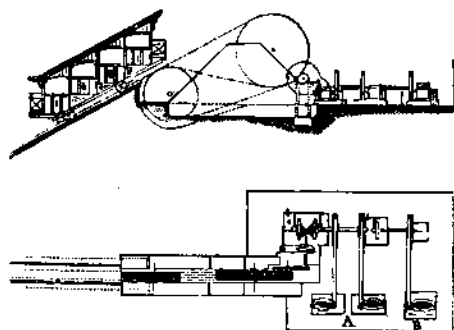
Электрическая энергія, требуемая для всего этого, доставляется двумя динамомашинами Тюри съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, соединенными послѣдовательно. Каждая изъ машинъ при 750 оборотахъ даетъ 20 полезныхъ киловаттовъ, имѣя промышленную отдачу въ 90%. Воздушная канализація, состоящая изъ трехъ мѣдныхъ проводовъ въ 4,5 мм. въ діаметрѣ, соединяетъ гидравлическую станцію съ Бургенштокомъ и проводитъ токъ въ 20 амперъ, производимый генераторами.

Длина желѣзнаго пути равняется 936 метрамъ, при среднемъ уклонѣ въ 53 сотыхъ. Два вагона соединяются кабелемъ, наматываемымъ въ верхней части наклонной плоскости на два барабана (фиг. 357). Двигатели должны развивать усиліе, равное разности натяженій ведущаго и ведомаго концовъ кабеля, увеличенной на величину тренія. Верхній барабанъ приводится въ движеніе механизмомъ, изображеннымъ въ планѣ и въ разрѣзѣ. Скорость движенія регулируется тормазомъ, помѣщеннымъ на оси барабана. Система коническихъ сцепляющихся колесъ позволяетъ мѣнять направленіе вращенія барабана, не мѣняя направленія вращенія двигателей. Третья динамомашина, изображенная на планѣ, служитъ для вечерняго освѣщенія отеля.

Въ Швейцаріи есть нѣсколько установокъ для передачи при помощи телединамическихъ кабелей, имѣющихъ отличную отдачу. Но трудности, встрѣчаемыя при распредѣленіи пере-

даваемой такимъ образомъ энергіи между разсѣянными по разнымъ мѣстамъ двигателями, и быстрая порча кабелей, особенно при дурной погодѣ, заставляютъ предпочитать этого рода передачѣ передачу электрическую.

Лауффенская установка, служившая для демонстраціи электрической передачи энергіи во время Франкфуртской выставки, примѣнена теперь для освѣщенія и распределенія механической энергіи въ Гейлбронѣ, расположенномъ въ 11 километрахъ отъ Лауффена. Генераторъ въ 300 силъ даетъ токъ съ 40 періодами въ секунду въ 4000 амперъ при 50 вольтахъ. Трансформаторъ (не погруженный въ масло) повышаетъ напряжение до 5000 вольтъ. Линія состоитъ изъ трехъ мѣдныхъ



Фиг. 357.

проводниковъ въ 6 мил. въ діаметрѣ, проложенныхъ на масляныхъ изоляторахъ по столбамъ, высота которыхъ внѣ жилыхъ мѣстъ равняется 8 метрамъ, въ жилыхъ же мѣстахъ 14 метрамъ. При входѣ въ Гейлбронъ новый трансформаторъ понижаетъ напряжение до 1500 вольтъ. Отъ этого трансформатора идутъ вѣтви, образуемая трехпроводнымъ концентрическимъ кабелемъ, питающимъ вспомогательныя станціи, на которыхъ помѣщены трансформаторы, понижающіе разность потенциаловъ до 100 вольтъ. Токъ доставляется къ лампамъ въ большихъ установкахъ тремя проволоками. Въ установки же, гдѣ число лампъ мало, вводятся только двѣ проволоки. Не смотря на то, что нагрузку на всѣхъ трехъ проводахъ стараются уравнивать насколько возможно, все же иногда замѣ-

чаются измѣненія напряженія въ 3—4 вольта. Въ счетъ включены нѣсколько двигателей отъ  $\frac{1}{2}$  силы до 6 силъ. Сила поглощаемого ими тока почти не мѣняется, идутъ ли они безъ нагрузки или съ полной нагрузкой, но въ первомъ случаѣ разность фазъ достаточна, чтобы значительно уменьшить затрачиваемое количество энергій. Электродвигатели, работоспособность которыхъ превышаетъ 2 силы, снабжаются реостатомъ, чтобы при пусканіи въ ходъ двигатель не поглощалъ слишкомъ сильный токъ, отъ чего напряженіе въ цѣпи могло бы понизиться. Употребляемые счетчики—системы Арона.

**597. Примѣненія въ горному дѣлу.** Электрической передачѣ энергій предстоитъ оказать большія услуги въ горномъ дѣлѣ, такъ какъ одна и та же канализація можетъ служить и для освѣщенія работъ, и для всѣхъ цѣлей, требующихъ двигательной силы, напимѣръ для ломки минераловъ, ихъ извлеченія, перевозки, иногда для ихъ механической и электрохимической обработки, а также для вентиляціи. Сосредоточеніе производства двигательной силы въ одномъ мѣстѣ позволитъ пользоваться двигателями наиболѣе экономическимъ способомъ. Кромѣ того примѣненіе электричества позволяетъ пользоваться природными силами и иногда даетъ возможность эксплуатировать такія залежи, которыя пришлось бы оставить благодаря дороговизнѣ топлива.

До настоящаго времени для передачи энергій въ подземныхъ работахъ чаще всего служилъ сжатый воздухъ, при помощи котораго были прорыты большіе альпійскіе туннели. Но отдача воздушныхъ двигателей сравнительно невелика вследствие того, что воздуху нельзя давать слишкомъ расширяться, во избѣжаніе усиленнаго охлажденія. Правда, что подогреваніе воздуха и впусканіе пара (системы Корне и Поппа) позволяютъ улучшить отдачу, но эти способы требуютъ устройства особыхъ очаговъ, усложняютъ конструкцію двигателей и, поэтому, не могутъ быть примѣнимы въ горномъ дѣлѣ гдѣ машины должны быть просты и легко управляемы и гдѣ дымъ отъ очаговъ не можетъ быть терпимъ. Съ этой точки зрѣнія электрическіе двигатели удовлетворяютъ всѣмъ требованіямъ, такъ какъ ихъ отдача высока и такъ какъ ихъ можно сдѣ-

латъ саморегулирующимися, снабжая ихъ индукторы соотвѣтствующей обмоткой (§ 573). Кромѣ того канализація электрическаго тока можетъ быть легко устроена въ самыхъ извилистыхъ галлерейхъ, тогда какъ укладка негибкихъ трубъ для сжатого воздуха требуетъ дорогихъ работъ. Въ туннеляхъ свѣжій воздухъ, выходящій изъ воздушныхъ двигателей, не достаточенъ для того, чтобы можно было обойтись безъ особыхъ приспособленій для вентиляціи; при обыкновенныхъ же рудничныхъ работахъ количество воздуха, оставляемаго воздушными двигателями, еще меньше.

Благодаря сказаннымъ преимуществамъ электродвигателей, ихъ примѣненіе будетъ, конечно, все болѣе и болѣе распространяться при эксплуатаціи рудниковъ, въ которыхъ нѣтъ воспламеняющихся газовъ. Въ рудникахъ же, гдѣ есть взрывчатые газы, слѣдуетъ примѣнять двигатели безъ коллекторовъ, напимѣръ многофазные. Гульденъ при этихъ условіяхъ употребляетъ двигатели постоянного тока, окруженные со всѣхъ сторонъ металлической оболочкой, внутри которой находится весьма небольшой объемъ воздуха; оболочка снабжена отверстиями для вентиляціи, закрытыми сѣтками. Прерыватели и другіе приборы, могущіе давать искры, слѣдуетъ помѣщать въ герметически запертые коробки, черезъ стѣнки которыхъ проходятъ лишь стержни для рукоятокъ. Кромѣ того въ прерывателяхъ количество искръ уменьшается еще тѣмъ, что раньше полнаго прерыванія тока въ цѣпь включают прогрессивно увеличивающіяся сопротивления.

Въ рудникахъ, гдѣ есть взрывчатые газы, нельзя спаивать кабели, такъ какъ вносить туда паяльныя лампы невозможно. Поэтому приходится заранѣе вылуживать концы кабелей и зажимать ихъ въ особыхъ муфтахъ, которыя затѣмъ помѣщаются въ герметическія коробки. Такимъ образомъ при порчѣ соединенія искры, которыя могутъ произойти, не представляютъ опасности.

Аткинсонъ придумалъ для рудниковъ особый кабель, разрывъ котораго не вызываетъ искръ. Этотъ кабель состоитъ изъ двухъ проводовъ. Одинъ изъ нихъ, большаго сѣченія, помѣщается вокругъ изолированнаго центрального проводника меньшаго сѣченія, свернутаго спиралью. Если внѣшній про-

водникъ лопнётъ отъ натяженія, то токъ начнетъ проходить по центральной спирали, которая можетъ значительно растягиваться, и плавкій предохранитель на распределительной доскѣ расплавится раньше, чѣмъ этотъ проводъ порвется.

Чтобы способствовать распространенію такого рода электрической передачи энергіи, необходимо, чтобы конструкторы электрическихъ машинъ приняли на себя трудъ изучить машины, имѣющія приложенія въ горномъ дѣлѣ, и выработали типы ихъ, соотвѣтствующіе свойствамъ электродвигателей, скорость вращенія которыхъ обыкновенно велика. Такимъ образомъ уже выработаны типы перфораторовъ и другихъ приборовъ съ электродвигателями во Франціи Тавердономъ, въ Англіи — Блэкбурномъ, въ Соединенныхъ Штатахъ — Ванъ-Денеле и Эдисономъ, въ Бельгіи—Дюлэ.

Рамки настоящаго труда не позволяютъ намъ увеличить число примѣровъ приложенія электричества къ горному дѣлу \*). Мы ограничимся тѣмъ, что приведемъ здѣсь примѣръ, показывающій, насколько отдача увеличивается при замѣнѣ сжатого воздуха электричествомъ.

Въ угольныхъ копяхъ Saint-Jean въ Нормантонѣ (Англія), подземный насосъ, приводимый въ движеніе динамомашиной, поднимаетъ 530 латровъ воды въ минуту на высоту около 300 метровъ.

Генераторъ, дающій токъ въ 62 ампера при 603 вольтахъ, дѣлаетъ 450 оборотовъ въ минуту. Сопротивленіе соединительнаго кабеля 0,5 ома. Двигатель дѣлаетъ 450 оборотовъ въ минуту, а насосъ 25 оборотовъ.

Работа въ 73 силы, производимая движущей машиной, распределяется слѣдующимъ образомъ:

|                                                 |     |      |
|-------------------------------------------------|-----|------|
| Тренія въ движущей машинѣ. . . . .              | 6,9 | силъ |
| Потери на ременную передачу и въ генераторѣ . . | 4,8 | „    |
| Потери въ кабелѣ и двигателѣ. . . . .           | 6,7 | „    |

\*) См. Saladin, *Le matériel électrique dans les mines*, Bull. de la Soc. int. des Délectr. éeembre 1891.

Masson, *Revue universelle des mines*, 1892.

|                                                                                                                         |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| Потери на ременную передачу къ насосу, на передаточный валъ и въ насосѣ, когда онъ работаетъ, не подымая воды . . . . . | 10,2  | силъ. |
| Работа, идущая на поднятіе воды . . . . .                                                                               | 31,5  | „     |
| Потери отъ тренія воды въ подымающемся столбѣ и въ насосѣ. . . . .                                                      | 12,9  | „     |
|                                                                                                                         | <hr/> |       |
|                                                                                                                         | 73,0  | „     |

Значительная величина потери на треніе воды зависитъ отъ недостаточнаго діаметра трубъ. Не смотря на эти неблагоприятныя условія, все-таки отдача равняется  $\frac{31,5}{73,0}$  т. е. около 43%. Передача той же энергіи при помощи сжатого воздуха, которымъ она производилась раньше, имѣла наибольшую отдачу въ 14%.

На основаніи этихъ результатовъ всѣ приборы, работавшіе въ тѣхъ же копияхъ сжатымъ воздухомъ, были замѣнены электрическими.

**598. Электрическое распределеніе на заводахъ.** Передача посредствомъ ремней или кабелей даетъ на заводахъ хорошіе результаты, когда всѣ станки, которые она приводитъ въ движеніе, работаютъ. Но такъ какъ въ механическихъ мастерскихъ это случается рѣдко, то отдача рѣдко достигаетъ 50%, даже если передаточный валъ снабженъ муфтами, позволяющими изолировать части его, на которыхъ находятся шкивы, приводящіе въ движеніе станки. Люфкинъ, дѣлавшій измѣренія распределенія механической энергіи на многихъ американскихъ заводахъ, нашелъ, что въ среднемъ утилизируются только  $\frac{1}{3}$  всего количества энергіи, остальные же  $\frac{2}{3}$  теряются на передачу.

Значительный вѣсъ частей передачи, а также сотрясенія и натяженія ими причиняемая, заставляютъ употреблять очень массивныя балки, которыхъ можно избѣжать, если пользоваться электрической передачей. Движущая машина завода вращаетъ динамомашину, передающую движеніе посредствомъ кабелей въ электродвигатели, помѣщенные въ различныхъ мастерскихъ, которые уже приводятъ въ движеніе станки и машины или непосредственно, или при помощи передаточныхъ



валовъ, которые, благодаря значительной скорости вращенія, можно дѣлать очень легкими. Двигатели эти пускаютъ въ ходъ только когда нужно; они развиваютъ тогда усиліе пропорціональное сопротивленію и потребляютъ количество энергіи, пропорціональное совершаемой работѣ. Благодаря легкости, съ которой прокладываются электрическіе кабели, съѣтъ электродвигателей можно распространять на мастерскія, находящіяся очень далеко одна отъ другой, тогда какъ при механической передачѣ въ каждой изъ такихъ мастерскихъ потребовалась бы установка особой движущей машины. Сосредоточеніе всѣхъ движущихъ машинъ въ одномъ помѣщеніи значительно удешевляетъ уходъ за ними и уменьшаетъ расходъ на первое обзаведеніе.

Если нужно во что бы то ни стало избѣжать остановки завода, хотя бы и кратковременной, слѣдуетъ раздѣлить движущую силу на нѣсколько группъ, состоящихъ каждая изъ пароваго или другаго какого-нибудь двигателя и динамомашинъ.

Легкость электрическихъ двигателей дѣлаетъ возможнымъ перенесенія инструментовъ къ обрабатываемому предмету, если онъ очень тяжелъ. Напримѣръ, если надо просверлить отверстія въ листахъ котельнаго желѣза, то сверло и приводящій его во вращеніе двигатель можно прямо прикрѣпить къ массѣ желѣза при помощи электромагнита, которымъ снабжается двигатель. Рованъ устроилъ рядъ приборовъ, специально предназначенныхъ для этого рода работъ. Прибавимъ, что очень выгодно соединять распределеніе силы вмѣстѣ съ электрическимъ освѣщеніемъ, которое пригодно на всѣхъ сколько-нибудь большихъ заводахъ. Такого рода комбинація позволяетъ сдѣлать экономію на приборахъ и персоналѣ.

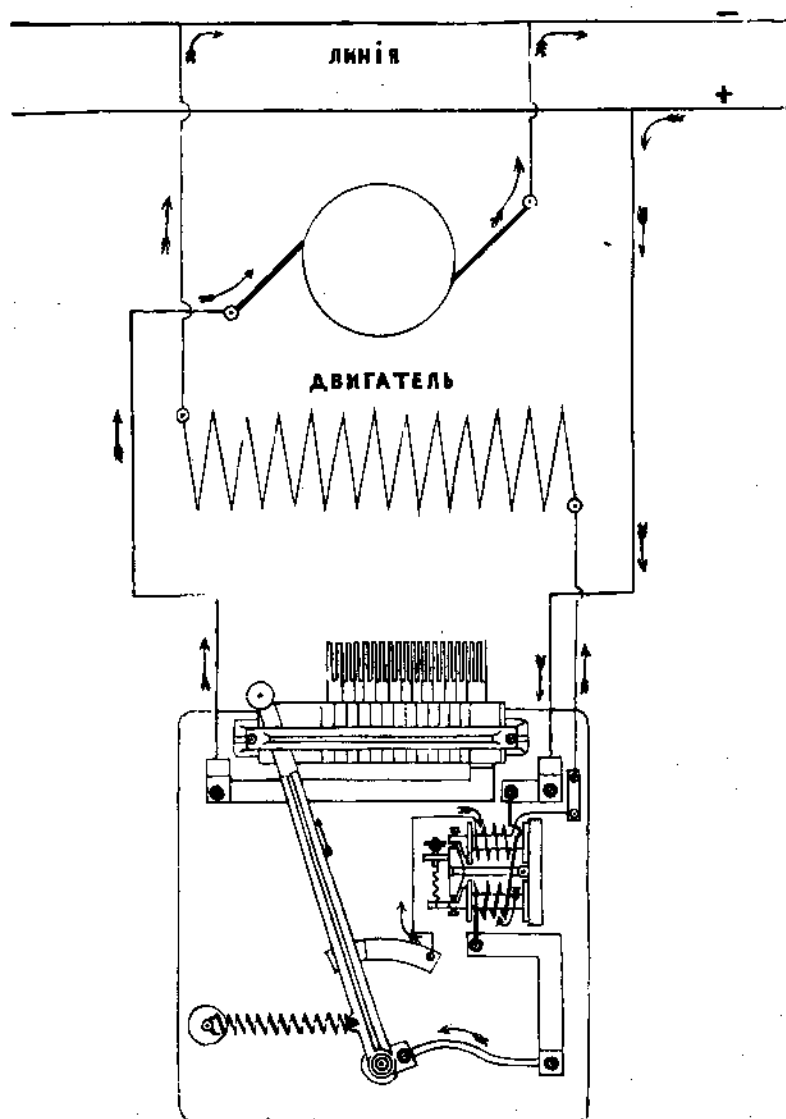
Въ настоящее время уже многіе заводы замѣнили обыкновенную механическую передачу электрической. Между ними назовемъ заводы *Discontin* въ Мюльгаузенѣ, орудіенный заводъ въ Рюеллѣ, мастерскія въ Бюирѣ и др.

Самое обширное примѣненіе этого рода передачи сдѣлано международной электрической компаніей на новомъ оружейномъ заводѣ въ Гершталѣ около Люттиха. Мы сообщимъ здѣсь нѣкоторыя подробности объ этой замѣчательной установкѣ.

Заводъ состоитъ изъ одного громаднаго зала, въ 1 гектаръ поверхностью, въ которомъ станки приводятся въ дѣйствіе девятью передаточными валами, поглощающими каждый 16 силъ. Кромѣ того въ отдѣльныхъ мастерскихъ устроены валы, требующіе отъ 4 до 40 силъ. Общій вѣсъ валовъ и ихъ подшипниковъ равенъ 50,000 килограммовъ. Кастермансъ, желавшій при составленіи проекта распредѣленія сосредоточить источники движущей силы въ одномъ помѣщеніи, получилъ нѣсколько предложеній устроить механическую передачу при помощи кабелей и ремней. Наныводнѣйшія изъ этихъ системъ требовали увеличенія вѣса валовъ и шкивовъ на 70,000 килогр., что вызвало бы необходимость значительно увеличивать толщину балокъ въ зданіяхъ. Кромѣ того, при механической передачѣ необходимо было бы расположить мастерскія въ опредѣленномъ порядкѣ и въ случаѣ расширенія завода пришлось бы дѣлать большія перестройки. Наконецъ, никто изъ конструкторовъ не могъ гарантировать опредѣленной величины отдачи.

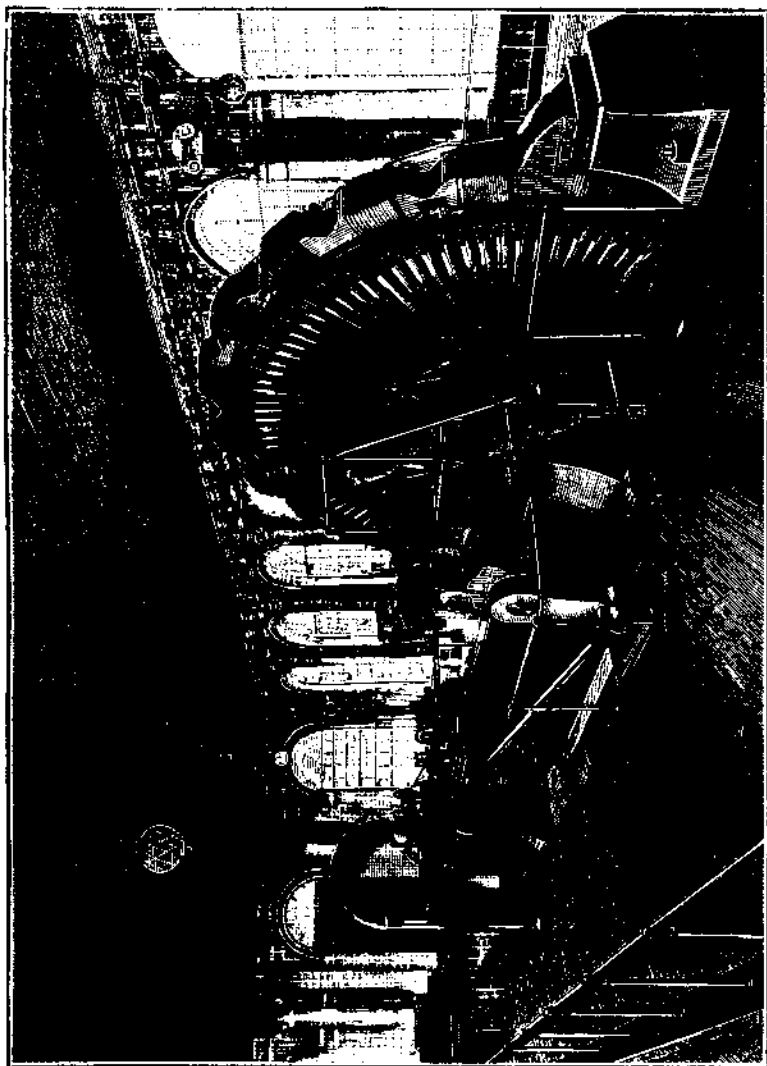
Международная электрическая компанія (Comp. Intern. de l'Electricité) предложила устроить электрическую передачу, комбинируя ее съ освѣщеніемъ и гарантируя среднюю отдачу въ 70%, т. е. гарантируя, что отношеніе количества энергіи, доставляемой генераторомъ, который приводится во вращеніе паровой машиной въ 500 силъ, къ количеству энергіи, доставляемому двигателями, будетъ 0,70. Съ точки зрѣнія стоимости установки этотъ способъ выдерживаетъ конкуренцію съ механическими, такъ какъ онъ позволяетъ значительно облегчить балки. Онъ позволяетъ легко расширять заводъ, такъ какъ всегда легко прибавить нѣсколько новыхъ электродвигателей, не трогая старыхъ. Это единственный способъ, который позволяетъ легко выключать трансмиссію и мѣнять ее скорость. Кромѣ того, онъ позволяетъ располагать мастерскія въ порядкѣ наиболѣе удобномъ для работъ, не заботясь о положеніи валовъ.

Но преимущества электрическаго способа передачи ярче всего выступаютъ при разсмотрѣніи той экономіи движущей силы, которую онъ доставляетъ. Допуская, что отдача механической передачи достигаетъ 70% при полной нагрузкѣ,



Фиг. 358.

цифра, которую не могъ гарантировать ни одинъ конструкторъ, все-таки отдача будетъ быстро уменьшаться при уменьшеніи усилія, такъ какъ потери, производимыя треніемъ, почти независимы отъ передаваемой работы. При употребленіи динамо-



Фиг. 359.

машинъ, наоборотъ, постоянна только величина потери въ индукторахъ, потеря же въ арматурахъ и кабеляхъ уменьшается при уменьшеніи нагрузки. Но отдача при неполной нагрузкѣ имѣетъ громадное значеніе. Опыты Мелотта не оставляютъ на этотъ счетъ никакого сомнѣнія \*). Измѣряя при помощи регистраторовъ Ришара количество энергіи, поглощаемое двигателями, онъ нашелъ, что для вала, поглощающаго въ среднемъ 7,3 силы, наблюдаются измѣненія нагрузки отъ 5 до 11 силъ.

Если въ ставкѣ произойдетъ какое-нибудь случайное увеличеніе преодолеваемого сопротивленія, то электрическій двигатель въ состояніи развить кратковременное усиліе на много превосходящее нормальное. Если же и этого усилія недостаточно, то автоматическій прерыватель размыкаетъ цѣпь, вводя предварительно въ него увеличивающіяся сопротивленія съ цѣлью избѣжать искръ на коммутаторѣ. При механической передачѣ въ этомъ случаѣ необходимо, чтобы соскочилъ ремень или сломалась какая нибудь часть трансмиссіи.

На фиг. 358 изображенъ реостатъ системы Пипера, употребляемый въ Гершталѣ для пусканія двигателей въ ходъ. Прежде всего въ арматуру двигателя, перемѣщая рычагъ, изображенный въ нижней части рисунка, посылаютъ токъ постепенно увеличивающейся силы. Перемѣщеніемъ рычага постепенно выключаются изъ цѣпи арматуры добавочныя металлическія сопротивленія, послѣ того какъ цѣпь индукторовъ будетъ замкнута. Въ концѣ своего пути онъ задерживается арматурой маленькаго электромагнита, по верхней катушкѣ котораго проходитъ отвѣтвленный токъ, а по нижней главный, почему она и имѣетъ болѣе слабое дѣйствіе.

При увеличеніи силы главнаго тока за нѣкоторый предѣлъ, благодаря тому, что двигателю придется преодолѣть исключительно большое сопротивленіе или, если случайно разомкнется цѣпь индукторовъ, дѣйствіе нижней катушки станетъ сильнѣе верхней и рычагъ освободясь начнетъ подъ дѣйствіемъ спиральной пружины перемѣщаться въ обратную сторону и

---

\*) Mélotte, *La Fabricue d' armes de guerre*, Revue universelle des Mines, 1892.

будетъ постепенно уменьшать силу тока, пока не разомкнетъ цѣпи.

Опытъ, сдѣланный въ Гершталѣ, увѣнчался полнымъ успѣхомъ. На фиг. 359 изображено помѣщеніе движущихъ машинъ. Когда составлялся провѣтъ электрической передачи, паровая машина была уже заказана. Это машина системы Корлисса въ 500 силъ, дѣлающая 66 оборотовъ въ минуту. Международной электрической компаніи пришлось устроить динамомашину совершенно особаго типа, которая могла бы работать при столь малой скорости. Арматура этой машины служить маховикомъ для пароваго двигателя. Индукторы, окружающіе арматуру, стальные. Въ мѣстахъ полюсовъ сдѣланы утонченія съ цѣлью уменьшить поперечные потоки.

Въ настоящее время на описанномъ заводѣ устанавливаютъ вторую паровую машину и вторую динамомашину, чтобы удовлетворить возрастающимъ требованіямъ двигательной силы. Такимъ образомъ исчезнутъ опасенія, которыя могло вызывать существованіе только одной пары машинъ.

Хотя установка въ Гершталѣ представляетъ несомнѣнно значительный шагъ впередъ и вызоветъ, конечно, устройство многихъ подобнаго рода установокъ, однако, можетъ явиться вопросъ, не лучше-ли пойти еще дальше и снабдить каждый станокъ своимъ двигателемъ. Мелоттъ нашелъ, что передаточные валы на оружейномъ заводѣ поглощаютъ все-таки 55% энергіи, доставляемой динамомашинами.

Благодаря усовершенствованіямъ въ постройкѣ электрическихъ машинъ, надо надѣяться, что будетъ возможно построить небольшіе двигатели съ настолько хорошей отдачей и за столь недорогую цѣну, что можно будетъ совершенно избѣжать общихъ трансмиссій. Уже въ настоящее время Сименсъ и Гальске примѣнили въ одной изъ своихъ мастерскихъ въ Шарлоттенбургѣ подобное устройство, снабдивъ каждый станокъ независимымъ двигателемъ. Напримѣръ, на токарныхъ станкахъ двигатель помѣщается на платформѣ, прикрѣпленной на шарнирахъ къ основанію станка, и приводитъ во вращеніе посредствомъ ремня промежуточную ось, тоже прикрѣпленную на шарнирахъ. Второй ремень вращаетъ шкивъ станка. Ремни натягиваются тяжестью двигателя и промежуточной оси. Си-

менсъ и Гальске нашли, что подобнаго рода установка стоитъ не дороже большихъ передаточныхъ валовъ со шкивами для станковъ. Отдача же лучше, такъ какъ станки нинюгда не вращаются безъ работы.

**599. Различныя примѣненія.** Вслѣдствіе значительнаго распространенія электрическихъ сѣтей, въ настоящее время электродвигатели стали примѣняться очень часто для приведенія въ дѣйствіе вентиляторовъ, швейныхъ машинъ, печатныхъ станковъ, подъемныхъ машинъ, станковъ въ маленькихъ мастерскихъ и т. п.

Въ Нью-Йоркѣ существуетъ паровая станція въ 700 силъ, устроенная Дафтомъ, которая исключительно питаетъ электрическіе двигатели, разбросанные по городу. Въ 1889 году въ Соединенныхъ Штатахъ считалось около 15,000 электродвигателей, примѣнявшихся для 200 слишкомъ видовъ промышленности.

Электрическіе двигатели болѣе удобны, чѣмъ всѣ остальные, благодаря ихъ небольшимъ размѣрамъ, сравнительной дешевизнѣ, легкости обращенія съ ними, ихъ автоматической регулировкѣ, ихъ чистотѣ, отсутствію дыма, запаха и жара. На броненосцахъ, гдѣ для передвиженія тяжелыхъ орудій и кабестановъ до сихъ поръ употреблялись паровые двигатели, начинаютъ замѣнять ихъ болѣе простыми и удобными электрическими.

**600. Различныя способы передачи механической энергіи.** Одна изъ задачъ инженера—это найти способъ передачи и распредѣленія энергіи. Съ точки зрѣнія общаго интереса было бы желательно видѣть примѣненными къ дѣлу громадныя природныя источники энергіи, которые природа даетъ въ распоряженіе человѣка.

Если оставить въ сторонѣ энергію вѣтра или энергію приливовъ, для пользованія которой пришлось бы устраивать слишкомъ дорогія приспособленія, все-таки останутся въ распоряженіи инженеровъ громадныя водопады, которые, будучи даже удалены отъ промышленныхъ центровъ, могутъ быть примѣнены къ дѣлу. Напримѣръ, знаменитый Ніагарскій

водопадъ обладаетъ работоспособностью болѣе чѣмъ въ семь милліоновъ паровыхъ силъ, которая теперь идетъ лишь на нагрѣваніе воды на  $\frac{1}{2}$  градуса Цельсія.

Въ настоящее время на Ніагарѣ устраиваютъ боковой каналъ, который будетъ давать 150000 силъ, предназначенныхъ для распредѣленія между сосѣдними городами, до Бюффало, находящагося на разстояніи 32 километровъ.

Въ горныхъ странахъ часто находятся залежи минераловъ, которые невозможно эксплуатировать благодаря трудности доставки и дороговизнѣ топлива. Но вблизи подобныхъ залежей часто находятся водопады, которые въ состояніи дать энергію, необходимую для разработки, перевозки, механической и даже иногда электрохимической обработки минераловъ. Въ другихъ случаяхъ водопады, расположенные вблизи населенныхъ мѣстъ, могли бы служить для освѣщенія улицъ и зданій и быть источникомъ двигательной силы.

Подобнаго рода примѣненія, особенно пригодныя для горныхъ странъ, будутъ несомнѣнно постоянно распространяться по мѣрѣ вздорожанія топлива. Но, конечно, долго еще придется ждать, пока промышленные центры перемѣстятся изъ странъ богатыхъ углемъ въ страны богатыхъ природными источниками энергіи; пока въ промышленныхъ центрахъ и городахъ имѣютъ будущность примѣненія совершенно иного вида. Напримѣръ въ городахъ постоянно растетъ потребность въ небольшихъ двигателяхъ и распредѣленіе механической энергіи, производимой экономически большой паровой машиной, составляетъ очень важную задачу. Маленькіе дешевые двигатели особенно способствуютъ распространенію такъ называемаго кустарнаго производства, столь способствующаго моральному развитію рабочихъ. Уже и теперь въ нѣкоторыхъ городахъ мелкія мастерскія группируются вокругъ какой-нибудь одной, имѣющей паровой двигатель, энергіей котораго онѣ пользуются.

Хотя это и не входитъ въ программу настоящаго курса, тѣмъ не менѣе, особый интересъ, представляемый различными способами передачи распредѣленія механической энергіи, заставляетъ насъ сказать о нихъ хоть нѣсколько словъ.

Въ настоящее время наиболѣе распространенными посред-



никами являются канаты, вода подь давленіемъ, сжатый воздухъ и свѣтильный газъ.

Канатная передача была установлена въ Швейцаріи между Шафгаузеномъ и Беллегардомъ, съ цѣлью воспользоваться водопадомъ. Турбины, установленныя внизу водопадовъ, собираютъ двигательную силу и передаютъ ее на сосѣдніе заводы при помощи безконечныхъ канатовъ. Шкивы, черезъ которые идутъ канаты, могутъ отстоять другъ отъ друга на 100 метровъ. Если разстояніе отъ завода до турбинъ больше, то устраиваютъ промежуточные шкивы, помѣщаемые на особенныхъ фундаментахъ.

Для небольшихъ разстояній канатная передача даетъ наибольшее полезное дѣйствіе. По даннымъ Циглера, полезное дѣйствіе такой передачи между двумя шкивами равняется 96%. Слѣдовательно, каждый промежуточный шкивъ причиняетъ потерю въ 4% всей передаваемой работы.

Но канаты очень неудобные посредники. Они очень скоро портятся, особенно при дурной погодѣ, и ихъ приходится возобновлять почти ежегодно. Кромѣ того, при ихъ помощи очень трудно распредѣлять силу и эта система приложима только въ случаѣ небольшихъ разстояній. Вслѣдствіе этихъ неудобствъ, въ настоящее время подобнаго рода установки, составлявшія долгое время гордость швейцарскихъ инженеровъ, дополняются электрическими.

Вода подь давленіемъ—болѣе удобный посредникъ, чѣмъ канаты. Ее употребляютъ съ большимъ успѣхомъ для приведенія въ движеніе машинъ въ нѣкоторыхъ портахъ и на нѣкоторыхъ заводахъ. Вода посредствомъ насосовъ накачивается въ резервуары, изъ которыхъ она по трубамъ идетъ въ гидравлическіе двигатели. Водопроводные резервуары въ нѣкоторыхъ городахъ тоже служатъ для приведенія въ движеніе маленькихъ двигателей. Отдача наилучшихъ гидравлическихъ двигателей не превосходитъ 70%. Эту цифру надо еще уменьшить на величину потери въ нагнетательныхъ насосахъ. Трѣніе въ трубахъ вызываетъ уменьшеніе давленія, бывающее при большой длинѣ канализаціи очень значительнымъ. Всѣ эти потери въ совокупности уменьшаютъ вастолько полезное дѣйствіе, что, исключая особые случаи, устраивать гидрав-

лическое распределение энергии можно только в городахъ, гдѣ вода идетъ затѣмъ на потребности жителей.

Сжатый воздухъ еще болѣе пригоденъ для передачи энергии, чѣмъ вода. Его часто употребляютъ при разработкѣ рудниковъ и при прорытіи туннелей. Воздухъ, выходящій изъ двигателей, въ этомъ случаѣ усиливаетъ вентиляцію, тогда какъ воду изъ водянныхъ двигателей пришлось бы еще отливать. Къ сожалѣнію, часть работы, затрачиваемой на сжатіе воздуха, теряется въ слѣдствіе его нагреванія. Съ другой стороны расширеніе воздуха въ двигателяхъ ограничивается его охлажденіемъ.

Отдача лучшихъ воздушныхъ компрессоровъ не превосходитъ 70%. Съ другой стороны, отдача воздушныхъ двигателей, даже если давать воздуху расширяться насколько возможно, наблюдая однако, чтобы трубы не заполнялись инеемъ, осаждающимся изъ воздуха, по опытамъ Кеннеди не превосходитъ 60%. Если считать, что на длинѣ въ 5 километровъ потеряется еще 15% благодаря тренію и утечкѣ воздуха черезъ мѣста соединеній трубъ, то величина отдачи всей системы не превзойдетъ 35%. На самомъ дѣлѣ, не смотря на долгій опытъ, передачи посредствомъ сжатого воздуха не даютъ въ среднемъ въ рудникахъ отдачи больше 20%. Въ Парижѣ сжатый воздухъ проводится по трубамъ, идущимъ большею частью въ сточныхъ каналахъ; поэтому мѣста соединеній трубъ, сдѣланныя очень тщательно, легко доступны для осмотра. Тѣмъ не менѣе утечка въ трубахъ достигаетъ 12% всего передаваемого количества воздуха. Такая утечка наблюдается въ большинствѣ газопроводовъ, въ которыхъ давленіе не превосходитъ нѣсколько сотыхъ атмосферы, тогда какъ въ парижскихъ трубахъ съ сжатымъ воздухомъ давленіе достигаетъ 4—5 атмосферъ.

Полезное дѣйствіе воздушныхъ двигателей значительно улучшаетъ предварительнымъ подогреваніемъ воздуха, комбинируемымъ съ вдуваніемъ струи водяного пара, которое позволяетъ значительно увеличить расширеніе, благодаря значительному количеству тепла, получаемому воздухомъ. При этихъ условіяхъ Радингеръ могъ довести отдачу одного воздушнаго двигателя до 92%, затрачивая на каждую силу-

часть для подогреванія воды и воздуха лишнихъ 0,5 килограмма кокса.

Общее полезное дѣйствіе такимъ способомъ можно довести до 55%. Но подогреваніе воздуха и вдуваніе пара требуютъ приспособленій, нагревающихъ помѣщеніе, за которымъ кромѣ того необходимъ особый надзоръ. Слѣдовательно эти средства можно примѣнять только къ двигателямъ сколько нибудь значительной работоспособности, въ обыкновенныхъ же двигателяхъ вдуваніе пара не примѣняется. Иногда примѣняютъ охлажденіе, производимое расширеніемъ воздуха для сохраненія пищевыхъ продуктовъ, но для этого тоже нуженъ специальный надзоръ, который можетъ быть только въ значительныхъ заведеніяхъ. Искусственное приготовленіе льда гораздо проще рѣшаетъ вопросъ о сохраненіи пищевыхъ продуктовъ у частныхъ лицъ. На станціи Bourse du Commerce въ Парижѣ, гдѣ электричество получается при помощи воздушныхъ двигателей, устроены особыя охлаждаемыя камеры, которыя отдаются въ наемъ продавцамъ пищевыхъ продуктовъ. Въ этомъ случаѣ холодъ является побочнымъ продуктомъ, продажа котораго отчасти компенсируетъ расходъ, причиняемый потерями энергіи при передачѣ. Но, къ сожалѣнію, примѣненія холода въ умѣренномъ климатѣ, особенно зимой, когда на освѣщеніе тратится больше всего энергіи, немногочисленны.

Динамомашинны, какъ преобразователи энергіи, стоятъ гораздо выше компрессоровъ и воздушныхъ двигателей. Въ настоящее время устраниваютъ электрическія машины, промышленная отдача которыхъ превосходитъ 90%. Слѣдовательно отдача системы генератора и двигателя будетъ 0,81%. Далѣе при канализаціи токовъ высокаго напряженія, употребляемой въ городахъ, въ проводахъ не теряется больше 15%. Слѣдовательно въ городахъ полезное дѣйствіе электрической передачи можетъ достигать до 70%.

Конечно особыя соображенія могутъ заставить принять тотъ или другой способъ передачи энергіи. Такъ электрическая канализація, доставляя двигательную силу, одновременно можетъ служить для освѣщенія; для водяныхъ двигателей, могутъ служить водопроводы; наконецъ сжатый воздухъ мо-

жать служить для вентиляции и получения холода. Въ городахъ обыкновенно больше всего энергіи тратится на освѣщеніе. Въ настоящее время количество энергіи, поглощаемое двигателями въ мастерскихъ, составляетъ очень малую часть энергіи, идущей на освѣщеніе. Вотъ убѣдительный примѣръ. Въ Брюсселѣ, гдѣ цѣна газа для двигателей и домашнихъ печей равна 0,10 фр. за куб. метръ, цѣна же газа для освѣщенія 0,15 фр. за куб. метръ, среднее часовое потребленіе для первой цѣли въ декабрѣ 1889 г. не доходило до 50 куб. метр., тогда какъ для второй оно доходило до 15,000 куб. метр. На остальные приложенія, какъ-то производство холода, электрохимическія производства и т. п. идетъ самое незначительное количество энергіи.

Слѣдовательно, въ городахъ наиболѣе пригодны тѣ агенты, которые непосредственно могутъ давать свѣтъ. Таковыми являются газъ и электричество. Въ Европѣ газъ обыкновенно побѣждаетъ, благодаря своей низкой цѣнѣ, но за то газовыя лампы и двигатели имѣютъ недостатки, ставящіе ихъ гораздо ниже электрическихъ. Кромѣ того, электричество годится для тяги трамваевъ,—примѣненія, распространяющагося съ каждымъ днемъ. Другіе агенты, какъ воздухъ и вода могутъ давать свѣтъ только косвенно, при помощи сложныхъ аппаратовъ, значительно уменьшающихъ полезное дѣйствіе передачи.

---

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА\*).

## ОБЩІЯ СВѢДѢНІЯ.

601. Одно изъ главнѣйшихъ примѣненій электродвигателей— это тяга трамваевъ. Получивъ начало въ Европѣ, электрическая тяга достигла особенно большаго распространенія въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ практическій умъ американцевъ быстро оцѣнилъ ея преимущества. Менѣе чѣмъ въ 6 лѣтъ множество городовъ ввели у себя электрическую тягу, причемъ общая длина линій трамваевъ достигла 6000 километровъ. На этихъ линіяхъ находятся въ движеніи 7000 самоходныхъ вагоновъ и 4000 вагоновъ съ электрическими локомотивами.

Главную причину этого быстраго успѣха составляетъ экономичность электрической тяги, а также и тѣ преимущества, которыя она имѣетъ сравнительно съ животной тягой. Благодаря легкости остановки и перемѣны направленія движенія электродвигателей, явилась возможность, не опасаясь несчастныхъ случаевъ, увеличить нормальную скорость движенія вагоновъ на 50%. Вдобавокъ скорость эта не ограничена, какъ при животной тягѣ и на подгородныхъ линіяхъ достигаетъ легко скорости 50 километровъ въ часъ. Кромѣ того явилась возможность устраивать дороги по такимъ уклонамъ, по ко-

---

\*) Crosby and Bell, *The electric Railway*, New-York, Johnston, 1892.  
Reckenzaun, *Electric Traction*, Londres Biggs, 1892.

торымъ ихъ прокладывать не рѣшались при тягѣ лошадьми. Въ Соединенныхъ Штатахъ замѣчено, что удобство и дешевизна электрической тяги способствовали увеличенію движенія. На нѣкоторыхъ линіяхъ пришлось увеличить размѣры вагоновъ, или составлять поѣзда изъ нѣсколькихъ вагоновъ. Наконецъ электрическая тяга даетъ возможность въ случаѣ нужды напримѣръ въ дни праздниковъ, увеличивать число вагоновъ на линіи, тогда какъ при животной тягѣ пришлось бы для этихъ случаевъ содержать запасныхъ лошадей круглый годъ, что стоитъ очень дорого.

**602. Способы употребленія двигателей.** Электрическіе двигатели обладаютъ эластичностью, которая дѣлаетъ ихъ особенно пригодными для тяги вагоновъ. Предположимъ, что какой-нибудь вагонъ приводится въ движеніе электродвигателемъ, питаемымъ токомъ постоянного напряженія. Наибольшее усиліе требуется чтобы сдвинуть вагонъ съ мѣста; но въ этотъ моментъ двигатель находится въ покоѣ, сила доставляемаго генераторомъ тока достигаетъ своей наибольшей величины и моментъ вращенія будетъ максимальнымъ. Развивающееся при этомъ усиліе можетъ въ много разъ превосходить нормальное усиліе, чего не можетъ быть въ другихъ машинахъ, напримѣръ въ паровой, въ которой сила дѣйствія поршня зависитъ отъ давленія пара въ котлѣ. Когда вагонъ тронется, сила тока начинаетъ уменьшаться, а также уменьшается, по мѣрѣ увеличенія скорости, работа, производимая генераторомъ. Когда вагонъ спускается по уклону подъ дѣйствіемъ одной тяжести, обыкновенно размыкаютъ цѣпь. Но, теоретически, ничто не мѣшаетъ, если электродвигатель достигаетъ значительной скорости, пользоваться развиваемой имъ энергіей для заряжанія аккумуляторовъ или питанія другихъ двигателей, соединенныхъ съ первымъ параллельно. Если этого нельзя сдѣлать по случаю, напримѣръ, слишкомъ частыхъ остановокъ вагона, то, во всякомъ случаѣ, можно пропускать токъ, доставляемый динамомашиной черезъ искусственныя сопротивленія, находящіяся въ вагонѣ. Въ обоихъ случаяхъ электродвигатель играетъ роль тормазы и работа, развиваемая вагономъ, поглощается, не вызывая порчи колесъ, что необхо-

димо происходитъ при обыкновенныхъ тормозахъ, дѣйствующихъ треніемъ башмака объ ободъ колесъ, или — что еще хуже — посредствомъ скольженія колесъ по рельсамъ.

Чтобы измѣнить направленіе движенія, достаточно перемѣнить направленіе тока или въ арматурѣ, или въ индукторахъ.

Чтобы не приходилось мѣнять положеніе щетокъ, употребляють машины съ малымъ угломъ поворота щетокъ. Щетки прикрѣпляются неподвижно на линіи симметріи полюсовъ и имъ придается такая форма, чтобы арматура могла вращаться въ обѣ стороны. Въмѣсто щетокъ могутъ, на примѣръ, служить куски мѣди или искусственнаго угля, прижимаемые къ коллектору пружинами, въ которыхъ благодаря тренію о коллекторъ образуются соотвѣтствующей формы выскки. Несомнѣнно, что при этомъ искръ будетъ больше, чѣмъ при обыкновенной системѣ ручнаго регулированія положенія щетокъ и слѣдовательно коллекторъ будетъ изнашиваться скорѣе. Особенно много искръ появляются при быстрыхъ измѣненіяхъ силы тока, на примѣръ при остановкахъ и при перемѣнѣ направленія движенія. Чтобы уменьшить дѣйствіе самоиндукціи при размыканіи цѣпи, стараются постепенно ослаблять токъ, питающій электродвигатель, включая въ цѣпь его добавочныя сопротивленія.

Эти же самыя сопротивленія позволяютъ мѣнять разность потенциаловъ, прилагаемую къ электродвигателю, съ цѣлью измѣнить моментъ вращенія его, а также съ цѣлью избѣжать слишкомъ сильнаго тока при началѣ движенія.

Вмѣсто того чтобы пользоваться реостатомъ, который вызываетъ иногда весьма значительную потерю въ видѣ тепла, можно дѣйствовать на возбужденіе индукторовъ. Рскенцаунъ раздѣляетъ намагничивающія катушки на три секціи, которыя можно соединять послѣдовательно или параллельно такъ, чтобы по желанію мѣнять моментъ вращенія. Мы познакомились (§ 574) съ комбинаціей, придуманной Сирэгомъ для той же цѣли. По его системѣ тоже препятствуютъ току въ арматурѣ достигать при началѣ движенія слишкомъ большой силы.

Такъ какъ двигатели трамваевъ подвергаются сотрясеніямъ и сильнымъ толчкамъ, то ихъ различныя части должны имѣть особую прочность. Арматура должна быть центрирована

вполнѣ совершенно, чтобы можно было избѣжать толчковъ, производимыхъ центробѣжной силой. Центрировку провѣряютъ, помѣщая ось между остріями и наблюдая, не останавливается-ли она въ одномъ и томъ же положеніи. Соединенія проволокъ арматуры съ коллекторомъ должны дѣлаться при помощи толстыхъ стержней, такъ какъ они очень легко подвергаются поломкѣ при быстрыхъ остановкахъ. Желѣзный сердечникъ арматуры долженъ быть покрытъ нѣсколькими слоями холста, чтобы лучше избѣжать короткихъ замыканій въ секціяхъ арматуры, которыя тоже должны быть изолированы очень тщательно. Полезно для лучшаго сохраненія изоляціи машины, а также для изолировки желѣзныхъ дисковъ арматуры одинъ отъ другого, употреблять коналовый лакъ, который начинаетъ распространяться въ промышленности. Диски покрываются этимъ лакомъ и сушатся въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ при температурѣ въ 100° Ц. Точно также пропитываютъ этимъ лакомъ бумагу и холстъ, покрывающіе проволоки и сердечникъ. Уже оконченная машина вновь цѣлкомъ сушится въ воздушной банѣ.

Свободное пространство подъ вагонами трамвая не превосходитъ 60—70 сант., такъ что наибольшій діаметръ арматуры не можетъ превосходить 50 сант. Мы увидимъ дальше, какимъ образомъ фирма Томсонъ-Гоустонъ защищаетъ арматуру отъ загрязненія, придавая индукторамъ особую форму. Индукторы не должны имѣть выступающихъ полюсовъ, иначе они могутъ начать притягивать гвозди и тому подобные предметы, валяющіеся на пути.

Нужно примѣнять всѣ приспособленія, облегчающія обмотку и починку арматуры, которая составляетъ самую нѣжную и наиболѣе легко портящуюся часть двигателя. Обыкновенно употребляютъ кольцевую арматуру, которая допускаетъ меньшія угловыя скорости чѣмъ барабанная и секціи которой легче замѣнять.

Чтобы помѣшать децентрированію арматуры употребляютъ подшипники изъ очень твердой фосфористой или алюминиевой бронзы, съ вкладышами, которые были бы легко замѣнимы.

Обыкновенно для вагоновъ употребляютъ по возможности легкіе, но прочные двигатели, чтобы по мѣрѣ возможности



уменьшить мертвый грузъ. Исключеніе составляютъ двигатели для электрическихъ локомотивовъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ необходимъ нѣкоторый грузъ, чтобы движущія колеса лучше прилегали къ рельсамъ.

Въ двигателяхъ для самодвижущихся вагоновъ наиболѣе часто употребляется послѣдовательная обмотка индукторовъ. Эта обмотка самая дешевая и въ то же время она даетъ наибольшее усиленіе при началѣ движенія. Такъ какъ за двигателемъ слѣдитъ особый кондукторъ, то нѣтъ опасности, чтобы скорость его увеличилась до опасныхъ предѣловъ при слишкомъ сильномъ уменьшеніи сопротивленія тягѣ.

Можно было бы употреблять и параллельную обмотку, которая имѣетъ то преимущество, что даетъ почти постоянную скорость. Кромѣ того она допускаетъ экономическую регулировку момента вращенія посредствомъ включенія въ цѣпь индукторовъ дополнительнаго сопротивленія. Но уменьшеніе числа индуктирующихъ амперъ-оборотовъ, происходящее отъ такой регулировки, сопровождающееся увеличеніемъ числа амперъ-оборотовъ въ арматурѣ, вызываетъ значительное перемѣщеніе нейтральной линіи, вслѣдствіе чего исчезаетъ возможность сохранять положеніе щетокъ все время неизмѣннымъ. Кромѣ того, такъ какъ часто употребляютъ высокія напряженія, то стоимость параллельной обмотки была бы очень велика. Наконецъ, когда вагонъ соединенъ съ генераторами черезъ посредство рельсовъ и осей, то часто контакты бываютъ не совершенны и происходятъ размыканія тока. Въ этомъ случаѣ двигатель перестаетъ дѣйствовать, обратная электродвижущая сила становится равной нулю, и въ моментъ новаго замыканія цѣпи черезъ арматуру проходитъ токъ могущій повредить проводники.

**603. Способы передачи.** При примѣненіи электрической тяги къ трамваямъ вагоны обыкновенно дѣлаются самодвижущимися, такъ что вѣсь публики прижимаетъ движущія колеса къ рельсамъ. Иногда одна изъ осей приводится въ движеніе двигателемъ. Чаше обѣ оси приводятся во вращеніе или однимъ двигателемъ, или двумя отдѣльными двигателями, что даетъ лучшее соприкосновеніе колесъ къ рельсамъ.

позволяет развивать усилия достаточныя для того, чтобы вагонъ могъ подниматься по значительнымъ уклонамъ, и допускаетъ болѣе легкое измѣненіе направленія движенія вагона, если на пути встрѣтится какое нибудь препятствіе. Большіе вагоны часто помѣщаются на двухъ тельжкахъ, имѣющихъ каждая электродвигатель. Установка двухъ электродвигателей на каждомъ вагонѣ очень удобна въ случаѣ какой нибудь поломки одного изъ нихъ, но за то она стоитъ дорого и увеличиваетъ мертвый грузъ, а слѣдовательно уменьшаетъ отдачу. Иногда самодвижущійся вагонъ заставляютъ тянуть одинъ или нѣсколько простыхъ вагоновъ, особые же электрическіе локомотивы употребляются рѣдко, такъ какъ они значительно увеличиваютъ стоимость тяги. Двигатели обыкновенно помѣщаются подъ поломъ вагона, между двумя осями, и такимъ образомъ все внутреннее пространство вагона остается незанятымъ. Незначительность помѣщенія, въ которомъ укрѣпляется двигатель, заставляетъ употреблять динамомашинны съ арматурами небольшого діаметра, вращающимися слѣдовательно съ большими скоростями—до 1000 оборотовъ въ минуту и больше. Но такъ какъ оси городскихъ трамваевъ обыкновенно не дѣлаютъ болѣе 100—120 оборотовъ въ минуту, то съ цѣлью получить нужную угловую скорость стали употреблять сначала передачу черезъ промежуточную ось; такую систему называютъ системой двойнаго уменьшенія скорости. Части такой передачи довольно нѣжны и ихъ треніе вызываетъ значительную потерю энергіи.

Чтобы избѣжать этихъ потерь, пришлось увеличить діаметръ арматуръ и заставить ихъ вращаться со скоростью 400—500 оборотовъ въ минуту. При этомъ ось приводится въ движеніе однимъ зубчатымъ колесомъ. Эта система называется системой *простаго уменьшенія скорости*.

Наконецъ въ случаяхъ, когда средняя скорость вагона можетъ достигать 15—18 км/ч. въ часъ, арматуру помѣщаютъ непосредственно на ось вагона. При этой системѣ называемой системой *безъ уменьшенія скорости* (по англійски *gearless*), скорость арматуры, даже многополюсныхъ машинъ, не превосходитъ на окружности 3 метр. въ секунду. Отдача подобныхъ машинъ не велика, но уничтоженіе передачи, поглощающей

значительное количество энергіи и требующей особаго ухода, съ успѣхомъ компенсируетъ уменьшеніе отдачи.

На каждой изъ площадокъ, передней и задней, самодвижущагося вагона находится коммутаторъ и рукоятка тормаза. Эти приборы устриваютъ такъ, чтобы пассажиры не могли сами ими пользоваться. Подъ вагономъ обыкновенно помѣщаютъ реостатъ, громоотводы и предохранители.

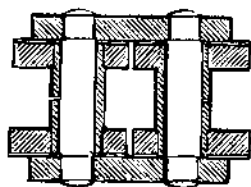
Что касается способа укрѣпленія двигателя, то тутъ существуютъ двѣ системы. Первая, наиболѣе раціональная, состоитъ въ томъ, что кузовъ вагона дѣлаетъ совершенно независимымъ отъ его платформы, къ которой и прикрѣпляются двигатель и органы передачи. Кузовъ прикрѣпляется къ платформѣ на стальныхъ или каучуковыхъ рессорахъ. Такимъ образомъ сотрясенія, производимыя двигателемъ, не даютъ себя чувствовать въ вагонѣ. Кромѣ того, въ случаѣ порчи двигателя достаточно только перемѣнить платформу, не мѣняя всего вагона. Достаточно поднять только кузовъ вагона въ мастерской и замѣнить испорченную платформу новой. Наконецъ одна и та же платформа можетъ служить зимой для закрытыхъ вагоновъ, а лѣтомъ для открытыхъ. Во второй системѣ, которую по необходимости приходится примѣнять, когда пользуются уже существующимъ подвижнымъ составомъ, въ которомъ кузовъ составляетъ одно цѣлое съ колесной рамой, двигатель прикрѣпляется къ полу вагона. Эти двѣ системы разнятся не только съ точки зрѣнія условій починки, но также и по способу передачи движенія отъ динамомашины къ оси. Въ первомъ случаѣ можно пользоваться негибкими посредниками, во второмъ же случаѣ они должны быть непременно гибкими, чтобы они не мѣшали передаточнымъ органамъ слѣдить за колебаніями, являющимися вслѣдствіе качаній вагона на поддерживающихъ его рессорахъ.

**604. Система двойнаго уменьшенія скорости.** Въ качествѣ гибкихъ посредниковъ Сименсъ употребляетъ безконечныя цилиндрическія винтовыя пружины, идущія по очень широкимъ желобчатымъ шкивамъ, надѣтымъ на оси. Благодаря сильному тренію пружинъ эта система позволяетъ брать шкивы весьма различныхъ діаметровъ и помѣщать ихъ весьма

близко одинъ отъ другаго; но она непримѣнима для путей, имѣющихъ значительные уклоны, гдѣ передаваемое усиліе можетъ быть очень велико.

Чаще всего, когда двигатель прикрѣпленъ къ самому кузову вагона, его ось соединяется зубчатыми колесами съ промежуточной осью, отъ которой движеніе передается двигающей оси безконечной цѣпью, проходящей черезъ зубчатые колеса неравныхъ діаметровъ.

На фиг. 360 представлено одно звено стальной цѣпи Ренольда. Поверхности соприкосновенія цѣпи съ зубцами колеса



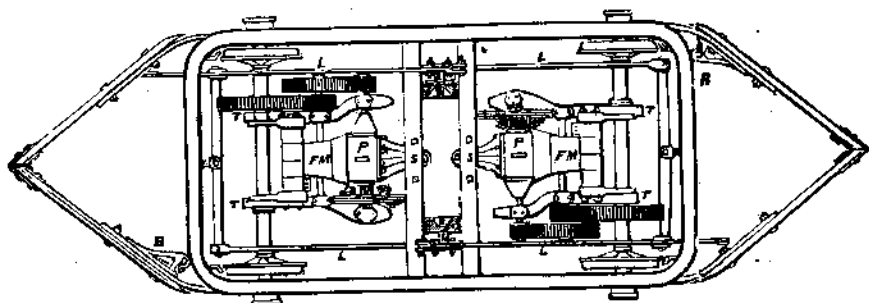
Фиг. 360.

очень велики. Подобнаго рода цѣпь служила въ продолженіи двухъ лѣтъ безъ всякаго слѣда изнашиванія для вагона трамвая, гдѣ она должна была выдерживать усиліе въ 640 килограммовъ. Всѣхъ ея было 12,7 килогр. на метръ длины, сопротивленіе разрыву—14 тоннъ, т. е. въ 20 разъ больше нормальнаго усилія.

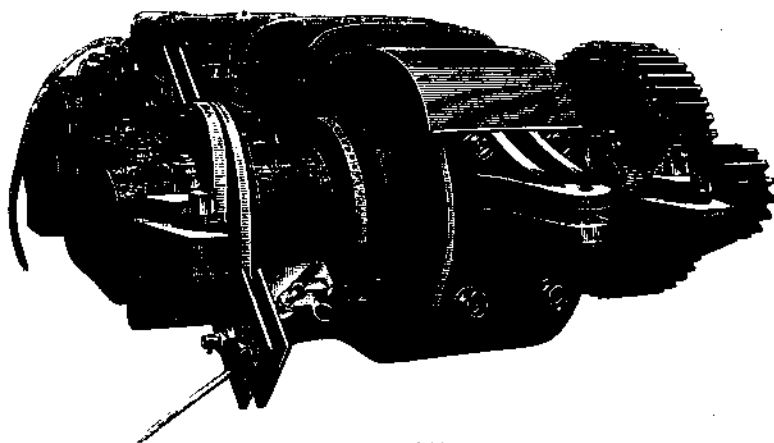
Изъ негибкихъ передачъ чаще всего примѣняется сцепленіе зубчатыми колесами. Обыкновенно отношеніе скоростей оси вагона, промежуточной оси и оси двигателя принимаютъ равными 1 : 3 : 12. Вслѣдствіе малаго діаметра зубчатыхъ колесъ шестерня на двигательъ очень не велика и изнашивается быстро; отъ этого происходятъ толчки и непріятный шумъ. Чтобы уменьшить шумъ Вестингаузъ помѣщаетъ зубчатые колеса въ ящикъ, наполненный масломъ. Можно также дѣлать зубчатые колеса изъ такихъ матеріаловъ, какъ дерево, вулканизированная фибра, невыдѣланная кожа, укрѣпляемыхъ боковыми металлическими щеками.

При примѣненіи негибкой передачи двигатель для избѣжанія слишкомъ сильныхъ толчковъ долженъ быть подвѣшенъ на эластическихъ поддержкахъ. Для этой цѣли осто́въ

двигателя поддерживается съ одной стороны подшипникомъ, упирающимся на ось, съ другой стороны пружиной, прикрѣп-



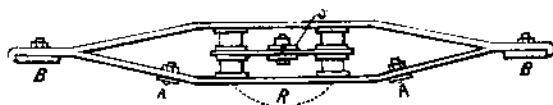
Фиг. 361.



Фиг. 362.

ленной къ вагонной рамѣ. Когда вагонъ трогается или останавливается, эта пружина растягивается или сжимается и смягчаетъ толчокъ.

На фиг. 361 представлена платформа вагона Томсонъ-Гоустонъ. Каждая изъ двухъ осей приводится во вращеніе



Фиг. 363.

отдѣльнымъ двигателемъ Р и Р', соединенными параллельно. Рама, въ которую упираются поперечины, поддерживающія двигатели, снабжены треугольнымъ чистильщикомъ пути. Въ В помѣщаются вертикальныя щетки изъ стальныхъ проволокъ своимъ вѣсомъ нажимающія на рельсы и снимающія съ нихъ грязь. Стержни L служатъ для управленія тормазомъ. На фиг. 362 видны детали одного изъ двигателей съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ. Зубчатое колесо движущей оси состоитъ изъ стальныхъ кружковъ, переложенныхъ съ цѣлю уменьшить шумъ кружками изъ сыромятной кожи. Промежуточное зубчатое колесо—чугунное. Оно вращается на оси, концы которой вращаются въ подшипникахъ, приделанныхъ къ остову самого двигателя. Такимъ способомъ достигаютъ параллельности осей. Сцѣпленія эти уменьшаютъ скорость въ отношеніи 13 къ 1.

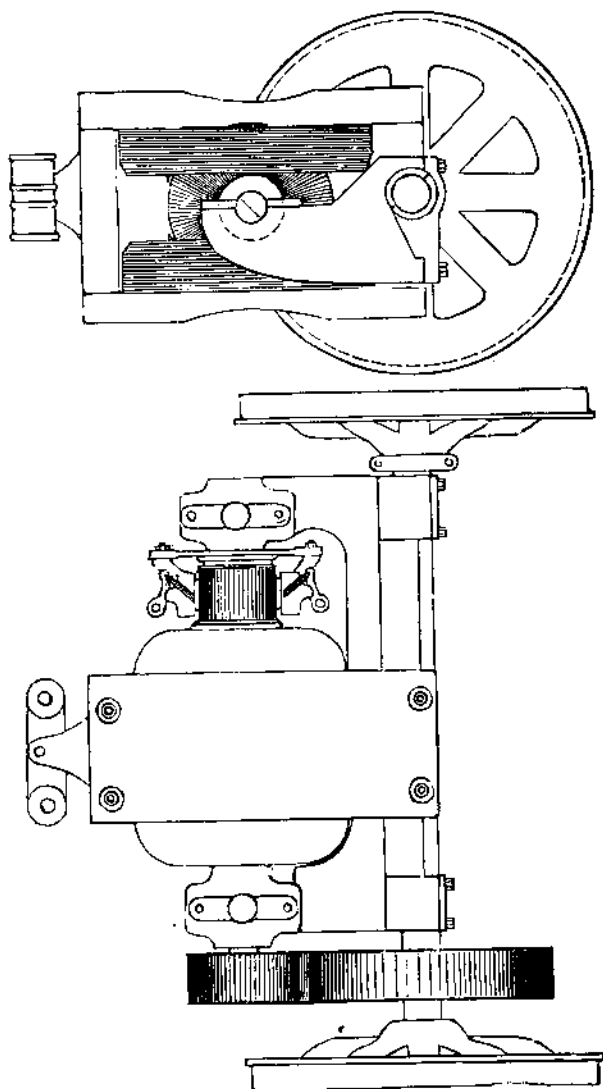
Остовъ двигателя, къ которому прикрѣплены какъ ось двигателя, такъ и промежуточная ось, отлить цѣликомъ. Онъ поддерживается съ одной стороны осью вагонныхъ колесъ, съ другой четырьмя каучуковыми рессорами, помѣщаемися между двумя поперечниками А (фиг. 363), находящимися между осями. Передача обладаетъ такимъ образомъ нѣкоторою эластичностью и быстрыя измѣненія движущаго усилія или сопротивленія движенію не будутъ ломать зубцовъ колесъ.

**605. Система простаго уменьшенія скорости.** Употребляя безконечный винтъ и зубчатое винтовое колесо, дается примѣнить систему простаго уменьшенія скорости при двигателяхъ, дающихъ 1000 оборотовъ въ минуту. Рекенцаунъ, употребляя винтъ изъ полированной стали съ тремя нарѣзками и колесо изъ фосфористой бронзы, погруженное нижнею частью въ масло, получилъ отдачу въ 85—90%.

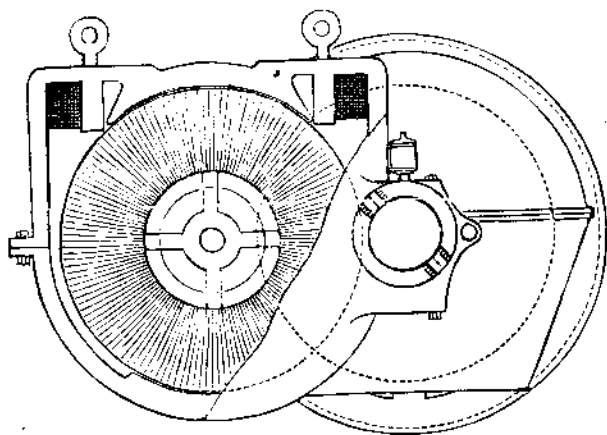
Тѣмъ не менѣе, предпочитаютъ уменьшать скорость до 400—500 оборотовъ и употреблять обыкновенныя сцѣпленія.

Мы заимствуемъ приводимыя ниже подробности объ новыхъ американскихъ двигателяхъ изъ статьи Дирмана, напечатанной въ номерѣ февраль-апрѣль 1892 года журнала *Bull. de l'Assoc. des Ing. sortis de l'Institut Montefiore*.

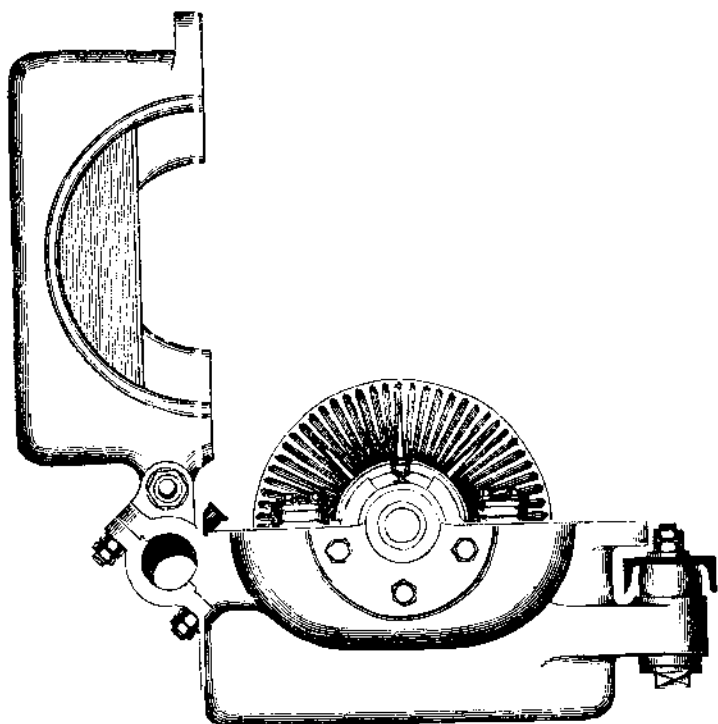
Двигатель Томсонъ-Гоустонъ (фиг. 364) имѣетъ кольцевую арматуру. Остовъ двигателя изъ кованнаго желѣза, къ которому прикрѣплены подшипники для оси арматуры, опирается съ одной стороны на ось, съ другой на двѣ каучуковыя рессоры, укрѣпленныя на поперечинѣ въ рамѣ.



Фиг. 364.



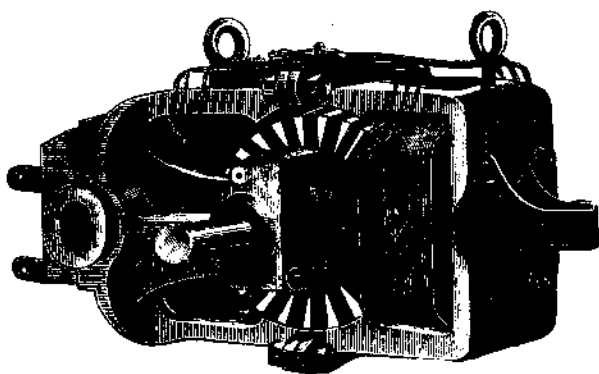
Фиг. 365.



Фиг. 366.

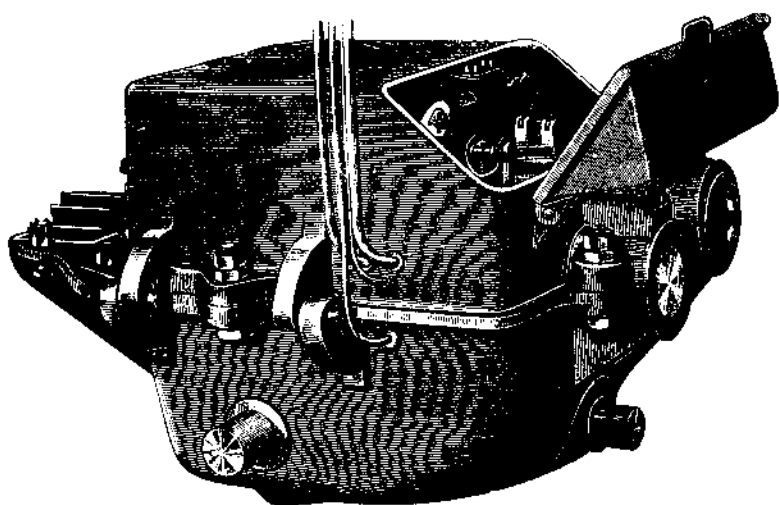


Фирма Томсонъ-Гуустонъ устроила также двигатель для трамваевъ, цѣликомъ заключенный въ чугунномъ ящикѣ. со-



Фиг. 367.

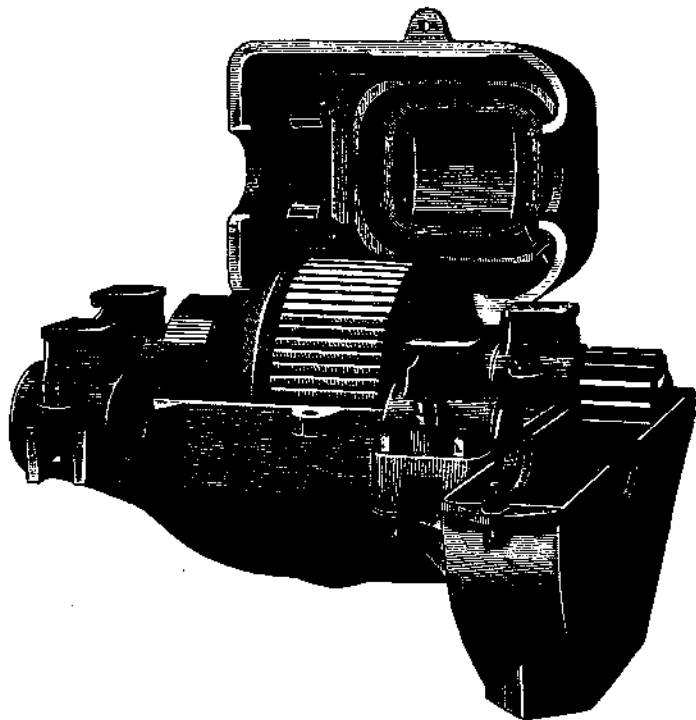
ставляющемъ часть индукторовъ. Этотъ двигатель представленъ на фиг. 365, на которомъ арматура открыта, такъ какъ



Фиг. 367 bis.

часть стѣнки ящика снята. Индукторы возбуждаются одной катушкой, что вызываетъ магнитное притяженіе, уменьшающее давленіе на подшипники. Арматура имѣетъ форму зуб-

чатого кольца. Въ задней части рисунка виденъ резервуаръ съ масломъ, въ которомъ заключены сцепляющіяся колеса. Этотъ резервуаръ для избѣжанія магнитныхъ отвѣтвленій сдѣланъ изъ мѣди. Шестерня бронзовая, а зубчатое колесо чугунное.



Фиг. 367 ter.

Люттихская международная электрическая компанія строитъ также небоящіеся воды (waterproof) двигатели, въ которыхъ индукторы изъ литой стали возбуждаются симметрически двумя катушками, окружающими отчасти armатуру. Эта послѣдняя очень прочна. Проволоки ея намотаны въ продольныхъ выемкахъ, продѣланныхъ въ желѣзныхъ дискахъ, составляющихъ сердечникъ, а снаружи идутъ въ узкихъ желобкахъ.

На фиг. 366 видно, какъ открывается ящикъ, составляющій индукторъ, чтобы освободить armатуру.

Двигатель Спрэгъ-Эдисона (фиг. 367), съ четырехполюсными индукторами, имѣетъ арматуру въ видѣ зубчатаго кольца. Обѣ чугунныя части, образующія остовъ, снабжены поддержками для оси арматуры, подшипникомъ для оси вагона и стременемъ, прикрѣпляемымъ къ поперечинѣ въ рамѣ вагона. На рисункѣ видно нѣсколько соединительныхъ проволокъ, идущихъ къ индукторамъ. Онѣ служатъ для регулированія скорости по системѣ Спрэга. Небольшой желѣзный реостатъ служить для пусканія въ ходъ двигателя.

На фиг. 367<sup>bis</sup> и 367<sup>ter</sup> представленъ четырехколесный двигатель фирмы Томсонъ-Гуустонъ. Машина эта вполнѣ закрыта со всѣхъ сторонъ. Открываемая крышка (фиг. 367<sup>bis</sup>) позволяетъ осматривать коллекторъ. Къ нему имѣется доступъ черезъ люкъ въ полу вагона. Арматура снабжена послѣдовательной обмоткой, причемъ число щетокъ равняется только двумъ. Шестерня стальная, а зубчатое колесо чугунное.

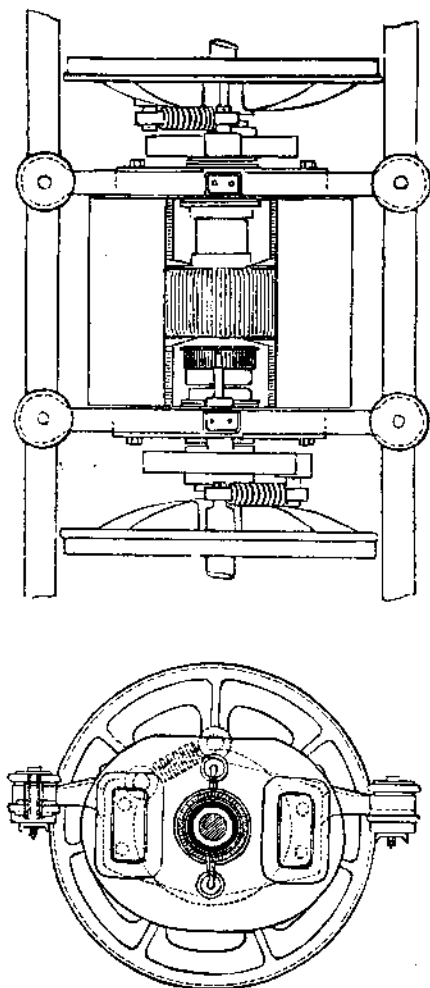
**606. Системы безъ уменьшенія скорости.** Совершенно обойтись безъ уменьшенія скорости двигателя удалось въ Соединенныхъ Штатахъ, между прочимъ, Шорту. Въ этомъ случаѣ арматура не можетъ быть прикрѣпляема накрѣпко къ оси вагона, какъ это ошибочно было сдѣлано въ первыхъ локомотивахъ *City and South of London Railway*, такъ какъ сотрясенія быстро портятъ машины.

На фиг. 368 изображена система Шорта. Арматура лежитъ на каучуковыхъ рессорахъ, прикрѣпленныхъ къ двумъ поперечникамъ въ рамѣ. Ось арматуры, поддерживаемая подставками, прикрѣпленными къ остову, пустотѣлая, какъ это можно видѣть изъ разрѣза. Сквозь нее проходитъ колесная ось. Ось арматуры соединена съ колесами пружинами, передающими усилія, но смягчающими толчки.

Арматура, имѣющая форму зубчатаго кольца съ квадратнымъ сѣченіемъ, вращается между полюсными наконечниками, лежащими одинъ противъ другаго. Сердечникъ ея состоитъ изъ смотанной желѣзной ленты, въ бокахъ которой прорѣзаны выемки для помѣщенія проволоки. Боковое положеніе полюсовъ позволяетъ избѣгать тренія ихъ объ арматуру при изнашиваніи подшипниковъ. Кромѣ того, оно позво-

лаетъ увеличить діаметръ арматуры и уменьшить ея угловую скорость.

Во всѣхъ этихъ двигателяхъ смазка производится масля-



Фиг. 868.

ками съ фитилями или сальниками съ твердыми смазывающими веществами. Маслянки съ кольцами иногда перестаютъ дѣйствовать вслѣдствіе остановки колець подъ вліяніемъ толчковъ вагона.

**607. Системы тяги.** Электрическая тяга можетъ производиться двумя совершенно различными способами. По первому способу токъ, питающій электродвигатель, производится генераторами, установленными на постоянныхъ станціяхъ, могущихъ питать одновременно и освѣтительную цѣпь; токъ отъ динамомашинъ передается къ вагонамъ по воздушнымъ или по подземнымъ проводамъ посредствомъ скользящихъ контактовъ. Эта система отличается отъ обыкновенной системы распредѣленія электрической энергіи только тѣмъ, что электродвигатели подвижны. Во второй системѣ вагонъ или экипажъ самъ имѣетъ электрическій генераторъ, состоящій, вслѣдствіе неимѣнія экономическихъ первичныхъ элементовъ, изъ элементовъ вторичныхъ. Эта послѣдняя система единственная возможная, когда вагоны или экипажи слѣдуютъ не по постоянному рельсовому пути.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА СЪ ПОМОЩЬЮ НЕПОДВИЖНЫХЪ ГЕНЕРАТОРОВЪ.

**608. Способы соединенія вагоновъ съ генераторами.** Для проведенія тока отъ неподвижныхъ генераторовъ къ электродвигателямъ, помѣщаемымъ въ вагонахъ, движущихся по желѣзнымъ путямъ, употребляются разнообразные способы. Токъ можетъ проходить по проводникамъ, расположеннымъ или выше пути, или на одномъ съ нимъ уровнѣ, или, наконецъ, помѣщеннымъ въ подземныхъ каналахъ. Электродвигатели соединяются съ проводниками черезъ посредство особыхъ трущихся частей, увлекаемыхъ движеніемъ вагона. Часто обратными проводниками служатъ рельсы, причемъ ихъ соединеніе съ двигателемъ происходитъ черезъ оси и колеса вагона. Вагоны включаются въ цѣпь генераторовъ вообще параллельно и послѣдовательное ихъ включеніе составляетъ исключеніе.

При параллельномъ включеніи вагоновъ обыкновенно употребляютъ на генераторныхъ станціяхъ динамомшины со смѣшаннымъ возбужденіемъ и разность потенціаловъ въ проводникахъ поддерживается по возможности постоянной. Если

линіи очень длинны, то неизмѣняемость разности потенціаловъ въ проводникахъ поддерживаютъ при помощи питающихъ проводовъ (фидеровъ), въ которыхъ паденіе напряженія равномѣрно. Эти питающіе провода соединяютъ генераторную станцію съ соответственно выбранными мѣстами линіи. Во избѣжаніе полнаго прекращенія движенія, которое можетъ быть вызвано образованіемъ короткаго замыканія въ одномъ изъ вагоновъ, часто линію дѣлятъ на нѣсколько изолированныхъ другъ отъ друга частей, питаемыхъ каждая отдѣльнымъ питающимъ проводомъ, снабженнымъ на станціи предохранителемъ. Въ этомъ случаѣ, при образованіи короткаго замыканія, выключается только одна часть линіи; черезъ другія же части ея токъ по прежнему доставляется къ вагонамъ.

На линіяхъ, гдѣ движеніе велико, эта система не примѣнима, такъ какъ небольшое сѣченіе, которое должно имѣть проводъ, отъ котораго берется токъ, заставило бы значительно увеличить число питающихъ проводовъ (фидеровъ). Въ этихъ случаяхъ этотъ проводъ облегчаютъ, помѣщая параллельно съ нимъ воздушный или подземный кабель, питаемый въ нѣкоторыхъ мѣстахъ фидерами. Отдѣльныя изолированныя части перваго провода соединяются съ распределительнымъ кабелемъ посредствомъ плавкихъ проволочекъ, которыя въ случаѣ короткаго замыканія плавятся и соответствующая часть линіи выключается.

При включеніи электродвигателей послѣдовательно предполагается, что они обмотаны такъ, чтобы дѣйствовать при постоянной силѣ тока.

На фиг. 369 представлено подобнаго рода соединеніе. Одинъ изъ проводниковъ снабжается рядомъ коммутаторовъ



Фиг. 369.

$g_1, g_2, g_3, \dots$ , обыкновенно замкнутыхъ. Когда на путь вступаетъ вагонъ М, онъ размыкаетъ прерыватель  $g_1$  и заставляетъ токъ проходить черезъ его двигатель, и затѣмъ замыкаетъ прерыватель за собой. Въ послѣдствіи мы рассмотримъ детали примѣненія послѣдовательнаго соединенія къ вагонамъ, ко-

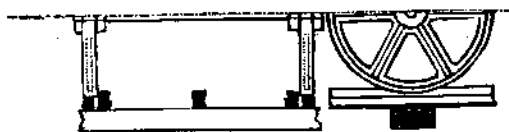
торое до сихъ поръ имѣло гораздо меньшій успѣхъ, чѣмъ параллельное соединеніе, обладающее тѣмъ преимуществомъ, что при немъ вагоны совершенно независимы другъ отъ друга. Послѣдовательное соединеніе зато позволяетъ уменьшить силу тока въ проводникахъ и напряжение у зажимовъ электродвигателей.

## ПРИМѢНЕНІЕ ПРОВОДОВЪ, УЛОЖЕННЫХЪ НА УРОВНѢ ПУТИ.

**609. Подъѣздной путь отъ Бессбрука къ Ньюри.** Интересныя примѣненія проводовъ, уложенныхъ на уровнѣ пути, было сдѣлано Гопкинсономъ на короткой желѣзной дорогѣ, соединяющей Бессбрукъ и Ньюри, въ Англіи, пользующейся водопадомъ, находящимся въ первомъ изъ этихъ мѣстъ. Разстояніе между названными мѣстностями 4875 метровъ. На пути, соединяющемъ ихъ, имѣются кривыя радіуса въ 16,7 метра и уклонны въ 2 сотыхъ. Поѣзда состоятъ изъ двухъ пассажирскихъ и нѣсколькихъ товарныхъ вагоновъ.

На генераторной станціи помѣщаются двѣ динамомашины съ параллельнымъ возбужденіемъ системы Эдисонъ-Гопкинсона, приводимыя въ движеніе турбиной въ 60 силъ. Онѣ даютъ каждая 250 вольтъ и 60 амперъ, причемъ ихъ промышленная отдача равняется 90,4%.

Цѣпь составляется рельсами и центральнымъ стальнымъ проводникомъ, помѣщеннымъ на подкладкахъ изъ дерева, пропитаннаго въ горячемъ состояніи параффиномъ (фиг. 370).



Фиг. 370.

Эти подкладки прикрѣплены къ деревяннымъ шпаламъ пути. Сталь центральнаго проводника содержитъ 0,09% углерода, 0,02% кремнія и 0,63% марганца. Удѣльное ея сопротивленіе равняется 12,1 микромъ-сантиметровъ.

При равной проводимости, проводникъ изъ такой стали стоитъ  $\frac{2}{3}$  цѣны мѣднаго и, кромѣ того, имѣетъ то преимущество, что онъ не соблазняетъ воровъ. Проводимость въ вѣстѣ соединенія рельсъ и центрального проводника поддерживается посредствомъ небольшихъ гибкихъ мѣдныхъ соединительныхъ частей. Сопротивленіе изоляціи пути равняется въ самую дурную погоду 600 омамъ на километръ, что при напряженіи въ 250 вольтъ даетъ потерю не больше 0,15 лошадиной силы на километръ.

Электродвигатель помѣщается въ особомъ отдѣленіи въ передней части одного изъ пассажирскихъ вагоновъ. Это обыкновенная динамомашина Эдисонъ-Гопкинсонъ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, движеніе оси которой посредствомъ безконечнаго винта передается промежуточной оси, соединенной цѣпью Ренольда (§ 604) съ одной изъ осей телѣжки, обѣ оси которой соединены шатуномъ.

Вѣсъ самодвижущаго вагона равенъ:

|                                                |             |
|------------------------------------------------|-------------|
| Кузовъ вагона . . . . .                        | 3,30 тоннъ. |
| Движущая телѣжка . . . . .                     | 1,90    "   |
| Задняя телѣжка . . . . .                       | 1,00    "   |
| Динамомашина и передаточныя<br>части . . . . . | 2,05    "   |
| Всего . . . . .                                | 8,25 тоннъ. |

Подобный вагонъ можетъ перевозить грузъ въ 30 тоннъ со скоростью 11 километровъ въ часъ при уклонѣ въ 2 сотыхъ. Двигатель можетъ развить 20 силъ съ промышленной отдачей въ 90,7%.

Токъ входитъ въ двигатель съ одной стороны черезъ рельсы, колеса и оси, съ другой стороны черезъ двѣ части, трущіяся о центральный проводникъ, прикрѣпленныя спереди и сзади вагона, служащаго локомотивомъ.

Реостатъ, включенный послѣдовательно съ динамомашиной, позволяетъ мѣнять силу тока.

Въ мѣстахъ, гдѣ центральный проводъ прерывается, электрическая цѣпь пополняется подземнымъ проводникомъ, но вагонъ остается соединеннымъ съ генераторомъ или черезъ переднюю или черезъ заднюю щетку.



Усиліе тяги мѣняется отъ 12 до 17 килограммовъ на тонну въ зависимости отъ уклона.

Точные опыты позволили опредѣлять, что полная *электрическая отдача* этой установки равняется 71,4%. Потери распределяются слѣдующимъ образомъ:

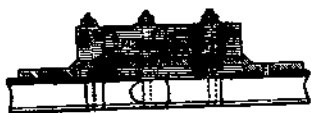
|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Въ генераторахъ . . . . .         | 8,6%  |
| „ изоляторахъ . . . . .           | 5,7%  |
| „ двигателяхъ . . . . .           | 7,7%  |
| „ линіи (сопротивленіе) . . . . . | 6,6%  |
| <hr/>                             |       |
| Всего . . . . .                   | 28,6% |

Промышленная отдача отъ водопада до движущей оси, считая потери въ турбинахъ, передачахъ, динамомашинкахъ и т. п., равняется 40%, тогда какъ паровыя локомотивы утилизируются только 3,5% энергіи, заключающейся въ потребляемомъ ими топливѣ.

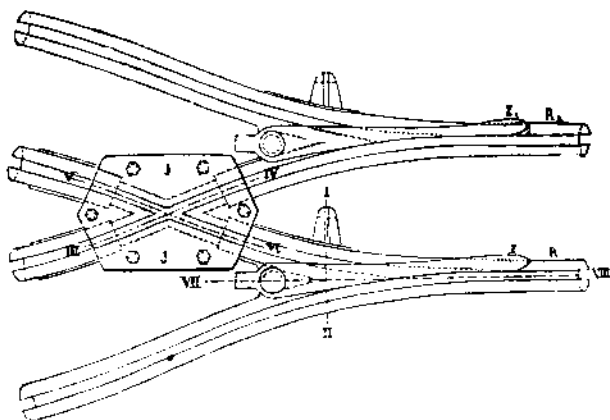
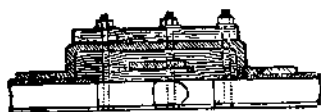
## ПРИМѢНЕНИЕ ВОЗДУШНЫХЪ ПРОВОДОВЪ.

610. Трамвай изъ Франкфурта въ Оффенбахъ. Въ Трамваѣ, устроенномъ въ 1883 г. фирмой Сименса и Гальске между Франкфуртомъ и Оффенбахомъ (7 километровъ), токъ доставляется къ вагону по двумъ особымъ проводникамъ (фиг. 371 до 373), состоящимъ изъ разрѣзанныхъ вдоль трубъ

Разрѣзъ VII—VIII.



Разрѣзъ V—VI.



Фиг. 371, 372 и 373.

$R_1$ ,  $R_2$ , поддерживаемых кабелями, сплетенными из стальных и медных проволок. Эти кабели, служащие одновременно и проводниками, укреплены на изоляторах, ввинченных въ столбы, разставленные вдоль пути. Внутри трубчатого проводника скользит челнокъ, состоящій изъ четырехъ медныхъ трущихся частей, имѣющихъ форму оливокъ, соединенны между собою гибкими кабелями. Эти оливки попарно соединены еще винтовой пружиной, чтобы контактъ ихъ съ трубкой былъ хорошъ даже если они нѣсколько изнаются.

Двѣ крайнія оливки имѣютъ выступы, проходящіе сквозь щель трубки, соединенные горизонтальной поперечиной. Эти оливки соединяются электрически черезъ посредство гибкихъ кабелей съ зажимомъ, къ которому присоединенъ металлическій кабель, приводящій токъ для электродвигателя вагона. При помощи этого же кабеля вагонъ увлекается за собою челнокъ.

Дорога вся въ одинъ путь, но въ ней есть развѣзды, на которыхъ приходится употреблять особые приспособленія. Въ мѣстахъ скрещиванія двухъ трубчатыхъ проводниковъ четыре конца, сходящіеся въ вершинѣ угла, помѣщаются на деревянную доску «J, J, подъ которой скользитъ челнокъ, чтобы перейти изъ одной части трубы въ другую. Размѣры этой доски таковы, что когда послѣдняя оливка челнока выходитъ изъ одной изъ трубъ, первая уже вошла въ соотвѣтствующую другую трубу. Такимъ образомъ избѣгаютъ схода челнока съ рельсовъ. Въ точкахъ развѣтвленія стрѣлки Z, Z<sub>1</sub>, снабженны пружинами, заставляють челнокъ входить въ тѣ трубы, которыя соотвѣтствуютъ пути, предназначенному для вагона.

Станція, доставляющая движущую энергію, расположена приблизительно посреди дороги. Въ ней помѣщены двѣ паровыя машины, общая работоспособность которыхъ равняется 140 силамъ, вращающія со скоростью 600 оборотовъ въ минуту 4 соединенныхъ параллельно динамомашинны со смѣшаннымъ возбужденіемъ, развивающихъ разность потенціаловъ въ 600 вольтъ. Число динамомашинъ, пускаемыхъ въ ходъ, зависитъ отъ числа вагоновъ въ пути. Двухъ динамомашинъ достаточно для четырехъ вагоновъ, для шести же вагоновъ

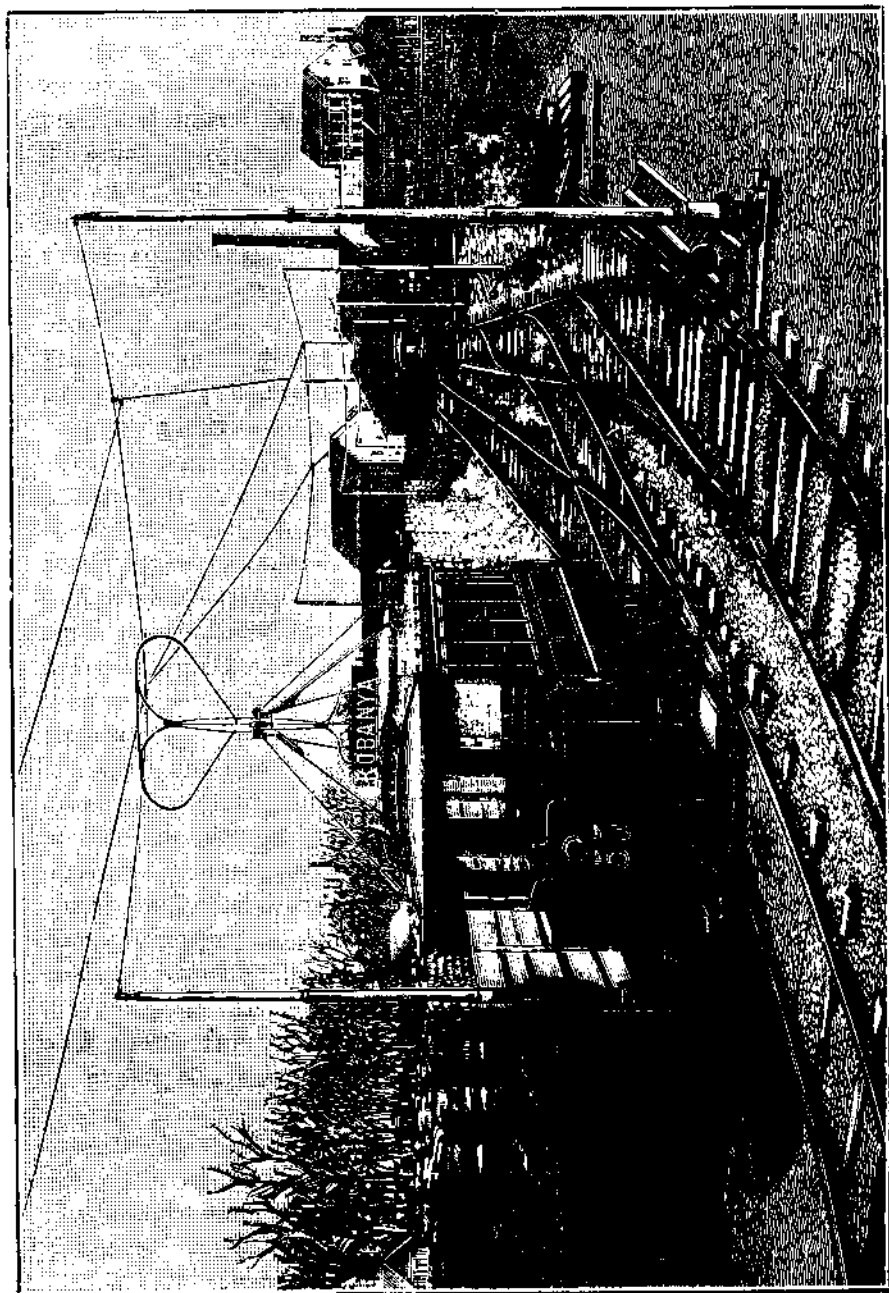
уже нужно три динамомашинны. Каждый вагонъ вѣситъ около 4 тоннъ и можетъ вмѣстить 22 лица.

Промышленная отдача электрической передачи мѣняется отъ 50 до 60% въ зависимости отъ положенія вагоновъ на линіи.

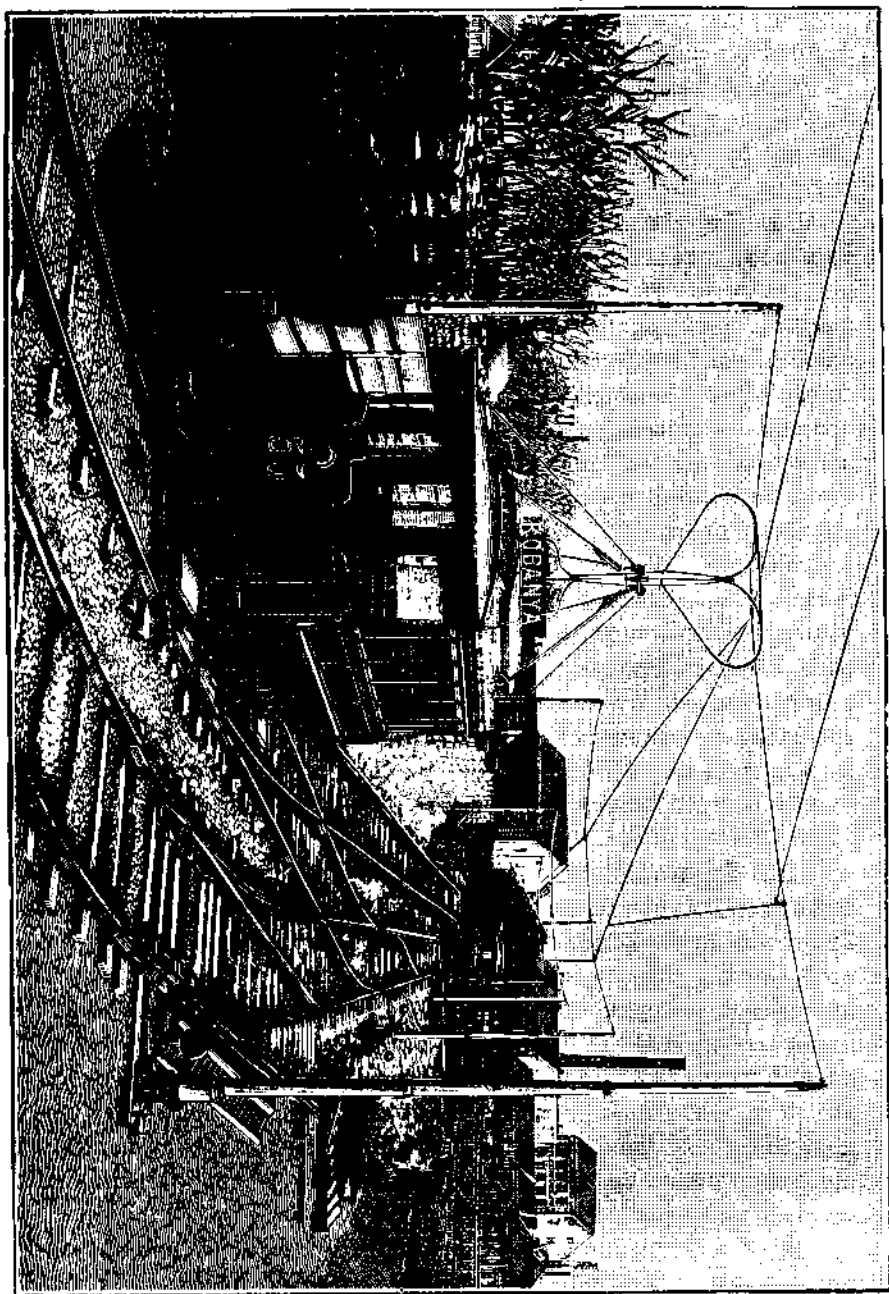
**611. Другіе способы Сименса и Гальске брать токъ отъ воздушныхъ проводовъ.** Описанная система соединенія вагоновъ съ воздушными проводами имѣетъ тотъ недостатокъ, что при ней провода подвергаются постоянно натяженію, прибавляющемуся къ натяженію, производимому вѣсомъ самихъ проводовъ; это заставляетъ употреблять болѣе прочныя столбы и разставлять ихъ гораздо чаще. Чтобы избѣжать этого неудобства, Сименсъ и Гальске приняли другую систему, въ которой проводникомъ, отъ котораго берется токъ, служитъ проволока, подвѣшенная надъ путемъ посредствомъ тонкихъ поперечныхъ проволокъ, прикрѣпленныхъ на изоляторахъ къ столбамъ (фиг. 374). Подъ проводникомъ скользитъ гибкая металлическая рама, прикрѣпленная къ крышѣ вагона. Токъ возвращается черезъ оси и рельсы. При этой системѣ исчезаютъ нѣкоторыя усложненія, вызываемыя употребленіемъ катящихся роликковъ, о которыхъ мы будемъ говорить дальше. Проводникъ, отъ котораго берется токъ, желѣзный, что дѣластъ его изнашиваніе незамѣтнымъ.

**612. Трамвай, въ которыхъ токъ отъ воздушныхъ проводовъ берется посредствомъ катящихся роликовъ. Система Ванъ-Депеле.** Американцы употребляютъ для того, чтобы брать токъ, подвижной роликъ или *trolley*, катящийся по нижней поверхности проводника и находящийся на концѣ длиннаго прута, прикрѣпленнаго наверху вагона. Проводникъ дѣлается изъ бронзы или твердой мѣди и имѣетъ 5—10 миллиметровъ въ діаметрѣ. Въ томъ случаѣ, когда онъ непосредственно прикрѣпляется къ изоляторамъ, то эти послѣдніе прикрѣпляются за шейку, проводникъ же подвѣшивается къ ихъ центральной желѣзной части.

Въ развѣтвленіяхъ и скрещеніяхъ приходится употреблять нѣкоторыя приспособленія, которыя бываютъ очень



Фиг. 874



Фиг. 371

просты, если линія состоитъ изъ одной проволоки, возвратъ же совершается черезъ землю. Посмотримъ, что дѣлается въ мѣстахъ скрещенія. Четыре проволоки, соединенныя въ этомъ случаѣ съ однимъ полюсомъ генератора, укрѣпляются на горизонтальной пластинѣ, прикрѣпленной своей верхней поверхностью къ столбу. На нижней поверхности продолженіемъ проводниковъ служатъ сходящіеся выступы, отлитые на пластинѣ. Эти выступы постепенно утончаются такъ, чтобы въ точкѣ схождения быть на уровнѣ пластины. При такомъ устройствѣ роликъ, идущій подъ однимъ изъ проводниковъ, проходитъ подъ пластиной и вступаетъ подъ проводникъ, служащій продолженіемъ перваго, не касаясь проводовъ другой линіи.

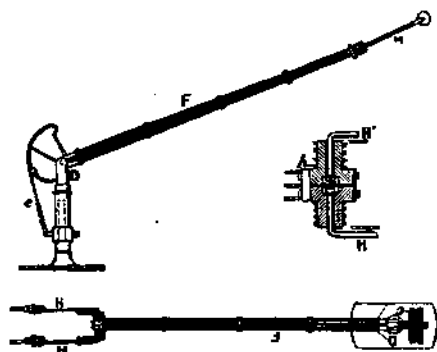
Если воздушная линія состоитъ изъ двухъ проводовъ, безъ возврата черезъ землю, то требуется болѣе сложное приспособленіе, такъ какъ необходимо избѣгать, чтобы проводники, соединенные съ различными полюсами генератора, не пришли въ соприкосновеніе.

Столбы, употребляемые для поддержки проводниковъ и питающихъ проводовъ, имѣютъ отъ 6 до 7 метровъ высоты и размѣщаются на разстояніи 50 метровъ другъ отъ друга. Въ городахъ обыкновенно употребляютъ металлическіе столбы, которымъ легко можно придать изящную форму. На дорогахъ въ два пути столбы разставляются между путями и снабжаются двумя боковыми отростками, болѣе или менѣе украшенными, которые поддерживаютъ проводникъ, питающій двигатели. Питающіе провода номѣщаются непосредственно на столбахъ. На дорогахъ въ одинъ путь, идущихъ вдоль троттуаровъ, столбы имѣютъ только одинъ боковой отростокъ. Чаше всего проводникъ поддерживаютъ поперечными стальными проволоками, прикрѣпленными съ двухъ сторонъ улицы къ изоляторамъ, прикрѣпленнымъ или къ стѣнамъ домовъ или къ столбамъ, разставленнымъ по троттуарамъ.

Вотъ нѣсколько приспособленій, служащихъ для соединенія проводниковъ съ двигателемъ:

На фиг. 375, 376 и 377 представленъ двойной роликъ Ванъ-Депеле, предназначенный для линій въ два провода, безъ возврата черезъ землю. На крышѣ вагона прикрѣпляется

подставка, поддерживающая длинный рычаг *F*, въ 5—10 метровъ длиною, составленный изъ стальныхъ пластинъ. Этотъ рычагъ можетъ перемѣщаться какъ въ вертикальномъ, такъ и въ горизонтальномъ направленіи, такъ что онъ можетъ слѣдить за изгибами воздушной линіи. Пружина *e*



Фиг. 375, 376 и 377.

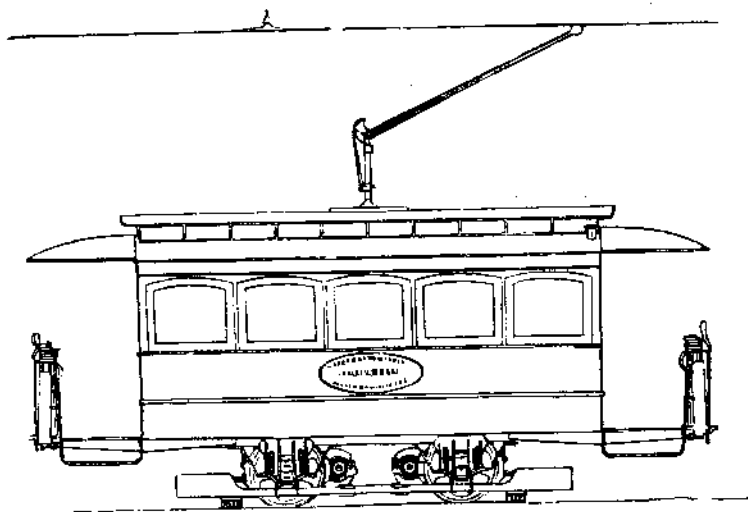
стремится поднять конецъ рычага къверху. На этомъ концѣ находятся два ролика съ желобками, катящіеся по нижнимъ поверхностямъ проводниковъ. Обѣ вѣтви, поддерживающія эти ролики, соединяются независимо съ двумя зажимами двигателей. Пружины *h* прижимаютъ ролики къ проводникамъ. Съ цѣлю сдѣлать весь приборъ болѣе легкимъ въ послѣднее время стали употреблять ролики изъ алюминія.

**613. Вагонъ Томсонъ-Гоустона.** На фиг. 378 изображена система, подобная описанной, гдѣ употребляется только одинъ проводникъ, возвратъ же совершается черезъ рельсы.

Въ этомъ случаѣ на концѣ подвижнаго рычага имѣется только одинъ роликъ. На рисункѣ видны приспособленія, употребляемые въ вагонахъ американской компаніи Томсонъ-Гоустонъ, видъ которыхъ въ планѣ уже былъ данъ на фиг. 361. Внизу вагона помѣщается рама съ стальными щетками, служащая для чистки рельсъ.

Вагонъ снабжается двумя двигателями, въ  $7\frac{1}{2}$  силъ каждый, соединенными параллельно. Эти двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ питаются токомъ въ 500 вольтъ.

Токъ, идя отъ подвижнаго ролика, проходитъ черезъ плавкій предохранитель, прерывающій токъ, когда сила его превосходитъ 50 амперъ. Въ цѣпь включенъ также громоотводъ, предохраняющій двигатель и регулирующіе приборы отъ атмо-



Фиг. 378.

сферныхъ разрядовъ. Для этой цѣли употребляютъ приборъ, описанный въ § 478, предназначенный для предотвращенія образованія послѣ разряда вольтовой дуги. Затѣмъ токъ проходитъ черезъ аппаратуры двигателей, реостатъ, коммутаторъ, индукторы и входитъ въ землю черезъ оси, колеса и рельсы.

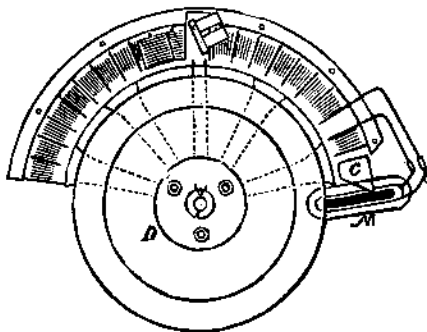
Реостатъ (фиг. 379 и 380) заслуживаетъ особаго вниманія. Онъ помѣщается подъ вагономъ и маневрируется съ передней и задней платформъ при помощи веревокъ, проходящихъ черезъ барабанъ D. Натягивая веревки въ ту или другую сторону, перемѣщаютъ рычагъ съ пружиной S, прижимающей трущуюся часть O къ контактамъ, расположеннымъ по окружности.

Эти контакты имѣютъ выступы. Они соединены желѣзными лентами, сложенными зигзагами, и изолированы другъ отъ друга пластинами слюды.

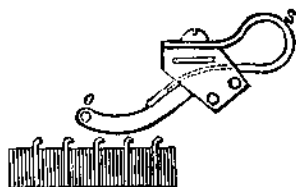
Доходя до одного изъ концовъ своего пути, рычагъ прерываетъ токъ. Въ этотъ моментъ токъ проходитъ черезъ элек-



тромагнитъ М, магнитное дѣйствіе котораго разрываетъ искру, появляющуюся на концѣ части С совершенно такъ же, какъ въ громоотводѣ того же изобрѣтателя.



Фиг. 379.



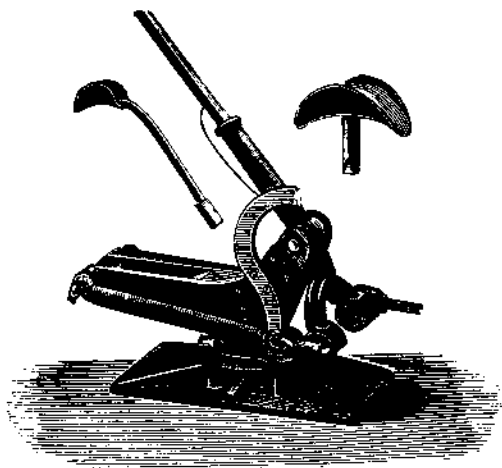
Фиг. 380.

Въ послѣдней модели вагона коммутаторъ перенесенъ на площадки вагона, чтобы не имѣть подвижныхъ контактовъ подъ кузовомъ. При помощи комбинацій обоихъ двигателей вагона, удалось уменьшить величину реостата. Именно двигатели соединяются послѣдовательно и параллельно. Кромѣ того, индукторы двигателей раздѣляются на двѣ части, изъ которыхъ одна можетъ быть выключаема изъ цѣпи, когда желаютъ уменьшить движущую силу.

Коммутаторъ состоитъ изъ вертикальнаго цилиндра, на которомъ укрѣплены мѣдныя пластинки, изолированныя при помощи прессованнаго асбеста. Этотъ цилиндръ вращается подъ рядомъ щетокъ. Образующіяся искры задуваются магнитнымъ вентиляторомъ, снабженнымъ арматурой, простирающейся надъ всѣми контактами. При помощи этого коммутатора можно устраивать слѣдующія комбинаціи:

1) Реостатъ включается послѣдовательно съ обоими двигателями. 2) Половина реостата включается послѣдовательно съ обоими двигателями. 3) Оба двигателя соединяются послѣдовательно безъ добавочнаго сопротивленія. 4) Выключается по половинѣ индуктирующихъ обмотокъ обоихъ послѣдовательно соединенныхъ двигателей. 5) Реостатъ включается послѣдовательно съ обоими двигателями, соединенными параллельно. 6) Оба двигателя соединяются параллельно. 7) Выключаются половины индуктирующихъ катушекъ у обоихъ параллельно соединенныхъ двигателей.

**614. Контактъ Шорта.** На фиг. 381 изображенъ контактъ системы Шорта, въ которомъ роликъ замѣненъ родомъ сѣдла, скользящаго подъ проводомъ, проводящимъ токъ. Внутренняя



Фиг. 381.

поверхность сѣдла покрыта мягкимъ сплавомъ, предназначеннымъ для уменьшенія изнашиванія проводника. Слой этого сплава можетъ выдержать пробѣгъ въ 1500 километровъ, не требуя замѣны.

Стальная труба, къ которой прикрѣплена трущаяся часть, подымается двумя пружинами, цѣмбующимися на подставкѣ съ вертикальной осью, что позволяетъ трущейся части перемѣщаться въ бокъ на 1 метръ; въ вертикальной плоскости она можетъ перемѣщаться на 7 метровъ.

**615. Трамвай въ Ричмондѣ.** Спрэгъ, одинъ изъ пионеровъ электрической тяги въ Соединенныхъ Штатахъ, устроилъ въ Ричмондѣ дорогу, представляющую особый техническій интересъ. Дорога въ два пути имѣетъ въ длину 19,2 километра. На ней встрѣчаются уклоны отъ 3 до 10 сотыхъ и кривыя съ радиусомъ въ 9 метровъ. Улицы, какъ въ большинствѣ американскихъ городовъ, содержатся весьма грязно и во время дождя путь совершенно покрывается грязью. Всѣ эти препятствія заставили компетентныхъ лицъ считать попытку устроить электрическую дорогу невыполнимой и потому успѣхъ предприятия вызвалъ реакцію, послужившую одной изъ причинъ развитія электрической тяги въ Соединенныхъ Штатахъ.

Число вагоновъ, находящихся одновременно въ пути, достигаетъ сорока. Центральная станція, служащая одновременно для освѣщенія города и для питанія двигателей у абонентовъ, имѣетъ для трамвая три паровыхъ двигателя системы Армингтона въ 125 силъ, приводящихъ въ движеніе шесть динамомашинъ Эдисона въ 40 киловаттовъ при 400 вольтахъ.

Токъ доставляется къ электродвигателямъ, находящимся въ вагонахъ, по проволокамъ изъ кремнистой бронзы, подвѣшеннымъ къ отрошкамъ столбовъ, размѣщенныхъ между двумя путями. Проволока отъ которой берется токъ, соединена съ проводникомъ большаго діаметра, идущимъ по вершинамъ столбовъ. Этотъ послѣдній соединенъ со станціей питающими проводами, цѣль которыхъ—поддерживать постоянное напряженіе на распредѣлительномъ проводѣ.

Каждый вагонъ снабженъ двумя электродвигателями, двигающими отдѣльныя оси посредствомъ зубчатыхъ колесъ, уменьшающихъ скорость вращенія въ 12 разъ. Двигатели, дающіе нормально  $7\frac{1}{2}$  силъ, могутъ въ теченіе короткаго времени на уклонахъ и кривыхъ развивать усиліе въ четыре раза большее. Двигатели типа, описаннаго въ § 574 (фиг. 343), позволяютъ мѣнять движущее усиліе, не прибѣгая къ помощи реостата, дѣйствуя непосредственно на возбужденіе индукторовъ.

Токъ возвращается на станцію черезъ рельсы. Чтобы уменьшить сопротивленіе обратнаго пути, рельсы въ нѣкоторыхъ мѣстахъ соединяются съ водопроводами и сосѣдними колод-

нами, благодаря чему они хорошо соединяются съ землей. Въ результатѣ электрическая тяга въ Ричмондѣ дала 40% экономіи сравнительно съ тягой лошадьми и позволила преодолѣть такія трудности, преодоленіе которыхъ было невозможно при этой послѣдней. Напримѣръ, когда вагонъ спускается по уклону въ 10 сотыхъ, возможно, мѣняя направленіе тока въ электродвигателяхъ, останавливать вагонъ и давать ему задній ходъ на пространствѣ вдвое болѣе короткомъ, чѣмъ длина вагона. Это свойство системы значительно уменьшаетъ число несчастныхъ случаевъ.

**616. Дѣйствіе на телефоны.** Почти на всѣхъ электрическихъ трамваяхъ въ Америкѣ употребляются воздушные провода и на девяти-десятихъ изъ нихъ возвратъ совершается черезъ землю. Напряженіе, обыкновенно допускаемое въ проводникахъ, бываетъ около 500 вольтъ. Опытъ, повидимому, показываетъ, что это напряженіе не представляетъ опасности, такъ какъ тысячи служащихъ на дорогахъ различныхъ компаній получали электрическіе удары безъ всякихъ послѣдствій. Употребленіе воздушныхъ проводовъ съ возвратомъ черезъ землю вліяетъ на телефоны съ линіями изъ одной проволоки, въ которыхъ земля также служитъ обратнымъ проводомъ для тока. Наблюдаемая на телефоны дѣйствія двухъ родовъ: происходятъ, во первыхъ—явленія индукціи, во вторыхъ—развѣтвленія тока. Замѣтимъ прежде всего, что токъ, идущій по проволокамъ трамвая, мѣняется вслѣдствіе перемѣщенія вагоновъ, ихъ остановокъ и ихъ отправленія въ путь. Если подобная линія находится не вдалекѣ отъ телефонной линіи, параллельной ей на нѣкоторомъ протяженіи, то въ телефонахъ слышатся звуки, вызываемые индукціей, производимой быстрыми измѣненіями тока. Этого не происходитъ, если для доставленія тока къ вагонамъ употребляютъ два воздушныхъ провода; но такъ какъ эта система значительно усложняетъ устройство скрещеній и способствуетъ образованію короткихъ замыканій между двумя сосѣдними проводами, то компаніи трамваевъ избѣгаютъ ея употребленія. Кажется, что рѣшеніе лежитъ скорѣе въ употребленіи двухпроводныхъ телефонныхъ линій, которыя имѣютъ мно-

жество преимуществъ при эксплуатациі телефоновъ, такъ какъ они ставятъ эти послѣдніе внѣ дѣйствій не только проводовъ трамваевъ, но и проводовъ освѣтительныхъ, телеграфныхъ и въ то же время мѣшаютъ телефоннымъ линіямъ вредить другъ другу. Вотъ почему Парижскимъ конгрессомъ 1889 года настоятельно рекомендовалось употребленіе для телефонныхъ линій двойныхъ проводовъ. Въ Соединенныхъ Штатахъ съ успѣхомъ употребляютъ одну общую обратную проволоку большаго діаметра для нѣсколькихъ телефонныхъ цѣпей. Уничтоженіе возврата черезъ землю уничтожаетъ и отвѣтвленія тока, тогда какъ индукція уменьшается дифференціальными дѣйствіями, производимыми проводомъ трамвая на обѣ проволоки каждой телефонной цѣпи.

Иногда случается, что телефонный проводъ, падая на проводъ трамвая, приводитъ въ телефонные пріемники токи, могущіе сжечь ихъ катушки. Этихъ происшествій избѣгаютъ, снабжая телефонные посты плавкими предохранительными проволоками, меньшаго діаметра, которыя могутъ служить одновременно съ громоотводами для защиты пріемниковъ отъ атмосферныхъ разрядовъ. Другая предосторожность состоитъ въ томъ, что параллельно съ проводомъ, по которому катятся роликки, подъ нимъ протягиваютъ еще одинъ предохранительный проводникъ. Однако существованіе такого дополнительнаго провода усложняетъ воздушную сѣть. Компаніе Томсонъ Гоустонъ помѣщаетъ на верхней сторонѣ проволоки, по которой катится роликъ когда, она проходитъ подъ телефонными проводами, тонкія деревянные рейки, укрѣпленныя при помощи особыхъ зацѣнокъ.

## ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ.

**617. Усиліе тяги.** Въ Европѣ рельсы трамваевъ бываютъ обыкновенно съ желобками и колеса вагоновъ снабжаются бандажами съ выдающимся краемъ. Треніе этого выдающагося края о боковыя стѣнки желоба рельса поглощаетъ значительную часть усилія тяги.

Замѣтимъ, что такъ какъ колеса составляютъ одно цѣлое съ осями, то необходимо, чтобы на кривыхъ одно изъ ко-

лесь скользило, что производить значительное трение, особенно на кривыхъ малыхъ радиусовъ (10 метровъ и даже меньше), которыя часто встрѣчаются на линіяхъ трамваевъ. Чтобы уменьшить трение на кривыхъ, съ выпуклой стороны пути укладываютъ плоскій рельсъ. Выдающийся край колесъ входитъ на него и, такъ какъ катящаяся окружность будетъ въ этомъ случаѣ со стороны выпуклой больше, чѣмъ со стороны вогнутой, то скольженіе уменьшится. Трение на кривыхъ уменьшаютъ еще, употребляя подвижныя сальныя коробки, позволяющія осямъ ориентироваться въ зависимости отъ радиуса кривой, и помѣщая обѣ оси вагона насколько возможно ближе одна къ другой.

Усиліе тяги конечно значительно мѣняется въ зависимости отъ системы пути, способа его укладки и состоянія рельсъ. Тогда какъ на плоскости усиліе тяги для одной тонны на желѣзныхъ дорогахъ съ рельсами Виньоля равняется 3,5 килограмма, оно равняется 12 килогр. на трамваяхъ съ желобчатыми рельсами и увеличивается до 25 килогр., когда путь находится въ дурномъ состояніи. Влага служитъ смазывающимъ веществомъ для рельсъ и замѣчено, что во время дождя усиліе тяги уменьшается на одну треть и больше.

На подъемахъ усиліе тяги увеличивается на величину слагающей вѣса вагона, параллельной пути. Если  $\alpha$  уголъ наклона пути, то  $\sin \alpha$  будетъ дополнительное усиліе, вызываемое уклономъ, на килограммъ. Такъ какъ величины  $\alpha$  обыкновенно невелики, то синусъ почти равняется уклону на метръ. Такъ, при подъемѣ въ 0,04 метра на метръ длины, дополнительное усиліе равняется 0,04 килограмма на килограммъ.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что если назвать черезъ  $p$  вѣсъ вагона, черезъ  $f$ —усиліе тяги на килограммъ на плоскости, черезъ  $i$ —уклонъ на метръ, то усиліе тяги будетъ:

$$E = p (f \pm i), \quad (1)$$

гдѣ знакъ  $+$  или  $-$  зависитъ отъ того, будетъ-ли подъемъ или спускъ.

Работа при пробѣгѣ  $l$  метровъ по однородному пути будетъ

$$W = p l (f \pm i) \text{ килограммометровъ,} \quad (2)$$

и требуемое количество энергіи, при скорости  $v$  метровъ въ секунду,

$$P \frac{p v (f \pm i)}{75} \text{ силъ или } \frac{p v (f \pm i)}{0,102} \text{ ваттовъ} \quad (3)$$

Для избѣжанія ошибокъ при разсчѣтѣ слѣдуетъ брать  $f$  равнымъ 0,015.

Рекензаунъ замѣтилъ, что на кривыхъ радиуса въ 15 метровъ усиліе тяги трамваевъ удваивается, на кривыхъ же радиуса въ 10 метровъ оно утраивается.

При началѣ движенія усиліе тяги часто въ четыре или пять разъ больше нормальнаго, что показываетъ неудобство остановокъ на большихъ подъемахъ и на кривыхъ малаго радиуса.

Рекензаунъ сдѣлалъ множество опытовъ на городскихъ электрическихъ трамваяхъ. Въ этихъ случаяхъ движущее усиліе можно вычислить, зная силу тока, потребляемаго двигателемъ; это позволяетъ избѣжать динамометрическихъ измѣреній, всегда представляющихъ затрудненія. Онъ замѣтилъ, что токъ въ электродвигателѣ весьма значительно мѣняется вслѣдствіе остановокъ, отправленій и неровностей пути. Изображая силу тока ординатами, а время абсциссами, онъ получилъ зубчатую линію, совпадающую съ осью временъ на значительной части своей длины, благодаря продолжительности остановокъ и тому обстоятельству, что на значительной части пути вагонъ движется вслѣдствіе своей инерціи и силы тяжести.

Приставаніе колесъ вагона къ пути мѣняется отъ одной пятой до одной десятой вѣса, поддерживаемаго движущими колесами. Слѣдовательно, если усиліе при началѣ движенія слишкомъ велико или если путь сталъ скользкимъ вслѣдствіе обмерзанія рельсъ, то колеса начинаютъ скользить. Этого скольженія избѣгаютъ посыпая рельсы передъ колесами пескомъ. Устраиваютъ даже коробки съ пескомъ, открывающіяся автоматически, когда усиліе начинаетъ превосходить нѣкоторый предѣлъ.

Вагоны трамваевъ бываютъ двухъ различныхъ типовъ. Большіе вагоны съ имперьями, подобные употребляемымъ

въ Парижѣ, вмѣщаютъ 50 пассажировъ и вѣсятъ безъ электрическихъ приборовъ, когда всѣ мѣста заняты, 7 тоннъ.

Маленькія вагоны въ бельгійскихъ городахъ вмѣщаютъ 30—42 пассажира и вѣсятъ 3—4 тонны. Электрическіе приборы увеличиваютъ вѣсъ вагона на  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{7}$ . При употребленіи же аккумуляторовъ на  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ . Этого вѣса обыкновенно достаточно; чтобы произвести достаточное приставаніе колесъ самодвижущагося вагона.

Часто, когда компаніи трамваевъ рѣшаются испытать электрическую тягу, они требуютъ употребленія особаго локомотива для тяги, чтобы не передѣлывать своихъ вагоновъ. Легко показать вычисленіями, насколько подобное рѣшеніе вопроса невыгодно въ виду значительнаго вѣса, который долженъ имѣть локомотивъ, чтобы приставаніе къ рельсамъ было достаточно.

Пусть уклонъ пути равенъ 5 сант. на метръ, т. е. ( $i=0,05$ ) и положимъ что коэффициентъ тяги  $f=0,012$ , коэффициентъ же приставаніи 0,12.

Называя черезъ  $p'$  вѣсъ локомотива и черезъ  $p$  вѣсъ вагона, мы получимъ для всего усилія тяги выраженіе:

$$E = (p + p') (f + i) = (p + p') 0,062.$$

Чтобы локомотивъ могъ перемѣщать себя и вагонъ, необходимо, чтобы приставаніе было по крайней мѣрѣ равно усилію тяги. Слѣдовательно, въ предѣлѣ имѣемъ:

$$0,062 (p + p') = 0,12p'$$

откуда наименьшій вѣсъ локомотива долженъ равняться

$$p' = 1,07 p.$$

И такъ, мы видимъ, что локомотивъ долженъ вѣсить больше вагона, условіе совершенно нераціональное. Слѣдовательно, эта система допустима только тогда, когда приходится тащить нѣсколько вагоновъ. Если число ихъ невелико, то лучше всего пользоваться самодвижущимся вагономъ, достаточно сильнымъ, чтобы тащить за собою нѣсколько другихъ.

По предыдущей формулѣ вычисляютъ также наибольшій подъемъ, по которому можетъ подниматься вагонъ. Возьмемъ



самодвижущійся вагонъ съ двумя движущимися осями, вѣсящій  $p$  килограммовъ. Называя черезъ  $x$  наибольшій уклонъ въ сотыхъ, получимъ:

$$p(0,012 + 0,01 \times x) = 0,12 \times p,$$

откуда

$$x = 10,8\%.$$

**618. Количество энергій, поглощаемое электрическими трамваями. Выборъ динамомашииъ и паровыхъ машииъ.** Количество энергій, потребляемое вагономъ трамвая, въ высшей степени переменчиво, какъ можно въ этомъ убѣдиться изъ изъ сказаннаго въ предыдущемъ параграфѣ. Кросби, сдѣлавшій множество наблюденій надъ силою тока, потребляемаго электродвигателями, нашелъ, что она постепенно увеличивается отъ нуля (въ моменты остановокъ) до величинъ, вдвое и втрое превосходящихъ нормальную (въ моменты отправленія). Такъ, въ Ричмондѣ, Кливелендѣ и Скрантонѣ, гдѣ среднія скорости 9,5, 14 и 9 километровъ въ часъ, среднія количества энергій, потребляемыя вагономъ, будутъ соотвѣстственны 6,5, 6,6 и 7,4 электрическихъ лошадиныхъ силъ, а наибольшія количества энергій, требуемыя при подъемахъ, будутъ 25,6, 15 и 19,2 электрическихъ лошадиныхъ силъ. Въ Ричмондѣ измѣреніе было сдѣлано на уклонѣ въ 9 сотыхъ при нагрузкѣ въ 3900 килограммовъ; въ Кливелендѣ на маломъ уклонѣ при нагрузкѣ въ 4450 кил. и въ Скрантонѣ на уклонѣ въ 7 сотыхъ при нагрузкѣ въ 4000 килограммовъ.

Для вагона, вѣсящаго при полной нагрузкѣ 4 тонны, считаютъ обыкновенно средній расходъ въ 450 ваттъ-часовъ на вагонъ - километръ. Эта цифра относится къ пути средняго профиля. Потеря энергій въ линіи обыкновенно бываетъ около 10%.

Такъ какъ измѣненія силы тока происходятъ очень быстро, то не можетъ быть и рѣчи о ручной регулировкѣ динамомашииъ, и поэтому на станціи слѣдуетъ употреблять динамомашии со смѣшаннымъ возбужденіемъ.

Когда на линіи находится одновременно большое число вагоновъ, то потребление энергій дѣлается нѣсколько болѣе равномернымъ, но, вообще, число вагоновъ не бываетъ очень

значительнымъ и поэтому необходимо употреблять такіа движущія машины, которыя могли бы развивать усилія, значительно превосходящія нормальное. Обыкновенно движущая машина вычисляется такъ, чтобы она могла, въ случаѣ нужды, развивать усиліе вдвое больше нормальнаго.

Трѣніе въ машинахъ значительно вліяетъ на величину отдачи электрической станціи. Если, напримѣръ, при полной нагрузкѣ на преодоленіе трѣнія идетъ 10% всего количества энергіи, то при нагрузкѣ, равной одной трети полной, для этой цѣли уже будетъ тратиться 30%, и окончательный результатъ будетъ не блестящъ.

Наилучшіе результаты даютъ машины высокаго давленія и большой скорости, коэффициентъ трѣнія въ которыхъ можетъ быть весьма невеликъ вслѣдствіе небольшой величины движущихся массъ. Маховое колесо должно имѣть сильное дѣйствіе, чтобы противустоять быстрымъ измѣненіямъ сопротивляющагося усилія. Часто это колесо дѣлаютъ въ полтора раза тяжелѣе сравнительно съ маховикомъ, употребляемымъ въ машинахъ, предназначенныхъ для постоянной нагрузки. Расширеніе допускается такое, чтобы при нормальной работѣ на индикаторную силу тратилось наименьшее количество топлива, причемъ машина работаетъ съ большимъ количествомъ пара, чтобы совершать наибольшую работу. Наконецъ, необходимо, чтобы регуляторъ очень быстро регулировалъ впускъ пара при измѣненіяхъ нагрузки.

Условіе быстрого измѣненія режима исключаетъ употребленіе паровыхъ машинъ компаундъ, эластичность которыхъ меньше, чѣмъ эластичность одноцилиндровыхъ машинъ.

При указанныхъ условіяхъ машина типа Корлиссъ не была бы экономична, такъ какъ въ этихъ машинахъ степень впуска пара имѣетъ весьма ограниченные предѣлы и для того, чтобы удовлетворить наибольшему требованію, пришлось бы употреблять машины большихъ размѣровъ, отдача которыхъ при нормальной нагрузкѣ была бы мала.

Ванъ-Влотенъ предложилъ помѣщать на генераторной станціи батарею аккумуляторовъ, которая бы доставляла энергію, когда ея потребленіе превосходитъ нормальное количество. Въ этомъ случаѣ приборы, производящіе электричество, разви-

ваютъ постоянное количество энергіи, а аккумуляторы поглощаютъ избытокъ производимой энергіи и пополняютъ ее недостатокъ. Эта система, при которой отдача генераторныхъ машинъ будетъ, конечно, отличная, вызываетъ однако большую затрату, чѣмъ система прямого питанія.

Американскія компании обыкновенно употребляютъ само движущіеся вагоны, могущіе тянуть за собою одинъ или два обыкновенныхъ вагона, снабженные двумя двигателями, приводящими въ дѣйствіе каждый отдѣльную ось и могущими развить 25—30 силъ. Эта система, пользующаяся приставаніемъ обѣихъ осей самодвижущагося вагона, позволяющая вагону подниматься по большимъ уклонамъ и быстро останавливаться, требуетъ двойной передачи, части которой поглощаютъ значительное количество энергіи. На линіяхъ съ слабыми уклонами лучше употребляютъ вагоны съ однимъ только двигателемъ, которые нѣсколько легче и даютъ лучшую отдачу. Для путей съ рѣзкимъ профилемъ, на которыхъ употребляются вагоны съ двумя двигателями, полезно имѣть возможность включать одинъ изъ нихъ, когда уклоны малы. Рекензаунъ предложилъ на большихъ подъемахъ, гдѣ скорость очень мала, соединять двигатели послѣдовательно, чтобы не приходилось для уменьшенія силы тока употреблять реостаты. Для этого необходимъ дополнительный коммутаторъ, позволяющій соединять двигатели по желанію параллельно или послѣдовательно.

Электродвигатели вычисляются такъ, чтобы они имѣли наибольшую отдачу при средней величинѣ нагрузки. Вообще отдача тѣмъ лучше, чѣмъ больше скорость вагона. Большая скорость движенія также очень выгодна съ точки зрѣнія эксплуатаціи линіи, такъ какъ она позволяетъ достигать требуемаго числа вагонъ-километровъ съ наименьшимъ числомъ вагоновъ и прислуги.

Необходимая работоспособность генераторной станціи зависитъ отъ числа вагоновъ, ходящихъ по линіи. Вотъ нѣкоторыя интересныя данныя относительно этого, заимствованныя изъ книги Кросби и Белля \*).

---

\*) Crosby and Bell, The Electric Railway, Johnston. New-York, 1892.

Для линіи въ 6—7 километровъ, съ наибольшимъ уклономъ въ 5—6 сотыхъ, на которой ходятъ 5 вагоновъ по 5 тоннъ со скоростью 13 километромъ въ часъ, можно допустить, что отношеніе средней величины потребленія электрической энергіи къ наибольшей его величинѣ равняется одной трети. При этихъ условіяхъ генераторную станцію должно снабдить машинами, могущими въ каждый данный моментъ развить около 100 силъ.

Работоспособность, признанная въ рассматриваемомъ примѣрѣ необходимой, можетъ быть концентрирована въ одной машинѣ, но, если капиталъ это позволяетъ, то лучше движущую энергію раздѣлить между двумя машинами, чтобы, въ случаѣ порчи одной изъ нихъ, имѣть другую въ запасѣ. Въ настоящемъ случаѣ двухъ сорокасильныхъ машинъ съ 0,25 впуска будетъ достаточно.

Котлы, числомъ тоже два, вычисляются для 100—120 силъ такъ, чтобы они могли доставлять сухой паръ при быстрыхъ измѣненіяхъ потребленія. Наконецъ, обѣ динамомашинны-генераторы должны быть вычислены такъ, чтобы онѣ могли доставлять количество энергіи, нѣсколько большее, чѣмъ потребляютъ двигатели такъ чтобы они могли выдерживать случайные толчки. Въ настоящемъ случаѣ можно, на примѣръ, взять двѣ динамомашинны по 40 киловаттовъ, имѣющія при нормальной нагрузкѣ еще порядочную отдачу.

Когда на линіи трамвая находится 30—35 вагоновъ, отношеніе между средней величиной потребленія энергіи и наибольшей его величиной достигаетъ 0,50. Въ этомъ случаѣ можно пользоваться машинами типа Корлиссъ. Величины движущихъ машинъ слѣдуетъ выбирать такими, чтобы, въ случаѣ порчи одной изъ нихъ, движеніе могло бы поддерживаться остальными. Всѣ машины работаютъ одновременно только въ тѣ часы, когда движеніе очень велико. Среди дня вообще можно останавливать нѣсколько машинъ и пользоваться этимъ временемъ для ихъ чистки.

Въ городахъ, гдѣ число вагоновъ достигаетъ сотни, употребляютъ длинные вагоны съ двумя телѣжками, имѣющія вдвое больше мѣстъ, чѣмъ обыкновенные вагоны. Въ этомъ случаѣ отношеніе средней величины нагрузки къ ея наиболь-

шей величинѣ близко къ единицѣ и можно употреблять машины съ тройнымъ и четвернымъ расширеніемъ съ конденсаціей, потребляющія наименьшее количество топлива.

Каково бы ни было число вагоновъ, мѣсто станціи опредѣляется стоимостью земли, стоимостью проводовъ, легкостью доставки топлива и воды. Если вода стоитъ дешево, то употребляютъ машины съ конденсаціей. Конечно, насколько возможно, станцію слѣдуетъ помѣщать вблизи середины линіи, съ цѣлью уменьшать расходы на мѣдные провода.

Зданія, въ которыхъ помѣщаются станціи, обыкновенно дѣлаются одноэтажными. Ихъ надо строить такъ, чтобы во всякое время они могли быть увеличены.

Каждое зданіе станціи состоитъ изъ машиннаго помѣщенія, котельнаго отдѣленія и, обыкновенно, конторы и мастерской для починокъ. Котлы располагаются передъ складомъ топлива. Паровыя машины часто соединяются непосредственно съ динамомашинами при помощи муфтъ, подобныхъ муфтѣ Раффара. Распредѣлительная доска помѣщается такъ, чтобы электрикъ, наблюдающій за машинами, могъ легко пользоваться приборами, помѣщенными на ней. Въ машинномъ помѣщеніи у потолка устраивается кранъ облегчающій установку машинъ. Если крыша помѣщенія металлическая, то она должна быть снабжена войлочной или деревянной подкладкой, чтобы капли конденсирующагося пара не падали на машины.

Въ виду быстрыхъ измѣненій усилій, производимыхъ машинами, фундаменты динамомашинъ и двигателей должны быть особенно прочны. Для изолированія динамомашинъ и для предупрежденія распространенія сотрясеній слѣдуетъ принимать предосторожности, указанныя въ § 400.

Что касается вычисленія проводниковъ, то тутъ слѣдуетъ основываться на длинѣ линіи и на допустимой потерѣ напряженія. Въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ напряженіе на станціяхъ равняется 500 вольтамъ, допускаютъ наибольшую потерю въ 50 вольтъ. Слѣдовательно проволока изъ бронзы высокої проводимости въ 7 мил. въ діаметрѣ можетъ употребляться какъ единственный проводникъ только на очень короткихъ и мало нагруженныхъ линіяхъ. Для обыкновенныхъ

же линий пользуются фидерами и даже употребляют особый распределительный кабель, питаемый фидерами, соединенный съ проволокой, отъ которой берется токъ, черезъ извѣстные промежутки. Потеря въ 50 вольтъ распределяется между самымъ длиннымъ фидеромъ и проводниками, отдѣляющими его отъ самаго удаленнаго вагона. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ простое вычисленіе опредѣлитъ сѣченія, которыя должны быть у различныхъ проводниковъ.

Вотъ нѣсколько дополнительныхъ данныхъ для проектированія.

Въ часто встрѣчающемся случаѣ, когда на генераторной станціи находятся двѣ динамомашинны со смѣшаннымъ возбужденіемъ, онѣ соединяются параллельно, какъ было сказано въ § 386. Устраиваютъ такъ, чтобы преимущественное вліяніе имѣла параллельная обмотка и даже устраиваютъ приспособленіе, позволяющее выключать послѣдовательную обмотку. Небольшой реостатъ, выключаемый послѣдовательно въ параллельную обмотку, позволяетъ регулировать напряженіе въ каждой машинѣ.

Чтобы уменьшить дѣйствіе на обратные проводы продуктовъ электролиза земной влаги, съ землей соединяются отрицательные полюсы генераторовъ. Соединеніе съ землей происходитъ черезъ посредство плавкихъ пластинъ. Положительные полюсы черезъ амперметры, предохранители и громоотводы соединяются съ фидерами. Громоотводы слѣдуетъ включать за индукторами съ послѣдовательной обмоткой, чтобы ихъ самоиндукція препятствовала образованію опасныхъ разрядовъ черезъ арматуру.

Что касается постройки линій, то тутъ надо пользоваться общими правилами относительно постройки воздушныхъ линій.

Проводимость рельсоваго пути, служащаго для возврата тока, улучшается припаиваніемъ около стыковъ мѣдныхъ соединеній. Кромѣ того, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ рельсы соединяются съ мѣдной полосой, зарытой между ними. Столбы дѣлаются деревянные или, лучше, желѣзные рѣшетчатые. Ихъ заливаютъ, съ цѣлью придать наибольшую устойчивость, въ бетонные фундаменты. Разстояніе между столбами по направленію линіи можетъ быть въ 40 метровъ. Часто проволока,

соединенная съ вагономъ, подвѣшивается на боковыхъ отроствахъ, которыми снабжаются столбы, но чаще ее поддерживаютъ поперечными проволоками, натянутыми поперекъ улицы или между стѣнами домовъ, или между столбами, расположенными по обѣ стороны пути. Проволока, отъ которой берется токъ, обыкновенно бываетъ изъ мѣди или изъ бронзы высокой проводимости. Поперечныя проволоки, поддерживающія ихъ на особыхъ изоляторахъ, дѣлаются изъ прочной бронзы и имѣютъ 5 мил. въ діаметрѣ. Кромѣ того, черезъ каждыя 200 метровъ проволоку, соединенную съ вагономъ, укрѣпляютъ еще посредствомъ горизонтальныхъ проволокъ, натянутыхъ въ видѣ Андреевскаго креста между боковыми столбами и предназначенныхъ для ограниченія ея перемѣщенія. Когда того требуетъ городъ, надъ названной проволокой протягиваютъ еще предохранительную проволоку, поддерживаемую тоже поперечными проволоками; но эта предохранительная проволока часто служитъ причиной порчи линіи.

На кривыхъ проволока, отъ которой берется токъ, натягивается по сторонамъ многоугольника при помощи поперечныхъ проволокъ, привязанныхъ къ одному или нѣсколькимъ столбамъ. Проволоку помѣщаютъ не по оси рельсъ, но нѣсколько внутрь кривой, чтобы помѣшать сходу съ нея роллика, образующаго контактъ.

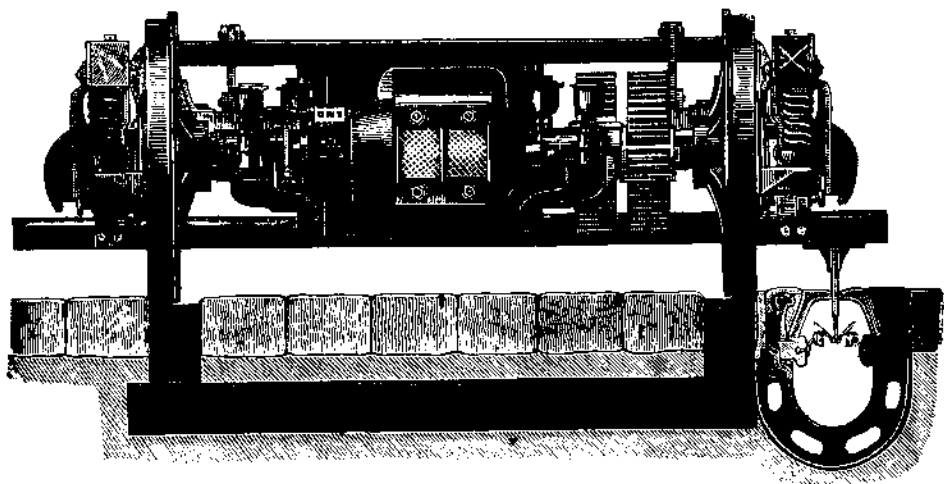
### ПРИМѢНЕНІЕ ПОДЗЕМНЫХЪ ПРОВОДОВЪ.

619. Употребленіе воздушныхъ проводовъ встрѣтило въ нѣкоторыхъ городахъ сопротивленіе, мотивированное какъ заботой о красотѣ улицъ, такъ и желаніемъ избѣжать тѣхъ несчастныхъ случаевъ, которые могутъ произойти при паденіи на землю проводовъ съ токомъ высокаго напряженія. Но надо замѣтить, что въ нѣкоторыхъ американскихъ городахъ уже удалось сдѣлать воздушную канализацію не безобразной и что электричество признано безопаснымъ, если напряженіе при постоянныхъ токахъ не превосходитъ 500 вольтъ. Въ виду значительно меньшей стоимости воздушной канализаціи и улучшенія службы, которую она доставляетъ, этого рода канализація допущена и во многихъ европейскихъ городахъ.

Чтобы избѣжать употребленія воздушныхъ проволокъ, пытались придумать системы, въ которыхъ провода помѣщались бы на изоляторахъ въ каналахъ, подъ уровнемъ улицы. Самый простой способъ соединить электродвигатель съ неподвижной цѣпью состоитъ въ употребленіи трущихся о проводникъ частей, которыя входили бы въ каналъ черезъ узкую щель въ его верхней части. Къ сожалѣнію, вода и грязь, проникающія черезъ ту же щель, могутъ попортить изоляцію линіи, особенно въ странахъ, гдѣ снѣгъ и дождь составляютъ обычное явленіе. Это неудобство удается устранить въ городахъ, гдѣ существуетъ хорошая сѣть сточныхъ каналовъ, помѣщая проводникъ не противъ щели и придавая каналамъ, содержащимъ проводникъ, уклонъ въ сторону особыхъ дренажныхъ канальчиковъ, отводящихъ воду въ сточные каналы. Кромѣ того, для чистки каналовъ, содержащихъ проводникъ, нужно имѣть еще особую прислугу.

Подобнаго рода установки работаютъ удовлетворительно, хотя устройство и содержаніе подземной канализаціи, конечно, стоитъ гораздо дороже, чѣмъ воздушной.

**620. Подземный путь Вентли Найта.** На фиг. 382 изображена платформа вагоновъ, употребляемыхъ въ Alleghany

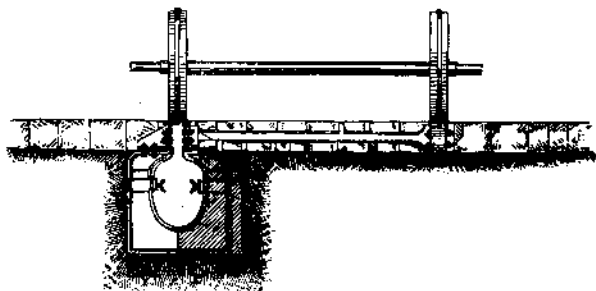


Фиг. 382.



City и разрѣзъ пути, изобрѣтеннаго Бентли Найтомъ. Подземный каналъ помѣщенъ съ наружной стороны пути. Онъ сдѣланъ изъ бетона, покрытаго съ внутренней стороны цементомъ. На разстояніяхъ 1,20' метра другъ отъ друга въ бетонъ залиты чугунныя рамки, имѣющія форму буквы U. Къ этимъ рамкамъ прикрѣплены болтами продольныя части, закрывающія каналъ, оставляя щель для прохода контактнаго прибора. Къ бокамъ этихъ же рамокъ придѣланы фарфоровые изоляторы, поддерживающіе на металлическихъ крюкахъ два параллельные провода, отъ которыхъ, при помощи двухъ трущихся упругихъ частей, токъ доставляется въ вагонъ. Эти части, соединенныя металлическими полосами съ электродвигателемъ, прикрѣплены къ стержню, скользящему параллельно пути. Какъ видно изъ сказаннаго, въ этой системѣ рельсы не входятъ въ составъ электрической цѣпи.

621. Трамвай съ подземнымъ путемъ Сименса и Гальске въ Будапештѣ. На фиг. 383 изображенъ разрѣзъ подземнаго пути, устроеннаго въ Будапештѣ \*) фирмой Сименса и Гальске. Проводники помѣщены въ бетонномъ каналѣ, на-



Фиг. 383.

ходящемся подъ однимъ изъ рельсъ, яйцевидное сѣченіе котораго имѣетъ 33 сант. въ высоту и 28 сант. въ ширину (фиг. 383). Черезъ каждыя 1,20 метровъ чугунныя рамки, имѣющія ту же форму, что и поперечное сѣченіе канала, поддерживаютъ его. Къ этимъ рамкамъ прикрѣплены изоляторы, по которымъ идутъ провода. Рельсы системы Гаармана прикрѣплены болтами къ рамкамъ. Они имѣютъ достаточное сѣ-

\*) *Wochenschrift des Österr.-Ing. u. u. d. Architekt.-Vereines*, 2 Января 1891.

ченіе, чтобы выдерживать самые тяжелые грузы, передвигаемые по дорогѣ. Между ними оставлено разстояніе въ 33 мил., черезъ которое проходитъ приборъ, берущій токъ. Въ каналѣ имѣются отверстия, черезъ которыя вода изъ нихъ стекаетъ въ сточныя трубы.

Въ настоящее время въ Будапештѣ эксплуатируется 8,3 километра подобнаго пути, на которомъ наибольшіе уклоны достигаютъ 0,016 и есть кривыя, радіусъ которыхъ доходитъ до 25 метровъ.

Скорость вагоновъ мѣняется отъ 15 до 18 километровъ въ часъ. Каждый вагонъ пробѣгаетъ въ сутки отъ 120 до 150 километровъ.

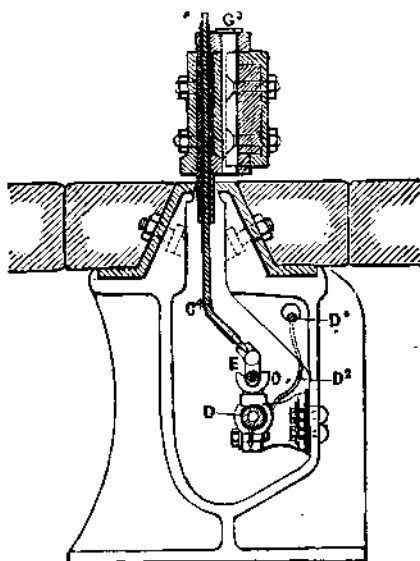
На генераторной станціи имѣются 4 трубчатыхъ котла, въ 100 кв. метр. поверхности нагрѣва каждый и 3 горизонтальныхъ машины компаундъ съ конденсаціей, каждая въ 100 силъ. Каждая паровая машина приводитъ въ дѣйствіе посредствомъ кабелей отдѣльную динамомашину. Токъ по фидерамъ идетъ въ распредѣлительныя коробки, соединенныя съ проводниками подземнаго пути.

**622. Путь Ликеза.** Главный проводникъ D (фиг. 384) состоитъ изъ изолированной желѣзной трубы, содержащей внутренній мѣдный сердечникъ. Постоянное напряженіе въ немъ поддерживается при помощи фидеровъ D<sup>3</sup>. Проводникъ этотъ, какъ и въ описанныхъ раньше системахъ, поддерживается внутри подземнаго бетоннаго канала чугунными рамками, расположенными близко одна къ другой. Къ этимъ же рамкамъ прикрѣплены продольныя части, которыя до нѣкоторой степени закрываютъ каналъ. На каждой рамкѣ къ желѣзной трубѣ D привинченъ родъ металлическаго сѣдла, по которому и скользятъ подвижной контактъ, состоящій изъ куска кабеля определенной длины E, прикрѣпленнаго къ изогнутому стержню G<sup>1</sup>. Этотъ послѣдній въ свою очередь прикрѣпленъ на шарнирѣ къ небольшой телѣжкѣ, придѣланной къ вагону, могущей слѣдовать за изгибами пути. Токъ возвращается черезъ рельсы.

Система сѣделъ, находящихся на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга, облегчаетъ устройство скрещеній путей.

Кромѣ того, такъ какъ непокрытая часть проводника, выставленная на воздухъ, очень мала, такъ какъ проводникъ D

изолированъ по всей длинѣ, кромѣ выступовъ  $D^1$ , то изоляція линіи достаточна. Каппъ опытнымъ путемъ дошелъ, что



Фиг. 384.

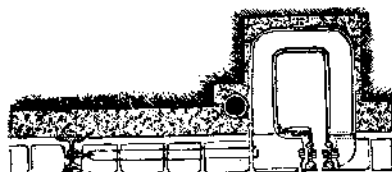
сопротивленіе изоляціи подобнаго пути равняется 1500 омамъ на километръ при самыхъ невыгодныхъ атмосферныхъ условіяхъ.

### РАЗЛИЧНЫЯ СИСТЕМЫ.

**623. Подземный путь въ Нортфлитѣ.** Всѣ описанныя системы трамваевъ устраиваются для параллельнаго включенія двигателей въ цѣпь. Здѣсь мы опишемъ интересную попытку примѣнить послѣдовательное включеніе, которое позволяетъ значительно удешевить проводники въ линіи сколько-нибудь большаго протяженія. Подобная линія устроена въ Нортфлитѣ (въ Англіи).

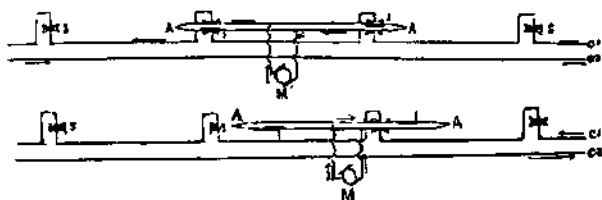
Какъ видно на фиг. 385, подземный каналъ въ  $20 \times 30$  сантиметровъ помѣщается подъ однимъ рельсомъ, который вмѣстѣ съ другимъ, дополнительнымъ рельсомъ ограничиваетъ шель, черезъ которую проходитъ приборъ, берущій токъ. Эти двойные рельсы черезъ каждые 1,20 метра прикрѣпляются болтами къ чугуннымъ рамкамъ, залатымъ въ бетон-

ныя стѣнки канала. Со вторымъ рельсомъ они связаны желѣзными поперечинами. Токъ доставляется по изолированному проводнику С, защищенному керамиковыми трубами.



Фиг. 385.

Проводникъ этотъ прерывается черезъ каждые 6 метровъ и въ мѣстахъ разрыва входитъ въ каналъ, гдѣ онъ соединяется съ пружинными контактами, изображенными схематически на фиг. 386 и 387. На фиг. 388 изображенъ въ перспективѣ одинъ изъ контактовъ.



Фиг. 386 и 387.

Контакты эти состоятъ изъ двухъ бронзовыхъ полосъ съ загнутыми краями, прижимаемыхъ одна къ другой пружинами, упирающимися въ куски эмалированного фаянса. Доступъ къ этимъ контактамъ возможенъ черезъ лазы, имѣющіеся на пути, покрытые деревянной мостовой.

Стрѣла А, прикрѣпленная къ вагону, имѣетъ такую же длину, какъ самъ вагонъ и состоитъ изъ двухъ мѣдныхъ полосъ, раздѣленныхъ слоемъ каучуковаго ремня въ 2 сантим. толщины. Обѣ мѣдныя полосы соединены съ электродвигателемъ М. Каждая изъ нихъ обходитъ одинъ изъ конусовъ стрѣлы и оканчивается у изоляторовъ I и I. На концахъ надѣты желѣзные наконечники, служащіе для разъединенія контактныхъ полосъ, расположенныхъ другъ отъ друга на разстояніи 6 метровъ.

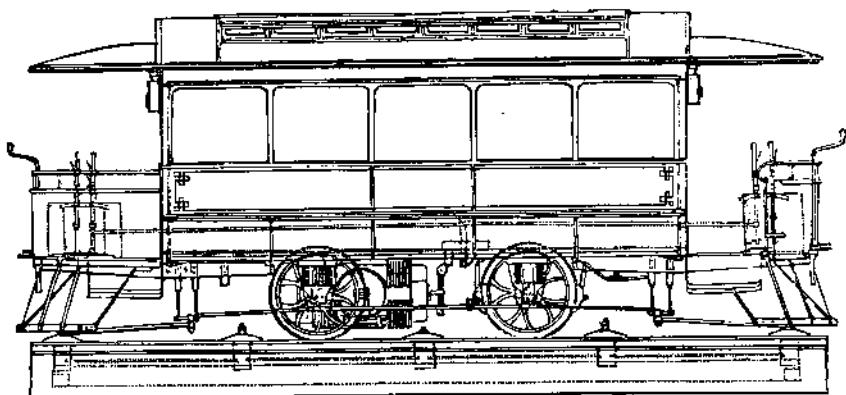
Благодаря описанному устройству, въ моментъ перехода стрѣлы отъ одного контакта къ другому, кусокъ кабеля, со-

единяющій эти послѣдніе, выключается изъ цѣпи, причемъ двигатель все-таки остается соединеннымъ съ линіей и черезъ него проходитъ токъ постоянный по силѣ и направленію.



Фиг. 388.

резъ него проходитъ токъ постоянный по силѣ и направленію.



Фиг. 389.

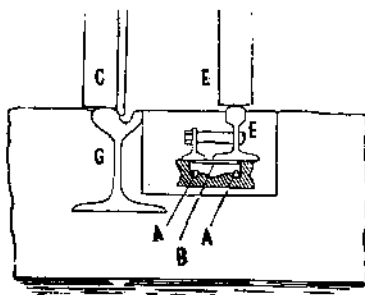
Вагоны, употребляемые въ Нортфлитѣ (фиг. 389), имѣютъ одинъ двигатель съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ въ 15 силъ, дѣлающій 400 оборотовъ въ минуту. Двигатель этотъ съ одной стороны опирается на движущую ось, съ другой на колесную раму, черезъ посредство спиральныхъ ресоръ. Такъ какъ скорость двигателя невелика, то для передачи вращенія къ оси колесъ достаточно одного зубчатого колеса.

Регулированіе хода двигателя производится двумя коммутаторами, помѣщаемимися на передней и задней площадкахъ вагона. Одинъ изъ нихъ служитъ для перемѣны направленія движенія, другой же включаетъ параллельно съ индукторами дополнительныя сопротивленія и уменьшаетъ по желанію моментъ вращенія. Вечеромъ въ цѣль включаются три вторич-

ные элементы, которые питаютъ 5 лампъ накаливанія, освѣщающихъ вагонъ.

Динамо-генераторъ даетъ токъ постоянной силы въ 50 амперъ, при разности потенциаловъ, мѣняющейся отъ нуля до 400 вольтъ, благодаря автоматическому перемѣщенію щетокъ на коллекторѣ.

624. Трамвай съ магнитнымъ рельсомъ Ливева \*) Ливевъ, вновь разрабатывая идею, занимавшую уже многихъ изобрѣтателей, между прочимъ Айртона и Перри, Арендта и Зунини, Поллака, устроилъ трамвай съ подземнымъ проводомъ, не приходящимъ въ непосредственное соприкосновеніе съ дви-



Фиг. 390.

гателемъ, находящимся въ вагонѣ. Соединеніе происходитъ черезъ особые рельсы въ моментъ, когда вагонъ проходитъ по нимъ.

Токъ идетъ по мѣднымъ проводамъ АА (фиг. 390), проложеннымъ на изоляторахъ внутри асфальтоваго канала. Токъ возвращается черезъ главные рельсы Г и черезъ землю. На проводникахъ АА лежитъ полоса желѣза В. Поверхъ нея помещается двойной вспомогательный рельсъ Е, раздѣленный на короткіе куски, изолированные другъ отъ друга. Въ вагонѣ находится сильный электромагнитъ, полюсы котораго F, проходя очень близко отъ рельса Е, намагничиваютъ его, что вызываетъ, какъ видно изъ рисунка, поднятіе желѣзной полосы В и слѣдовательно соединеніе проводниковъ А съ двумя или тремя послѣдовательными кусками рельса Е. Трущаяся

\*) *La Lumière Electrique*, 23 août 1890.

часть, которой снабженъ вагонъ, соединяетъ двигатель съ кусками рельсъ, по которымъ въ этотъ моментъ проходитъ токъ. Когда электромагнитъ пройдетъ дальше этихъ кусковъ, желѣзная полоса отпадаетъ и притягивается уже слѣдующими кусками рельса Е. Чтобы помѣшать остаточному магнетизму удерживать полосу, ее гальванизируютъ и тѣмъ препятствуютъ непосредственному контакту желѣза съ желѣзомъ.

Электромагнитъ намагничивается токомъ, доставляемымъ подвижнымъ проводомъ. Въ случаѣ необходимости, при сходѣ вагона съ рельсовъ, электромагнитъ можетъ намагничиваться небольшимъ аккумуляторомъ.

Опыты, произведенные Каппомъ, показали, что наэлектризованные куски рельсъ не бываютъ длиннѣе 6 метровъ, тогда какъ вагонъ покрываетъ 7 метровъ, что мѣшаетъ людямъ и животнымъ получать опасныя согреянія.

Концы магнитнаго рельса становятся поочередно сѣверными и южными полюсами, въ моменты прохожденія вѣтвей электромагнита. На возбужденіе его тратится отъ 0,5 до 0,25 силы, но зато система Линева имѣетъ то большое преимущество передъ системами непосредственнаго соединенія двигателей съ проводами, что при ней не приходится содержать каналы, легко получающіе воду, стекающую съ поверхности земли.

Каппъ нашелъ, что когда путь смоченъ и покрытъ грязью, то потеря черезъ магнитный рельсъ равняется 45 ваттамъ на вагонъ при напряженіи въ 300 вольтъ на изолированномъ проводѣ.

**625. Воздушныя дороги.** Дженкинъ, Айртонъ и Перри придумали примѣнить электрическую тягу къ небольшимъ воздушнымъ дорогамъ, подобнымъ тѣмъ, которыя устраиваются въ гористыхъ странахъ для перевозки матерьяловъ. По системѣ этихъ изобрѣтателей, вагоны, составляющіе воздушный поѣздъ, тянутся электрическимъ локомотивомъ. Они подвѣшаны на блокахъ къ одному металлическому проводу, проводящему токъ.

Линія съ двумя путями образована изъ стальныхъ стержней, помѣщенныхъ между столбами съ двумя отростками. На каждомъ столбѣ стержни прерываются, такъ что линія со-

стоитъ изъ столькихъ отдѣльныхъ частей, сколько есть пролетовъ. Части сосѣднихъ путей у каждаго столба соединяются электрически накрестъ, и двѣ группы секцій соединены съ двумя генераторами. Отсюда слѣдуетъ, что двѣ послѣдовательныя части одного и того же пути всегда соединены съ двумя полюсами машины.

Электродвигатель, находящійся на маленькомъ локомотивѣ, соединяется съ проводникомъ черезъ двѣ крайнія оси поѣзда, длина котораго равняется длинѣ отрѣзковъ линіи. Слѣдовательно, двигатель всегда находится въ цѣпи генератора. Замѣтимъ, что токъ въ двигателѣ мѣняетъ направленіе всякій разъ, какъ поѣздъ переходитъ черезъ какую-нибудь секцію и вступаетъ на другую, но это измѣненіе направленія тока не мѣняетъ направленія вращенія арматуры. Вращеніе этой послѣдней ремнями передается блокамъ, на которыхъ виситъ локомотивъ.

Эта система обладаетъ тѣми же преимуществами, которыми обладаютъ всѣ воздушныя дороги. При ней избѣгаются всѣ земляныя работы, а также избѣгаются и издержки на приобрѣтеніе земли. Чтобы дать возможность поѣзду подниматься по значительнымъ уклонамъ, какъ это возможно при втягиваніи его кабелями, недостатокъ приставанія дополняется тѣмъ, что устраиваютъ колеса блоковъ такъ, чтобы тѣ сжимали поддерживающій ихъ рельсъ. Электрическая система имѣетъ преимущество передъ механической на линіяхъ, имѣющихъ закругленія.

**626. Городскія электрическія желѣзныя дороги.** Примѣненіе электрической тяги къ городскимъ желѣзнымъ дорогамъ составляетъ предметъ очень интересныхъ попытокъ, вызываемыхъ значительными преимуществами, которыхъ можно ожидать отъ этого рода тяги. Примѣненіе въ городахъ паровой тяги вызываетъ множество неудобствъ. Въ Лондонѣ, гдѣ линія подземная, дымъ отъ локомотивовъ портитъ воздухъ въ туннеляхъ. Въ Нью-Йоркѣ дымъ отъ воздушныхъ поѣздовъ беспокоитъ сосѣднихъ жителей.

На линіяхъ съ большимъ движеніемъ между городами примѣненіе электрической тяги позволило бы значительно увеличить скорость поѣздовъ. Вслѣдствіе громаднaго вѣса локомо-



тивовъ и качаній ихъ, вызываемыхъ переменнымъ дѣйствіемъ цилиндровъ, приходится строить пути и всё вообще искусственныя сооруженія въ пять-шесть разъ прочнѣе, чѣмъ это нужно было бы для вагоновъ. Кромѣ того, половина усилія тяги, приложеннаго къ обыкновенному поѣзду, часто идетъ на передвиженіе самаго локомотива. Эти обстоятельства ограничиваютъ быстроту движенія паровыхъ локомотивовъ скоростями, которыя могли бы быть значительно превзойдены локомотивами электрическими. Дѣйствительно, усилія, производимыя электродвигателями, сводятся къ моменту вращенія въ плоскости, перпендикулярной къ оси, что уничтожаетъ качанія локомотива. Всѣхъ электрическихъ локомотивовъ можетъ быть ограниченъ вѣсомъ, необходимымъ для приставанія колесъ къ рельсамъ, а отсутствіе котла позволяетъ помѣстить центръ тяжести значительно ниже, чѣмъ въ паровыхъ локомотивахъ. Эти причины позволяютъ предвидѣть возможность значительныхъ скоростей. Что касается безопасности, то опытъ показалъ, что шансы схода съ рельсъ не увеличиваются при увеличеніи скорости, что объясняется стремленіемъ подвижныхъ тѣлъ, находящихся во вращательномъ движеніи, сохранять направленіе своего перемѣщенія.

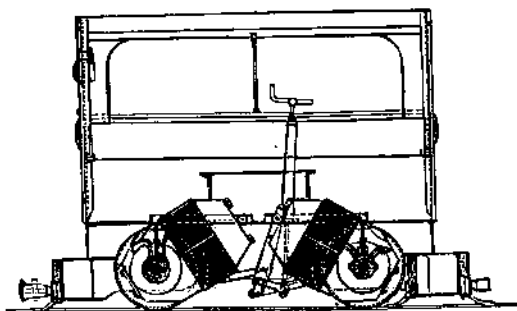
Такъ какъ машинисту на электрическомъ локомотивѣ не приходится слѣдить ни за топкой, ни за питаніемъ котла водой, то онъ можетъ сосредоточить все свое вниманіе на пути и безопасность отъ этого, конечно, увеличится. Наконецъ, электрическая тяга позволяетъ устроить весьма просто очень дѣйствительную автоматическую блокированную систему. Дѣйствительно, легко придумать механизмъ, позволяющій поѣзду прерывать токъ въ слѣдующемъ за нимъ поѣздѣ на время, пока онъ самъ не перешелъ за опредѣленную границу.

Такъ какъ доступъ къ желѣзнымъ дорогамъ для публики закрытъ, то является возможность примѣнять недорогіе провода, воздушные или проложенные на уровнѣ земли, употребляя токи высокаго напряженія. При этихъ условіяхъ комбинація динамомашинъ съ большой отдачей и неподвижныхъ паровыхъ машинъ компаундъ съ конденсаціей не потребовала бы на много больше топлива, чѣмъ требуется при паровой тягѣ, между тѣмъ удобства для публики были бы го-

раздо большія. Электричество болѣе пригодно, чѣмъ паръ, для дробленія поѣздовъ, такъ какъ, въ случаѣ нужды, могутъ быть снабжены электродвигателями отдѣльные вагоны, которые могли бы совершать мѣстное движеніе между станціями въ промежуткахъ между прямыми поѣздами.

На желѣзныхъ дорогахъ въ будущемъ, по всей вѣроятности, придется придти къ быстрымъ поѣздамъ, состоящихъ изъ не большаго числа самодвижущихся вагоновъ, пускаемыхъ по возможности часто.

627. Электрическая тяга на *City and South-London Railway* \*). Первое примѣненіе электрической тяги на большихъ желѣзныхъ дорогахъ сдѣлано на подземной линіи, имѣющей на пути четыре промежуточныхъ станціи и соединяющей Лондонское Сити съ подгородной мѣстностью Stockwell. Въ двухъ отдѣльныхъ туннеляхъ, вырытыхъ на наименьшей глубинѣ въ 12 метровъ, проложены два пути. Эти параллельные туннели, длиною въ 6 километровъ, имѣютъ круглое сѣченіе въ 3 метра въ діаметрѣ и внутри покрыты чугуномъ. На станціи спускаются посредствомъ особыхъ подъемныхъ машинъ, могущихъ одновременно вмѣщать 100 пассажировъ, т. е. число, которое можетъ принять поѣздъ.



Фиг. 391.

Подвижный составъ, выработанный Гопкинсономъ, состоитъ изъ 14 электрическихъ стосильныхъ локомотивовъ, могущихъ каждый везти три вагона со скоростью 40 килом. въ часъ.

На каждомъ локомотивѣ (фиг. 391) имѣется два пятиде-

\*) *La Lumière Electrique* 22 novembre 1892 стран. 362.

сятисильныхъ электродвигателя съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, валами арматуръ въ которыхъ служатъ оси колесъ. Эти оси не связаны другъ съ другомъ. Онѣ дѣлають 240 оборотовъ въ минуту.

Токъ отъ генераторной станціи доставляется посредствомъ изолированныхъ фидеровъ, покрытыхъ свинцовой оболочкой, которые въ опредѣленныхъ мѣстахъ соединены съ проводомъ изъ мягкой стали, помѣщеннымъ посреди пути, какъ на линіи между Бессбрукомъ и Ньюри. Этотъ проводъ проложенъ на стеклянныхъ изоляторахъ и даетъ при напряженіи въ 500 вольтъ потерю, не превышающую 0,01 всего тока. Токъ берется посредствомъ желѣзныхъ башмаковъ и проходитъ въ электродвигатель черезъ амперметръ, регулировочный реостатъ и приборъ, служащій для перемены направленія движенія. Возвращается токъ черезъ рельсы и землю.

Локомотивы снабжены ручными тормазами и тормазами Вестингоуза, какъ того требуютъ правила Board of Trade.

Три вагона, составляющіе поѣздъ, всѣ типа вагоновъ съ центральнымъ корридормъ. Они имѣють 2,10 метр. въ вышину, 9 метровъ въ длину и установлены на двухъ четырехколесныхъ телѣжкахъ. Въ каждомъ вагонѣ находятся четыре лампы накаливанія, соединенныя послѣдовательно съ проводомъ, отъ котораго берется токъ. Полный поѣздъ со всѣми пассажирами вѣситъ около тридцати тоннъ, т. е. второе больше, чѣмъ локомотивъ.

На генераторной станціи, помѣщающейся на концѣ линіи въ Stockwell'ѣ, установлены три паровыя машины компаундъ, въ 375 силъ каждая, дѣлающія 100 оборотовъ въ минуту, снабженныя сильными регуляторами, могущими измѣнять выпускъ пара отъ нуля до трехъ четвертей.

Каждый паровой двигатель приводитъ въ движеніе динамомашину Эдисонъ-Гопкинсонъ со смѣшаннымъ возбужденіемъ, могущую дать 450 амперъ при 500 вольтахъ. Отношеніе между электрической работоспособностью машинъ и индикаторной работоспособностью паровыхъ двигателей превосходитъ 75%. Отношеніе между полезной работой электродвигателей и индикаторной работой паровыхъ двигателей равняется приблизи-

тельно 60%. Динамомашинны соединяются съ фидерами черезъ предохранители.

Вентиляція туннелей совершенна, такъ какъ побѣзда играютъ роль поршней, выгоняющихъ воздухъ къ станціямъ, спуски къ которымъ служатъ вентиляціонными трубами.

**627<sup>bis</sup>. Локомотивъ Гейлзмана.** Примѣненіе описанныхъ системъ электрической тяги на большихъ желѣзнодорожныхъ линіяхъ требуетъ такихъ преобразованій и такихъ большихъ затратъ, что пришлось попробовать промежуточные рѣшенія, которыя бы не требовали никакихъ передѣлокъ существующихъ путей и вагоновъ. Гейльманъ устроилъ съ этою цѣлью локомотивъ, испытанный на французской восточной дорогѣ (chemin de fer de l'Ouest), въ которомъ примѣнена электрическая передача движенія отъ паровой машины къ осямъ. Мы заимствуемъ нѣкоторыя свѣдѣнія объ этой машинѣ изъ статьи Гоеста \*).

Локомотивъ стоитъ на двухъ телѣжкахъ съ четырьмя осями каждая. Въ задней его части помещенъ котель системы Ленца, въ передней же пародинамо, дающая 800 силъ при 500 оборотахъ въ минуту. Цилиндры паровой машины компаундъ расположены по обѣ стороны вала, къ которому поршни цилиндровъ прикрѣплены посредствомъ кривошиповъ, повернутыхъ на уголъ 180°, другъ относительно друга. Динамомашинна въ 400 ваттовъ и 1025 амперъ возбуждается особой пародиной въ 20 силъ, которая, кромѣ того, пускаетъ главную динамомашинну въ ходъ, когда она находится въ мертвой точкѣ. Всѣ 8 осей снабжены двигателями съ пустотѣльными валами, скрѣпленными съ осями при помощи изолирующихъ веществъ. Арматуры этихъ двигателей зубчатой системы съ послѣдовательнымъ соединеніемъ секцій, индукторы четырехполюсные съ двумя возбуждающими катушками.

Гейльманъ попробовалъ примѣнить трехфазныя токи, съ цѣлью уничтожить коллекторы на двигателяхъ, но долженъ былъ отказаться отъ этого, такъ какъ ему приходилось регулировать скорость паровой машинны по скорости двигателей.

\*) Bull. d. l'Assoc. des Ing. sortis d. l'Inst. Montifiore 24 avril 1884.

Постоянный токъ, наоборотъ, дѣлаетъ вполне независимой паровую машину, которую можно заставлять всегда работать съ наиболѣе выгоднымъ расшпреніемъ. Съ цѣлью уменьшить силу тока и улучшить службу коллекторовъ, принято сравнительно высокое напряженіе въ 400 вольтъ.

Локомотивъ снабженъ тормазомъ, работающимъ сжатымъ воздухомъ. Ведетъ его машинистъ, помѣщающійся впереди въ ящикѣ, имѣющемъ форму корабельнаго носа, чтобы сопротивление воздуха было меньше. Машина получается очень устойчивая и плотно прилегающая къ рельсамъ. Однако вслѣдствіе недостатковъ, присущихъ всегда первымъ опытамъ, его вѣсъ нѣсколько больше обыкновенныхъ локомотивовъ. Тонна его вѣса соответствуетъ только 7,2 силы, тогда какъ въ локомотивахъ типа „12“ Государственныхъ Бельгійскихъ дорогъ тонна вѣса ихъ соответствуетъ 13,2 силы. Зато, вслѣдствіе мягкости хода, съ локомотивомъ Гейзлмана удалось получить скорости большія, чѣмъ съ обыкновенными локомотивами.

### ТЯГА ПОСРЕДСТВОМЪ АККУМУЛЯТОРОВЪ.

**628. Изслѣдованіе техническихъ условій.** Вмѣсто того, чтобы поддерживать сообщеніе вагоновъ, находящихся на линіи, съ неподвижными генераторами, можно заряжать при помощи этихъ генераторовъ вторичные элементы и затѣмъ помѣщать эти послѣдніе въ самый вагонъ.

Система эта исключаетъ всѣ неудобства, которыя представляютъ электрическіе провода городскихъ трамваевъ, и при ней вагоны вполне не зависятъ другъ отъ друга. Кромѣ того, при ней требуются генераторныя машины меньшей работоспособности, чѣмъ при системѣ непосредственнаго соединенія, такъ какъ онѣ работаютъ при постоянномъ режимѣ и при лучшихъ условіяхъ для отдачи. Теоретически преимущества аккумуляторовъ растутъ вмѣстѣ съ длиной пути, такъ какъ расходы при этомъ не возрастаютъ, что необходимо будетъ при воздушной или подземной канализаціи. Наконецъ, тяга посредствомъ аккумуляторовъ единственная возможная, когда путь вагоновъ мѣняется, что должны иногда дѣлать omnibus, а также морскія и рѣчныя суда.

Къ сожалѣнiю, вѣсь аккумуляторовъ до настоящаго времени составляетъ громадное препятствiе ихъ распространенiю. Самые легкiе аккумуляторы не даютъ больше 2 амперъ на килограммъ пластинъ при напряженiи въ 1,9 вольта. Удѣльная работоспособность ихъ равняется приблизительно 3 ваттамъ на килограммъ аккумулятора.

Вычислимъ вѣсь аккумуляторовъ, которые при этихъ условiяхъ должны находиться въ вагонѣ, вѣсящемъ вмѣстѣ съ электродвигателемъ 4 тонны, чтобы онъ могъ подыматься по уклону въ 3 сотыхъ со скоростью 10 килом. въ часъ.

Примѣняя форму (§ 617)

$$P_{\text{ват.}} = \frac{p v (f + i)}{0,102}$$

и, полагая  $f = 0,01$  получимъ

$$3x = \frac{(4000 + x) \frac{10000}{3600} (0,012 + 0,08)}{0,102};$$

гдѣ  $x$  — искомый вѣсь.

Отсюда получимъ, что  $x$  равенъ приблизительно 2,5 тоннамъ, т. е. вѣсь аккумуляторовъ будетъ въ три-четыре раза превосходить вѣсь двигателя и передаточнаго механизма. Требуемая работоспособность будетъ въ этомъ случаѣ 7,5 киловатта, т. е. 10,2 лошадиныхъ силъ. Новые аккумуляторы съ целлулоидными оболочками позволяютъ, вслѣдствiе своей большей удѣльной работоспособности, уменьшить болѣе чѣмъ на половину вѣсь вторичныхъ элементовъ.

Изъ опытовъ, произведенныхъ въ Соединенныхъ Штатахъ, слѣдуетъ, что вагоны трамваевъ требуютъ въ среднемъ 450 ваттъ-часовъ на вагонъ-километръ. Допуская эту цифру, не смотря на полученную въ настоящемъ случаѣ перегрузку, и считая удѣльную емкость вторичныхъ элементовъ въ 20 ваттъ-часовъ на килограммъ, мы увидимъ, что 2,5 тонны аккумуляторовъ могутъ дать достаточно энергiи для пробѣга

$$\frac{2500 \times 20}{450} = 111 \text{ вагонъ-километровъ,}$$

т. е. приблизительно для дневнаго пробѣга вагоновъ въ нашихъ большихъ городахъ.

Современные типы аккумуляторовъ повидимому не приспособлены для линіи съ неправильнымъ профилемъ. Но для линіи съ небольшими уклонами вѣсь аккумуляторовъ можетъ быть сдѣланъ значительно меньшимъ, при томъ условіи, что батареи будутъ мѣняться два-три раза въ день. Однако, съ точки зрѣнія сохранности аккумуляторовъ это уменьшеніе нельзя совѣтовать, особенно, когда возможно поступить иначе.

При уклонахъ въ 1,5 сотыхъ предыдущія формулы даютъ вѣсь аккумуляторовъ въ 1,5 тонны и число вагонъ-километровъ равное 67.

Сравненіе съ технической стороны прямой тяги и тяги посредствомъ аккумуляторовъ должно быть одновременно основано на отдачѣ аппаратовъ и на отношеніи полезнаго вѣса вагоновъ къ ихъ полному вѣсу.

Опыты, произведенные въ Соединенныхъ Штатахъ Беллемъ, Спрэгомъ и Гале, показали, что отношеніе количества электрической энергіи у вагоновъ къ количеству энергіи, показываемому у цилиндровъ паровыхъ машинъ, приблизительно равно 0,65. Считая наибольшую отдачу электродвигателей и передаточныхъ органовъ въ 0,75, для полной величины отдачи получимъ цифру  $0,65 \times 0,75$  т. е. приблизительно 50%. Въ случаѣ тяги посредствомъ аккумуляторовъ, генераторы даютъ лучшую отдачу, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, и величину отношенія между количествами энергіи, поглощенной аккумуляторами и доставленной паровыми машинами, можно считать равной 0,80. Аккумуляторы, разряжаемые при непостоянномъ и усиленномъ режимѣ, имѣютъ отдачу, не превосходящую 70%. Считая, по прежнему, отдачу двигателя равной 75%; для полной отдачи получимъ величину

$$0,80 \times 0,70 \times 0,75 = 0,42.$$

Возьмемъ вагонъ въ 5 метровъ длинной, могущій вмѣстить 30 пассажировъ, вѣсящихъ 1800 килограммовъ, вѣсь котораго тоже 1800 килогр., а съ двигателемъ, передаточными органами и пассажирами 4300 килогр. На такой вагонъ придется нагрузить еще по крайней мѣрѣ 1500 килогр. аккумуляторовъ при непрямой системѣ тяги.

Назовемъ характеристическимъ коэффициентомъ какой-либо системы произведеніе величины общей отдачи на отношеніе полезнаго вѣса вагона (вагонъ и пассажиры) къ полному его вѣсу.

Для прямыхъ системъ тяги

$$0,50 \times \frac{1800+1800}{4300} = 0,418.$$

Для системы же тяги посредствомъ аккумуляторовъ

$$0,42 \times \frac{1800+1800}{4300+1500} = 0,26.$$

Эти цифры, хотя не имѣющія никакого абсолютнаго значенія, показываютъ, что преимущество остается на сторонѣ системъ непосредственной тяги.

**629. Различныя системы.** Надъ тягой посредствомъ аккумуляторовъ, испробованной сначала во Франціи Раффаромъ, затѣмъ были сдѣланы опыты въ Бельгіи Жюльеномъ и Банъ-Влотеномъ.

Линія, на которой Компанія Брюссельскихъ Трамваевъ производила опыты электрической тяги, представляетъ условія исключительно затруднительныя для системы тяги посредствомъ аккумуляторовъ. На длинѣ въ 1600 метровъ она имѣетъ между другими подъемъ въ 3,5 сотыхъ на разстояніи 400 метровъ. На этой линіи для каждаго вагона требуется двѣ-три лошади.

На каждый вагонъ установили 120 аккумуляторовъ по 13 килогр., т. е. на каждый вагонъ, вѣсящій съ пассажирами и двигателемъ 6000 килогр. накладывался дополнительный грузъ въ 1560 килогр. Батарея аккумуляторовъ помѣщалась въ четырехъ деревянныхъ ящикахъ, находившихся подъ боковыми скамейками и выдвигавшихся наружу. Къ нижней поверхности два этихъ ящиковъ были прикрѣплены металлическія полосы, приходившія въ соприкосновеніе съ соответствующими полосами, прикрѣпленными къ вагону и соединенными съ коммутаторомъ. Двигатель, находившійся подъ поломъ вагона, былъ сцѣпленъ посредствомъ зубчатаго колеса съ промежуточной осью, отъ которой уже движеніе передавалось оси посредствомъ цѣпи.



Въ началѣ употребляли коммутаторъ, позволявшій соединять съ двигателемъ двѣ группы элементовъ, соединяя ихъ послѣдовательно или параллельно. Но при этомъ двигатель получалъ толчки и поэтому предпочли соединить аккумуляторы послѣдовательно и мѣнять силу тока посредствомъ реостата, какъ при системахъ прямого питанія двигателей отъ генераторовъ. Реостатъ позволяетъ мѣнять силу тока очень медленно и, если онъ вызываетъ потерю энергій, зато онъ способствуетъ сохранности аккумуляторовъ, такъ какъ всѣ элементы постоянно дѣйствуютъ при однихъ и тѣхъ же условіяхъ.

Вагонъ можетъ пробѣгать съ своимъ запасомъ энергій 35 километровъ, т. е. треть дневнаго пробѣга. Затѣмъ вагонъ возвращается въ депо, гдѣ батарея мѣняется. Въ депо ящики съ аккумуляторами выдвигаются на подвижные столы, входящіеся какъ разъ въ уровень съ дномъ ящиковъ. Отдѣльныя батареи аккумуляторовъ соединяются для заряжанія въ группы по 216 элементовъ послѣдовательно и присоединяются къ двумъ динамомашинамъ, заряжающимъ каждая двѣ группы, соединенныя параллельно.

Считаютъ, что послѣ пробѣга въ 12000 километровъ въ положительныхъ пластинахъ слѣдуетъ мѣнять окиси. Послѣ четырехкратной замѣны пластины приходится замѣнять новыми. Отрицательныя пластины служатъ неопредѣленно долгое время.

Расходы на содержаніе аккумуляторовъ, предполагавшіеся сначала въ 10 сантимовъ на вагонъ-километръ, оказалось возможнымъ уменьшить до 7 сантимовъ. Опыты были прерваны, такъ какъ оказалось, что профиль пути таковъ, что аккумуляторы приходилось заставлять давать токъ въ 3—5 амперъ на килограммъ пластинъ.

Гадо составилъ проектъ тяги посредствомъ аккумуляторовъ вагоновъ Парижскаго трамвая, вѣсящихъ 7 тоннъ. Составитель проекта считаетъ, что въ данномъ случаѣ слѣдуетъ двигатель помѣстить подъ вагономъ, а аккумуляторы въ особомъ вагончикѣ, чтобы не приходилось для ихъ замѣны вводить въ депо пассажирскій вагонъ. На станцію отводится только вагончикъ съ аккумуляторами, гдѣ ихъ заряжаютъ не вынимая. При этой системѣ увеличивается мертвый грузъ, но зато при ней

облегчаются манипуляціи и, повидимому, лучше сохраняются батареи.

Братья Филиппаръ продолжаютъ въ Парижѣ опыты, помѣщая аккумуляторы въ самые вагоны. Особенность ихъ вагоновъ состоитъ въ томъ, что на осяхъ имѣется одно колесо, прикрѣпленное къ оси, другое холостое, чѣмъ уменьшается треніе на кривыхъ (§ 617).

На конкурсѣ механическихъ способовъ тяги трамваевъ, бывшемъ въ Антверпенѣ въ 1885 году, система тяги посредствомъ аккумуляторовъ испытывалась параллельно съ тягой посредствомъ пара, горячей воды и сжатого воздуха и получила первый призъ. Судя по отзыву испытательной коммисіи, электрическіе вагоны представляютъ сравнительно съ паровыми то преимущество, что они не даютъ ни дыма, ни золы. При нихъ, кромѣ того путь, изнашивается медленнѣе. Что касается топлива, то потребленіе его не превосходитъ потребленія для паровыхъ трамваевъ, такъ какъ аккумуляторы заряжаются неподвижными экономическими машинами. Сравнительно съ аккумуляторами съ горячей водой и съ сжатымъ воздухомъ электрическіе аккумуляторы имѣютъ лучшую отдачу и позволяютъ запасать одно и то же количество энергіи при меньшемъ вѣсѣ аккумуляторовъ.

## СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ.

**630. Животная тяга.** При опредѣленіи сравнительной стоимости электрической тяги нужно главнымъ образомъ имѣть въ виду замѣну ею животной тяги. Гадо, составлявшій проектъ для электрическихъ трамваевъ въ Парижѣ, нашелъ въ отчетахъ парижской *Compagnie Général des Omnibus* точныя данныя относительно расходовъ на тягу, посредствомъ лошадей.

Вагоны трамваевъ этой компаніи имѣютъ имперьялы и вмѣщаютъ 50 пассажировъ, 52 вмѣстѣ съ кучеромъ и кондукторомъ. Вѣсъ пустаго вагона равняется 3600 килогр. Считая средній вѣсъ человѣка въ 70 килогр., получимъ для вѣса вагона съ полнымъ числомъ пассажировъ цифру 7000 килограммовъ.

Дневной пробѣгъ вагона немного меньше 100 километровъ.

Дневной расходъ на лошадь въ теченіе 1883 года былъ слѣдующій:

|                                              |        |     |
|----------------------------------------------|--------|-----|
| Жалованье и премія кучеру . . . . .          | 0,4670 | фр. |
| Содержаніе и возобновленіе сбруи . . . . .   | 0,1104 | "   |
| Жалованье инспекторамъ лошадей . . . . .     | 0,0056 | "   |
| "    завѣдующимъ депо . . . . .              | 0,0251 | "   |
| "    смотрителямъ . . . . .                  | 0,0238 | "   |
| Ветеринары, лазаретъ и медикаменты . . . . . | 0,0242 | "   |
| Жалованье конюхамъ . . . . .                 | 0,2720 | "   |
| "    др. служащимъ . . . . .                 | 0,2333 | "   |
| Покупка воды . . . . .                       | 0,0130 | "   |
| Прокормъ лошадей . . . . .                   | 2,4092 | "   |
| Ремонтъ лошадей . . . . .                    | 0,4439 | "   |
| Ковка лошадей . . . . .                      | 0,1167 | "   |
| Рабочія лошади . . . . .                     | 0,0567 | "   |
| Содержаніе депо (мебель и т. п.) . . . . .   | 0,0367 | "   |

Всего . 4,2313 фр.

Откуда вычестъ стоимость навоза . . 0,0970 "

Итого расходъ на лошадь въ сутки . 4,1314 фр.

Въ теченіе 1883 года дневной пробѣгъ каждого вагона равнялся 94,206 километрамъ и на каждый вагонъ въ среднемъ приходилось 13,95 лошадей, считая тутъ лошадей больныхъ, рабочихъ и т. п. Слѣдовательно, стоимость вагонъ-километра равнялась

$$\frac{4,1313 \times 13,95}{94,206} = 0,612 \text{ франка.}$$

Къ этой суммѣ слѣдуетъ прибавить проценты на капиталъ, затраченный на покупку лошадей, фуража и т. д. въ количествѣ 6%, что составитъ на вагонъ-километръ 0,031 франковъ. И такъ, окончательная стоимость вагона-километра будетъ 0,644 фр.

Дѣлая подобныя же вычисленія для 1884 и 1888 годовъ, въ которые не было ни эпизоотіи на лошадей, ни неурожая кормовъ, Гадо нашель среднюю стоимость вагонъ-километра

при тягѣ лошадыми равною 0,561 фр., считая тутъ, какъ мы видѣли, исключительно расходы на тягу.

Въ Брюсселѣ на линіи, на которой дѣлались опыты тяги посредствомъ аккумуляторовъ, описанные въ § 629, расходы на лошадиную тягу были въ сутки на лошадь, при употребленіи вагоновъ, вмѣщающихъ 40 пассажировъ, слѣдующіе:

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Кормъ . . . . .               | 1,950 фр. |
| Конюшенная прислуга . . . . . | 0,700 "   |
| Ветеринаръ . . . . .          | 0,040 "   |
| Склады корма . . . . .        | 0,004 "   |
| Ковка . . . . .               | 0,150 "   |
| Различные расходы . . . . .   | 0,018 "   |
| Ремонтъ лошадей . . . . .     | 0,370 "   |
| Упряжь . . . . .              | 0,070 "   |
| Вода . . . . .                | 0,007 "   |
| Работа въ конюшняхъ . . . . . | 0,018 "   |

Всего . . 3,327 фр.

Число годовыхъ рабочихъ дней-лошадей на этой линіи считается равнымъ 17150, а число вагонъ-километровъ проѣзда 214426, слѣдовательно стоимость вагонъ-километра будетъ

$$\frac{17150 \times 3,327}{214426} = 0,266 \text{ франка.}$$

Въ эту сумму не входятъ ни расходы на администрацію, ни на освѣщеніе и отопленіе депо, ни ремонтъ подвижнаго состава, поднимающіе стоимость вагонъ-километра выше 0,30 франковъ.

**631. Тяга посредствомъ аккумуляторовъ.** Глаго далѣе приступилъ къ вычисленію стоимости тяги посредствомъ аккумуляторовъ, принимая нарочно слишкомъ малыя величины для отдачи, съ цѣлью поставить сравнительные результаты внѣ всякой критики. Вычисленія онъ дѣлалъ для предполагаемой линіи, имѣющей 20 вагоновъ въ движеніи и 5 въ резервѣ.

Отдачу динамомашинъ, заряжающихъ аккумуляторы, онъ принялъ равной—80%, отдачу аккумуляторовъ—50%, отдачу

двигателей—75% и, наконец, отдачу органовъ передачи 83,33%. Общая отдача при этомъ равняется 25%.

Слѣдовательно, для того, чтобы располагать на оси вагона работоспособностью, равною 1000, электродвигатель долженъ будетъ развить—1200, аккумуляторы—1600, генераторы—3200 и паровыя машины—4000.

Гадю считаетъ, что на передвиженіе каждой тонны, на протяженіи километра пути, требуется 3,5 килогр. пластинъ аккумуляторовъ, т. е. 5 килогр. общаго ихъ вѣса. Вѣсъ аккумуляторовъ  $x$ , требуемый для тяги вагона, вѣсящаго вмѣстѣ съ двигателемъ и передачей 7500 килогр., на протяженіи 50 километровъ, выводится изъ уравненія.

$$(7500 + x) 50 \times 0,005 = x,$$

откуда

$$x = 2500 \text{ килогр.}$$

Если руководствоваться численными данными, приведенными въ § 617, то наибольшій уклонъ  $x$ , по которому можетъ подниматься вагонъ, тоже будетъ данъ уравненіемъ:

$$3 \times 2500 = \frac{(7500 + 2500) 2,78}{0,102} (0,012 + x);$$

откуда

$$x = 1,5\%.$$

Для каждаго дня потребуется 5 тоннъ аккумуляторовъ на каждый вагонъ, а для 20 вагоновъ, считая 13% запаса, нужно 115 тоннъ аккумуляторовъ, содержащихъ 80,5 тоннъ пластинъ. Гадю считаетъ, что 1 килогр. пластинъ даетъ 7 амперъ-часовъ при среднемъ напряженіи въ 1,80 вольтъ, т. е.

$$\frac{7 \times 1,8}{796} = 0,0171 \text{ силъ-часовъ.}$$

Для 70 тоннъ работающихъ пластинъ генераторная станція должна развивать

$$\frac{0,0171 \times 70000}{0,40}$$

т. е. приблизительно 200 силъ въ продолженіи 15 часовъ.

трехъ городахъ быу распредѣляются слѣдующимъ образомъ:  
стоившіе, принимавъ служащихъ:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Франковъ.    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| стажъ, 2,2 саг                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
| тряпки и пальникъ депо . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                             | въ годъ 4800 |
| мометръ электротехникъ старшій . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                     | „ „ 3600     |
| 6 электротехн. младшихъ по 2700 ф. „ „                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16200        |
| 10 помощниковъ по 1800 ф. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                            | „ „ 18000    |
| 21 кондуктор.-электрик. по 3000 фр. „ „                                                                                                                                                                                                                                                                      | 63000        |
| Движущая сила для заряжанія (2962 силъ-<br>часовъ по 0,085 фр.) въ годъ . . .                                                                                                                                                                                                                                | 91896,05     |
| Проценты на капиталъ, затраченный на ак-<br>кумуляторы (80,5 тоннъ по 1250 фр., т. е.<br>100625 ф.) по 6% годовыхъ . . . .                                                                                                                                                                                   | 6037,50      |
| Починка аккумуляторовъ (по 0,30 фр. на<br>килограммъ пластинъ) . . . . .                                                                                                                                                                                                                                     | 24150—       |
| Амортизація пластинъ аккумуляторовъ: пред-<br>полагая двѣ полныя замѣны пластинъ въ<br>годъ и считая ихъ по 0,86 фр. за килогр.,<br>получаемъ цифру $7000 \times 0,85 \times 2 =$<br>119,000, откуда надо вычесть стоимость<br>изношенныхъ пластинъ по 0,20 фр. за<br>килогр., т. е. 28000, остается . . . . | 91000—       |
| Проценты, амортизація стоимости динамо-ма-<br>шинъ, электродвигателей и механизмовъ<br>вагоновъ, а также и ихъ содержаніе                                                                                                                                                                                    | 64250—       |
| Непредвидѣнные и мелкіе расходы . . .                                                                                                                                                                                                                                                                        | 10000—       |

Всего . . . 392933,55

для  $100 \times 20 \times 365 = 730000$  вагонъ-километровъ, т. е. одинъ вагонъ-километръ обойдется 0,538 франка. Замѣтимъ, что расходы на устройство генераторной станціи (кроме динамомашинъ) были оставлены въ сторонѣ, совершенно такъ же, какъ при вычисленіи стоимости тяги лошадьми не принималась во вниманіе стоимость конюшенъ, сараевъ и т. п. Содержаніе аккумуляторовъ считается по 12,5 сантимъ на вагонъ-километръ, цифра относительно высокая. Повторяя вычисленія при предположеніи трехкратной перемѣны батареи въ сутки, Гадо

пришелъ къ цифрѣ въ 0,507 фр. на вагонъ-километръ. Наконецъ, предполагая, что аккумуляторы находятся на особомъ вагончикѣ (§ 629) и что вагончики мѣняются три раза въ сутки, Гадо также получилъ стоимость вагонъ-километра въ 0,507 франка.

Слѣдовательно, въ двухъ послѣднихъ случаяхъ при тѣхъ посредствѣ аккумуляторовъ получается экономія въ 0,561 —  $0,507 = 0,054$  фр., на линіяхъ безъ особыхъ уклоновъ и кривыхъ. Слѣдуетъ однако замѣтить, что стоимость тяги лошадьми относится къ среднему профилю парижскихъ трамваевъ.

Въ пользу аккумуляторовъ надо еще сказать, что расходы на ихъ приобрѣтеніе меньше, чѣмъ расходы на покупку лошадей и что при ихъ употребленіи компаніи не подвергаются опасности пострадать отъ эпизоотіи, неурожая кормовъ и что они допускаютъ, безъ большихъ дополнительныхъ расходовъ, увеличеніе числа вагоновъ на линіи въ опредѣленные часы дня и въ опредѣленные дни, когда движеніе пассажировъ особенно велико, тогда какъ при тягѣ лошадьми объ этомъ нечего и думать, такъ какъ пришлось бы содержать слишкомъ много запасныхъ лошадей.

Наконецъ одно изъ серьезныхъ преимуществъ электрической тяги состоитъ въ отсутствіи необходимости замачивать путь, что стоитъ очень дорого и требуетъ большихъ расходовъ на поддержаніе. Особенно экономія тутъ будетъ замѣтна на пригородныхъ линіяхъ, идущихъ по шоссированнымъ дорогамъ.

Приведемъ теперь двѣ смѣты, любезно доставленныя намъ Ванъ-Влотеномъ, начальникомъ электрической службы на брусельскихъ трамваяхъ.

Смѣта установки, состоящей изъ 12 самодвижущихся вагоновъ, могущихъ вмѣстѣ по 30 пассажировъ; вагоны имѣютъ суточный пробѣгъ въ 100 килом. по линіи, требующей запряжки двухъ лошадей въ каждый вагонъ:

Франковъ.

|                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Двигательная сила; двѣ машины съ конденсаціей по 120 силъ . . . . . | 30000 |
| Фундаменты, трубы . . . . .                                         | 5000  |

|                                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Трансмиссія . . . . .                                                                               | 3100   |
| Дымовая труба . . . . .                                                                             | 3500   |
| Два котла по 120 силъ, фильтръ, очиститель и т. п. . . . .                                          | 19000  |
| Всѣмъ динамомашинъ по 16,5 киловатта съ фундаментами и т. п. . . . .                                | 40000  |
| Ремень . . . . .                                                                                    | 1000   |
| Аккумуляторы: 40 батарей каждая изъ 120 элементовъ по 13 килогр., стоящія 1800 фр. каждая . . . . . | 72000  |
| Ящики . . . . .                                                                                     | 24000  |
| Подвижной составъ: 16 вагоновъ съ электрическими механизмами по 6000 фр. . .                        | 96000  |
| Механич. приспособленія для заряжанія. .                                                            | 10000  |
| Измѣрительные приборы, инструменты, мелкіе расходы . . . . .                                        | 12000  |
| Всего . . .                                                                                         | 315600 |

Смѣта эксплуатаціи линіи съ 12 вагонами, на которой суточное движеніе равняется 1200 вагонъ-километрамъ.

| На вагонъ-километръ                                                            | Франковъ. |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Уголь . . . . .                                                                | 0,025     |
| Смазка . . . . .                                                               | 0,007     |
| Ремонтъ и замѣна электрическихъ и механическихъ органовъ . . . . .             | 0,025     |
| Содержаніе аккумуляторовъ . . . . .                                            | 0,070     |
| Мелкіе расходы . . . . .                                                       | 0,015     |
| Вознагражденіе рабочимъ, слѣдящимъ за содержаниемъ, не считая кондукторовъ . . | 0,033     |
| Управленіе, общіе расходы . . . . .                                            | 0,050     |
| Всего . . .                                                                    | 0,225     |

Къ этой суммѣ надо прибавить проценты и амортизацію затраченнаго капитала.

**632. Стоимость электрической тяги при воздушныхъ проводахъ.** Интересныя данныя относительно стоимости тяги въ Соединенныхъ Штатахъ при одномъ воздушномъ про-



водѣ находятся въ трудѣ Кросби, помѣщенномъ въ одномъ изъ американскихъ журналовъ \*). При сравненіи этихъ данныхъ съ данными европейскихъ компаній надо не забывать, что въ Соединенныхъ Штатахъ вознагражденіе служащимъ очень высоко. Кросби имѣлъ случай познакомиться съ расходами на тягу на электрическихъ трамваяхъ въ Вашингтонѣ, Ривмондѣ и Кливлэндѣ. На этихъ трехъ линіяхъ число вагонъ-километровъ въ сутки на километръ пути соответственно равняются 200, 138 и 400 (двойной путь).

На основаніи имѣвшихся у него документовъ, Кросби нашелъ, что стоимость километра воздушной линіи при одномъ пути при деревянныхъ столбахъ обходится 4700 франковъ. Линія въ два пути съ двумя рядами металлическихъ столбовъ стоитъ 11000 фр. за километръ. Наконецъ, линія въ два пути, съ однимъ рядомъ металлическихъ столбовъ, обходится 8500 фр. за километръ.

Стоимость электрической установки въ каждомъ вагонѣ, считая два двигателя и ихъ передаточные органы, обходится 7500 фр. Считаютъ, что на каждый вагонъ требуется электрическая работоспособность на станціи въ 10 силъ. Стоимость паровыхъ двигателей вмѣстѣ съ аксессуарами считается въ 225 фр. на силу. Такова же стоимость на силу динамомашинъ-генераторовъ вмѣстѣ съ вспомогательными электрическими приборами на станціи.

Эти элементы позволяютъ вычислить часть процентовъ и амортизаціи, падающихъ на тягу. Кросби считаетъ для паровыхъ машинъ и динамомашинъ, а также для линіи и вагоновъ 5% на капиталъ, 5% амортизаціи и 2% на повинности, страхование и т. п.; всего 12%. Для трехъ названныхъ линій онъ получилъ при этихъ условіяхъ цифры: 5,6 сантим., 7 сантим. и 5,2 сантим. на вагонъ-километръ. Остаются машинныя зданія, которыя для линіи съ суточнымъ движеніемъ въ 1600 вагонъ-километровъ стоятъ 75000 франковъ. На эту сумму считается 5% интереса, 2%—амортизаціи и 2%—на страхование, что составитъ 1,15 сантимовъ на вагонъ-километръ.

Потребленіе угля на вагонъ-километръ въ названныхъ

---

\*) *Elektrical World*, 1890.

трехъ городахъ было 1,4 килогр., 2,3 килогр. и 1,5 килогр., стоившіе, принимая во вниманіе цѣны на уголь въ этихъ мѣстахъ, 2,2 сант., 2,2 сант. и 2,5 сант. Расходы на смазку, тряпки и другія мелочи составляютъ 0,6 сант. на вагонъ-километръ.

Наконецъ, вознагражденіе инженеровъ, механиковъ, электротехниковъ, рабочихъ, не считая машинистовъ и кондукторовъ на вагонахъ, составить на вагонъ-километръ соответственно 7,8 сант., 7,8 сант. и 6,2 сант.

Совокупность этихъ расходовъ будетъ: въ Вашингтонѣ—17,85, въ Ричмондѣ—18,75 и въ Кливлэндѣ—14,65 на вагонъ-километръ. Въ среднемъ для этихъ трехъ линій вагонъ-километръ стоитъ 16,9 сантима.

Эти результаты показываютъ, что расходы на личный составъ доходятъ до 40%, а расходы на уголь составляютъ всего 12% стоимости тяги.

**633. Стоимость электрической тяги при подземныхъ кабеляхъ.** Приводимая ниже смета Каппа относится къ установкѣ, на которой примѣнена система непосредственного соединенія вагона съ подземнымъ проводомъ, придуманная Лине-вымъ (§ 622). Предполагаемая линія будетъ имѣть два пути длиною въ 5 километровъ, на которыхъ будутъ ходить 14 вагоновъ со скоростью 11 километровъ въ часъ. Предполагается въ годъ 500000 вагоновъ километровъ.

|                                                           | Франковъ. |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Подземный каналъ . . . . .                                | 300000    |
| Проводникъ . . . . .                                      | 75000     |
| Котлы, двигатели, трансmissiи и т. п. . .                 | 87500     |
| Динамомашинны, распредѣлительныя доски<br>и т. п. . . . . | 37500     |
| Вагоны со всѣми приспособленіями по 8750 ф.               | 122500    |
| Различныя расходы . . . . .                               | 27500     |
| Всего . . . . .                                           | 650000    |

Ежегодныя расходы на эксплуатацію:

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Уголь, вода, смазочныя масла . . . . .    | 27500 |
| Вознагражденія, вмѣстѣ съ кондукторами .  | 50000 |
| Содержаніе канала и проводниковъ по 5%. . | 18750 |

|                                                                         | Франковъ. |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Содержаніе вагоновъ по 1750 каждый . . .                                | 24500     |
| Содержаніе двигателей по $7\frac{1}{2}\%$ . . . . .                     | 6600      |
| Содержаніе неподвижнаго электрическаго<br>матеріала по $10\%$ . . . . . | 3750      |
| Управленіе и общіе расходы . . . . .                                    | 240000    |
| Всего . . .                                                             | 155100    |

Въ эту сумму входитъ вознагражденіе кондукторамъ и содержаніе вагоновъ. Исключивъ эти расходы, найдемъ, что сумма, исключительно касающаяся тяги, равняется 100000 фр. Стоимость тяги на вагонъ-километръ будетъ слѣдовательно равна 20 сант., не считая проценты на капиталъ и амортизацію установки.

**634. Стоимость тяги на электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ.** Въ настоящее время было бы слишкомъ преждевременно говорить объ относительной стоимости электрической тяги на желѣзныхъ дорогахъ, такъ какъ единственная установка этого рода, въ *City and South-London Railway*, открыта только въ концѣ 1890 года. Тѣмъ не менѣе, мы можемъ сказать, что Манчестерская фирма Mather and Platt приняла на себя эксплуатацію этой дороги по цѣнѣ 0,20 фр. за километръ для поѣздовъ со 100 пассажирами. Результаты эксплуатаціи оказались настолько выгодными, что въ настоящее время въ Лондонѣ устраиваются нѣсколько подобныхъ линій.

# ТЕЛЕГРАФІЯ \*).

---

## ТЕОРІЯ.

**635. Опредѣленія.** Между различными практическими примѣненіями электричества первымъ по времени явилась телеграфія, имѣющая цѣлью передавать на разстояніе мысль при помощи особыхъ сигналовъ. Различные изобрѣтатели уже болѣе пятидесяти лѣтъ трудятся надъ усовершенствованіемъ въ этой области и неудивительно, поэтому, что въ настоящее время телеграфныя приборы достигли такой степени совершенства, что дальнѣйшее ихъ улучшеніе становится все болѣе и болѣе затруднительнымъ. Во многихъ случаяхъ это совершенство достигается посредствомъ очень сложныхъ механическихъ приспособленій, описаніе которыхъ заставило бы насъ выйти изъ рамокъ настоящаго труда. Поэтому мы будемъ останавливаться только на электрической части телеграфныхъ приборовъ. Кромѣ того, мы не будемъ останавливаться на описаніи тѣхъ телеграфныхъ аппаратовъ, которые имѣютъ только историческое значеніе.

Телеграфная система состоитъ изъ *передатчика*, посылающаго черезъ линію сигналы, принимаемые особымъ приборомъ, называемымъ *приемникомъ*, помѣщеннымъ на соотвѣтствующей

---

\*) Blavier, *Nouveau traité de télégraphie électrique*.

Culley, *Manuel de télégraphie pratique*.

станціи. Если желаютъ телеграфировать въ обоихъ направленіяхъ, то на каждой станціи необходимо имѣть передатчикъ и пріемникъ, которые приводятся въ дѣйствіе одновременно или поочередно.

Всѣ, употребляемые въ настоящее время, пріемники преобразуютъ электрическую энергію въ механическую работу, такъ что комбинація пріемника и передатчика составляетъ одно изъ примѣненій электрической передачи энергіи для опредѣленной цѣли.

Принимая во вниманіе эту цѣль, обыкновенно жертвуютъ величиной отдачи системы въ пользу скорости передачи сигналовъ, имѣющей преобладающее значеніе.

**636. Распространеніе электрическихъ сигналовъ въ линіи.** Во всѣхъ телеграфныхъ системахъ при помощи передатчика производятъ замыканія тока, вызывающія электрическія волны, распространяющіяся по линіи до пріемника. Желательно, чтобы волны передавались по возможности не деформированными, для того, чтобы посылаемые сигналы воспроизводились отчетливѣе. Этотъ результатъ легко достижимъ при воздушныхъ линіяхъ, но не такъ легко его достигъ при длинныхъ кабеляхъ, гдѣ емкость играетъ значительную роль.

При замыканіи цѣпи батареи на длинную подземную или подводную линію замѣчается, что на концѣ линіи токъ не моментально достигаетъ нормальной своей силы. Такъ, когда токъ посылается черезъ трансатлантическій кабель, соединяющій Ирландію съ Ньюфаундлендомъ, то даже при помощи самыхъ чувствительныхъ гальванометровъ токъ на одномъ концѣ кабеля замѣчается только черезъ 0,2 секунды послѣ подачи сигнала на другомъ его концѣ. Черезъ 0,4 секунды сила тока достигаетъ 0,7 своей нормальной величины и только черезъ 3 секунды можно считать, что постоянный режимъ установился. Это запаздываніе происходитъ главнымъ образомъ оттого, что кабель, образуя цилиндрическій конденсаторъ, заряжается электричествомъ, доставляемымъ батареей (§ 195). Дѣйствіе соиндукціи кабеля тоже заставляетъ запаздывать установленіе постояннаго режима, но эта причина въ подводныхъ линіяхъ ничтожна сравнительно съ первой.

Главные факторы, вліяючіе на силу тока  $i$  въ теченіе періода установленія, суть: продолжительность сигнала  $t$ , емкость линіи  $C$ , ея сопротивление  $R$  и электродвижущая сила батареи  $E$ .

Слѣдовательно

$$i = f(t, C, R, E).$$

Примѣнимъ для опредѣленія этой функціи, какъ это сдѣлалъ Ваши, принципъ однородности (§ 8). Вторая часть не можетъ содержать другихъ количествъ, кромѣ однородныхъ съ силой тока или же количествъ безъ измѣреній. Форма:

$$i = \frac{E}{R} \varphi\left(\frac{t}{C R}\right) = I \varphi\left(\frac{t}{C R}\right)$$

удовлетворяетъ этому условію. Здѣсь  $I$  есть сила тока при постоянномъ режимѣ.

Лордъ Кельвинъ нашелъ, что дѣйствительно  $\frac{t}{C R}$  есть единственный измѣняющійся параметръ въ выраженіи силы тока, получаемого на концѣ линіи, т. е. на двухъ линіяхъ сила тока достигаетъ опредѣленной части своей нормальной величины (силы тока при постоянномъ режимѣ) по истеченіи времени  $t$  и  $t'$ , удовлетворяющихъ условію.

$$\frac{t}{t'} = \frac{C R}{C' R'}$$

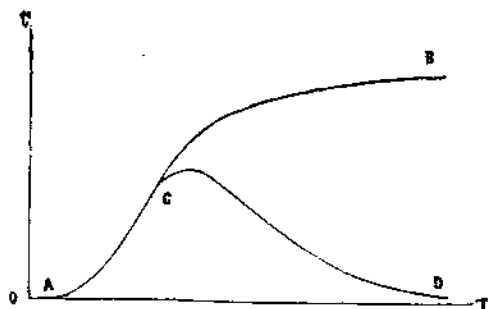
Другими словами, продолжительность періода установленія тока на различныхъ линіяхъ пропорціональна произведеніямъ емкостей ихъ на сопротивленія проводниковъ. Очевидно, что для однородныхъ кабелей продолжительность періода установленія пропорціональна квадрату длины линіи. При длинныхъ кабеляхъ для каждого сигнала нельзя ожидать установленія постоянного режима, поэтому стараются дожидаться только опредѣленной части нормальной силы тока, зависящей отъ чувствительности пріемника.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ также, что скорость  $v$ , съ которой можно посылать въ линію токи опредѣленной силы, обратно пропорціональна квадрату длины этой линіи  $l$ , сопротивленію  $r$  и емкости  $c$  одного километра длины, т. е.

$$v = \frac{k}{l^2 r c}$$

Форма тока, получаемого, по теории Лорда Кельвина \*), на концѣ кабеля, представлена кривыми на фиг. 392, для которых ординатами служат величины силы тока, а абсциссами— времена, считаемыя отъ момента замыканія цѣпи. Токъ появляется только спустя опредѣленный промежутокъ времени, затѣмъ его сила возрастаетъ, сначала быстро, и стремится достигъ ассимпоты, ордината которой равняется силѣ тока при постоянномъ режимѣ.

Эту форму можно провѣрить опытнымъ путемъ, помѣщая на концѣ кабеля регистрирующій гальванометръ. Опытъ можно повторить въ лабораторіи, устраивая искусственный кабель изъ проволочныхъ катушекъ, параллельно съ которыми включаются конденсаторы.



Фиг. 392.

Если желаютъ получить законъ измѣненія силы получаемого тока въ томъ случаѣ, когда по истеченіи промежутка времени  $t'$  батарея на станціи отправленія быстро выключается изъ цѣпи, а линія соединяется съ землей, достаточно предположить, что въ цѣпи кромѣ электродвижущей силы  $E$  еще дѣйствуетъ сила— $E$ , уничтожающая первую. Эта сила— $E$  производитъ токъ силы

$$-\frac{E}{R} \varphi\left(\frac{t-t'}{CR}\right),$$

налагающійся на первый. Равнодѣйствующая сила тока будетъ:

$$i = \frac{E}{R} \left[ \varphi\left(\frac{t}{CR}\right) - \varphi\left(\frac{t-t'}{CR}\right) \right].$$

\*) W. Thomson, *Philosophic. Mag.* 1856.

Кривая измѣненія силы этого тока получится, если изъ ординатъ первой кривой вычитать ординаты подобной же кривой, но отодвинутой вправо на длину  $t'$ . Такимъ образомъ находятъ кривую съ понижающейся вѣтвью на фиг. 392. Она соединяется съ восходящей кривой и вмѣстѣ онѣ даютъ электрическую волну, получаемую на концѣ линіи.

Легко видѣть, что продолжительность этой волны больше продолжительности передаваемого сигнала, представляемой абсциссой точки соединенія обѣихъ кривыхъ. Форма получаемой волны была бы еще болѣе удлиненной, если бы вмѣсто того, чтобы по окончаніи сигнала соединять линію съ землей, ее бы изолировали на станціи отправленія, такъ какъ тогда все электричество, заряжающее кабель, должно было бы пройти черезъ пріемную станцію, вмѣсто того, чтобы вытекать черезъ оба конца.

Столь удлиненная форма волны сдѣлала бы передачу сигналовъ весьма медленной. Дѣйствительно, если бы со станціи отправленія посылался рядъ токовъ черезъ короткіе промежутки времени, то конечно появляющіяся волны слагались бы въ линіи и доходили бы въ формѣ одной волны, имѣющей небольшіе зубцы.

Скорость разряда линіи можно увеличить, посылая въ нее послѣ всякаго сигнала обратный токъ нѣсколько меньшей силы. Передаваемый такимъ образомъ электрическій токъ разрядитъ проводъ и сдѣлаетъ получаемыя волны болѣе рѣзкими.

Для воздушныхъ линій, у которыхъ километрическая емкость не превосходитъ 0,05 километрической емкости подводныхъ кабелей и которыя, вдобавокъ, никогда не достигаютъ безъ промежуточныхъ станцій такой длины, какъ послѣдніе, высказанныя соображенія имѣютъ меньше значенія и скорость передачи можетъ быть значительно увеличена.

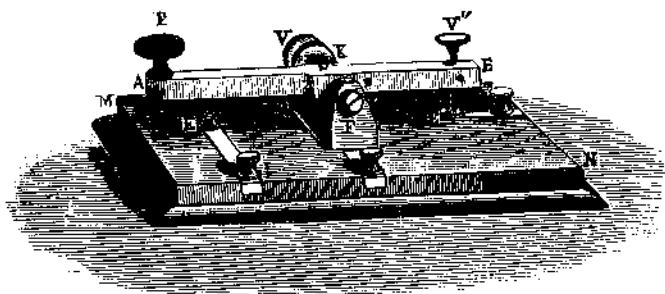
## ТЕЛЕГРАФНАЯ СИСТЕМА МОРЗЕ.

**637. Передатчикъ.** На всѣхъ воздушныхъ линіяхъ наиболѣе распространена, благодаря своей простотѣ, телеграфная система Морзе. По этой системѣ буквы, цифры и знаки препинанія изображаются условными сочетаніями точекъ и черто-



чекъ. Напримѣръ буква *а* изображается точкой и черточкой, и т. д. Азбука Морзе, которой пользуются въ Европѣ, нѣсколько отличается отъ американской.

Условные сигналы передаются при помощи кратковременныхъ и болѣе продолжительныхъ токовъ, которые посылаются въ линію при помощи *ключа* или *манулятора*, изображеннаго на фиг. 393. Этотъ приборъ состоитъ изъ металлическаго рычага АВ, качающагося вокругъ оси  $VV'$ , и поднимаемаго пружиной R. Надавливая на ручку R, соединяють рычагъ съ контактомъ E. Поднимаясь, рычагъ приходитъ въ соприкосновеніе съ контактомъ E'.



Фиг. 393.

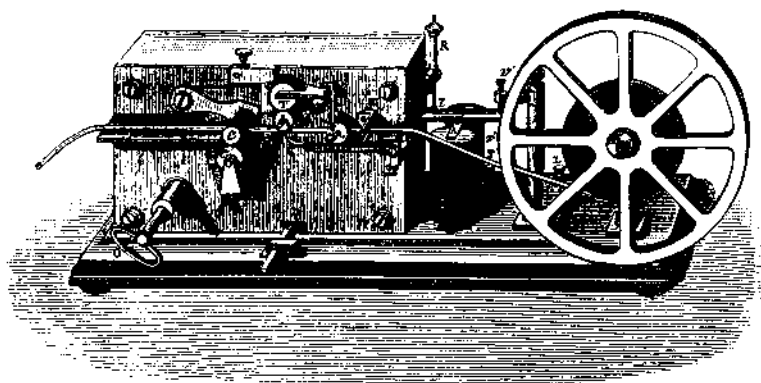
На каждой станціи подвижной рычагъ соединенъ постоянно съ линіей черезъ свою ось. Контактъ подъ рукояткой соединенъ съ однимъ изъ полюсовъ батареи, второй полюсъ которой соединенъ съ землею. Контактъ B тоже соединенъ съ землею черезъ пріемный аппаратъ. Нагибая рычагъ, приводятъ въ соединеніе съ батареей на болѣе или менѣе продолжительное время и посылають въ нее токи соотвѣтствующей продолжительности, достигающіе пріемнаго аппарата на станціи назначенія. Контакты на ключѣ, такъ же какъ и контакты на всѣхъ телеграфныхъ аппаратахъ, снабжаются платиновыми наконечниками, чтобы ихъ не портили искры, образующіяся при размыканіи пѣпи.

**638. Пріемный аппаратъ.** Пріемный аппаратъ изображенъ на фиг. 394. Въ главныхъ частяхъ онъ состоитъ изъ подковообразнаго электромагнита E и арматуры A, прикрѣп-

ленной къ концу рычага, вращающагося вокругъ оси  $l'$ . Два винта  $v$  и  $v'$  ограничиваютъ перемѣщеніе рычага  $l$ , къ которому прикрѣплена арматура.

Когда токъ изъ линіи проходитъ черезъ электромагнитъ, арматура притягивается къ низу и рычагъ ударяется о нижній винтъ  $v'$ . По прекращеніи тока, пружина  $R$  быстро отводитъ рычагъ къ верхнему винту  $v$ . Звукъ, производимый этими ударами, достаточенъ для того, чтобы опытный телеграфистъ могъ разобрать передаваемый сигналъ.

Къ электромагниту присоединяется записывающій механизмъ, облегчающій полученіе депешъ и оставляющій слѣды ихъ полученія.



Фиг. 394.

Для этой цѣли въ латунную коробку заключаютъ часовой механизмъ, приводимый въ движеніе пружиной и регулируемый вертушкой. Этотъ механизмъ тянетъ бумажную ленту при помощи двухъ цилиндровъ  $e$  и  $e'$ , между которыми она проходитъ. Кромѣ того, часовой механизмъ вращаетъ колесо  $M$ , трущееся о свертокъ войлока  $T$ , пропитаннаго черниломъ. Къ рычагу арматуры прикрѣплена изогнутая стальная пластинка  $C$ , которая при приближеніи арматуры къ электромагниту приподнимается бумажную ленту и прижимаетъ ее слегка къ колесу  $M$ . Это послѣднее оставляетъ на лентѣ слѣдъ, длина котораго зависитъ отъ продолжительности тока; кратковременный токъ даетъ *точку*, продолжительный токъ—*черточку*.

Такимъ образомъ сигналы, посылаемые изъ одной станціи, получаютъ на приѣмной станціи отпечатанными на бумажной лентѣ и телеграфисту остается только переводить сигналы съ ленты, развертывающейся передъ его глазами. Если напечатанный сигналъ нельзя прочесть, то телеграфистъ со станціи полученія сейчасъ же при помощи своего ключа посылаетъ на станцію отправленія рядъ *точекъ*. Такимъ образомъ онъ посылаетъ въ линію рядъ токовъ, часть которыхъ проходитъ черезъ приѣмный аппаратъ станціи отправленія въ моменты, когда ключъ на ней поднять и тѣмъ даетъ знакъ отправляющему телеграфисту прекратить передачу депеши.

Приѣмный аппаратъ долженъ быть регулированъ главнымъ образомъ въ трехъ отношеніяхъ:

Нижній винтъ *v'* долженъ быть опущенъ настолько, чтобы арматура, будучи притянута электромагнитомъ, приближалась къ нему очень близко, но не касалась. Если арматура прикоснется къ электромагниту, то понудительная сила замкнутой магнитной цѣпи воспрепятствуетъ возврату арматуры въ положеніе покоя.

Пружину *В* натягиваютъ сообразуясь съ намагниченіемъ электромагнита такъ, чтобы движенія арматуры были очень отчетливы.

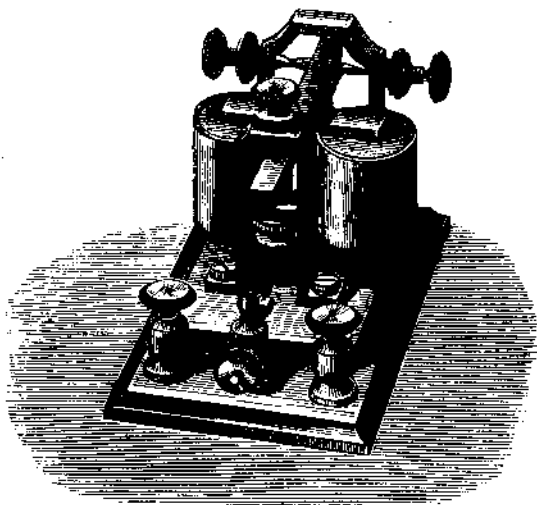
Наконецъ, регулируютъ положеніе ножа *С* такъ, чтобы онъ придавливалъ бумагу къ колесу *М*, когда онъ поднять, но однако настолько слабо, чтобы треніе не могло остановить движеніе ленты.

Ключъ *о* служитъ для завода часоваго механизма, рукоятка *t* позволяетъ останавливать механизмъ или пускать его въ ходъ.

**639. Слуховой аппаратъ.** Приѣмный аппаратъ можетъ состоять только изъ электромагнита и арматуры, тогда приѣмъ сигналовъ дѣлается на слухъ и подобный аппаратъ носитъ названіе слуховаго.

Арматуры подобныхъ аппаратовъ дѣлаются тяжелѣе, чѣмъ арматуры записывающихъ, съ цѣлью усилить звукъ. Для этой же цѣли аппараты иногда снабжаются ящичными резонаторами, внутри которыхъ устанавливается механизмъ; ихъ отверстіе направляется къ телеграфисту.

Приемъ депешъ на слухъ очень распространенъ въ Америкѣ и Англіи, а теперь стремится распространиться и въ Европѣ.



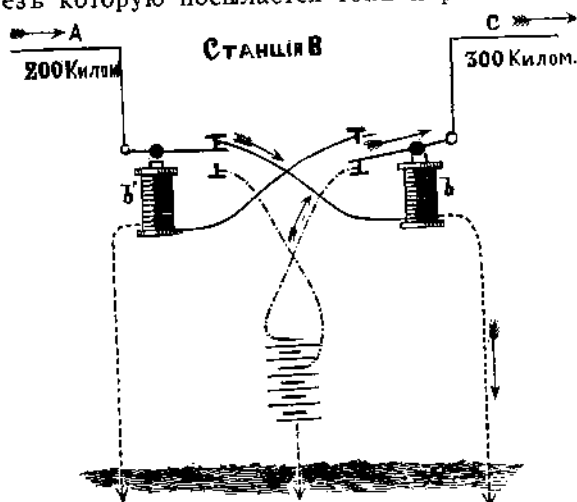
Фиг. 395.

Слуховые аппараты допускаютъ большую скорость приѣмки депешъ. Телеграфисту, пишущему подъ диктовку прибора, не приходится постоянно смотрѣть то на свою бумагу, то на бумажную ленту аппарата Морзе. Кромѣ того, онъ по необходимости долженъ слѣдовать за приборомъ, тогда какъ при аппаратахъ съ лентами онъ можетъ подождать, пока депеша не будетъ дописана до конца, и только тогда начать ее переводить, что, конечно, вызываетъ потерю времени. Но зато приемъ депешъ съ ленты легче, такъ что требуетъ меньшей опытности со стороны телеграфиста, и вдобавокъ лента даетъ возможность провѣрить написанное.

**640. Реле. Транслаторъ.** Токи, передаваемые по телеграфнымъ линіямъ, не имѣютъ на станціи назначенія достаточной силы, чтобы притянуть тяжелую арматуру слуховаго аппарата. Поэтому около послѣдняго устанавливаютъ электромагнитъ съ легкой арматурой, называемый *реле*, которая притягивается даже подъ дѣйствіемъ слабыхъ токовъ и соеди-

диняетъ пріемный аппаратъ съ мѣстной батареей. Для этой цѣли нижній контактный винтъ арматуры релѣ, соединяется съ однимъ изъ полюсовъ этой батареи, а ось, вокругъ которой колеблется арматура, соединяется черезъ пріемный аппаратъ съ другимъ полюсомъ.

Очень длинныя линіи раздѣляются на нѣсколько частей. На промежуточныхъ станціяхъ помѣщаютъ двойныя релѣ, называемыя трансляторами, позволяющія сообщаться въ обоихъ направленіяхъ, въ чемъ можно убѣдиться, разсмотрѣвъ схему соединенія, представленную на рис. 396. Число элементовъ въ батареѣ должно быть пропорціонально сопротивленію линіи, чрезъ которую посылается токъ и релѣ.



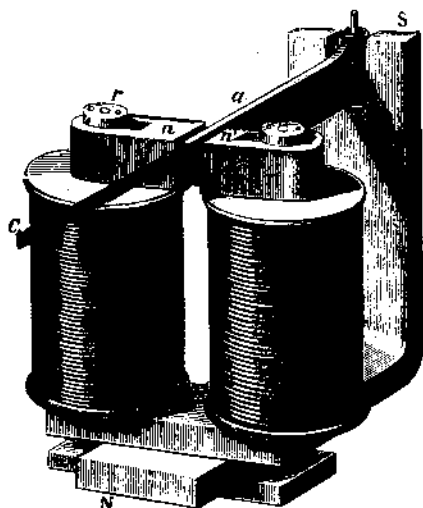
Фиг. 396.

Устанавливая достаточное количество станцій съ релѣ, можно передавать сигналы между двумя очень удаленными другъ отъ друга станціями. Но передача отъ этого стала бы очень медленной.

Дѣйствительно, надо замѣтить, что токъ, доставляемый релѣ, отстаетъ отъ тока, который приводитъ его въ дѣйствіе на время, нужное на перемѣщеніе арматуры. Такъ какъ оба тока прекращаются въ одно и то же время, то сигналы, слѣдовательно, станутъ короче. На линіи, состоящей изъ нѣсколькихъ секцій, каждое релѣ производитъ подобное дѣйствіе, такъ

что на концѣ линіи уменьшеніе продолжительности токовъ становится очень замѣтнымъ и заставляетъ значительно удлинить передаваемые сигналы.

**641. Поляризованныя релѣ.** На основаніи общихъ свѣденій, сообщенныхъ при изученіи магнетизма, легко понять, что описанныя релѣ не годятся для передачи быстрыхъ и правильныхъ сигналовъ. Дѣйствительно, если мы предположимъ, что ихъ сердечники находятся въ нейтральномъ состояніи, то первые слѣды тока не произведутъ никакого притягательнаго

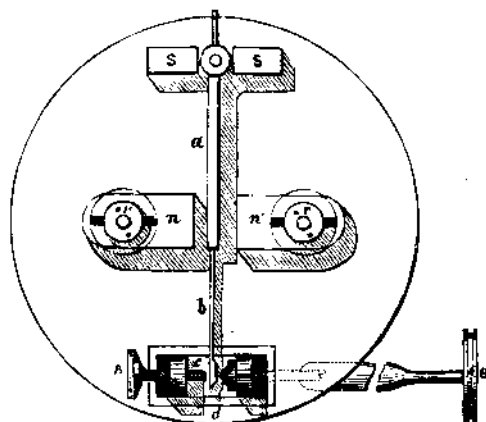


Фиг. 397.

дѣйствія, такъ какъ начало кривой магнетизма имѣетъ весьма слабый наклонъ. Если, наоборотъ, черезъ электромагнитъ проходилъ токъ, то въ немъ сохранится нѣкоторое количество остаточнаго магнетизма, зависящее отъ устойчивости сердечниковъ, такъ какъ сотрясенія могутъ уничтожить полученное намагничиваніе. Наконецъ, гистеризисъ въ сердечникѣ причиняетъ измѣненія въ чувствительности аппарата при измѣненіи направленія тока.

Понятно, что эти обстоятельства вызываютъ неправильности въ дѣйствіи приборовъ, предназначенныхъ для слабыхъ токовъ, поэтому желательно имѣть постоянное начальное намаг-

ниченіе сердечниковъ.. Такова цѣль поляризованныхъ электромагнитовъ, въ которыхъ сердечники получаютъ отъ постоянного магнита намагниченіе, гораздо большее, чѣмъ остаточное, которое можетъ быть вызвано токомъ. Такимъ образомъ сердечники всегда возвращаются къ одному и тому же магнитному состоянію. Реле Сименса, изображенное на фиг. 397 и 398, есть одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ приборовъ этого рода. Двѣ катушки электромагнита поставлены стоймя на одинъ изъ полюсовъ постоянного магнита, имѣющаго форму угольника NS. На башмакахъ, которыми кончаются сердечники, образуются два полюса N. Токъ, проходящій черезъ катушки, увеличиваетъ намагниченіе одного сердечника и уменьшаетъ намагниченіе другого.



Фиг. 398.

Къ вертикальной вѣтви постоянного магнита прикрѣплена, въ прорѣзѣ, подвижная арматура изъ мягкаго желѣза, намагничивающаяся обратно сердечникамъ. Каждый изъ этихъ послѣднихъ притягиваетъ, слѣдовательно, арматуру и при томъ съ тѣмъ большей силой, чѣмъ она ближе къ нему.

Для арматуры существуетъ положеніе неустойчиваго равновѣсія, почти совпадающаго съ осью симметріи прибора, при которомъ арматура притягивается одинаковымъ образомъ въ обѣ стороны. При помощи регулировочныхъ винтовъ А и В можно расположить концы задержекъ двумя различными способами: 1) по одну сторону оси симметріи и 2) по обѣ стороны этой оси.

Въ первомъ случаѣ арматура въ состояніи покоя упирается въ задержку  $c$ , наиболѣе удаленную отъ оси симметріи. Чтобы привести ее къ другой задержкѣ, соединенной съ батареей релѣ, въ это послѣднее надо послать токъ такого направленія, чтобы намагниченіе сердечника  $n'$  увеличивалось, а намагниченіе сердечника  $n$ —уменьшилось. Токъ противоположнаго направленія не перемѣститъ арматуры. Слѣдовательно приборъ, регулированный такимъ образомъ, работаетъ только съ токами одного направленія, опредѣляемаго соединеніемъ релѣ съ линіей. Положеніе башмаковъ  $n$  и  $n'$  мѣняется въ зависимости отъ силы тока, съ которыми работаютъ.

Наоборотъ, при второмъ расположеніи задержекъ арматура будетъ приводиться въ движеніе токами обоихъ направленій, при условіи, однако, чтобы они мѣнялись поочередно, такъ какъ, разъ арматура будетъ токомъ одного направленія приведена къ одной изъ задержекъ, то чтобы ее перемѣстить необходимо надо будетъ токъ обратнаго направленія. Къ этому расположенію задержекъ прибѣгаютъ, когда надо, какъ это бываетъ при нѣкоторыхъ телеграфныхъ системахъ, съ которыми мы познакомимся дальше, работать токами, мѣняющими направленіе: за работающимъ токомъ одного направленія, слѣдуетъ токъ покоя обратнаго направленія.

#### 642. Сопротивленіе телеграфныхъ электромагнитовъ.

Въ § 154 мы видѣли, какимъ образомъ вычисляются электромагниты, которые должны давать по возможности наибольшую притягательную силу при дѣйствіи *постоянныхъ токовъ*. Но телеграфные токи не таковы; наоборотъ, они мѣняются весьма быстро. При быстрой передачѣ сигналовъ постоянного режима токи никогда и не достигаютъ. Слѣдовательно, необходимо строить электромагниты такъ, чтобы во время продолженія одного сигнала они развивали по возможности большую притягательную силу или, другими словами, чтобы произведеніе числа оборотовъ проволоки въ ихъ обмоткѣ на силу тока имѣло бы наибольшую величину.

Сила тока будетъ достигать тѣмъ большей части силы тока режима, чѣмъ меньше будетъ постоянная времени намагничивающихъ катушекъ (§ 76). Вслѣдствіе сложной формы



телеграфныхъ волнъ рѣшить эту задачу гораздо труднѣе, чѣмъ если бы дѣло шло о простыхъ гармоническихъ токахъ. Къ счастію, обширныя опытыя свѣдѣнія относительно электромагнитовъ даютъ эмпирическія правила, приносящія громадную пользу при устройствѣ этихъ приборовъ. Сопротивленіе, которое должны имѣть электромагниты, равняется определенной части сопротивленія линіи. Многіе практики берутъ отношеніе между этими сопротивленіями равнымъ одной трети.

Часто одинъ и тотъ же пріемный аппаратъ долженъ служить для нѣсколькихъ линій. Поэтому полезно имѣть возможность измѣнять сопротивленіе электромагнита такъ, чтобы можно было подгонять его сопротивленіе къ сопротивленію линій, бывающихъ часто весьма различными. Для этой цѣли можно: 1) включать въ линію только одну катушку; въ этомъ случаѣ электромагнитъ называется *хромымъ*; 2) включать въ цѣпь обѣ катушки послѣдовательно, и 4) включать катушки параллельно.

Самоиндукція катушекъ, включенныхъ параллельно, равняется только четверти самоиндукціи при ихъ послѣдовательномъ соединеніи, что можно объяснить себѣ, предположивъ, что катушки намотаны одна поверхъ другой. Но сопротивленіе всей цѣпи, считая линію и батарею, не измѣняется замѣтно въ зависимости отъ измѣненія соединенія катушекъ. Слѣдовательно, постоянная времени въ первомъ случаѣ не превосходитъ четверти этой постоянной во второмъ случаѣ. Но намагниченіе, соотвѣтствующее постоянному режиму, для одной и той же силы тока въ первомъ случаѣ равняется только половинѣ намагниченія во второмъ. Тѣмъ не менѣе, такъ какъ кривая тока поднимается гораздо быстрѣе въ первомъ случаѣ, то можетъ случиться, что для весьма короткихъ сигналовъ намагниченіе въ концѣ сигнала будетъ гораздо сильнѣе въ первомъ случаѣ, чѣмъ во второмъ.

Опытъ показалъ, что полезно устраивать сердечники по возможности болѣе короткими и устраивать обмотку, приблизительно равную по толщинѣ сердечнику. Желѣзо для сердечниковъ должно быть очень мягкимъ и вдобавокъ тщательно отожжено.

Чтобы избѣжать ослабленія рабочаго тока токами Фуко, полезно раздѣлять сердечникъ на части. Въ нѣкоторыхъ при-

борахъ устраиваются трубчатые сердечники, разрѣзанные вдоль по образующей, чѣмъ уменьшаются паразитные токи. Дѣйствительно Д. Томсонъ и Юингъ показали, что токи Фуко стремятся размагнитить центральную часть сердечника.

Васши приводитъ слѣдующія данныя относительно электромагнитовъ приборовъ Морзе, употребляемыхъ во Франціи на линіяхъ средней длины:

Сопротивленіе обѣихъ катушекъ = 500 омовъ; самоиндукція каждой катушки при отсутствіи сердечника — 1,65 генри самоиндукція 2 катушекъ, соединенныхъ послѣдовательно и намотанныхъ на сердечники — 6,37 генри самоиндукція тѣхъ же катушекъ, когда арматура приложена къ полюсамъ и когда магнитная цѣпь такимъ образомъ замкнута — 10,68 генри.

Эти измѣненія самоиндукціи могутъ вызвать пертурбаціи при установленіи тока. Въ этомъ отношеніи релѣ Сименса, въ которомъ арматура не соединяетъ сердечники и въ которомъ слѣдовательно измѣненія самоиндукціи во время движенія арматуры очень малы, такъ какъ масса ея очень мала, имѣетъ преимущество. Арматуры релѣ должны имѣть малый моментъ инерціи, чтобы онѣ могли легче подчиняться дѣйствію вліяющихъ на нихъ силъ.

**643. Употребляемые въ телеграфіи генераторы.** Сила телеграфныхъ токовъ Морзе мѣняется отъ 0,01 до 0,015 ампера. Такъ какъ сопротивленіе линій равняется приблизительно 10 омамъ на километръ, то слѣдовательно линія въ 100 килом. имѣетъ вмѣстѣ съ пріемнымъ аппаратомъ сопротивленіе около 1500 омовъ и слѣдовательно батарея должна давать электродвижущую силу отъ 15 до 25 вольтъ. На большинствѣ станцій примѣняются элементы Лекланше. Элементы же съ мѣднымъ купоросомъ примѣняютъ только на очень дѣятельныхъ линіяхъ, гдѣ опасаются слишкомъ быстрого уменьшенія силы тока. \*)

Одна и та же батарея можетъ служить для нѣсколькихъ линій, если ея внутреннее сопротивленіе мало сравнительно съ сопротивленіемъ соединенныхъ линій и если элементамъ не приходится доставлять слишкомъ сильнаго тока.

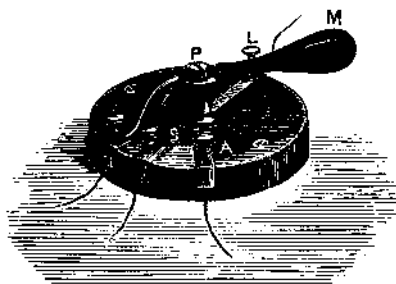
\*) Въ Россіи почти исключительно примѣняются эти послѣдніе элементы.

Существуют станціи, на которыхъ всѣ элементы соединены такъ называемой *пирамидой*. Предположимъ, что для самыхъ короткихъ линій требуется 20 вольтъ, для линій средней длины—50 вольтъ и для самыхъ длинныхъ линій—100 вольтъ. Тогда соединяють въ ряды послѣдовательно по 20 элементовъ Даніэля и соединяють параллельно такое число подобныхъ рядовъ, которое достаточно для доставленія наибольшаго тока, потребляемаго всѣми линіями въ опредѣленный моментъ. Затѣмъ образуютъ ряды изъ 30 элементовъ Даніэля, соединенныхъ послѣдовательно, и соединяють параллельно такое число этихъ рядовъ, которое можетъ доставлять токъ, потребляемый средними и длинными линіями. Наконецъ послѣдняя группа, помѣщаемая въ вершинѣ пирамиды, заключаетъ такое число соединенныхъ параллельно рядовъ изъ 50 элементовъ, включенныхъ послѣдовательно, какое требуется для самыхъ длинныхъ линій. Основаніе пирамиды затѣмъ соединяется съ землею, первая группа изъ рядовъ въ 20 элементовъ съ короткими линіями, вторая группа изъ рядовъ въ 30 элементовъ съ линіями средней длины и наконецъ вершина пирамиды съ самыми длинными линіями.

На очень большихъ станціяхъ содержаніе элементовъ обходится очень дорого и ихъ уже нѣсколько лѣтъ начинаютъ замѣнять динамомашинами, дающими токъ или непосредственно, или черезъ посредство аккумуляторовъ, регулирующихъ токъ, доставляемый машинами. Динамомашины берутся такія, которыя даютъ число вольтъ, нужное для различныхъ группъ линій, и послѣдовательно съ каждой машиной включаются предохранительныя сопротивленія, которыя мѣшаютъ току стать слишкомъ сильнымъ въ случаѣ образованія короткаго замыканія. Въ Чикаго, напримѣръ, эти сопротивленія, равняются 2 омамъ на каждый вольтъ, доставляемый динамомашиной. На станціяхъ средней величины, гдѣ динамомашины не могутъ быть примѣнены, съ успѣхомъ пользуются вторичными батареями, заряжаемыми батареями съ мѣднымъ купоросомъ. Соединеніе между обѣими батареями оставляется постоянно, такъ что заряжающій токъ непрерывенъ, разряженіе же производится по мѣрѣ надобности. Такая комбинація регулируетъ токъ первичной батареи и доставляетъ для работы постоянную электродвижущую силу.

**644. Вспомогательные приборы. Коммутаторы. Гальваноскопы. Звонки. Громоотводы.** Кромѣ ключей и приемныхъ аппаратовъ, на телеграфныхъ станціяхъ находятся еще различные вспомогательные приборы: коммутаторы, гальваноскопы, сигнальные звонки и громоотводы.

*Коммутаторъ съ рукояткой* (фиг. 399) употребляется очень часто. Онъ состоитъ изъ рычага, передвигаемаго посредствомъ рукоятки, который можно послѣдовательно приводить въ соприкосновеніе съ рядомъ мѣдныхъ пластинокъ, расположенныхъ по окружности круга изъ изолирующаго вещества; вокругъ оси этого круга, проходящей черезъ его центръ, вращается рычагъ. Это устройство позволяетъ соединять проволоку, присоединенную къ оси рычага, поочередно съ проводами, прикрѣпленными къ мѣднымъ пластинкамъ.



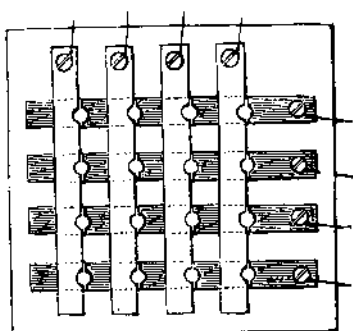
Фиг. 399.

*Коммутаторъ съ штепселями* состоитъ изъ мѣдныхъ пластинокъ, соединяемыхъ штепселями. Эта система примѣняется для магазиновъ сопротивленія.

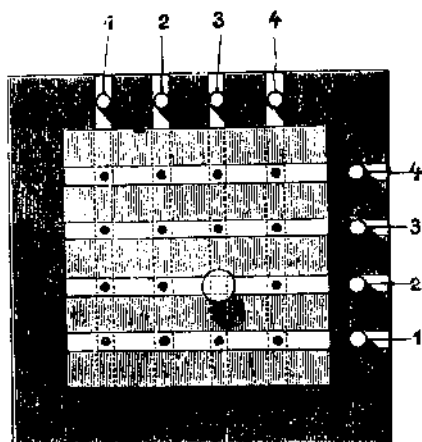
*Швейцарскій коммутаторъ* позволяетъ устраивать очень большое число комбинацій. Это особеннаго устройства коммутаторъ со штепселями, два вида котораго изображены на фиг. 400 и 401. Къ вертикальной доскѣ прикрѣплены два ряда латунныхъ полосъ, расположенныхъ подъ прямымъ угломъ, тщательно изолированныхъ другъ отъ друга. Вертикальныя полосы соединяются, напримѣръ, съ линіями, входящими на телеграфную станцію, а горизонтальныя съ приборами, на ней установленными. Чтобы соединить двѣ полосы, въ точкѣ ихъ перекрещиванія втыкаютъ штепсель. Такимъ образомъ можно

соединять: 1) любую линію съ любымъ приборомъ, втыкая соотвѣтствующій штѣпсель, 2) двѣ проволоки, входящія на станцію; для этого достаточно соединить двѣ вертикальныя полосы, съ одной изолированной горизонтальной и 3) два станціонныхъ прибора, соединяя двѣ горизонтальныя полосы черезъ вертикальную.

Чтобы контактъ между полосами и штѣпселями былъ по возможности лучше, эти послѣдніе обыкновенно расщепляютъ, дѣлая въ нихъ одинъ или два разрѣза пилой, такъ что они начинаютъ пружинить.



Фиг. 400.



Фиг. 401.

При устройствѣ коммутатора, изображеннаго на фиг. 400, гдѣ обѣ полосы видны, въ качествѣ контакта легче убѣдиться, чѣмъ при другомъ устройствѣ.

Гальваноскопы позволяютъ телеграфистамъ убѣждаться въ томъ, что посылаемые ими токи достаточно сильны для приведенія въ дѣйствіе приемныхъ аппаратовъ на станціи полученія, и наоборотъ, что получаемые токи достаточны для ихъ аппаратовъ. Устройство гальваноскоповъ очень несложно. Часто просто намагниченная стрѣлка вращается вокругъ горизонтальной оси, причемъ она подгружается такъ, чтобы при отсутствіи тока находиться въ вертикальномъ положеніи, чѣмъ облегчаются отсчеты.

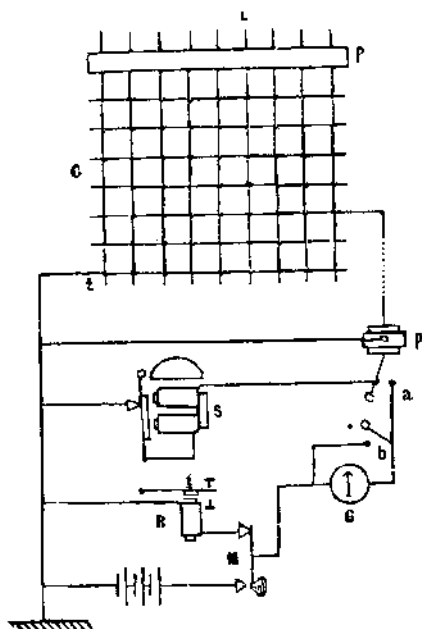
*Сигнальные звонки* служатъ для возвѣщенія отправки

депеша со станціи отправленія. Обыкновенно употребляютъ звонки Липпенса, въ которыхъ арматура электромагнита, къ которой прикрѣпленъ ударникъ звонка, поочередно замыкаетъ и размыкаетъ цѣль линіи. Задержка прикрѣпляется къ пружинѣ съ цѣлью продолжить контактъ и ослабить ударъ арматуры.

Чтобы атмосферные разряды не могли сжечь приборы и ранить телеграфистовъ, при входѣ линій на станціи устанавливаются громоотводы.

Чаще всего для этой цѣли примѣняются громоотводы съ бумажными листами или съ остріями (§ 478).

**645. Устройство телеграфныхъ станцій.** На *конечныхъ станціяхъ*, куда обыкновенно сходятся многочисленныя линіи, онѣ присоединяются къ вертикальнымъ полосамъ швейцарскаго коммутатора. Эти полосы отдѣлены листомъ парафинированной бумаги отъ поперечной перекладины Р (фиг. 402), соединенной съ землей, играющей роль громоотвода. Станціонные приборы соединяются съ горизонтальными полосами коммутатора.



Фиг. 402.

Коммутаторъ съ рукояткой соединяетъ линію съ землею черезъ звонокъ. Послѣ вызова съ другой станціи, линія соединяется перемѣщеніемъ рычага коммутатора съ ключемъ М и приемнымъ аппаратомъ R. Гальваноскопъ можно включить въ цѣпь или выключить его. Послѣ этого приемный аппаратъ готовъ къ принятію депеши. Послѣ окончанія приѣмки линія опять соединяется съ землею.

Во время грозы всѣ линіи соединяются съ землею черезъ особую пластину швейцарскаго коммутатора.

На промежуточныхъ станціяхъ, находящихся среди линіи, обѣ части ея оканчиваются у двухъ пластинъ штепсельнаго коммутатора, снабженнаго громоотводомъ и особой пластинкой для соединенія съ землею. Первая двѣ пластины соединены со звонками. При полученіи вызова съ одной изъ корреспондирующихъ станцій, соответствующую вѣтвь линіи соединяютъ съ приемнымъ аппаратомъ и принимаютъ депешу.

Разсмотримъ линію съ пятью промежуточными станціями А, В, С, D и Е. Каждая изъ этихъ станцій обозначается комбинаціей двухъ или трехъ буквъ, составляющей телеграфное сокращенное названіе станцій.

Положимъ, что станція В должна передать депешу на станцію С. Для этого на станціи подачи ключъ при помощи коммутатора соединяется съ частью линіи ВС и черезъ нее посылается сигналъ, составляющій сокращенное названіе станціи С. На этой станціи, предупрежденной сигнальнымъ звонокомъ, съ частью линіи ВС соединяется приемный аппаратъ, выслушивается вызовъ и принимается депеша, но раньше при помощи ключа посылается на станцію В нѣсколько точекъ, чтобы показать, что станція С готова къ принятію депеши. По окончаніи передачи, станція С повторяетъ цифры и трудныя слова, находящіеся въ депешѣ, чтобы уменьшить вѣроятность ошибки. Послѣ этого вновь устанавливаютъ первоначальныя соединенія.

Если станція В желаетъ сообщаться съ отдаленной станціей, наиримѣръ Е, то она предупреждаетъ станцію С, телеграфируя ей сокращенное названіе станціи Е. Станція С, выслушавъ это названіе, соединяетъ между собою части линіи ВС и CD, при помощи штепселя, помѣщаемаго въ соответ-

ственное мѣсто входнаго коммутатора. Затѣмъ вызовъ получается станціей D, которая въ свою очередь соединяетъ части линіи CD и DE. Наконецъ, станція E получаетъ вызовъ и принимаетъ депешу. По истеченіи опредѣленнаго промежутка времени промежуточные станціи устанавливаютъ нормальныя соединенія, если только онѣ не замѣтятъ, что передача депеши еще не окончена.

**646. Телеграфная сѣть. Системы прямого и не прямого сообщенія.** Въ нѣкоторыхъ небольшихъ странахъ, напримеръ въ Бельгіи, система послѣдовательныхъ вызововъ примѣняется повсюду. *Телеграфная сѣть*, покрывающая страну, состоитъ изъ *прямыхъ линій*, соединяющихъ главныя станціи, и *промежуточныхъ*, проходящихъ черезъ всѣ станціи.

На главныхъ станціяхъ можно непосредственно соединять между собою линіи, идущія къ швейцарскому коммутатору, и приводить, такимъ образомъ, въ сообщеніе станціи, между которыми должна быть передана депеша. Въ пѣпи оставляютъ однако гальваноскопъ или слуховой аппаратъ, чтобы знать конецъ передачи.

Если линіи очень длинны, то сообщеніе можетъ быть установлено черезъ посредство транслятора (§ 640).

Какая-нибудь небольшая станція A можетъ сообщаться съ другой тоже маленькой станціей B, помѣщающейся на границѣ страны. Пользуясь возможностью устраивать постепенно соединенія, со станціи A посылаютъ нѣсколько разъ сокращенное названіе B, и тѣмъ заставляютъ соединить части промежуточной линіи, идущей отъ A къ ближайшей большой станціи. Тамъ промежуточная линія соединяется съ прямой, идущей на другую главную станцію. Отсюда, черезъ посредство другихъ прямыхъ линій, соединяютъ A съ большой станціей, ближайшей къ B. Наконецъ, промежуточные линіи соединяютъ эту станцію съ B и между A и B установится сообщеніе.

Эта система, называемая системой прямого сообщенія, требуетъ, чтобы на каждой станціи была батарея, достаточная для передачи депеши на сравнительно большое разстояніе. Кромѣ того, каждая депеша занимаетъ промежуточные линіи въ продолженіе довольно значительнаго времени, требуемаго

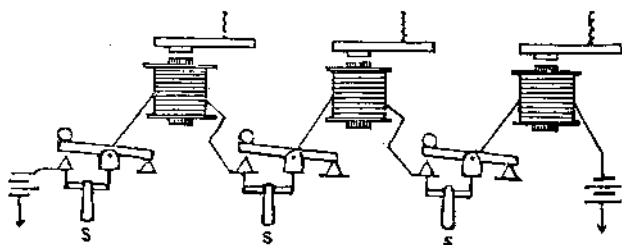


для послѣдовательнаго производства вызововъ и для передачи депеши. Эти неудобства растутъ вмѣстѣ съ расширеніемъ сѣти.

Съ другой стороны, при этой системѣ депеша передается только одинъ разъ, что уменьшаетъ до минимума работу передачи и вѣроятность ошибокъ.

Въ большихъ государствахъ сообщенія всегда не прямыя. Станція А посылаетъ депешу на ближайшую главную станцію, откуда она вновь посылается на главную станцію, ближайшую къ В, и съ этой станціи она наконецъ передается на В. Эти послѣдовательныя передачи требуютъ значительной затраты труда и могутъ вызвать много ошибокъ.

**647. Передача постояннымъ токомъ.** При примѣненіи системы Морзе, описанной выше и распространенной повсюду въ Европѣ, цѣль батареи остается разомкнутой все время, пока линія не работаетъ, и замыкается только при передачѣ депешъ. Поэтому названная система называется системой передачи прерывчатыми токами.



Фиг. 403.

Въ Соединенныхъ Штатахъ и на нѣсколькихъ европейскихъ желѣзнодорожныхъ линіяхъ примѣняется система, по которой черезъ послѣдовательныя станціи линіи всегда проходитъ токъ, называемый системой передачи непрерывнымъ токомъ.

На фиг. 403 изображена схема линіи, заключающей три станціи. Батареи помѣщаются на крайнихъ станціяхъ и ихъ цѣль постоянно замкнута черезъ ключи и приемные аппараты особой конструкціи. Ключи снабжены штифсами S, позволяющими постоянно имѣть токъ въ линіи. Слѣдовательно, въ состояніи покоя арматуры электромагнитовъ приемныхъ аппаратовъ остаются всегда опущенными. Если одна изъ станцій

желаетъ передать депешу на другую станцію, то на ней вынимается штепсель S изъ ключа и посылается въ линію сокращенное названіе требуемой станціи. Вызовъ получается одновременно на всѣхъ станціяхъ. Когда называемая станція отвѣтитъ, депеша передается, а затѣмъ вновь вставляется штепсель S.

При этой системѣ избѣгается вмѣшательство промежуточныхъ станцій, далѣе при ней облегчается передача депешъ, предназначаемыхъ для всѣхъ станцій, что часто требуется для служебныхъ телеграммъ на желѣзныхъ дорогахъ. Кромѣ того, при ней батареи сосредоточиваются на конечныхъ станціяхъ, гдѣ для ихъ содержанія можно имѣть особый персоналъ. Наконецъ, такъ какъ сила тока остается сравнительно неизмѣнной, то регулировку приборовъ не приходится часто мѣнять. Но съ другой стороны эта система требуетъ довольно большую трату тока и при ней нужно употреблять батареи, могущія давать токъ непрерывно. Она непримѣнима, кромѣ того къ прямымъ линіямъ, а только къ линіямъ съ промежуточными станціями.

**648. Способъ испытаній при помощи получаемыхъ токовъ.** Раньше, чѣмъ начинать на телеграфной станціи точную работу, полезно удостовѣриться, что линія и аппараты находятся въ хорошемъ состояніи. Въ Бельгіи и Англіи для этой цѣли примѣняютъ весьма простой способъ. Всѣ станціи, отъ которыхъ идутъ линіи къ главной станціи, должны въ опредѣленные моменты времени, отличающіеся на нѣсколько минутъ, посылать при помощи своихъ ключей и своихъ рабочихъ батарей къ главной станціи постоянный токъ. На этой станціи токи пропускаются поочередно черезъ градуированный гальванометръ и ихъ сила опредѣляется въ миллиамперахъ. Если токъ въ какой-нибудь линіи не имѣетъ нормальной силы, то послѣ ряда измѣреній приступаютъ къ специальнымъ испытаніямъ, чтобы удостовѣриться, происходитъ-ли ослабленіе тока отъ порчи изоляціи линіи, отъ ослабленія батарей на станціи отправленія или отъ другихъ причинъ.

Эти ежедневныя испытанія очень полезны для провѣрки ежедневнаго ослабленія токовъ и для опредѣленія времени, когда слѣдуетъ приступать къ ремонту линіи и батарей.

**649. Достоинства и недостатки системы Морзе.** Телеграфная система Морзе, о которой мы говорили до сих поръ, имѣетъ то преимущество, что она требуетъ простыхъ и прочныхъ приборовъ, легко регулируемыхъ и рѣдко портящихся. Но зато эта система имѣетъ малый коэффициентъ полезнаго дѣйствія и приходится употреблять условную азбуку, требующую перевода, при которомъ можно надѣлать ошибокъ.

По системѣ Морзе нельзя передать болѣе 25 словъ въ минуту при приѣмѣ депеши на ленту. Эта цифра представляетъ только весьма малую часть передаточной способности телеграфной проволоки. Когда требуется передать большее число словъ, нужно, если желаютъ сохранить простую систему Морзе, устраивать новыя проволоки, что требуетъ большихъ затратъ, особенно на длинныхъ линіяхъ. Предпочитаютъ прибѣгать къ усовершенствованнымъ телеграфнымъ системамъ, позволяющимъ лучше утилизировать существующія проволоки.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЯ ТЕЛЕГРАФНЫЯ СИСТЕМЫ.

**650. Классификація.** Всѣ усовершенствованныя телеграфныя системы можно раздѣлить на двѣ категоріи.

Въ системахъ первой категоріи лучшая утилизація линій достигается при помощи электрическихъ комбинацій, позволяющихъ соединять нѣсколько передаточныхъ и приѣмныхъ аппаратовъ съ одной и той же проволокой и посылать черезъ нее одновременно нѣсколько депешъ. Эти системы обозначаются общимъ именемъ системъ *мультиплексъ*. Описывая ихъ, мы будемъ предполагать, что употребляются приборы типа Морзе, но надо помнить, что они могутъ быть примѣняемы и для другихъ аппаратовъ, какъ Юза и Витстона.

Въ системахъ второй категоріи улучшение полезнаго дѣйствія линій основывается на употребленіи механическихъ приспособленій, допускающихъ болѣе скорую передачу. Эта скорость основывается на уменьшеніи числа сигналовъ, необходимыхъ для передачи типографическихъ знаковъ (аппаратъ Юза), или на увеличеніи числа сигналовъ, передаваемыхъ въ единицу времени (аппараты Витстона, Бадо).

Раньше, однако чѣмъ приступить къ изученію системъ мультителекса, мы скажемъ нѣсколько словъ объ одномъ особомъ классѣ телеграфныхъ аппаратовъ.

**651. Автографическіе аппараты.** Эти аппараты позволяютъ воспроизводить почерки и рисунки. Система, придуманная Казелли, была усовершенствована Мейеромъ и D'Арлинкуромъ. Вотъ принципъ аппарата Казелли.

Два желѣзные острія, помѣщающіяся одно  $p$  на станціи отправленія, другое  $p'$  на приѣмной, находятся въ постоянномъ, совершенно синхроничномъ движеніи, такъ что они, скользя по двумъ металлическимъ доскамъ, вычерчиваютъ двѣ системы параллельныхъ, лежащихъ весьма близко одна къ другой, линій. На доскѣ, находящейся на станціи подачи, помѣщается оловянный листъ, на которомъ жирными непроводящими чернилами пишется депеша. Доска на станціи полученія покрывается листомъ бумаги, пропитанной воднымъ растворомъ желѣзо-синеродистаго калия.

Острія  $p$  и  $p'$  соединены съ линіей, металлическія доски — съ землей. Кромѣ того, полюсы батареи на станціи подачи соединены одинъ съ остриемъ  $p$ , а другой съ оловяннымъ листомъ. Пока это остріе касается непосредственно оловяннаго листа, батарея остается замкнутой сама на себя и черезъ линію не проходитъ тока скольконибудь замѣтной силы. Когда же остріе  $p$  проходитъ черезъ буквы, написанныя жирными чернилами, батарея больше не будетъ замкнута на себя и черезъ линію на приѣмную станцію посылается токъ. Все время, пока остріе  $p$  будетъ оставаться на чернилахъ, остріе  $p'$  будетъ разлагать соль, которою пропитана бумага, и будетъ оставлять на ней синій слѣдъ берлинской лазури. Получаемыя такимъ образомъ линіи вполне тождественны съ тѣми, которыя встрѣчаютъ остріе  $p$ , написанными жирными чернилами на станціи отправленія; кромѣ того, благодаря полному синхронизму движенія обоихъ острій, обѣ надписи помѣщены на листахъ одинаковымъ образомъ. Понятно, что на станціи полученія получается воспроизведеніе *черточками* надписи или рисунка, сдѣланнаго на станціи отправленія.

Казелли добивался синхроничности движенія, прикрѣпляя

оба острія  $p$  и  $p'$  къ маятникамъ, насколько возможно болѣе подобнымъ, время колебанія которыхъ еще регулировалось токомъ.

Автографическіе аппараты работаютъ очень медленно. Кромѣ того, они гораздо болѣе сложны и слѣдовательно болѣе дороги, чѣмъ аппараты Морзе, причемъ полезное ихъ дѣйствіе едва достигаетъ величины полезнаго дѣйствія названныхъ аппаратовъ. Поэтому они до сихъ поръ остаются научной достопримѣчательностью. Они могли бы однако имѣть значеніе въ особыхъ случаяхъ, напримѣръ для военныхъ цѣлей, такъ какъ они могутъ передавать планы, чертежи и т. п.

### ТЕЛЕГРАФНЫЯ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЯ НА КОМБИНАЦИИ ТОКОВЪ.

**652. Дифференціальныи дуплексъ.** Системы первой категоріи называются: 1) *дуплексъ*, если онѣ позволяютъ одновременную передачу двухъ депешъ въ противоположныхъ направленіяхъ, 2) *диплексъ*, если двѣ депеши могутъ быть передаваемы одновременно въ одномъ и томъ же направленіи и 3) *квадруплексъ*,—если двѣ депеши передаются въ одномъ направленіи въ то время, какъ двѣ другія передаются въ обратномъ.

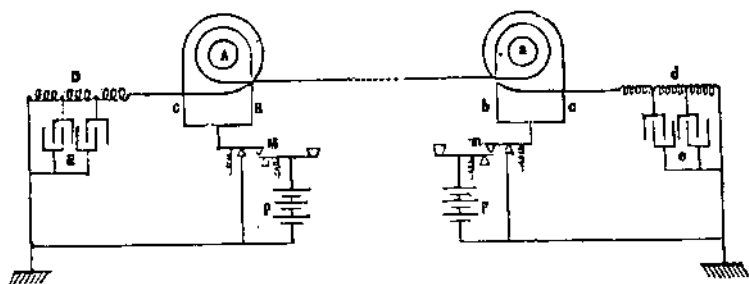
Въ дифференціальной системѣ дуплексъ на электромагнитъ пріемнаго аппарата Морзе наматываютъ въ обратныхъ направленіяхъ одинаковое число оборотовъ проволоки и соединяютъ начала этихъ обмотокъ. Токъ, входящій въ общее начало, развѣтвляется на два тока, стремящихся произвести обратныя намагничиванія сердечника. Такой электромагнитъ называется дифференціальнымъ, такъ какъ напряженіе его полюсовъ зависитъ отъ разности дѣйствій двухъ обмотокъ.

На рисункѣ 404 представлены двѣ телеграфныя станціи, снабженныя дифференціальными электромагнитами А и а.

М и  $m$  суть два ключа съ двойными рычагами. Въ этихъ приборахъ соединеніе съ землей прекращается *въ моментъ*, когда происходитъ соединеніе съ батареей. Цѣпь никогда не бываетъ прервана, какъ это случается съ обыкновенными ключами въ теченіе того промежутка времени, пока рычагъ переходитъ отъ одного контакта къ другому.

Положимъ, что депешу передаетъ только телеграфистъ на лѣвой станціи. Токъ, доставляемый батареей этой станціи, при входѣ въ электромагнитъ А раздѣляется на два тока. Одинъ изъ нихъ возвращается къ отрицательному полюсу батареи черезъ реостатъ D, другой проходитъ черезъ линію, черезъ одну изъ обмотокъ электромагнита *a* и затѣмъ входитъ въ землю черезъ ключъ *m*, находящійся въ покоѣ.

Мы имѣемъ здѣсь обратное тому, что происходитъ въ обыкновенной системѣ Морзе: передаваемые токи проходятъ черезъ электромагнитъ на станціи отправленія. Чтобы они не дѣйствовали на арматуру, реостату D даютъ сопротивленіе, равное суммѣ сопротивленій линіи и обмотки электромагнита *a*, черезъ которую проходятъ токи. При этомъ токи, проходящіе



Фиг. 404.

черезъ обѣ дифференціальныя обмотки электромагнита А, равны между собой и сердечникъ его не намагничивается. Что касается электромагнита на приемной станціи, то онъ намагничивается токомъ, проходящимъ по линіи, арматура притягивается и сигналъ передается.

Чтобы регулировать свой аппаратъ, телеграфистъ на станціи отправленія посылаетъ рядъ сигналовъ и при этомъ мѣняетъ сопротивленіе реостата до тѣхъ поръ, пока арматура его приемнаго аппарата перестанетъ подвергаться дѣйствію передаваемыхъ имъ токовъ.

Телеграфистъ на приемной станціи также находитъ сопротивленіе, которое долженъ имѣть реостатъ *d*, чтобы на его приемный аппаратъ не вліяли передаваемые имъ токи.

Когда все аппараты регулированы такимъ образомъ, то обѣ станціи могутъ телеграфировать одновременно по одной и той же проволоцѣ. Это легко понять. Для простоты мы предположимъ, что батареи имѣютъ одинаковую электродвижущую силу и что въ нихъ соединены съ землею одноименные полюсы. Въ этомъ случаѣ, когда оба ключа нажаты одновременно, обѣ оконечности линіи будутъ находиться по симметріи при одномъ и томъ же потенциалѣ и черезъ линію не будетъ проходить никакого тока. Но токи, отвѣтвленные черезъ реостаты въ землю, будутъ существовать на обѣихъ станціяхъ: сердечники намагнитятся, арматуры притянутся и сигналы передадутся.

Предположимъ теперь, что обѣ станціи одновременно передаютъ станціи М точку на аппаратъ *a*, а станціи *m*—черточку въ обратномъ направленіи. Пока оба ключа нажаты, сигналъ записывается на приемныхъ аппаратахъ обѣихъ станцій, причемъ электромагнитъ на каждой станціи намагничивается токомъ, исходящимъ съ этой же станціи, такъ какъ въ линіи никакого тока нѣтъ. Когда ключъ М послѣ передачи точки поднимется, часть тока, отправляемаго еще ключемъ *m* проходитъ черезъ линію и оканчивается черточку, начатую на станціи А, тогда какъ электромагнитъ *a* перестаетъ дѣйствовать.

Точно также можно соединить батареи съ линіей и полюсами обратнаго знака.

Ключъ особой формы имѣетъ преимущество передъ обыкновеннымъ, потому что во время прерыванія сообщенія, производимаго этимъ послѣднимъ, могли бы передаваться фальшивые сигналы.

На чертежѣ представлены два конденсатора Е и *e*, помѣщенные въ отвѣтвленіяхъ относительно реостатовъ D и *d*. Роль этихъ приборовъ, необходимость которыхъ для длинныхъ линій доказана была Стирнсомъ, состоитъ въ уравниваніи емкости проводника. Напримѣръ, въ моментъ нажатія М черезъ линію проходитъ заряжающій токъ; если эквивалентный токъ не будетъ проходить черезъ другую обмотку электромагнита А, то переданный сигналъ будетъ фальшивымъ.

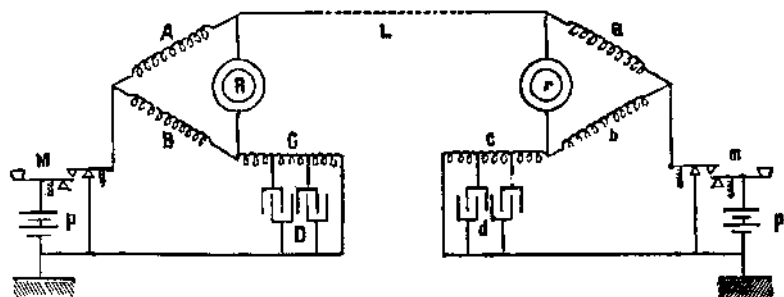
Другими словами, линия должна быть уравновѣшена другой искусственной линіей DE, одинаковой съ первой, какъ по сопротивленію, такъ и по емкости.

**653. Дуплексъ, основанный на примѣненіи мостика Витстона.** Легко дать себѣ отчетъ, что способы приведенія къ нулю, между прочимъ способъ мостика Витстона, годятся, какъ и дифференціальный способъ, для системы дуплексъ.

Предположимъ, что на каждой станціи устраиваются мостики, три стороны которыхъ A, B, C, и a, b, c (фиг. 405), состоятъ изъ реостатовъ, а четвертыми служатъ линія и аппараты на другой станціи, общее сопротивленіе которыхъ равно  $l$ . Въ одну изъ діагоналей включают приемный аппаратъ R, въ другую ключъ и батарею.

Сопротивленія подбираются такъ, чтобы

$$\frac{A}{B} = \frac{l}{C}.$$



Фиг. 405.

При этомъ условіи при нажатіи ключа M приемный аппаратъ R той же станціи не испытываетъ никакого вліянія, но токъ, посылаемый черезъ линію, приводитъ въ дѣйствіе приемный аппаратъ r другой станціи, на которой сопротивленія подобраны такимъ же образомъ.

Емкость линіи уравновѣшивается конденсаторами D и d, емкость которыхъ подгоняется ощупью.

При такомъ устройствѣ выполняются всѣ условія, необходимыя и достаточныя для передачи дуплексъ, т. е. оба приемныхъ аппарата включены въ цѣпь такимъ образомъ, что на

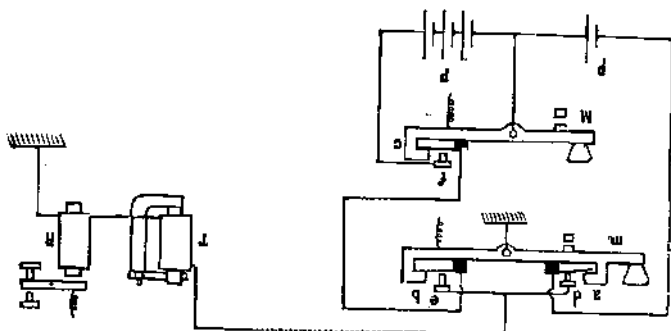


них не действуют сигналы, посылаемые станциями, на которых они установлены, но действуют сигналы, посылаемые с другой станции.

Способ дуплексной передачи посредством мостика Витона требует, как и дифференциальный способ, употребления лентя ключей, не производящих замыкания цепи. Они имьют то преимущество, что не требуют особых электромагнитов, почему этот способ и предпочитается обыкновенно дифференциальному.

Никто не мешает, конечно, устроить одну из станций по дифференциальному способу, другую по способу мостика Витона.

**654. Штекер Эдисона.** Чтобы передавать одновременно два дуплекса по одному и тому же направлению, на одной из станций устанавливаются два ключа  $M$  и  $m$  (фиг. 406), а на другой два приемных реле  $R$  и  $r$ , соединенных послышательно.



Фиг. 406.

Задача системы состоит в том, чтобы сигналы, отправляемые ключом  $M$ , принимались аппаратом  $R$ , а сигналы, посылаемые ключом  $m$ —аппаратом  $r$ , независимо от того, работают ли ключи  $M$  и  $m$  порознь или одновременно.

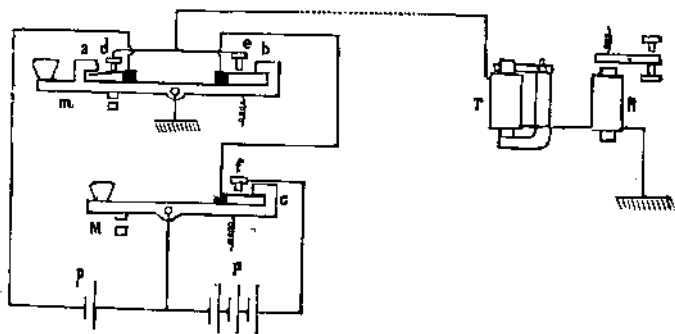
Система Эдисона основана на следующем принципе: Система Эдисона основана на следующем принципе: Реле  $r$  сь помариванным электроматнитом сдущается только слабых токов определеннаго направления, которые мы назовем помариванным токани.  $R$ —сть простое реле, электроматнит котораго релуировань таким образом, чтобы

нихъ не дѣйствуютъ сигналы, посылаемые станціями, на которыхъ они установлены, но дѣйствуютъ сигналы, посылаемые съ другой станціи.

Способъ дуплексной передачи посредствомъ мостика Витстона требуетъ, какъ и дифференціальный способъ, употребленія ключей, не производящихъ размыканія цѣпи. Онъ имѣетъ то преимущество, что не требуетъ особыхъ электромагнитовъ, почему этотъ способъ и предпочитается обыкновенно дифференціальному.

Никто не мѣшаетъ, конечно, устроить одну изъ станцій по дифференціальному способу, другую по способу мостика Витстона.

**654. Диплексъ Эдисона.** Чтобы передавать одновременно двѣ депеши по одному и тому же направленію, на одной изъ станцій устанавливають два ключа *M* и *m* (фиг. 406), а на другой два пріемныхъ релэ *R* и *r*, соединенныхъ послѣдовательно.



Фиг. 406.

Задача системы состоитъ въ томъ, чтобы сигналы, отправляемые ключемъ *M*, принимались аппаратомъ *R*, а сигналы, посылаемые ключемъ *m*—аппаратомъ *r*, независимо отъ того, работаютъ-ли ключи *M* и *m* порознь или одновременно.

Система Эдисона основана на слѣдующемъ принципѣ: Релэ *r* съ поляризованнымъ электромагнитомъ слушается только слабыхъ токовъ опредѣленнаго направленія, которые мы назовемъ положительными токами. *R*—есть простое релэ, электромагнитъ котораго регулированъ такимъ образомъ, чтобы

арматура его притягивались при дѣйствіи только сравнительно сильныхъ токовъ.

Ключи, снабженные пружинами, прикрѣпленными къ кускамъ эбонита, могутъ приходиться въ соприкосновеніе либо съ винтами *d*, *e*, *f*, либо съ пятами *a*, *b*, *c*, смотря по положенію рычаговъ. Нажимая ключъ *m*, соединяють отрицательный полюсъ небольшой батареи *p* черезъ пята *a* и рычагъ *m* съ землей, тогда какъ положительный полюсъ этой батареи соединяется съ линіей черезъ ось *M*, пята *c*, прижимы *f* и *e* и винтъ *e*. Поляризованное релѣ *r* дѣйствуетъ слѣдовательно только одно, такъ какъ батарея *p* даетъ слабый положительный токъ. Если нажать одинъ только ключъ *M*, то съ линіей соединяется отрицательный полюсъ батареи *p*, положительный же полюсъ батареи *P*, заключенной послѣдовательно съ *p*, соединяется съ землей черезъ ось ключа *m*. При этомъ черезъ линію проходитъ сильный отрицательный токъ, приводящій въ дѣйствіе одно релѣ *R*.

Наконецъ, если одновременно нажаты оба ключа, то съ землей соединяется крайній отрицательный полюсъ, тогда какъ крайній положительный полюсъ посылаетъ въ линію сильный положительный токъ, приводящій въ дѣйствіе одновременно оба релѣ.

**655. Квадруплексъ Эдисона.** Предыдущая система мало распространена, такъ какъ рѣдко случается, чтобы большинство депешъ шло въ одномъ направленіи. Но, комбинируя эту систему съ системой дуплексъ, основанной на принципѣ мостика Витстона, можно передавать одновременно по одной проволоцѣ двѣ депеши въ одномъ направленіи и двѣ въ обратномъ, т. е. устроить систему *квадруплексъ*, очень распространенную въ Соединенныхъ Штатахъ.

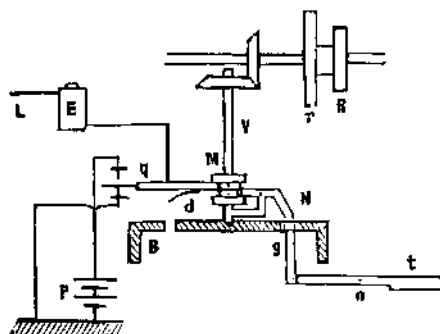
#### ТЕЛЕГРАФНЫЯ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЯ НА МЕХАНИЧЕСКИХЪ КОМБИНАЦІЯХЪ.

**656. Телеграфъ Юза.** *Манипуляторъ* аппарата Юза составляетъ одно цѣлое съ пріемнымъ аппаратомъ. Онъ состоитъ изъ цилиндрической коробки безъ дна *B* (ф. 407), на крышкѣ которой сдѣланъ рядъ отверстій, расположенныхъ по окружности. Черезъ эти отверстія могутъ проходить стерженьки *g*.

при нажиманіи на клавишу  $t$ , совокупность которыхъ составляетъ клавиатуру. Каждая клавиша соответствуетъ отдѣльной буквѣ алфавита.

Надъ коробкой В вращается ось V, снабженная муфтой М. Рычагъ  $q$ , вращающійся вокругъ оси, прижимается пружиной  $d$  къ верхнему краю муфты. Ось его соединена съ линіей черезъ пріемный электромагнитъ Е. При бездѣйствіи аппарата онъ соединяетъ линію съ землей черезъ посредство нижней задержки. Ось V снабжена еще рычагомъ N, соединеннымъ шарниромъ съ изогнутой подставкой.

Если во время оборота рычагъ N встрѣтитъ одинъ изъ стержней  $g$  выдающимся надъ крышкой коробки В, то онъ передвинетъ въ низъ муфту М, причемъ рычагъ  $q$  пере-



Фиг. 407.

стится и, разъединивъ линію съ землей, соединитъ ее съ батареей Р. При этомъ черезъ электромагниты обоихъ аппаратовъ будетъ проходить токъ.

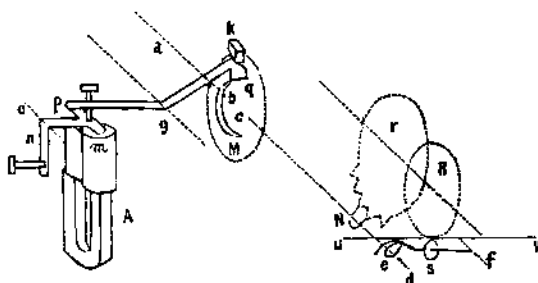
*Пріемный механизмъ.* Каждый аппаратъ снабжается колесомъ В, на окружности котораго находятся типографскія буквы, покрываемыя при помощи тампона жирными чернилами. Какъ видно на фиг. 407, движеніе этого колеса общее съ движеніемъ оси V.

Колеса съ буквами обоихъ соединенныхъ между собою аппаратовъ вращаются синхронически такъ, что въ каждый моментъ на нижней части каждого колеса находятся одинаковыя буквы и въ то же время рычагъ N проходитъ подъ стержнемъ, соответствующимъ этой буквѣ.

Если на станціи подачи поднимется одинъ изъ стержней, напримѣръ соотвѣтствующій буквѣ А, то электромагниты въ каждомъ аппаратѣ подведутъ подъ колесо съ буквами полосу бумаги и на обѣихъ станціяхъ эта буква отпечатается.

*Электромагнитъ*, вызывающій отпечатываніе, поляризованный (ф. 408). Сердечники катушекъ, насаженные на полюсы подковообразнаго стального магнита, оканчиваются весьма сближенными наконечниками. При бездѣйствіи на эти наконечники опирается арматура *m* изъ мягкаго желѣза, вращающаяся вокругъ оси *o*; арматуру стремится приподнять пружина *n*, регулируемая особымъ винтомъ.

Токъ, проходящій въ опредѣленномъ направленіи черезъ катушки электромагнита, уменьшаетъ намагничиваніе его сердечниковъ и, слѣдовательно, ихъ притягательную силу,



Фиг. 408.

такъ что пружина преодолеваетъ притяженіе и приподнимаетъ арматуру.

Электромагнитъ Юза позволяетъ производить замѣтное механическое дѣйствіе при помощи очень слабыхъ токовъ. Пусть, напримѣръ, удерживающая сила магнита равняется 1 килогр. Пружину можно натянуть такъ, что ея дѣйствіе на арматуру будетъ равняться 0,9 килогр. и, слѣдовательно, пружина ее не поднимаетъ. При этихъ условіяхъ токъ, могущій ослабить немного болѣе, чѣмъ на 0,1 килогр., удерживающую силу электромагнита, вызоветъ отрываніе арматуры. Усиліе поднятія, очень слабое въ первые моменты, быстро растетъ, какъ только арматура отдѣлится отъ сердечниковъ. Отсюда слѣдуетъ, что арматура электромагнита Юза можетъ

или произвести большое усилие, или, если при перемѣщеніи она встрѣчаетъ слабое сопротивленіе, подчиняться очень быстро дѣйствию тока. Но для возвращенія катушки въ первоначальное положеніе требуется внѣшняя сила.

Поднятіе катушки мѣняетъ положеніе рычага  $pq$ , вращающагося вокругъ оси  $g$ .

*Печатающій механизмъ.* Аппаратъ снабженъ осью  $ad$ , называемой осью кулаковъ, состоящей изъ двухъ независимыхъ частей. Задняя ея часть  $ab$  имѣетъ постоянное, весьма быстрое, вращательное движеніе. Эта часть снабжена колесомъ  $M$  съ очень мелкими изогнутыми зубцами. Передняя часть оси кулаковъ  $cd$  въ нормальномъ положеніи неподвижна. Она соединена съ задержкой  $k$ , приподнимаемой концомъ рычага  $pq$ . Когда, при прохожденіи тока, этотъ рычагъ нагибается, задержка падаетъ на колесо  $M$  и заставляетъ  $cd$  двигаться вмѣстѣ съ  $ab$ . На концѣ  $cd$ , прикрѣпленъ эксцентрикъ, поднимающій автоматически рычагъ  $pq$  такъ что послѣ каждого оборота оси рычагъ приводится въ положеніе покоя и колесо  $M$  освобождается. При этомъ катушка вновь приводится въ прикосновеніе съ электромагнитомъ.

Посмотримъ, что происходитъ во время оборота оси  $cd$ . Эта ось имѣетъ кулакъ  $e$ , который при своемъ движеніи быстро прижимаетъ къ колесу съ буквами  $R$  полоску бумаги  $uv$ . Эта полоска лежитъ на цилиндрѣ  $s$ , прикрѣпленномъ къ рычагу, вращающемуся вокругъ оси  $f$ . Кулакъ  $e$  дѣйствуетъ на конецъ этого рычага. Такимъ образомъ буква отпечатывается на-лету, во время вращенія колеса  $R$ .

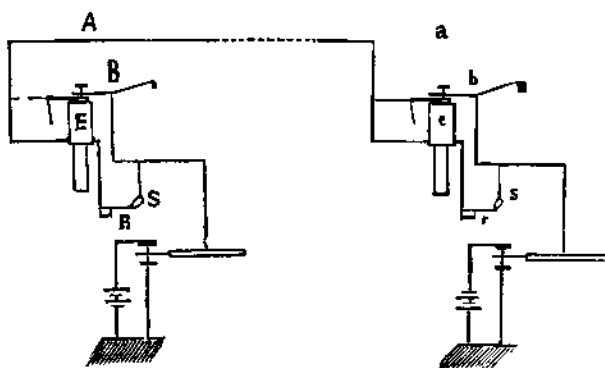
Всѣ эти движенія происходятъ почти мгновенно, такъ что въ тотъ же моментъ, какъ стержень, соответствующій какой-нибудь буквѣ, посылаетъ токъ, эта буква отпечатывается на обоихъ аппаратахъ.

Самое трудное достигнуть *синхронизма* на обоихъ станціяхъ. Юзъ снабдилъ для этой цѣли механизмъ очень чувствительнымъ регуляторомъ. Въ последнее время Ванъ-Риссельбергъ съ успѣхомъ примѣнилъ коническій регуляторъ, вполне изохронный, который имѣетъ передъ регуляторомъ Юза то преимущество, что онъ не дрожитъ. Но какова бы ни была чувствительность регулятора, при вращеніи колесъ необходимо

образуется нѣкоторая разность въ ихъ положеніи, которую надо исправлять.

Юзъ для поддержанія синхронизма придумалъ слѣдующее устройство, которое регулируетъ положеніе колесъ при каждомъ замыканіи тока. Колесо съ буквами не закрѣплено на оси, а увлекается выѣстъ съ другимъ зубчатымъ колесомъ *r* (Фиг. 407 и 408), посредствомъ тренія.

Въ моментъ, когда ось *cd* приходитъ въ движеніе, между двухъ зубцовъ колеса *r*, въ обоихъ аппаратахъ, входитъ кулакъ *N*. Это сцѣпленіе заставляеть колесо съ буквами на приемной станціи поворачиваться назадъ или впередъ, такъ, чтобы оно заняло то же относительное положеніе, что и колесо на станціи отправления. Чтобы эта регулировка была дѣйствительной, нужно, чтобы первое колесо ушло впередъ или отстало не больше, чѣмъ на половину разстоянія между двумя зубцами колеса *r*. Для того, чтобы разность положеній колесъ не превосходила этого предѣла, считается, что необходимо посылать по крайней мѣрѣ одинъ сигналъ при каждомъ оборотѣ колеса *r*. \*)



Фиг. 409.

На фиг. 409 представлена схема соединеній двухъ станцій. Батареи соединены съ землею противоположными полюсами, чтобы токи, проходящіе черезъ электромагниты, имѣли на-

\*) Въ аппаратѣ Юза сдѣланы значительныя усовершенствованія Русскими механиками. Такъ, усовершенствованъ регуляторъ, сдѣланы приспособленія для автоматическаго подъема гирь и т. д. Въ последнее время вѣдутся опыты надъ замѣной часоваго механизма электродвигателями.

правленіе, нужное для освобожденія арматуръ. Можно однако перемѣнить направленіе тока въ катушкахъ электромагнита при помощи коммутатора, не изображеннаго на чертежѣ, чтобы не усложнять его.

Въ моментъ, когда сигналъ подается станціей А, токъ начинаетъ проходить черезъ электромагнитъ Е, пройдя черезъ пружину R, на которую давить третій кулакъ S, находящійся на оси кулаковъ. Токъ проходитъ черезъ *e*, *r*, *s* и входитъ въ землю черезъ ключъ станціи *a*.

Чтобы не вводить напрасно въ цѣпь сопротивленіе электромагнита Е, когда его арматура уже покачнулась, эта послѣдняя, касаясь рычага В, выключаетъ его изъ цѣпи.

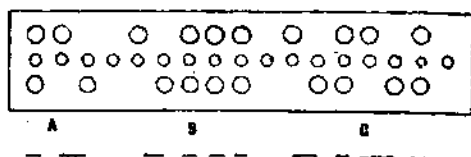
Когда арматура вновь рычагомъ В приводится въ соприкосновеніе съ полюсами электромагнита, въ катушкахъ появляется электродвижущая сила индукціи. Эта послѣдняя стремится произвести токъ, который, по закону Ленца, оттолкнуетъ бы арматуру и вызвалъ бы новое ея качаніе. Кулакъ S имѣетъ цѣлью препятствовать этому. Во время оборота оси *cd*, этотъ кулакъ отходитъ отъ пружины R, именно въ тотъ моментъ, когда арматура возвращается къ полюсамъ. Такимъ образомъ цѣпь катушекъ прерывается въ моментъ образованія названной электродвижущей силы индукціи.

Въ телеграфѣ Юза посылка буквы требуетъ только однократнаго замыканія тока. Слѣдовательно, его полезное дѣйствіе болѣе чѣмъ вдвое превосходитъ полезное дѣйствіе аппаратовъ Морзе. Кромѣ того, печатаніе буквъ способствуетъ уменьшенію числа ошибокъ, такъ какъ при этомъ не приходится переписывать передаваемые депеши обыкновенными буквами. Зато аппараты Юза стоятъ дорого, регулировать ихъ трудно и телеграфисты, работающіе на нихъ, должны быть очень опыты.

**657. Телеграфъ Витстона съ автоматической передачей.**—Витстонъ значительно усовершенствовалъ телеграфъ Морзе, замѣнивъ ручную передачу механической. Ручная передача очень медленна и вдобавокъ можетъ вызвать ошибки, происходящія отъ того, что черточки, посылаемые усталыми или невнимательными телеграфистами, могутъ быть слишкомъ

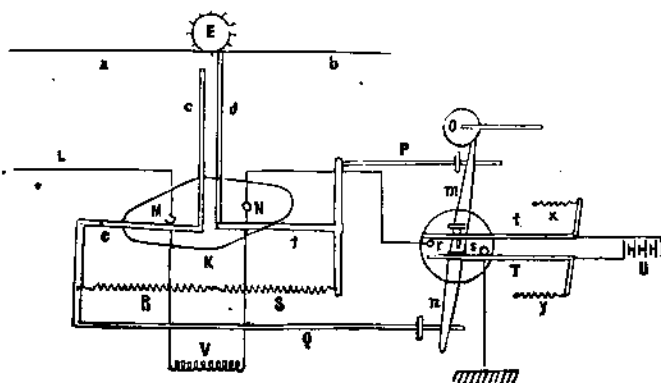


коротки, а точки слишком длинны и т. п. Въ телеграфѣ Витстона для передачи приготавливаютъ посредствомъ *перфоратора* бумажную ленту, выбивая въ ней три ряда отверстій (фиг. 410).



Фиг. 410.

Комбинаціи отверстій двухъ крайнихъ рядовъ изображаютъ сигналы Морзе: два отверстія, одно надъ другимъ, соотвѣтствуютъ точкѣ, два отверстія, находящіяся на наклонной линіи, соотвѣтствуютъ черточкѣ. Тутъ не можетъ быть никакой ошибки. Приготовленіемъ депешъ могутъ быть заняты нѣсколько лицъ и приготавлиаемыя ими полоски бумаги поступаютъ затѣмъ въ автоматическій передаточный аппаратъ, такъ что вся передаточная способность линіи утилизируется.



Фиг. 411.

Въ передаточномъ аппаратѣ бумажная полоска *ab* (фиг. 411) увлекается колесомъ съ мелкими зубцами *E*, зубцы котораго входятъ въ отверстія среднего ряда; иглы *c* и *d* находятся подъ крайними рядами отверстій. Этимъ игламъ качающимся коромысломъ *MN* сообщается весьма быстрое движеніе вверхъ и внизъ. Для этой цѣли на коромыслѣ имѣ-

ются штифтики  $M$  и  $N$ , которые при своемъ движеніи нажимаютъ на плечи  $e$  и  $f$ , къ которымъ на однихъ оконечностяхъ на шарнирахъ прикрѣплены иглы, вокругъ же другихъ оконечностей онѣ могутъ вращаться. Пружины  $R$  и  $S$  стремятся приподнять эти плечи. Когда игла  $d$  встрѣчаетъ бумагу, ея движеніе вверхъ приостанавливается и штифтикъ  $N$ , бросая ее, продолжаетъ свой путь. Если, наоборотъ, игла  $d$  встрѣтитъ отверстіе въ бумагѣ, то она будетъ продолжать свой путь, плечо  $f$  подымется и посредствомъ суставчатой системы  $P$  перемѣститъ рычагъ  $m$  коммутатора. Колесо  $O$  удерживаетъ рычагъ  $m$  въ принятомъ положеніи.

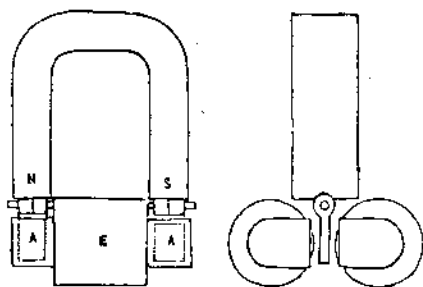
Если въ отверстіе другого ряда войдетъ игла  $e$ , то поднимается плечо  $e$ , и система  $Q$ , дѣйствуя на рычагъ  $n$ , мѣняетъ соединеніе въ коммутаторѣ.

Коммутаторъ состоитъ изъ двухъ полукруглыхъ металлическихъ пластинъ, изолированныхъ одна отъ другой. Одна изъ этихъ пластинъ черезъ сопротивленіе  $V$  соединяется съ линіей  $L$ , другая—съ землей. На пластинкахъ имѣются штифты  $r$  и  $s$ , на которые упираются рычаги  $t$  и  $T$ , притягиваемые пружинами  $x$  и  $y$ . Эти рычаги соединены съ полюсами батареи  $U$ . Когда игла  $d$  проходитъ сквозь отверстіе въ бумагѣ, то въ линію посылается отрицательный токъ, если же отверстіе встрѣчаетъ игла  $e$ , то черезъ линію проходитъ положительный токъ.

*Пріемный аппаратъ* системы Витстона состоитъ изъ электромагнита  $E$ , съ отдѣльными сердечниками, между концами котораго колеблется двойная арматура  $AA$ , поляризуемая магнитомъ  $NS$  (фиг. 412). Когда черезъ катушки электромагнита проходитъ положительный токъ, арматура перемѣщается въ одну сторону, для отрицательнаго тока она перемѣщается въ обратномъ направленіи. Арматура управляетъ движеніемъ пера, которое она приводитъ при перемѣщеніи въ одну сторону въ соприкосновеніе съ бумажной полосой, на которой отпечатываются знаки, подобные знакамъ Морзе. Токъ обратнаго направленія прекращаетъ писаніе.

Замѣтимъ, что описанная форма электромагнита имѣетъ разомкнутую магнитную дѣйствительность. Поэтому самоиндукція слаба и продолжительность періода установленія тока уменьшена (§ 176).

Познакомившись съ приборами, посмотримъ какъ совершается передача депешъ. Имѣеть-ли бумажная полоса, проходя черезъ пріемный аппаратъ, два отверстія одно надъ другимъ или одно наискось относительно другаго,—дѣйствіе частей приборовъ будетъ одно и то же. Игла *c*, посылающая положительный токъ, подымается выше уровня бумажной полосы, проходя сквозъ соотвѣтствующее отверстіе. Въ линію посылается этимъ самымъ токъ и арматура пріемнаго аппарата, перемѣщаясь, приводитъ перо въ соприкосновеніе съ бумажной полосой; знакъ начинаетъ отпечатываться. Игла *c* затѣмъ опускается, но арматура пріемнаго аппарата все же остается прижатой къ рабочей задержкѣ и печатаніе продолжается. Это положеніе длится до тѣхъ поръ, пока игла *d*, найдя въ свою очередь



Фиг. 412.

путь черезъ бумажную ленту, не пошлетъ въ линію тока обратнаго направленія, который вернетъ арматуру въ первоначальное положеніе. Если отверстія находятся одно надъ другимъ, то движеніе иглъ вверхъ происходитъ немедленно одно за другимъ и напечатанный знакъ будетъ очень коротокъ: получается точка Морзе. Если, наоборотъ, отверстія на бумажной лентѣ расположены наискось, то раньше, чѣмъ игла *d* пройдетъ сквозъ бумагу, пройдетъ нѣкоторое время и отпечатанный знакъ будетъ длиннѣе: получится черточка Морзе.

Телеграфистъ можетъ выбить около 30—40 словъ въ минуту, а скорость передаточнаго аппарата можетъ быть регулирована такъ, что онъ будетъ посылать 120—130 словъ въ минуту. Слѣдовательно, приборъ можетъ передавать депеши, приготовленные тремя или четырьмя телеграфистами, что по-

звояетъ исполнѣ утилизовать линію. На станціи полученія бумажная лента распредѣляется тоже между тремя или четырьмя телеграфистами, которые переписываютъ депеши обыкновенными буквами.

Столь высокое полезное дѣйствіе возможно только на линіяхъ, емкость которыхъ не очень велика: мы видѣли, дѣйствительно, что эта емкость стремится деформировать сигналы, смѣшивая ихъ одинъ съ другимъ. Съ цѣлью задержать насколько возможно это смѣшеніе, Кюллей придумалъ включать сопротивленіе  $V$ , называемое *компенсирующимъ сопротивленіемъ*, между штифтами  $M$  и  $N$  передаточнаго аппарата.

Вы видѣли въ § 636, что передача токами переменныхъ направленій удобна для разряжанія линіи, но, чтобы получаемыя волны были правильны, необходимо, чтобы токи имѣли одинаковую продолжительность. Для знаковъ Морзе это условіе не выполняется.

Предположимъ, на примѣръ, что сопротивленіе  $V$  равно нулю. Точка Морзе соотвѣтствуетъ положительному току, за которымъ непосредственно слѣдуетъ отрицательный токъ. Черточка Морзе соотвѣтствуетъ болѣе долгому положительному току, который заряжаетъ линію до такой степени, что разрядъ, вызываемый отрицательнымъ токомъ, можетъ не быть достаточнымъ и что печатаніе черточки можетъ быть продолжено разряженіемъ линіи черезъ пріемный аппаратъ.

Предположимъ теперь, что сопротивленіе  $V$  бесконечно велико. Въ этомъ случаѣ штифты  $M$  и  $N$ , соединенные съ линіей и коммутаторами, сообщаются только черезъ пружины  $R$  и  $S$  и плечи  $e$  и  $f$  (фиг. 411). Когда одно изъ этихъ плечъ, на примѣръ  $f$ , остановится, токъ прерывается. При этихъ условіяхъ, — если два отверстія, расположенныхъ наискось, войдутъ въ передаточный аппаратъ, то отдѣленіе иглы  $c$  вызоветъ положительный токъ, но онъ сейчасъ же будетъ прерванъ, такъ какъ игла  $d$ , не встрѣчая отверстія въ бумажной полосѣ, покинетъ штифтъ  $N$  и разомкнетъ цѣпь батареи. Слѣдовательно, линія заряжается слабо и отрицательный токъ, вызываемый прохожденіемъ  $d$  черезъ отверстіе, будетъ стремиться слишкомъ скоро оторвать арматуру и тѣмъ укоротить черточку.

Чтобы избѣжать этихъ крайностей, между штифтами включается сопротивление  $V$ , регулируемое ощупью. Когда эти штифты не сообщаются больше черезъ плечи  $e$  и  $f$  и когда токъ не можетъ непосредственно проходить черезъ линію, что бываетъ при началѣ печатанія черточки, то электричество проходить черезъ сопротивление  $V$  и въ линію входитъ *ослабленный* токъ, поддерживающій соотвѣтственный зарядъ на проводникѣ.

Тѣ же разсужденія примѣнимы къ промежуткамъ между сигналами, когда проходятъ отрицательные токи, могущіе быть короткими и длинными. Эти токи покоя проходятъ въ теченіе долгихъ промежутковъ черезъ компенсирующее сопротивление, что мѣшаетъ деформации сигнала, вызываемой отпращиваніемъ положительнаго тока.

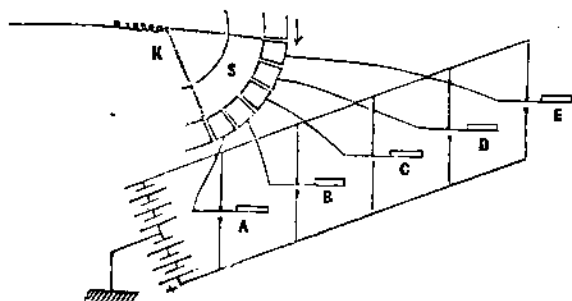
**658. Многократные телеграфные аппараты.** Особый классъ аппаратовъ, который особенно изученъ во Франціи, составляютъ телеграфные аппараты, основанные на механическихъ комбинаціяхъ, позволяющихъ, какъ и описанныя раньше электрическія системы мультиплексъ, пользоваться для нѣсколькихъ пріемныхъ и передаточныхъ приборовъ одной проволокой. Только названные аппараты вмѣсто того, чтобы включаться въ цѣпь одновременно, включаются въ нее периодически. Сигналы, составляющіе различныя депеши, тоже передаются *не одновременно*, но проходятъ по линіи *последовательно* одинъ за другимъ.

Вотъ принципъ этихъ телеграфовъ: линія оканчивается на каждомъ концѣ рычагомъ съ трущейся частью, быстро вращающимся на дискѣ, называемомъ *распределителемъ*. Оба рычага на различныхъ концахъ линіи вращаются синхронично. Диски раздѣлены на изолированные другъ отъ друга секторы, числомъ напримѣръ шесть, и каждый изъ секторовъ одной станціи соединенъ съ ключемъ, а соотвѣтствующій секторъ другой станціи соединенъ съ пріемнымъ аппаратомъ. Такимъ образомъ образуютъ шесть отдѣльныхъ телеграфныхъ группъ, изъ которыхъ въ каждую входитъ линія только тогда, когда рычаги проходятъ черезъ соотвѣтствующіе секторы.

Слѣдовательно, система основана на раздѣленіи времени.

Каждый телеграфистъ имѣетъ въ своемъ распоряженіе линію, для передачи приготовленнаго сигнала, только въ теченіе небольшой части промежутка времени, нужнаго для оборота рычага. Звонко́къ извѣщаетъ телеграфиста, что сигналъ прошелъ.

Самая усовершенствованная изъ подобныхъ системъ принадлежитъ Бодо. Каждый изъ секторовъ распредѣлителя имѣетъ на станціи подачи пять металлическихъ контактовъ (фиг. 413), 1, 2, 3, 4 и 5, соединенныхъ постоянно съ однимъ изъ полюсовъ батареи, такъ что при каждомъ проходѣ рычага черезъ секторъ, въ линію посылается пять токовъ. Направленіе этихъ токовъ можно мѣнять при помощи пяти клавишей клавиатуры, соединенныхъ съ пятью контактами сектора. Различныя комбинаціи, которыя можно образовать нажимаемая клавиши, изображаютъ различныя буквы азбуки и



Фиг. 413.

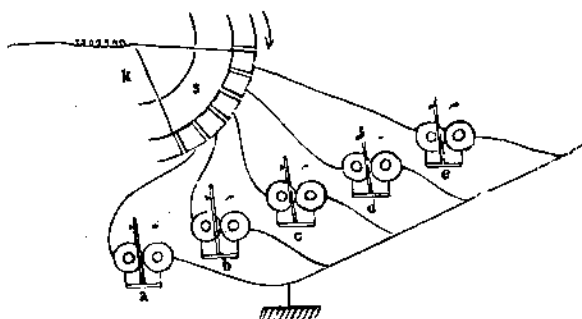
цифры. Напримѣръ для передачи буквы *a* достаточно нажать на клавишу Е; этимъ вызываютъ одинъ токъ опредѣленнаго направленія, напримѣръ положительный, и четыре тока отрицательныхъ, т. е. буква *a* изобразится комбинаціей:

+ — — — —

На станціи назначенія, каждый изъ контактовъ сектора распредѣлителя (фиг. 414), соединяется съ поляризованнымъ электромагнитомъ, арматура котораго прижимается къ той или другой задержкѣ въ зависимости отъ направленія проходящаго черезъ электромагнитъ тока. Такимъ образомъ пять токовъ, посланныхъ со станціи управленія, воспроизводятъ на

станціи назначенія посланную комбинацію. Въ высшей степени остроумный механизмъ, описаніе котораго не входитъ въ рамки настоящаго труда, переписываетъ эти комбинаціи типографскими буквами.

Аппаратъ Бодо позволяетъ пользоваться одной проволокой для нѣсколькихъ станцій, находящихся на одной линіи. Пусть А, В и С будутъ три изъ этихъ станцій. Помѣщая на каждой изъ нихъ по аппарату Бодо съ шестью секторами, дѣйствующими синхронически, можно передавать три депеши между А и С и три другія депеши между А и В, или, наконецъ, двѣ депеши между А и С и четыре между В и С и такъ далѣе \*).



Фиг. 414.

Число аппаратовъ Бодо, для которыхъ служить одна и та же проволока, зависитъ конечно отъ значительности линіи. Если число депешъ, которое приходится передавать, сравнительно невелико, то устанавливается одинъ аппаратъ, который дѣйствуетъ приблизительно какъ печатающій телеграфъ Юза. Если, въ послѣдствіи, число депешъ увеличивается, то, по мѣрѣ надобности, прибавляютъ новые аппараты, присоединяемые къ незанятымъ секторамъ распределителя.

**659. Отдача различныхъ телеграфныхъ системъ. Общія соображенія.** Приведемъ нѣсколько данныхъ относительно средней скорости передачи или, какъ говорятъ, отно-

\*) См. Culley *Traité de Télégraphie*; traduction française, Gauthier-Villars, Paris.

сительно *отдачи* различныхъ аппаратовъ, примѣняемыхъ въ настоящее время во Франціи. Если обозначать черезъ 1 отдачу системы Морзе, то отдача системы Юза будетъ 2,4; системы Витстона—3,6; системы Бодо съ четырьмя клавиатурами—6,6; системы Бодо съ шестью клавиатурами—9,6. Отдача аппаратовъ Морзе, Юза и Витстона удваивается при примѣненіи системы дуплексъ.

Эти цифры показываютъ, что система Бодо позволяетъ наилучшимъ образомъ утилизировать линію; кромѣ того, она имѣетъ преимущество печатанія депешъ типографическими буквами. Но зато механическая сложность аппарата дѣлаетъ ихъ установку дорогой. Кромѣ того они легко портятся и поэтому на станціи требуется постоянное присутствіе механика. Не смотря на это система Бодо распространяется во Франціи на большихъ линіяхъ.

Въ Англіи предпочитаютъ систему Витстона, въ Америкѣ же на большихъ линіяхъ принята система квадруплексъ. Слѣдуетъ замѣтить, что въ этихъ странахъ стараются насколько возможно избѣгать сложныхъ механизмовъ, содержаніе которыхъ представляетъ нѣкоторыя затрудненія.

Если, кромѣ отдачи различныхъ телеграфныхъ аппаратовъ, обратить вниманіе на число телеграфистовъ, необходимое для работы съ ними и для ихъ содержанія, то мы увидимъ, что всѣ аппараты, принимающіе депеши одинаковымъ образомъ, имѣютъ почти одинаковое полезное дѣйствіе на каждое лицо персонала. Печатающіе аппараты въ этомъ отношеніи имѣютъ двойную отдачу сравнительно съ аппаратами, пользующимися знаками Морзе.

До настоящаго времени аппарата Морзе и Юза, соединяемые въ случаѣ нужды по системѣ дуплексъ, достаточны для небольшихъ странъ, какъ Бельгія. Въ большихъ государствахъ, гдѣ нѣкоторыя линіи имѣютъ очень большую длину и гдѣ дѣятельность линій бываетъ больше, употребляютъ болѣе быстроедѣйствующіе аппараты.



## ПОДВОДНАЯ ТЕЛЕГРАФИЯ.

**660. Телеграфная система Кельвина и Варлея.** Приемные аппараты съ электромагнитами годятся только для коротких подводныхъ линий, когда же длина этихъ послѣднихъ превосходитъ 600 километровъ, отъ нихъ приходится совершенно отказаться и вотъ по какимъ причинамъ:

1. Чтобы получить токи силы достаточной для приведенія въ дѣйствіе катушки электромагнита, пришлось бы употреблять батареи съ слишкомъ большой электродвижущей силой, опасной для изоляціи кабеля. Обыкновенно стараются не превосходить 10—50 вольтъ, чтобы небольшіе недостатки въ гутаперчевой оболочкѣ не увеличивались бы быстро самимъ токомъ.

2. Вслѣдствіе смѣшенія волнъ, вызываемаго емкостью кабеля, передача должна была бы быть весьма медленной и утилизація кабеля была бы въ высшей степени не удовлетворительной. Напримѣръ, когда пытались передавать депеши по первому трансатлантическому кабелю по системѣ Морзе, то не удалось передать болѣе одного слова въ минуту. Чтобы волны тока въ мѣстѣ прибытія были отдѣлены настолько, чтобы въ приемномъ аппаратѣ Морзе получались ясно выраженные знаки, приходится работать въ высшей степени медленно.

Лордъ Кельвинъ и Варлей придумали телеграфную систему, позволяющую передавать по длиннымъ кабелямъ отъ 15 до 25 словъ въ минуту.

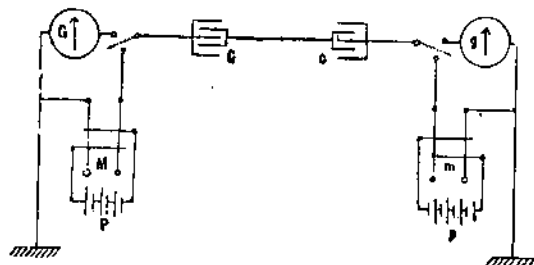
Приемникомъ служитъ аперіодическій зеркальный гальванометръ, системы Кельвина (§ 137) снабженный воздушнымъ успокоителемъ. Передатчикомъ служитъ ключъ, позволяющій посылать въ линію токи переѣннаго направленія, которые, какъ намъ извѣстно (§ 636), способствуютъ разряженію кабеля.

Посылаемые токи всѣ имѣютъ одинаковую продолжительность, что тоже представляетъ большое преимущество. По условію, отклоненіе гальванометра влѣво считается за точку Морзе, отклоненіе вправо—за черточку.

Подобная система обладаетъ весьма большой чувствитель-

ностью и можетъ работать съ весьма слабыми токами. Кромѣ того, если даже, вслѣдствіе разности интерваловъ отдѣляющихъ слова и буквы, волны тока не будутъ особенно правильны, во всякомъ случаѣ возможно будетъ замѣтить въ гальванометрѣ импульсы вправо и импульсы влево и слѣдовательно прочесть сигналъ. Дѣйствительно, стрѣлка гальванометра слѣдитъ за всѣми измѣненіями тока, тогда какъ арматура электромагнита подчиняется дѣйствию тока только съ того момента, когда онъ достигнетъ силы, достаточной для преодоленія противодействующей силы.

На подобную систему могли бы, однако, дѣйствовать земные токи, проходящіе по кабелямъ; эти токи обыкновенно бываютъ сильнѣе рабочихъ токовъ. Къ счастью, первые токи мѣняются очень медленно, исключая времени грозы. Варлею пришла мысль включить въ линію при входѣ на каждую стан-



Фиг. 415.

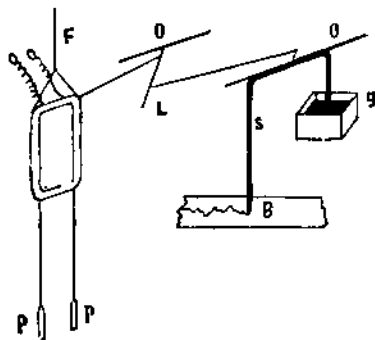
цію по конденсатору. Эти конденсаторы заряжаются подъ дѣйствіемъ земныхъ токовъ и, будучи разъ заряжены, прерываютъ эти токи. Переменные токи, служащіе для передачи сигналовъ, измѣняютъ зарядъ этихъ конденсаторовъ, чѣмъ вызываются сигналы въ приемникѣ.

Конденсаторы, кромѣ того, что они прерываютъ земные токи, даютъ еще большую ясность получаемымъ сигналамъ, такъ какъ кабель никогда не имѣетъ при этомъ возможности получить зарядъ, превосходящій зарядъ послѣдовательно включенныхъ конденсаторовъ. Слѣдовательно, рядъ токовъ одного и того же направленія даетъ кабелю только опредѣленный зарядъ и поэтому не вызоветъ въ приемныхъ аппаратахъ слишкомъ сильныхъ разрядныхъ токовъ.

Схема соединений приборов представлена на фиг. 415, гдѣ С, С, М изображаютъ соответственно пріемникъ, конденсаторъ и ключъ. Особый коммутаторъ позволяетъ соединять линію съ ключемъ или съ гальванометромъ, смотря по тому, желаютъ-ли передать депешу или принять ее. Такимъ образомъ не оставляютъ напрасно въ цѣпи на станціи подачи гальванометра, сопротивление котораго достаточно велико.

Медленные измѣненія земнаго тока вызываютъ незначительныя перемѣщенія нуля пріемнаго прибора, что не представляетъ неудобства для принятія сигналовъ, которые проявляются колебаніемъ стрѣлки около своего средняго положенія.

**661. Сифонный отмѣтчикъ.** (siphon recorder). Зеркальный гальванометръ очень утомляетъ телеграфистовъ, которые должны слѣдить за перемѣщеніемъ свѣтоваго пучка, отраженнаго отъ зеркала прибора на экранъ. Кромѣ того, при этомъ не остается никакихъ слѣдовъ сигналовъ. Чтобы избѣжать этихъ неудобствъ, Лордъ Кельвинъ придумалъ особый отмѣтчикъ, чувствительность котораго достаточна для токовъ, проходящихъ по линіи.



Фиг. 416.

Пріемный гальванометръ дѣлается типа гальванометровъ Дебре и Арсонваля. Небольшая катушка подвѣшена на проволоку F (фиг. 416) между вѣтвями сильнаго электромагнита. Токъ входитъ въ катушки черезъ тонкія, мягкія проволоки. Направляющая пара производится бифилярномъ, натягиваемомъ

грузами Р, Р. Колебание катушки под действием принимаемых токов вызывает перемещение небольшого стеклянного сифона S, короткая ветвь которого погружена в чашечку с жирными чернилами *g*, а длинная ветвь движется перед бумажной лентой В, имеющей поступательное движение. Система проволок и рычагов OL увеличивают перемещение сифона, вращающегося вокруг проволоки о. Для большого или меньшего натяжения проволок служат особые пружины,

Чтобы избежать трения длинной ветви сифона о бумагу, трубочку несколько удаляют от нея, чернила же в чашечке электризуют помощью машинки, вроде реплициера (§ 100). Наэлектризованные чернила притягиваются бумагой и падают на нее капельками, образуя пунктирную линию.



Фиг. 417.  
«Nous partons demain».

На фиг. 417 изображена фраза: „*Nous partons demain*“, принятая с длинного кабеля. На линии видны ясно деформации, вызванные увеличением заряда кабеля, причиненным последовательными токами одного и того же направления.

**662. Дуплексная передача на подводных линиях.** Описанная система передачи дает возможность получить на самых длинных кабелях скорость передачи, почти равную скорости передачи по системе Морзе на воздушных линиях средней длины. К ней можно применить и систему дуплекса, если только принять некоторые особенные предосторожности, на которые мы укажем, и которые увеличивают отдачу вдвое.

Мы видели, что Стирсу удалось устроить искусственные линии при помощи комбинации реостата и конденсатора. Тем не менее, этим способом нельзя совершенно уничтожить ложные сигналы на длинных подводных кабелях, в которых продолжительность периода установления гораздо больше той, которую можно получить в искусственной линии, составленной из одного реостата и одного конденсатора. Кабель образует непрерывный конденсатор и заряд распро-

страняется по всей длинѣ проводника, вмѣсто того, чтобы быть сосредоточеннымъ въ одной точкѣ. Чтобы приблизиться къ этимъ условіямъ, придумывали различныя приспособленія, лучшее изъ которыхъ принадлежитъ Мюирхеду (Muirhead). Этотъ изобрѣтатель устраиваетъ настоящій искусственный кабель при помощи конденсатора особой формы. Одна изъ обкладокъ этого конденсатора состоитъ изъ зигзаговъ олова, составляющихъ цѣпь большаго сопротивленія; листы другой обкладки соединены между собою обыкновеннымъ образомъ. Діэлектрикъ выбранъ такъ, чтобы остаточный зарядъ былъ сравнимъ съ зарядомъ гуттаперчи, изолирующей кабель. Такимъ образомъ періодъ установленія тока можетъ быть сдѣланъ одинаковымъ въ настоящей линіи и въ искусственной линіи системы дуплексъ.

---

# ТЕЛЕФОНИЯ \*).

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ.

663. Цѣль. Принципы акустики. Телефонія имѣетъ цѣлью передачу рѣчи на разстояніе. Дѣйствіе употребленныхъ для этого приборовъ основано отчасти на принципахъ акустики, напомнить которые мы считаемъ здѣсь не лишнимъ.

*Распространеніе звука.* Звукъ распространяется въ тѣлахъ продольными волнами. Если это распространеніе происходитъ въ газообразной средѣ, напримѣръ въ воздухѣ, то въ ней образуются попеременно сгущенія и разрѣженія, такъ что кривыя измѣненія давленія въ функціи времени имѣютъ синусоидальную форму. Въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени  $t$  давленіе воздуха больше, чѣмъ атмосферное, затѣмъ въ продолженіи слѣдующаго, такого же промежутка  $t$ , оно меньше атмосфернаго.

Продолжительность  $2t$  одного полного колебанія, соответствующая двумъ послѣдовательнымъ противоположнымъ волнообразнымъ измѣненіямъ, носитъ названіе періода.

Если одновременно распространяется нѣсколько звуковъ, то измѣненіе давленія въ нѣкоторой точкѣ въ опредѣленный моментъ времени равняется алгебраической суммѣ измѣненій, вызываемыхъ каждымъ звукомъ отдѣльно.

---

\*) Wietlisbach, *Traité de Téléphonie industrielle*, traduction Marinovitch, Paris, Tignol.

Прись и Майеръ: *Телефонъ*, пер. Д. Голова.

Различают три главных качества звука:

1. *Высота* звука, зависящая от числа периодовъ въ секунду. Для одной и той же ноты, каковъ бы ни былъ производящій ее инструментъ, продолжительность полного колебанія будетъ всегда постоянной. Напримѣръ, для *la*, даваемого камертономъ, эта продолжительность равняется  $1/435$  секунды.

2. *Сила* звука, зависящая отъ амплитуды колебаній, по которой громкій звукъ отличается отъ слабого. Чѣмъ больше сила звука, тѣмъ на большемъ разстояніи онъ слышенъ.

3. *Тембръ* звука, по которому отличаются два звука одной высоты, издаваемые двумя различными инструментами. Тембръ зависитъ отъ *гармоническихъ* тоновъ, происходящихъ вслѣдствіе резонированія различныхъ частей инструмента. Амплитуда этихъ тоновъ меньше, чѣмъ амплитуда *основнаго* тона, на который они налагаются.

Одновременное распространеніе основнаго тона и его гармоническихъ тоновъ можетъ быть сравнено съ распространеніемъ большой водяной волны, поверхность которой бороздится большимъ числомъ мелкихъ волнъ (дѣлая, конечно, различіе между двумя родами волнъ).

*Воспроизведеніе рѣчи.* Именно гармоническіе тоны позволяютъ воспроизведеніе рѣчи. Слова произносятся вдуваніемъ воздуха изъ легкихъ на различно натянутыя перепонки, называемыя голосовыми связками, помѣщенныя въ глубинѣ зѣва. Голосовыя связки производятъ основной тонъ, который можетъ быть однимъ и тѣмъ же, какую бы букву ни произносили, форма же рта во время произнесенія звука опредѣляетъ гармоническіе тоны, характеризующіе каждую букву.

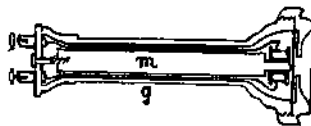
Для изученія рѣчи и для провѣрки высказанныхъ принциповъ могутъ служить различные приборы. Предположимъ, напримѣръ, что передъ вращающимся цилиндромъ, покрытомъ воскомъ, помѣщена діафрагма съ платиновымъ остриемъ. Пока діафрагма находится въ нормальномъ положеніи, остріе производитъ на цилиндрѣ борозду постоянной глубины. Но если начать говорить передъ діафрагмой, то воздухъ, выходящій изъ легкихъ, заставляетъ діафрагму колебаться и остріе производитъ уже борозду неодинаковой глубины; измѣненія этой глубины могутъ служить для изученія рѣчи.

Если заставить острие вновь пройти по проведенной имъ въ воскѣ бороздѣ, заставляя его слѣдовать за всѣми неправильностями этой борозды, то діафрагма воспроизведетъ вновь всѣ колебанія, которыя она совершала подъ дѣйствіемъ голоса. Эти колебанія передаются воздуху и воспроизводимые звуки отличаются отъ произнесенныхъ ртомъ только меньшей силой и особымъ тембромъ, зависящимъ отъ діафрагмы. На этомъ основанъ *фонографъ* Эдисона.

*Заключение.* Изъ всего сказаннаго мы можемъ вывести весьма важное для телефоніи заключение. Именно, что если для передачи музыки и пѣнія достаточно, чтобы телефонный приборъ собиралъ только колебанія съ большой амплитудой, соответствующія основнымъ звукамъ, то для передачи рѣчи необходимо, чтобы названный приборъ воспроизводилъ колебанія съ очень малыми амплитудами, отличающими гласныя отъ согласныхъ.

664. **Электромагнитный телефонъ Белля.** Честь устройства перваго прибора для передачи рѣчи принадлежитъ Грагаму Беллю. Первый телефонъ былъ построенъ имъ въ 1876 году.

На фиг. 418 изображенъ этотъ телефонъ, имѣющій и до настоящаго времени большое распространіе. Прямой магнитъ



Фиг. 418.

*т* снабженъ на одномъ концѣ проволочною катушкою, концы которой соединены съ зажимами. Передъ этимъ концомъ магнита, перпендикулярно къ нему, помѣщена тонкая желѣзная пластинка, закрѣпленная на окружности. Все вмѣстѣ заключено въ эбонитовую оболочку *г*, къ которой привинченъ распускъ, играющій роль амбушюра. Особый регулировочный винтъ позволяетъ мѣнять разстояніе между концомъ магнита и діафрагмой.

Описанный приборъ можетъ служить одновременно и пере-



датчикомъ и приемникомъ. Два подобныхъ прибора, соединенные линіей, позволяютъ слѣдовательно установить телефонное сообщеніе.

Когда говорятъ въ одинъ изъ телефоновъ, то звуковыя волны ударяются о діафрагму; эта послѣдняя, благодаря резонансу, воспроизводитъ всѣ колебанія произнесенныхъ основныхъ и гармоническихъ звуковъ. При каждомъ импульсѣ діафрагма приближается къ концу магнита и затѣмъ, вслѣдствіе своей упругости, удаляется. Эти приближенія и удаленія измѣняютъ распредѣленіе силовыхъ линій въ магнитномъ полѣ магнита и измѣняютъ число линій, пронизывающихъ катушку. Приближеніе діафрагмы увеличиваетъ потокъ, пересекающій эту катушку и идущій къ противоположному полюсу, и слѣдовательно увеличиваетъ число силовыхъ линій, пронизывающихъ катушку.

Такимъ образомъ всякая звуковая волна производитъ въ катушкѣ волну индукціоннаго тока такой же продолжительности и соотвѣтственной силы.

Производимый такимъ образомъ волнообразный или періодическій токъ проходитъ черезъ катушку втораго телефона. Въ этомъ послѣднемъ каждая электрическая волна мѣняетъ напряженіе магнитнаго поля и, слѣдовательно, намагниченіе всѣхъ желѣзныхъ частей, находящихся въ этомъ полѣ.

Разсмотримъ дѣйствія этихъ измѣненій. Какъ это замѣтилъ Пажъ, всякое измѣненіе магнитнаго состоянія желѣзной части сопровождается звукомъ, производимымъ измѣненіемъ расположенія молекулъ. Вслѣдствіе этихъ молекулярныхъ движеній желѣзные предметы деформируются и окружающій воздухъ приводится въ колебательное движеніе. Каждая электрическая волна вызываетъ такимъ образомъ звуковую волну и звуки, изданные на одной станціи, воспроизводятся на другой, гдѣ ихъ можно слышать, приложивъ ухо къ раструбу телефона.

Независимо отъ этихъ молекулярныхъ колебаній, происходятъ и поперечныя колебанія діафрагмы приемника, вызываемыя измѣненіями магнитнаго состоянія сердечника, производящими соотвѣтственныя измѣненія его притягательной силы.

Эти движенія діафрагмы усиливаютъ получаемыя звуковыя

волны, но онѣ могутъ и вредить передачѣ, если собственный звукъ діафрагмы будетъ налагаться на волны, производимыя рѣчью. Если, напримѣръ, діафрагма закрѣплена только въ одной точкѣ, такъ что она будетъ имѣть возможность свободно вибрировать, то она будетъ усиливать звуковыя волны, періодъ которыхъ соотвѣтствуетъ періоду ея колебаній, въ ущербъ остальнымъ, и тембръ голоса будетъ измѣненъ.

**665. Условія лучшей передачи и приѣма.** Звукъ, который слышенъ въ телефонѣ Белля на станціи полученія, гораздо слабѣе изданнаго на станціи отправленія. Это ослабленіе звука зависитъ, во-первыхъ, отъ того, что въ передатчикѣ ударяетъ только часть произведенныхъ звуковыхъ волнъ. Кромѣ того, происходятъ потери при превращеніи механической энергіи звуковыхъ волнъ въ электрическую энергію въ приборѣ, передающемъ ее въ линію, и въ приемномъ аппаратѣ, гдѣ происходитъ обратное превращеніе. Тутъ происходитъ электрическая передача механической энергіи. Отдача этой передачи очень мала. Наконецъ, ухо получаетъ только часть волнъ, производимыхъ приемникомъ.

Для того, чтобы улучшить отдачу, само собой является мысль усилить передаваемые звуки и увеличить размѣры діафрагмы. Но опытъ показываетъ, что для этихъ увеличеній и усиленій существуютъ предѣлы, за которыми увеличеніе силы звуковъ получается насчетъ ихъ ясности, вслѣдствіе того, что собственные звуки діафрагмъ прибавляются къ издаваемымъ и принимаемымъ звукамъ.

Основной тонъ діафрагмы долженъ быть выше самаго высокаго тона, производимаго человѣческимъ голосомъ (*ut*<sub>2</sub>). Діафрагмы въ 10 сант. въ діаметрѣ и въ 1 мил. толщины или же въ 3 сант. въ діаметрѣ и 0,1 мил. толщины удовлетворяютъ этому условію.

Діафрагму слѣдуетъ вставлять плотно, чтобы избѣжать звуковъ, производимыхъ перемѣщеніями пластинки въ своей рамкѣ.

Наконецъ, слѣдуетъ воспрепятствовать порчѣ звуковъ резонансомъ воздушной массы, заключенной въ телефонѣ, для чего слѣдуетъ дѣлать эту массу по возможности меньшей.

Чтобы увеличить амплитуду звуковъ, можно увеличить напряженіе магнитнаго поля, въ которомъ находится діафрагма, но для напряженія существуетъ предѣлъ, зависящій отъ размѣровъ діафрагмы. Дѣйствительно, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что передаваемая электрическія и воспринимаемая звуковыя волны находятся въ связи съ деформациями силовыхъ линій. Но поля слишкомъ сильнаго напряженія представляютъ для этихъ деформаций очень большое сопротивление. Это было замѣчено, когда попытались замѣнить обыкновенные магниты электромагнитами.

Сила, съ которою сердечникъ дѣйствуетъ на арматуру, пропорціональна квадрату напряженія полюсовъ сердечника, т. е.

$$f = km^2$$

Вариация этой силы будетъ

$$\Delta f = 2km \Delta m.$$

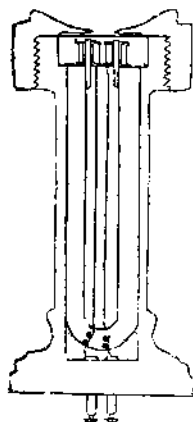
Очевидно, это измѣненіе будетъ равно нулю при  $m = 0$ , т. е. когда сердечникъ находится въ нейтральномъ состояніи, и при  $\Delta m = 0$ . Эти два условія показываютъ, что сердечникъ долженъ быть поляризованъ, но не насыщенъ, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ  $\Delta m$  было бы равнымъ нулю.

Въ настоящее время дознано, что лучшіе результаты получаются при употребленіи приборовъ, въ которыхъ магнитное поле концентрируется по возможности въ пространствѣ, занятомъ діафрагмой и катушкой. Этого достигаютъ при помощи изогнутыхъ постоянныхъ магнитовъ, дѣйствующихъ обоими полюсами, помѣщенными вблизи центра діафрагмы, гдѣ амплитуда ея колебаній наибольшая. По этой причинѣ въ телефонахъ Белля прямой магнитъ замѣняютъ подковообразнымъ съ длинными вѣтвями, къ концамъ которыхъ прикрѣплены яйцевидные наконечники изъ мягкаго желѣза, снабженные каждый проволоочной катушкой, помѣщаемой очень близко къ діафрагмѣ.

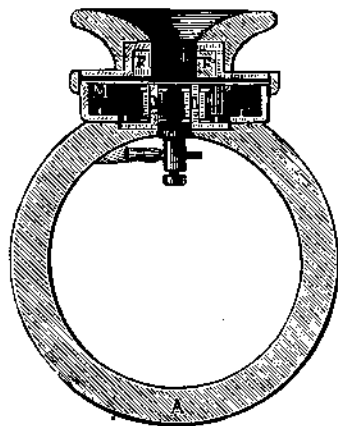
Въ обыкновенно употребляемыхъ телефонахъ обѣ катушки состоятъ изъ проволоки въ 0,8 мил. въ діаметрѣ и ихъ сопротивление равняется 130 омамъ. Магнитъ, состоящій изъ четы-

рехъ сложенныхъ вмѣстѣ пластинъ, имѣеть длину въ 11,5 сант. Диафрагма имѣеть діаметръ, равный 6 сант., а толщину, равную 0,25 мил. Подобный приемникъ подчиняется періодическимъ токамъ, сила которыхъ опускается до 0,6 микро-ампера. Но для разговора нужны токи по крайней мѣрѣ въ 12 микро-амперъ.

666. Различныя формы электромагнитныхъ телефоновъ. Телефоны Сименса, Адера, д'Арсонваля. Телефоны въ видѣ карманныхъ часовъ. Телефоны Меркадье. Первый удобный для практики телефонъ съ подковообразнымъ магнитомъ устроенъ Сименсомъ. Этотъ приборъ (фиг 419) имѣеть сравнительно большіе размѣры, что способствуетъ, какъ мы видѣли, силѣ передачи, но зато и резонансу въ приборѣ.



Фиг. 419.



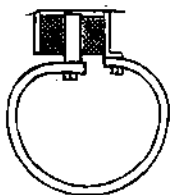
Фиг. 420.

Адеръ употребляетъ тоже изогнутый постоянный магнитъ, служащій ручкой для телефона. Магнитныя силовыя линіи концентрированы въ пространствѣ, гдѣ перемѣщается диафрагма, которая удерживается кольцомъ изъ мягкаго желѣза F (фиг. 420).

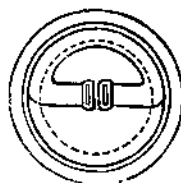
Д'Арсонваль получаетъ кольцевое магнитное поле при помощи изогнутаго магнита, къ одному изъ концовъ котораго прирѣзанъ прямой сердечникъ, а къ другому концентрическое

желѣзное кольцо (фиг. 421). Катушка помѣщается въ пространствѣ, находящемся между сердечникомъ и кольцомъ, и все покрывается діафрагмой. Подобнаго рода устройство способствуетъ въ высшей степени концентраціи силовыхъ линій въ полезномъ пространствѣ.

Въ настоящее время фабрикують за дешевой цѣну небольшіе телефоны, имѣющіе форму карманныхъ часовъ (фиг. 422), въ которыхъ плоскіе полукруглые магниты имѣютъ полюсы, отогнутые подъ прямымъ угломъ къ діафрагмѣ, лежащей параллельно кольцевому магниту. Два подобные телефона,



Фиг. 421.



Фиг. 422.

соединенные полукруглой пружиной, надѣваемой на голову, можно приложить къ обоимъ ушамъ, чтобы избѣжать необходимости держать телефонъ въ рукахъ, что очень утомительно, если приходится вести переговоры долгое время.

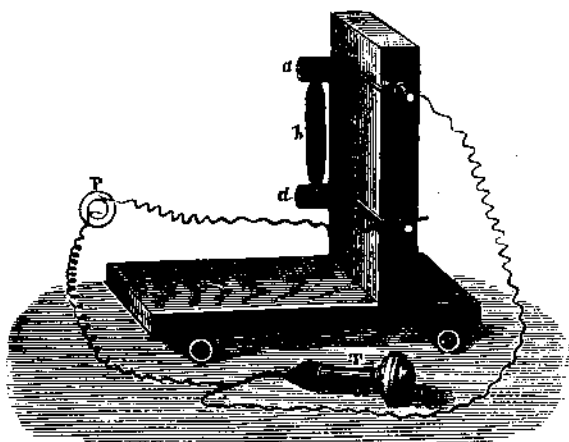
Изучая теорію телефона, Меркадье пришелъ къ заключенію, что можно устроить превосходную передачу рѣчи при помощи очень маленькихъ приборовъ. Онъ устраиваетъ два маленькіе телефона, соединенные пружиной и снабженные выдающимися трубочками, которыя вставляются въ ушные раковины, гдѣ и удерживаются пружинами \*).

## БАТАРЕЙНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ ИЛИ МИКРОФОНЫ.

**667. Микрофонъ Юза.** Въ настоящее время электромагнитные приборы употребляются только въ качествѣ пріемниковъ. Въ качествѣ же передатчиковъ ихъ больше не употребляютъ, такъ какъ индуктированные токи, ими производимые, недостаточны. Если желаютъ разговаривать на значительномъ

\*) M. Mercadier, *Electricien*, 1889 et 1891.

разстояніи, приходится оставить принципъ непосредственнаго преобразованія механической энергіи звуковыхъ волнъ въ электрическую энергію и примѣнять колебанія воздуха для измѣненія силы тока, доставляемаго батареей. Въ этомъ случаѣ передатчикъ играетъ роль крана, служащаго для измѣненія доступа пара, который (кранъ) на себя требуетъ затраты весьма небольшого количества энергіи. Эдисонъ и Юзъ (1877 и 1878) произвели особенно много изслѣдованій въ этомъ направленіи: первый, помѣщая въ цѣпь батареи угольный порошокъ, сопротивление котораго измѣняется при измѣненіи давленія, производимаго на него діафрагмой, въ которую ударяютъ звуковыя волны; второй—пользуясь измѣненіемъ сопротивления контактовъ подвижныхъ проводниковъ, вызываемымъ колебаніями воздуха.



Фиг. 423.

Въ самой извѣстной формѣ микрофонъ Юза состоитъ изъ угольной палочки *b* (фиг. 423), заостренной съ обоихъ концовъ и вставленной между двумя кусочками угля *a* и *a'*, прикрѣпленными къ тонкой вертикальной деревянной дощечкѣ. Одинъ изъ кусочковъ угля соединенъ съ однимъ изъ полюсовъ батареи, другой съ однимъ изъ зажимовъ электромагнитнаго пріемнаго телефона. Цѣпь замыкаютъ, соединяя свободный полюсъ батареи со вторымъ зажимомъ телефона.

Описанный приборъ позволяетъ замѣчать въ телефонѣ самыя слабыя сотрясенія, напримѣръ производимыя карманнымъ часами, помѣщенными на подставкѣ прибора. Поэтому приборъ и получилъ имя *микрофона*.

Надо замѣтить, что въ настоящемъ случаѣ дѣйствуетъ на уголь не стукъ часовъ черезъ посредство звуковыхъ волнъ, а механическія сотрясенія, сообщаемыя отъ подставки прибора подвижнымъ контактамъ, сопротивленіе которыхъ такимъ образомъ мѣняется, что порождаетъ въ цѣпи электрическія волны, обнаруживаемыя пріемникомъ.

Когда говорятъ передъ приборомъ, то волны воздуха ударяютъ въ дощечку и заставляютъ вибрировать угольные контакты, вызывая соотвѣтственные измѣненія сопротивленія. Въ цѣпи вслѣдствіе этого появляется волнообразный токъ, и пріемный телефонъ воспроизводитъ произнесенныя слова.

Замѣтимъ, что для достиженія сказаннаго результата необходимо, чтобы токъ не прерывался, а только мѣнялъ свою силу. Рейсъ, въ 1860 году, придумалъ передатчикъ съ подвижнымъ контактомъ, состоявшій изъ діафрагмы, въ центрѣ которой опирается очень гибкая пружина. Если передъ такимъ приборомъ начать разговаривать, то діафрагма отходитъ отъ пружины при каждой основной голосовой волнѣ и цѣпь размыкается. Подобный приборъ можетъ воспроизводить только музыку, но не рѣчь, такъ какъ гармоническіе тоны, издаваемые въ то время, когда цѣпь разомкнута, не будутъ передаваться.

Вообще для того, чтобы устроить микрофонъ, необходимо и достаточно имѣть въ цѣпи батареи постоянный электрическій контактъ переменнаго сопротивленія.

Такимъ образомъ Юзъ могъ передавать рѣчь при помощи двухъ гвоздей, лежавшихъ одинъ на другомъ, включенныхъ въ цѣль батареи и пріемника: колебанія воздуха мѣняли давленіе, производимое однимъ гвоздемъ на другой, и, слѣдовательно, мѣняли и силу тока, доставляемаго батареей.

**668. Качества хорошаго телефоннаго передатчика. Примѣненіе индукціонной катушки.** Уголь представляетъ изъ себя вещество, наиболѣе пригодное для микрофонныхъ контактовъ. Преимущество его передъ металлами и металли-

ческими сплавами, повидимому, состоитъ въ томъ, что подъ дѣйствіемъ электрическихъ искръ на немъ не образуется твердыхъ окисловъ, могущихъ значительно увеличить сопротивление контакта.

Микрофонный передатчикъ долженъ имѣть достаточную чувствительность для воспріятія самыхъ незначительныхъ колебаній воздуха. Однако эта чувствительность не должна являться слѣдствіемъ чрезвычайной легкости и подвижности частей микрофона, такъ какъ при этомъ подъ дѣйствіемъ сильныхъ волнъ эти части могли бы прійти въ такое сильное движеніе, что цѣпь могла бы разомкнуться: слѣдствіемъ этого появился бы шумъ, очень непріятный для слуха.

Съ другой стороны микрофоны не должны легко разстраиваться. Эти два качества, конечно, трудно согласить между собою, и самые чувствительные приборы обыкновенно разстраиваются скорѣе другихъ.

Чтобы усилить передачу, хорошо, повидимому, увеличить число контактовъ и усилить токъ, доставляемый батареей.

Но первое изъ этихъ средствъ ограничивается тѣмъ, что контакты, удаленные другъ отъ друга, не всегда производятъ согласныя дѣйствія. Тембръ бываетъ тѣмъ яснѣе, чѣмъ ближе контакты находятся одинъ отъ другаго. Энергія звуковыхъ волнъ, кромѣ того, не достаточна для приведенія въ движеніе большихъ массъ угля и понятно, что амплитуда колебаній должна уменьшаться по мѣрѣ увеличенія подвижныхъ массъ.

Сопротивленіе микрофоннаго контакта можетъ мѣняться въ очень широкихъ предѣлахъ, но средняя его величина равняется 5 омамъ.

Что касается силы тока, доставляемаго батареей, то увеличенію ея препятствуютъ искры, которыя появляются въ контактахъ, если электродвижущая сила сколько нибудь значительна. Считаютъ, что разность потенциаловъ соприкасающихся частей не должна никогда превышать 1 вольта.

Для микрофоновъ употребляютъ элементы типовъ Лекланше и Гасснера. Число элементовъ не превосходитъ 2 или 3. Большее число элементовъ вызвало бы появленіе искръ при случайныхъ размыканіяхъ цѣпи. Поэтому и микрофонные контакты въ сложныхъ микрофонахъ, имѣющихъ ихъ нѣсколько,



съ цѣлью уменьшить необходимую электродвижущую силу соединяются параллельно.

Батарейный микрофонъ позволяетъ переговариваться на большія разстоянія, чѣмъ телефонъ Белля, Такъ, онъ вполне достаточенъ для сообщеній внутри жилого дома или завода: Но тѣмъ не менѣе предѣлъ разстояній между станціями, начинающій отъ котораго звуки становятся неслышными, достигается очень быстро. Причину этого легко понять: по мѣрѣ удлиненія линіи, ея сопротивленіе увеличивается, тогда какъ измѣненія сопротивленія микрофонныхъ контактовъ, производимыя звуковыми волнами, остаются постоянными.

Вліяніе этихъ измѣненій на общія сопротивленія цѣпи, слѣдовательно, постепенно уменьшается и колебанія силы тока будутъ все менѣе и менѣе замѣтны. Называя черезъ  $e$  электродвижущую силу батареи, черезъ  $R$ —сопротивленіе цѣпи, не считая сопротивленія микрофонныхъ контактовъ, которое мы назовемъ черезъ  $R'$ , получимъ

$$i = \frac{e}{R + R'}.$$

Измѣненіе  $\Delta R'$  сопротивленія контактовъ производитъ измѣненіе силы тока, равное

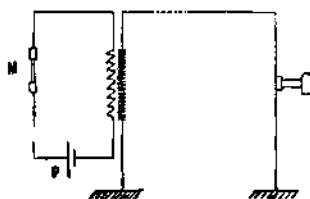
$$\Delta i = - \frac{e \cdot \Delta R'}{(R + R')^2}.$$

Мы видимъ, что измѣненіе силы тока обратно пропорціо-нально квадрату общаго сопротивленія цѣпи, слѣдовательно, это измѣненіе уменьшается весьма быстро по мѣрѣ удлиненія линіи.

Съ другой стороны, постоянный токъ, проходящій черезъ пріемникъ, притягиваетъ діафрагму и уменьшаетъ ея чувствительность.

Эдисонъ побѣдилъ эти неудобства, примѣнивъ индукціонную катушку (фиг. 424). Въ первичную цѣпь, состоящую изъ толстой проволоки, включается микрофонъ  $M$  и батарея  $P$ , концы же вторичной обмотки изъ тонкой проволоки соединяются одинъ съ линіей, другой съ землей, или же, если линія двойная, то оба конца соединяются съ линіей. При такомъ соединеніи, какова бы ни была длина линіи, микрофонные

контакты остаются всегда включенными въ цѣпь малаго сопротивления и измѣненія давленій въ контактахъ вызываютъ въ первичной цѣпи электрическія волны съ большими амплитудами. Во вторичной цѣпи проявляются электродвижущія силы тѣмъ большія, чѣмъ больше число оборотовъ проволоки во вторичной обмоткѣ катушки. Такимъ образомъ можно получить токи, напряженіе которыхъ будетъ достаточно для прохожденія черезъ линію весьма большаго сопротивления.



Фиг. 424.

Замѣтимъ, что для данной цѣли можно примѣнять только индукціонныя катушки съ разомкнутой магнитной цѣпью, такъ какъ коэрцитивная сила замкнутой цѣпи препятствовала бы измѣненіямъ величины магнитнаго потока (§170).

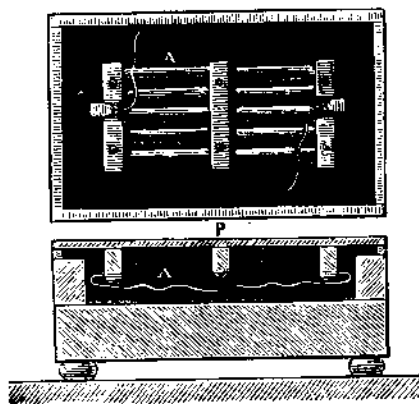
Вотъ нѣсколько данныхъ относительно приборовъ, предназначенныхъ для сообщеній на большія разстоянія.

Сердечникъ индукціонной катушки состоитъ изъ желѣзныхъ проволокъ въ 0,55 мил. въ діаметрѣ и 88 мил. длины. Діаметръ сердечника равняется 15 мил. Первичная цѣпь состоитъ изъ двухъ слоевъ изолированной проволоки въ 1,2 м. діаметромъ, имѣющей сопротивление 0,12 ома. Вторичная проволока, въ 0,24 мил. въ діаметрѣ, имѣетъ сопротивление отъ 125 до 250 омовъ, смотря по длинѣ цѣпи.

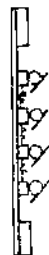
**669. Передатчики съ угольными палочками.** Микрофоны Адера и Дежонга. Во многихъ передатчикахъ употребляютъ, какъ въ микрофонахъ Юза, палочки изъ искусственнаго твердаго угля, помѣщаемыя между пластинками того же матерьяла, прикрѣпленными къ тонкой сосновой досечкѣ, передъ которой говорятъ. Угольные палочки помѣщаются раз-

личнымъ образомъ. Адеръ размѣщаетъ ихъ параллельно въ два ряда между тремя угольными призмами, прикрѣпленными къ наклонной дощечкѣ (фиг. 425). Другіе конструкторы располагаютъ палочки по радіусамъ, помѣщая ихъ между центральной пластинкой и концентрическимъ кольцомъ.

Въ микрофонѣ Дежонга къ вертикальной деревянной дощечкѣ прикрѣплены угольные пластинки, къ которымъ косыми металлическими стержнями (фиг. 426) прижимаются угольные палочки.



Фиг. 425.

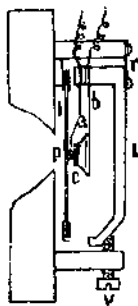


Фиг. 426.

Преимущество этихъ передатчиковъ состоитъ въ томъ, что они не требуютъ никакой регулировки. Но зато послѣ долгой работы концы палочекъ стираются и голосъ передается плохо. Въ этомъ случаѣ достаточно нѣсколькихъ легкихъ ударовъ по прибору, чтобы возобновить поверхности контактовъ. Значительное число контактовъ иногда уменьшаетъ ясность передачи, такъ какъ не всѣ контакты производятъ согласныя дѣйствія.

**670. Микрофонъ Блэка.** Въ приборѣ Блэка имѣется только одинъ микрофонный контактъ, между платиновымъ шарикомъ *p* (фиг. 427) и кускомъ въ высшей степени твердаго угля *c*, которые оба прикрѣплены къ угольнику *L*, при помощи пружинокъ *a* и *b*. На контактъ дѣйствуютъ, говоря передъ метал-

лической діафрагмой I, вставленной въ каучуковое кольцо, которое служитъ для уменьшенія вліянія на діафрагму внѣшнихъ механическихъ потрясеній.



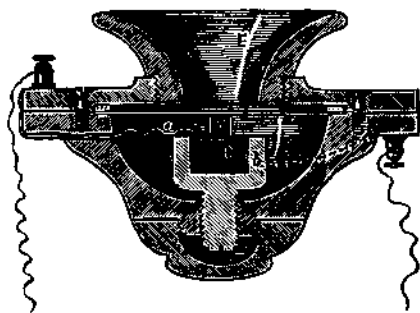
Фиг. 427.

Аппаратъ регулируется при помощи винта V, который, перемѣщая угольникъ L, подвѣшенный на пружинѣ r, измѣняетъ давленіе между частями контакта. Можно довести приборъ до такой чувствительности, что онъ будетъ передавать слова произнесенныя на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ него. Но при этомъ контактъ будетъ очень ненадежнымъ и будутъ часто происходить прерыванія цѣпи, что вызываетъ въ пріемникѣ непріятные звуки. Обыкновенно регулируютъ приборъ такъ, что ротъ долженъ находиться на разстояніи 20 сантиметровъ отъ діафрагмы.

Раньше описанные микрофоны менѣе чувствительны и требуютъ, чтобы говорили передъ самой діафрагмой.

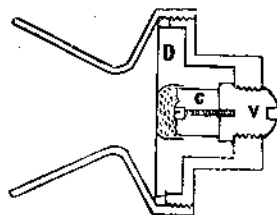
**671. Микрофоны Эдисона и Гюллингса.** Мы уже знаемъ, что Эдисонъ примѣнилъ для произведенія переменъ силы микрофонныхъ токовъ измѣненія сопротивленія угольнаго порошка при измѣненіяхъ давленія на него. На фиг. 428 изображенъ его аппаратъ. Звуковыя волны ударяются въ металлическую діафрагму L, закрѣпленную по окружности. Въ центрѣ на нее давитъ поршень, дѣйствующій на лепешку изъ сажки, находящуюся между двумя металлическими дисками. Особый винтъ, дѣйствующій на заднюю пластинку, позволяетъ по желанію мѣнять давленіе діафрагмы на лепешку.

Въ этомъ аппаратѣ микрофонные контакты частичные. Въ микрофонѣ Гюннингса, имѣющемъ много общаго съ описанными, изобрѣтатель замѣнилъ сажу гораздо болѣе подвижными угольными зернами, сопротивленіе массы которыхъ можетъ мѣняться въ гораздо болѣе широкихъ предѣлахъ.



Фиг. 428.

Токъ входитъ черезъ кусокъ угля *c* (фиг. 429) и проходитъ черезъ зерна, помѣщающіеся въ колпачкѣ, прикрѣпленномъ въ діафрагмѣ *D*, черезъ которую токъ выходитъ. Массу зеренъ можно сдавливать при помощи винта *V*.



Фиг. 429.

Достаточно сильнаго сотрясенія, чтобы перемѣстить зерна освѣжить контакты между ними.

## РАЗЛИЧНЫЕ АППАРАТЫ.

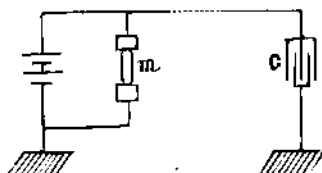
**672. Пріемникъ-конденсаторъ.** Существуютъ также телефонные пріемники, основанные на совершенно иныхъ принципахъ, чѣмъ телефонъ Белля. Мы вкратцѣ познакомимся съ

этими аппаратами, которые хотя и не получили распространения, тѣмъ не менѣе имѣютъ теоретическій интересъ.

Въ 1870 году Варлей замѣтилъ, что конденсаторъ издаетъ звукъ, когда потенциалы его обкладокъ мѣняются. Этотъ фактъ объясняется послѣдовательными заряженіями и разряженіями, производящими притяженіе обкладокъ одна къ другой, сопровождаемыми возвращеніемъ въ положеніе равновѣсія. Эти колебанія передаются окружающему воздуху.

Открытіе Варлея было примѣнено къ телефоніи Герцемъ и Долберомъ.

На фиг. 430 изображено расположеніе приборовъ, принятое Герцемъ. Приѣмникъ-конденсаторъ С, обкладки котораго сжаты слабо, чтобы они имѣли возможность колебаться, заряжается постоянно батареей, находящейся на станціи передачи. Микрофонъ-передатчикъ *m*, включенный параллельно съ батареей, мѣняетъ потенциалъ на концѣ линіи, и слѣдовательно зарядъ обкладокъ конденсатора и ихъ взаимодействіе. Эти обкладки своимъ движеніемъ воспроизводятъ звуковыя волны.



Фиг. 430.

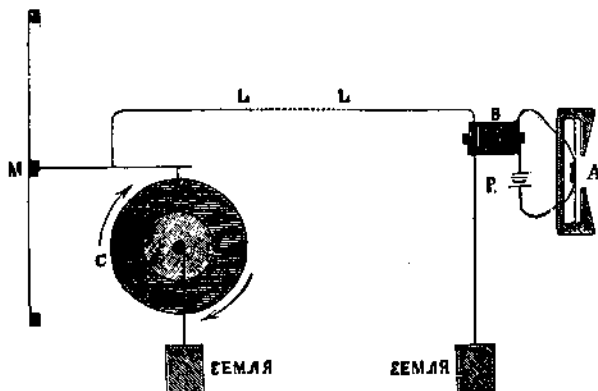
Передача при этомъ, благодаря резонансу конденсатора, менѣе ясна, чѣмъ при телефонѣ Белля.

Какъ видно изъ схемы, конденсаторъ долженъ быть постоянно заряженъ, совершенно также, какъ электромагнитный приѣмникъ долженъ быть всегда намагниченъ; измѣненія притягательной силы между обкладками пропорціональны начальному заряду.

**673. Термофонъ Приса.** Приѣмникъ этотъ состоитъ изъ маталлической діафрагмы, укрѣпленной по окружности, натянутой прикрѣпленной къ ея центру платиновой проволокой,

идущей перпендикулярно къ плоскости діафрагмы. Весь приборъ устанавливается на резонаторномъ ящикѣ. Всѣ измѣненія силы телефоннаго тока, проходящаго черезъ платиновую проволоку, отзываются на ея температурѣ, а слѣдовательно и на ея длинѣ. Діафрагма, при этихъ сокращеніяхъ и удлиненіяхъ проволоки придетъ въ колебательное движеніе, которое сообщитъ воздуху колебанія того же періода, что и токи. Передаваемые звуки повторяются, но настолько ослабленными, что практическое примѣненіе этого приѣмника немислимо.

**674. Химическій приѣмникъ Эдисона.** Пружина, соединенная съ линіей L (фиг. 431) и прикрѣпленная къ слюдяному диску M, упирается своимъ свободнымъ концомъ, снабженнымъ платиновымъ наконечникомъ, на цилиндръ C, соединенный съ землей. Цилиндръ этотъ состоитъ изъ бумаги, пропитанной гидратомъ извести и поташа. Особымъ двигателемъ онъ приводится въ равномерное вращеніе вокругъ своей оси и, благодаря тренію между нимъ и платиновымъ наконечникомъ, слегка натягиваетъ слюдяной дискъ.



Фиг. 431.

При нормальныхъ условіяхъ это натяженіе не мѣняется, но когда по линіи проходитъ электрическая волна, токъ, проходя отъ наконечника къ цилиндру, химически измѣняетъ поверхность контакта, такъ что треніе измѣняется. Вслѣдствіе этого мѣняется тяга, испытываемая діафрагмой, и послѣдняя

изгибается. Изгибъ пропорціоналенъ измѣненію коэффиціента тренія, который самъ зависитъ отъ силы тока.

Этотъ пріемникъ можетъ воспроизводить что нибудь свѣтое передъ микрофономъ настолько громко, что воспроизведение будетъ слышно въ цѣлой комнатѣ, но рѣчи онъ передавать не можетъ.

**675. Радиофонъ.** Белль примѣнилъ свойство кристаллическаго селена мѣнять свое сопротивленіе подѣ дѣйствіемъ свѣта къ устройству пріемника, на который бы дѣйствовалъ свѣтовой пучекъ, сила свѣта въ которомъ мѣняется голосомъ.

Представимъ себѣ, что цилиндрическій пучекъ свѣта, падающій на посеребренную діафрагму, отражается параболическимъ зеркаломъ, которое концентрируетъ пучекъ на стопку селеновыхъ пластинокъ, включенныхъ параллельно въ цѣпь, заключающую гидроэлектрическій генераторъ и электромагнитный пріемникъ.

Говоря позади діафрагмы мѣняютъ силу свѣта въ отраженномъ пучкѣ и, слѣдовательно, сопротивленіе селеновыхъ пластинокъ. Начинаящійся волнообразный токъ дѣйствуетъ на телефонъ. Беллю удавалось удалять передаточную діафрагму на разстояніе двухъ километровъ отъ пріемной селеновой пластинки.

## ТЕЛЕФОННЫЕ ВЫЗОВЫ И ТЕЛЕФОННЫЯ СТАНЦИИ.

**676. Вызовы.** При всякомъ телефонномъ сообщеніи между двумя станціями необходимо, чтобы специальное приспособленіе позволяло бы со станціи, откуда желаютъ говорить, предупредить объ этомъ желаніи другую станцію. Приспособленіе это носитъ названіе *вызова*.

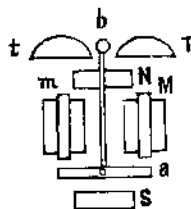
Съ нѣкоторыми большими электромагнитными телефонами пробовали устраивать вызовъ при помощи тѣхъ же приборовъ, которые служатъ для передачи и пріема. Такъ въ телефоны Сименса (§ 666) можетъ вставляться дудка. Духъ въ нее, производятъ сильныя колебанія, которыя, будучи воспроизведены въ пріемникѣ, производятъ звукъ, достаточно сильный, что-



бы его можно было слышать въ комнатѣ. Тѣмъ не менѣ подобнаго рода вызова гораздо хуже слышны, чѣмъ вызовы посредствомъ звонковъ. Поэтому вообще предпочитаютъ употреблять эти послѣдніе. Звонки могутъ приводиться въ дѣйствіе батареей, или, что облегчаетъ содержаніе, небольшимъ магнитоэлектрическимъ генераторомъ, напримѣръ катушкой Сименса (§ 315), которую посредствомъ ручки вращаютъ въ постоянномъ магнитномъ полѣ.

Если генераторомъ служить батарея, то употребляютъ звонокъ описанный въ § 644.

Если же генераторомъ служить магнито-электрическая машина, то употребляютъ поляризованный звонокъ, изображенный на фиг. 432. Два сердечника электромагнитовъ  $M$  и  $m$ ,

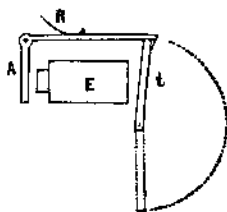


Фиг. 432.

и также и ихъ арматура  $a$ , поляризуются изогнутымъ постояннымъ магнитомъ  $NS$ . Переменные токи, проходящіе черезъ катушки попеременно увеличиваютъ и уменьшаютъ магнетизмъ сердечниковъ и заставляютъ арматуру, качающуюся на оси, проходящей черезъ ея середину, приближаться то къ одному сердечнику, то къ другому, увлекая молоточекъ  $b$ , ударяющій въ звонки  $T$  и  $t$ . Такъ какъ сердечники совершенно отдѣлены одинъ отъ другаго, то самоиндукція катушекъ будетъ настолько слаба, что кажущееся сопротивленіе, встречаемое переменными токами, не будетъ слишкомъ большимъ.

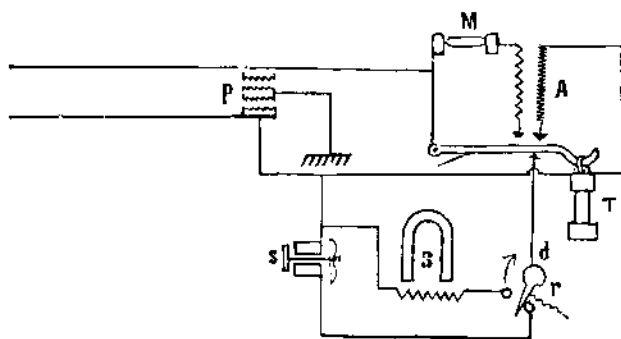
**677. Аппаратъ.** Этимъ именемъ называютъ сигналъ, приводимый въ дѣйствіе электромагнитомъ  $E$  (фиг. 433), который подъ дѣйствіемъ вызывающаго тока притягиваетъ арматуру  $A$ , отталкиваемую пружиной  $R$ . Перемѣщеніе арматуры

освобождаетъ наклонную пластинку  $t$ , которая перевертывается вокругъ оси, и выставляетъ номеръ.



Фиг. 433.

**678. Телефонная станція.** На фиг. 434 схематически изображено расположеніе различныхъ приборовъ, составляющихъ телефонную станцію. При входѣ проволокъ линіи (мы предполагаемъ, что вся нѣтъ металлическая и нѣтъ возврата черезъ землю), помѣщается громоотводъ съ остріями  $P$ . Когда телефонныя линіи находятся вблизи проводовъ, служащихъ



Фиг. 434.

для электрическаго освѣщенія или электрической тяги, то станціи еще снабжаются плавкими проволоками, чтобы случайный контактъ между телефонными и названными проводами не могъ вызвать тока, опаснаго для телефонныхъ аппаратовъ. Въ нормальномъ положеніи телефонный пріемникъ  $T$  подвѣшенъ на качающемся рычагѣ, на который дѣйствуетъ пружина, стремящаяся его приподнять. Всѣй телефона заставляетъ рычагъ опираться на нижній контактъ. При этомъ линія соединена черезъ посредство коммутатора  $d$  со свонкомъ  $s$

и вызывной токъ можетъ проходить черезъ звонокъ. Для вызова вращаютъ ручку магнитоэлектрической машины, ось которой съ сильнымъ треніемъ проходить черезъ  $d$ . Такимъ образомъ соединяють линію съ катушкой Сименса В и передають токи. Послѣ окончанія вызова, коммутаторъ  $d$  приводится пружиной  $r$  въ первоначальное положеніе. Когда затѣмъ снимають телефонъ Т, то рычагъ соединитъ верхніе контакты и одновременно замкнетъ первичную цѣпь индукціонной катушки А, въ которой помѣщается батарея, и ея вторичную цѣпь. Послѣ этого можно говорить въ микрофонъ М и слушать въ телефонъ Т.

На длинныхъ линіяхъ включаютъ два пріемныхъ телефона, соединенныхъ параллельно, которые прикладываютъ къ обоимъ ушамъ.

## ТЕЛЕФОННЫЯ ЛИНІИ.

**679. Теоретическія соображенія.** Такъ какъ телефонные токи волнообразны, то ихъ сила приблизительно можетъ быть выражена синусоидальной функцией времени. Слѣдовательно къ нимъ можно примѣнять результаты, найденные для періодическихъ токовъ.

Припомнимъ эти результаты, мы видимъ, что самоиндукція цѣпи стремится вызвать уменьшеніе, или запаздываніе фазы силы тока тѣмъ больше, чѣмъ больше число періодовъ тока въ секунду. Изъ этого слѣдуетъ, что высокіе звуки ослабляются сравнительно больше, чѣмъ низкіе. Кромѣ того, они стремятся отстать сильнѣе, что, при смѣшеніи основныхъ и гармоническихъ тоновъ рѣчи, измѣняетъ тембръ.

Слѣдовательно, нужно по мѣрѣ возможности уменьшать самоиндукцію цѣпей, избѣгая включенія въ нее лишнихъ электромагнитовъ и устраивая линіи изъ немагнитныхъ проводниковъ

По желѣзной проволоки удавалось передавать рѣчь только на 600 километровъ, тогда какъ по бронзовой больше чѣмъ на 3000 километровъ.

Массенъ нашель, что коэффициентъ индукціи  $L = 0,0129$  генри на километръ для двухъ желѣзныхъ проволокъ 3 миллим. въ діаметрѣ, находящихся другъ отъ друга на раз-

стояніи 40 сантиметровъ и  $L = 0,0025$  для бронзовыхъ проволокъ въ 2,5 миллиметровъ въ діаметрѣ, находящихся на томъ же разстояніи другъ отъ друга. Слѣдовательно,  $L$  бронзовой проволоки составляетъ всего  $\frac{1}{4}$ , самоиндукціи желѣзной.

Буквы, имѣющія болѣе высокіе гармоническіе звуки, напримѣръ *c*, *e*, передаются, конечно, хуже и различать ихъ на длинныхъ линіяхъ труднѣе.

Пытались исправлять вліяніе самоиндукціи посредствомъ конденсатора, включаемаго послѣдовательно въ цѣпь. Дѣйствительно, въ § 109 мы видѣли, что емкость играетъ роль отрицательной самоиндукціи и стремится ускорить фазу тока. Когда условіе  $a^2cL = 1$  выполнено, нейтрализація вліянія самоиндукціи бываетъ полная, но надо замѣтить, что это условіе будетъ выполнено только для токовъ определенной частоты.

Замѣтимъ еще, что емкость катушекъ, обороты которыхъ образуютъ другъ съ другомъ конденсаторы, прибавляется къ емкости линіи.

Емкость линій, дѣйствующая какъ включенный параллельно конденсаторъ, имѣетъ очень вредное поглощающее вліяніе. При воздушныхъ линіяхъ, емкость которыхъ мала (приблизительно 0,01 микрофарады на километръ), это вліяніе замѣтно только въ большихъ сѣтяхъ, но при подземныхъ и подводныхъ кабеляхъ, предѣлъ, далѣе котораго голосъ уже не слышенъ, достигается весьма скоро. Это происходитъ вслѣдствіе того, что электрическія волны поглощаются кабелемъ и сливаются одна съ другой. Мы видѣли, изучая передачу телеграфныхъ сигналовъ, что волнообразныя измѣненія силы тока въ мѣстѣ полученія тѣмъ менѣе замѣтны, чѣмъ быстрѣе одинъ за другимъ передаются сигналы. Но телефонные токи слѣдуютъ одинъ за другимъ черезъ весьма короткіе промежутки времени. Вліяніе емкости особенно замѣтно при передачѣ высокихъ и гармоническихъ тоновъ, для которыхъ число колебаній въ секунду очень велико.

Математическое изслѣдованіе этого вопроса представляетъ большія затрудненія и, вслѣдствіе отсутствія точныхъ теоретическихъ результатовъ, до настоящаго времени приходится пользоваться для опредѣленія наивыгоднѣйшихъ условій, которыя слѣдуетъ выполнять, указаніями практики.

Присъ сдѣлалъ рядъ опытовъ съ цѣлью опредѣлить вліяніе произведенія  $CR$  (микрофарады-омы) на телефонное сообщеніе. Онъ нашелъ, что при величинахъ  $CR \leq 10000$  разговоръ по мѣдной проволоки передается удовлетворительно, а для желѣзной же проволоки это произведеніе должно быть  $\leq 5000$ .

Кромѣ самоиндукціи и емкости цѣпей на ясность передачи вліяютъ еще и другіе элементы.

*Плохія соединенія* проволокъ въ воздушныхъ линіяхъ, колеблемыхъ вѣтромъ, служатъ для тѣллурическихъ токовъ, приходящихъ по нимъ, микрофонными контактами и причиняютъ въ приѣмникахъ характеристичное *шипѣніе*.

Это шипѣніе усиливается еще благодаря различнымъ причинамъ. Въ проволокахъ, качаемыхъ вѣтромъ въ земномъ магнитномъ полѣ, появляются индукціонные токи, особенно замѣтные въ желѣзныхъ проволокахъ, концентрирующихъ силовыя линіи; атмосферныя разряды и магнитныя бури тоже вызываютъ въ проводахъ токи; наконецъ, токи производятся химическими реакціями, происходящими въ мѣстахъ контактовъ земли и линіи.

*Отвѣтственные токи* отъ телеграфныхъ или иныхъ линій, расположенныхъ вблизи телефонныхъ, тоже мѣшаютъ телефонной передачѣ. Если, на примѣръ, возвратъ происходитъ черезъ землю и если вблизи мѣста соединенія съ землей телефонной линіи находится мѣсто такого же соединенія линіи телеграфной, то по первой будетъ проходить отвѣтвленный токъ и его присутствіе, благодаря чувствительности приѣмниковъ, будетъ ими обнаруживаться.

Сообщенія между проволоками одной и той же линіи могутъ особенно легко образоваться въ сырую погоду черезъ изоляторы. Происходящіе отвѣтвленные токи на длинныхъ и плохо изолированныхъ линіяхъ достигаютъ силы, достаточной для того, чтобы они могли вліять на телефонныя приѣмники. Этому неудобства избѣгаютъ, употребляя двойные изоляторы и соединяя между собою и землей при помощи желѣзной проволоки, идущей вдоль столба, желѣзные крючки изоляторовъ. При этомъ токъ, исходящій изъ какого-нибудь изолятора, непосредственно уходитъ въ землю, а не идетъ въ

сосѣднія проволоки. Желѣзная проволока, соединяющая изоляторы, продолжается выше столба, такъ что она служитъ одновременно и громоотводомъ для него.

Наконецъ, послѣднею, хотя далеко менѣе важной, причиною неясности передачи служитъ *индукція* одной проволоки на другую. Если по проводнику, параллельному телефонному проводу, проходитъ токъ, то въ телефонный линіи происходятъ два различныхъ явленія:

1. Въ линію съ обоихъ концовъ входитъ токъ сообщающій ей статическій зарядъ.

2. По линіи проходитъ, по направленію, обратному индуктирующему току, токъ индуктированный. Вслѣдствіе чувствительности пріемниковъ эти индуктированные токи позволяютъ слышать на одной линіи то, что было сказано на другой, даже если послѣдняя параллельна первой только на весьма маломъ протяженіи.

Если же это протяженіе велико, то на линіи, въ которой токъ индуктируется, разговоръ слышенъ также хорошо, какъ если бы передатчикъ былъ включенъ въ нее.

Первое средство для уменьшенія вліянія взаимной индукціи было предложено Юзомъ. Оно состоитъ въ томъ, что всѣ провода, входящіе на станцію, оканчиваютъ плоскими катушками, расположенными такимъ образомъ, что онѣ, дѣйствуя другъ на друга, стремятся произвести токи, обратные токамъ индуктируемымъ въ линіяхъ.

Этотъ способъ можетъ принести пользу, если проводовъ два. Подбирая соотвѣтственнымъ образомъ разстояніе между катушками, можно сдѣлать взаимное вліяніе проводовъ равнымъ нулю. Но, при увеличеніи числа проводовъ, это средство помогаетъ уже гораздо меньше, такъ какъ становится все болѣе и болѣе труднымъ размѣстить катушки такъ, чтобы каждая изъ нихъ находилась въ соотвѣтственномъ положеніи относительно остальныхъ.

Самое удовлетворительное рѣшеніе состоитъ въ томъ, чтобы для возврата телефонныхъ токовъ не употреблять земли, но устраивать металлическія замкнутыя цѣпи. При этомъ избѣгаютъ отвѣтвленія токовъ въ мѣстахъ соединенія линіи съ землей, избѣгаютъ токовъ, сообщающихъ линіи статическій за-

рядъ, а также и шума, производимаго земными и другими токами. Обѣ проволоки, образующія телефонную линію должны быть помѣщены одинаковымъ образомъ относительно другихъ линій, такъ чтобы электродвижущія силы индукціи, появляющіяся въ нихъ, взаимно уничтожались. Въ кабеляхъ, состоящихъ изъ изолированныхъ проволокъ, оба провода, составляющіе цѣпь, скручиваются вмѣстѣ. Въ воздушныхъ линіяхъ, гдѣ провода голые, это устроить труднѣе. Обыкновенно перекрещиваютъ проволоки на столбахъ такъ, чтобы сосѣдніе провода вліяли на нихъ одинаковымъ образомъ.

Не смотря на увеличеніе затратъ, преимущества металлическихъ цѣпей таковы, что онѣ были очень рекомендованы Конгрессомъ Электриковъ 1889 года.

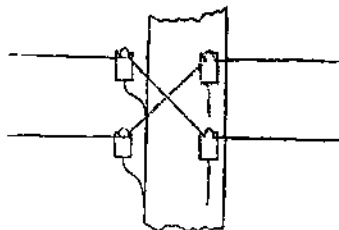
**680. Воздушныя линіи.** Городскія телефонныя линіи устраиваются изъ проволоки отъ 1,25 до 1,4 мил. въ діаметрѣ, приготовленной изъ бронзы, проводимость которой составляетъ 30%—40% проводимости чистой мѣди. Проволоки прокладываются съ соблюденіемъ всѣхъ предосторожностей, указанныхъ въ § 523, на двойныхъ изоляторахъ, укрѣпляемыхъ обыкновенно на желѣзныхъ столбахъ, устанавливаемыхъ на крышахъ.

На междугородныхъ линіяхъ большой длины бронзовыя проволоки имѣютъ отъ 2,5 до 3 мил. въ діаметрѣ. На этихъ линіяхъ телефонныя проволоки обыкновенно лежатъ вблизи другихъ проводовъ и, въ виду изложенныхъ въ предыдущемъ параграфѣ причинъ, необходимо устраивать исключительно металлическую цѣпь, образуемую изъ двухъ проволокъ, помѣщаемыхъ совершенно одинаковымъ образомъ относительно сосѣднихъ проводовъ.

На фиг. 435 показано, какъ устраивается перекрещиваніе проволокъ при помощи четырехъ изоляторовъ. Передняя верхняя проволока становится нижней задней. Повторяя эти перекрещиванія, получаютъ тѣ же результаты, что и при употребленіи скрученныхъ изолированныхъ проволокъ. Нужно ограничиваться строго необходимымъ числомъ перекрещиваній.

Если число проволокъ постоянно, то достаточно только разъ перекрестить телефонныя провода посреди пути. Но,

если число индуктирующих проволок мѣняется, то число перекрещиваній приходится увеличивать, чтобы каждая проволока дѣйствовала одинаковымъ образомъ на оба телефонные провода.



Фиг. 455.

Въ городскихъ линіяхъ, состоящихъ изъ большого числа воздушныхъ телефонныхъ проводовъ, обыкновенно не перекрещиваютъ двѣ проволоки каждой цѣпи, такъ какъ взаимодѣйствіе всѣхъ индукціонныхъ токовъ уравнивается дѣйствіа тока индуктирующаго.

**681. Телефонные кабели.** Чтобы не приходилось прокладывать въ городахъ громадное число воздушныхъ проволокъ, ихъ соединяютъ въ кабели, состоящіе каждый изъ 25—100 цѣпей. Эти кабели, приготовляемые изъ мѣдныхъ проволокъ въ 0,7—0,9 мил. въ діаметрѣ, могутъ быть какъ воздушные, такъ и подземные. Первые поддерживаются въ опредѣленныхъ мѣстахъ прочными металлическими проволоками. Въ городахъ, гдѣ нѣтъ системы большихъ сточныхъ каналовъ, подземные кабели обыкновенно помѣщаются въ металлическихъ трубахъ.

Для изоляціи кабелей обыкновенно употребляютъ бумагу или джутъ, пропитанные параффиномъ или другой подобной смѣсью, обладающей небольшою діэлектрическою постоянной. Чтобы кабель не боялся воды, его заключаютъ въ свинцовую оболочку.

Чтобы исключить вліяніе взаимной индукціи и заряжающаго тока въ случаѣ возврата черезъ землю, Патерсонъ по оси пучка проволокъ располагаетъ толстую мѣдную проволоку въ 3 мил. въ діаметрѣ. Индуктированные и заряжающіе токи,



производимые въ этой толстой проволоцѣ какимъ-нибудь телефоннымъ проводомъ, отчасти уравниваютъ вліяніе этого провода на сосѣдніе.

Фельтенъ и Гильомъ, такъ же какъ и Сименсъ и Гальске, исключаютъ названныя явленія, окружая каждую изолированную проволоку тонкимъ металлическимъ листомъ, который имѣетъ дѣйствіе, подобное толстой проволоцѣ Патерсона. Внѣшняя свинцовая оболочка помогаетъ достиженію этого результата.

Но всѣ эти приспособленія увеличиваютъ емкость проводовъ, которая сильно вредитъ кабелямъ (§ 679). Эта емкость въ кабеляхъ Фельтена достигаетъ 2,4 микрофарады на километръ.

Самое лучшее рѣшеніе вопроса состоитъ въ употребленіи двухъ скрученныхъ металлическихъ проволокъ, сплетаемыхъ затѣмъ въ кабели. Такимъ образомъ взаимная индукція совершенно уничтожается, емкость же уменьшается. Съ цѣлью уменьшить эту послѣднюю, пробуютъ уже нѣсколько лѣтъ употреблять для телефонныхъ кабелей пористыя изолирующія оболочки, содержащія въ себѣ по возможности больше воздуха, такъ какъ діэлектрическая постоянная воздуха гораздо меньше постоянной твердыхъ діэлектриковъ (§ 93).

Съ этою цѣлью *Metropolitan Telephone Co* въ Нью-Йоркѣ употребляетъ проводники, покрытые высушеннымъ бумажнымъ тѣстомъ, укрѣпленнымъ оболочкой изъ хлопчатобумажныхъ нитей. Такъ какъ это изолирующее вещество стоитъ дешево, то его можно накладывать толстымъ слоемъ. Парныя проволоки сплетаются вмѣстѣ въ кабель и затѣмъ все покрывается свинцовой оболочкой. Концы кабеля тщательно пропитываются параффиномъ, чтобы помѣшать доступу воздуха внутрь свинцовой оболочки. Емкость подобныхъ двойныхъ проводниковъ не превосходитъ 0,07 микрофарады на километръ. Изоляція же достигаетъ 160 мегомовъ на километръ, что вполнѣ достаточно.

Кабель Фортенъ-Германа (§ 542) былъ придуманъ для телефонныхъ цѣлей. Его емкость тоже невелика.

Телефонная передача совершается и по подводнымъ кабелямъ, изолированнымъ гуттаперчей. Такъ, въ телефонной линіи

между Монтевидео и Буенос-Айресомъ, на протяженіи 45 километровъ при переходѣ черезъ Ріо-де-Лаплата проложенъ кабель.

Телефонныя линіи между Парижемъ и Лондономъ имѣютъ подводную часть между Калэ и Дувромъ (37,5 километра). Кабель состоитъ изъ четырехъ проводовъ, сплетенныхъ парно, такъ что образуются двѣ телефонныя цѣпи. Линіи вычислены такъ, чтобы произведеніе  $CR$  не превосходило 7500. Такъ какъ емкость и сопротивленіе воздушныхъ частей линій были извѣстны, то задача сводилась къ опредѣленію наименьшаго діаметра жилы кабеля.

Пусть  $c$  будетъ емкость воздушныхъ линій,  $r$ —ихъ сопротивленіе,  $C$ —емкость подводнаго провода,  $R$ —его сопротивленіе,  $X$ —діаметръ діэлектрика,  $x$ —діаметръ провода съ оболочкой.

Тогда мы имѣемъ условія:

$$7500 = (c + C) (r + R) \dots \dots \dots (1)$$

$$R = \frac{a}{x^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$C = \frac{b}{\log_e \frac{X}{x}} \dots \dots \dots (3)$$

Четвертое уравненіе, связывающее величины  $C$ ,  $R$ ,  $X$  и  $x$ , дается требованіемъ, чтобы  $X$  былъ минимумъ, т. е.  $\frac{dX}{dx} = 0$ .

Вычисленія дали величины

$$X = 9,6 \text{ мил.}$$

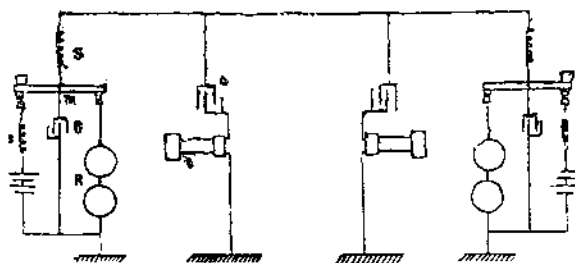
$$x = 2,35 \text{ мил.}$$

Жилы, изолированныя гуттаперчай, покрыты пропитаннымъ таниномъ джутомъ и затѣмъ броней изъ желѣзной проволоки въ 7 мил. въ діаметрѣ.

## СОВМѢСТНОЕ ТЕЛЕГРАФИРОВАНИЕ И ТЕЛЕФОНИРОВАНИЕ.

**682. Система Ванъ-Риссельберга.** Ванъ-Риссельбергъ пашель остроумный способъ приспособлять существующія телеграфныя линіи къ телефонной передачѣ и наоборотъ.

На воздушной телеграфной линіи сигнальный токъ устанавливается почти мгновенно. Такой токъ, дѣйствуя или непосредственно, или черезъ индукцію на телефонъ, сильно перемѣщаетъ діафрагму и производитъ сухой трескъ, повторяющійся при размыканіи тока. Ванъ-Риссельбергъ препятствуетъ образованію этого звука, увеличивая значительно продолжительность періодовъ устанавливанія и прекращенія телеграфныхъ токовъ. Чтобы достичь этого, онъ, при первыхъ опытахъ, соединялъ телеграфную линію съ одной изъ обкладокъ конденсатора С, другая обкладка котораго соединялась съ землей (фиг. 436). По совѣту автора этой книги, онъ прибавилъ къ этому конденсатору электромагниты, которые онъ назвалъ *градуаторами* и помѣстилъ въ S и s.



Фиг. 436.

Дѣйствіе этихъ приборовъ состоитъ въ слѣдующемъ. При нажатіи ключа на телеграфной станціи токъ встрѣчаетъ кажущееся сопротивленіе двухъ электромагнитовъ, которые намагничиваются насчетъ энергіи, доставляемой батареей. Кромѣ того, часть этой энергіи поглощается діэлектрикомъ конденсатора. Эти причины позволяютъ току устанавливаться только весьма медленно, такъ что діафрагма включеннаго въ линію телефона притягивается постепенно и производитъ только одну незамѣтную волну.

При отпусканіи ключа токъ тоже оканчивается не внезапно. Разрядъ конденсатора и самоиндукція электромагнита S продолжаютъ его и почти совершенно уничтожаютъ его вліяніе на телефонъ.

Чтобы достичь удовлетворительныхъ результатовъ, емкость конденсатора С дѣлаютъ равной 2 микрофарадамъ. Электро-

магниты градуаторы состоятъ изъ сердечника, на который надѣта катушка въ 500 омовъ, окруженная желѣзной трубкой, Магнитная цѣпь замыкается, двумя желѣзными пластинками. Самоиндукція такого электромагнита равняется 6 генри.

Телефонные токи не имѣютъ никакого вліянія на телеграфъ. Однако телефоны нельзя включать въ телеграфную линію, такъ какъ, благодаря включеннымъ въ нее электромагнитамъ, ея значительная самоиндукція сильно ослабляла бы ясность передачи. Телефоны нельзя также включать непосредственно параллельно съ телеграфными аппаратами, такъ какъ большая часть тока, пущеннаго ключемъ въ линію, уходила бы въ землю черезъ ближайшій телефонъ. Это затрудненіе Ванъ-Риссельбергъ преодолѣлъ, придумавъ соединять каждый телефонный аппаратъ съ линіей черезъ посредство конденсатора *c*, называемаго *сепараторомъ*, не препятствующаго распространенію переменныхъ токовъ.

Положимъ, что говорятъ въ телефонъ *t*. Получающійся волнообразный токъ находитъ два пути: одинъ черезъ линію другой черезъ ближайшіе телеграфные аппараты, имѣющіе, благодаря значительнымъ коэффициентамъ самоиндукціи, огромное кажущееся сопротивленіе. Поэтому почти весь токъ идетъ черезъ линію. Опытъ показываетъ, что отвлѣтленіе черезъ телеграфные аппараты не вліяетъ замѣтно на телеграфную передачу.

На основаніи подобныхъ же причинъ измѣняющіеся токи, доходящіе до конца линіи, проходятъ главнымъ образомъ черезъ конденсаторъ и телефонный аппаратъ.

**683. Случай нѣсколькихъ телефонныхъ линій.** Соединенія, указанныя на фиг. 436, позволяютъ одновременно телеграфировать и телефонировать по одной и той же проволоцѣ, если даже она проходитъ рядомъ съ другими телефонными проводами,—конечно, если они всѣ снабжены градуирующими аппаратами. Если этихъ аппаратовъ не будетъ, то взаимная индукція между проводомъ, служащимъ для двухъ цѣпей, и остальными телеграфными проводами мѣшала бы переговорамъ. Но при помощи описанныхъ приспособленій нельзя воспользоваться для телефоновъ двумя сосѣдними телеграфными

проводами, такъ какъ произошла бы индукція и на одной линіи было бы слышно все, что говорится на другой. Чтобы избѣжать этой индукціи, необходимо пользоваться двойными проводами, т. е. брать двѣ телеграфныя проволоки для одной телефонной цѣпи. Кромѣ того необходимо, чтобы соединенія были сдѣланы надлежащимъ образомъ и чтобы проволока одной и той же цѣпи перекрещивались въ надлежащихъ мѣстахъ.

Такъ, въ Бельгін примѣнили прямыя телеграфныя линіи (§ 641) для телефоніи между главными станціями, устраивая въ нужныхъ мѣстахъ перекрещиванія; подобныя изображенному на фиг. 435. Въ случаѣ нужды пользуются и промежуточными линіями, включая между частями, соединяющими промежуточныя станціи, конденсаторы въ 0,5 микрофарады, называемыя *соединителями коннекторами*. Части проводовъ перекрещиваются на станціяхъ въ которыя они входятъ, чѣмъ избѣгается устройство перекрещиваній на столбахъ.

Если нужно соединить двухъ абонентовъ разныхъ городскихъ сѣтей, то могутъ встрѣтиться два случая:

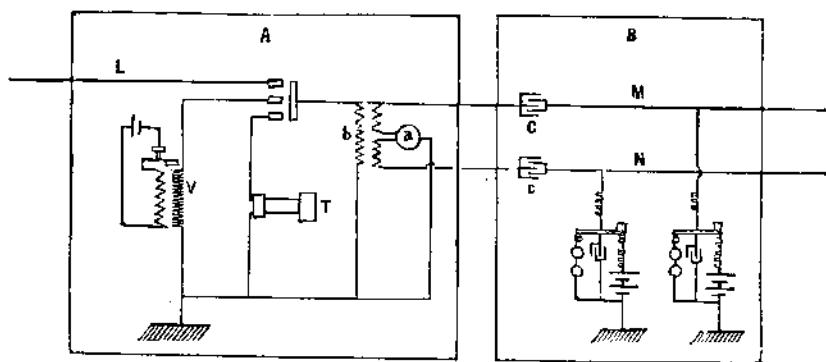
1. Абоненты соединены съ центральными телефонными станціями двумя проводами. Въ этомъ случаѣ соединяютъ эти провода съ двумя вспомогательными проволоками, соединяющими телефонныя станціи съ телеграфными и цѣпь пополняютъ двумя телеграфными проволоками, включая въ цѣпь два конденсатора-сепаратора, какъ это было сказано раньше. Сообщение устанавливается отличное, особенно если телеграфныя линіи воздушныя и проволока ихъ бронзовая.

2. Во многихъ городскихъ сѣтяхъ абоненты соединены съ центральными станціями только однимъ проводомъ. Въ этомъ случаѣ задача становится сложнѣе.

На фиг. 437 виденъ принципъ ся рѣшенія, предложеннаго Беннетомъ, въ которомъ примѣняются индукціонныя катушки для перехода отъ простой линіи къ двойной.

М и N суть телеграфные провода, С и с—конденсаторы-сепараторы, установленныя на телеграфной станціи В; индукціонная катушка *b*, называемая *фоническимъ трансляторомъ*, помѣщается на центральной станціи А. Первичная обмотка этой катушки можетъ быть соединена съ передающей теле-

фонной станціей черезъ линію **L**; вторичная обмотка соединена съ конденсаторами-сепараторами при помощи вспомо- гатель- ныхъ проводовъ, соединяющихъ центральную телефонную станцію съ телеграфной станціей. Во вторичную цѣпь катушки включенъ аппаратъ *a*, называемый *фоническими реле*, одна точка котораго соединена съ землею. Благодаря этому соединенію съ землею телеграфные токи, проходящіе по одной изъ про- волокъ, не оказываютъ дѣйствія черезъ электростатическую индукцію на сепараторы другой проволоки и такимъ обра- зомъ не производятъ въ ней ложныхъ сигналовъ.



Фиг. 437.

Когда нѣсколько *транслаторовъ* помѣщаются одинъ возлѣ другаго, ихъ размѣщаются въ одну линію поочередно помѣ- щая сердечникъ или стоймя, или лежа, чтобы они не дѣй- ствовали другъ на друга.

Волнообразные телефонные токи, образующіеся въ линіи **L**, вызываютъ образованіе индукціонныхъ токовъ во вторичной обмоткѣ *b*.

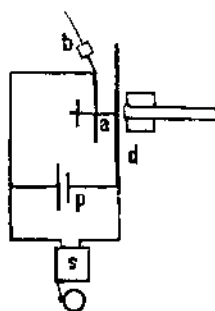
Эти индукціонные токи, проходя по цѣпи изъ двухъ про- волокъ и черезъ фоническій *транслаторъ*, помѣщенный въ городѣ, съ которымъ сообщаются, дѣйствуютъ на телефонъ соотвѣтствующаго приѣмнаго аппарата.

Фоническіе *транслаторы* состоятъ изъ катушекъ, намотан- ныхъ на желѣзные сердечники, имѣющіе форму распиленныхъ вдоль трубъ, длиною въ 7,8 сантим., діаметромъ въ 1 сантим., сдѣланныхъ изъ желѣза въ 1,5 мил. толщиною. Первичная

катушка состоитъ изъ 20 слоевъ проволоки въ 0,23 мил. въ діаметрѣ; сопротивленіе ея равняется 80 омамъ. Вторичная обмотка тоже состоитъ изъ 20 слоевъ проволоки въ 0,16 мил. въ діаметрѣ и ея сопротивленіе равно 300 омамъ.

Введеніе двухъ фоническихъ *транслаторовъ* въ телефонную цѣпь значительно ослабляетъ интенсивность рѣчи. Считается, что растояніе, на которомъ можно переговариваться, уменьшается такимъ образомъ на 75%, поэтому примѣненіе двойныхъ проводовъ въ городскихъ сѣтяхъ, вызываетъ значительное улучшеніе передачи.

**634. Фоническое реле.** Вызывными аппаратами на телефонныхъ станціяхъ сообщающихся городовъ не могутъ быть обыкновенные звонки, которые требуютъ токовъ настолько сильныхъ, что эти токи могутъ дѣйствовать на телеграфные аппараты черезъ конденсаторы-сепараторы. Принятая вызывная система основана на слѣдующемъ принципѣ. Вызывающая станція А посылаетъ въ линію токи черезъ индукціонную катушку Румкорфа V, называемую вибраторомъ, сопротивленіе первичной обмотки которой равняется 0, 2 ома, а вторичной—1000 омовъ; посылаемые токи съ короткимъ періодомъ не дѣйствуютъ на телефонные аппараты. Эти токи проходятъ черезъ фоническій вызывной аппаратъ *a* (фиг. 438) вызываемой станціи.



Фиг. 438.

Этотъ вызывной аппаратъ состоитъ изъ большаго электромагнитнаго телефона, въ діафрагму котораго *p* упирается рычагъ *a*, вращающійся вокругъ оси, лежащей выше. Давленіе

рычага на діафрагму регулируется противовѣсомъ. Рычагъ и діафрагма соединены съ батареей, которая такимъ образомъ замыкается сама на себя. Когда волнообразные токи отъ вибратора проходятъ черезъ катушку телефона, сопротивление которой равно 100 омамъ, то колебанія діафрагмы измѣняютъ ея контактъ съ рычагомъ и звонокъ, включенный также въ цѣпь батареи, приходитъ въ дѣйствіе. Въ отвѣтвленіе можно включить также аннунціаторъ (§ 677), паденіе котораго служить вызовомъ.

**685. Примѣненіе описанной системы.** Система Ванъ-Риссельберга можетъ быть примѣнена двумя различными способами:

1. Можно примѣнять для телефонныхъ цѣлей существующія телеграфныя линіи, *градуируя* токи, какъ въ примѣняемыхъ линіяхъ, такъ и въ линіяхъ, сосѣднихъ съ ними. Такъ поступаютъ, напримѣръ, въ Бельгій, гдѣ, какъ мы видѣли въ § 646, депеши большею частью прямо передаются со станціи подачи на станцію назначенія. Пришлось поэтому снабдить всѣ станціи государства градуирующими приборами, которые съ одной стороны усложняютъ станціонныя аппараты, вызываютъ неисправности и дѣлаютъ ихъ разысканіе затруднительнымъ, съ другой — заставляютъ увеличивать на станціяхъ батареи, такъ какъ они увеличиваютъ сопротивление, которое должны преодолевать токи. Бельгій пришлось почти удвоить число элементовъ въ батареяхъ.

2. Изложенныя причины заставили нѣкоторые государства устраивать спеціальныя телефонныя линіи съ двойными проводами, скрещиваемыми достаточное число разъ такъ, чтобы на нихъ не вліяли сосѣдніе телеграфные токи.

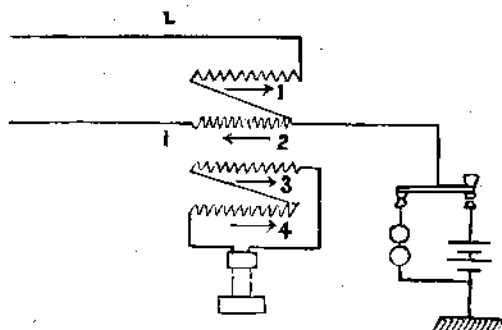
Каждая изъ телефонныхъ проволокъ можетъ служить для телеграфнаго сообщенія по системѣ Ванъ-Риссельберга. Таковы линіи: Парижъ-Брюссель, Парижъ-Марсель, Буенось-Айресъ-Ментевидео.

Увеличеніе продолжительности періода установленія тока, вызываемое градуирующими приборами, не уменьшаетъ отдачу аппаратовъ Морзе и Юза, но легко понять, что оно можетъ повліять на отдачу быстроработающихъ аппаратовъ.



**686. Система Пьера Пикара.** Слѣдующая система, применяемая во Франціи, позволяетъ пользоваться для телеграфнаго сообщенія двумя проволоками, составляющими телеграфную цѣпь.

Вмѣсто того, чтобы непосредственно соединять телеграфную станцію съ линіями L и I (фиг. 439), въ цѣпь включаютъ трансляторъ съ четырьмя равными катушками 1, 2, 3 и 4, намотанными въ одномъ и томъ же направленіи на общій сердечникъ, и соединенными 1 и 2 съ ключемъ, а 3 и 4 съ телефономъ.



Фиг. 439.

Телеграфный токъ развѣтвляется на двѣ части, оказывающія на телефонную цѣпь равныя, но противоположныя индуктирующія дѣйствія. Катушки же 3 и 4 производятъ въ двухъ проводахъ линіи дѣйствія, способствующія другъ другу.

Эта система имѣетъ сравнительно съ предыдущей тотъ недостатокъ, что въ ней для одной телеграфной цѣпи пользуются двумя проволоками и что при ней, вслѣдствіе примѣненія двойной трансформации, телефонные токи ослабляются.

## ЦЕНТРАЛЬНЫЯ СТАНЦІИ.

**687. Центральная станція.** Телефонная сѣть состоитъ изъ нѣкотораго числа телефонныхъ аппаратовъ, соединенныхъ съ линіями, сходящимися на одну центральную станцію, гдѣ ихъ можно соединять попарно. Обыкновенно въ каждомъ городѣ имѣется только одна центральная станція, исключая

очень большихъ городовъ, гдѣ сѣтъ иногда дѣлится на секціи, имѣющія каждая свою центральную станцію. Эти вспомогательныя станціи соединяются между собою и съ главной станціей при помощи извѣстнаго числа прямыхъ проводовъ. При такомъ устройствѣ общая длина проводовъ будетъ гораздо меньше, чѣмъ при одной центральной станціи, но зато, при увеличеніи числа станцій, увеличивается и число манипуляцій, нужныхъ для соединенія двухъ абонентовъ, не принадлежащихъ къ одной секціи, что замедляетъ соединеніе и увеличиваетъ трату на персоналъ. Поэтому такое дѣленіе на секціи можно примѣнять только для группъ подгородныхъ абонентовъ.

Когда сѣтъ воздушная, то центральная станція помѣщается въ одномъ изъ верхнихъ этажей зданія станціи. На крышѣ устраиваютъ большую металлическую стойку, въ формѣ башни, изъ которой выходятъ всѣ проволоки, идущія къ абонентамъ. Проволоки эти соединяются телефонными кабелями съ первымъ штепсельнымъ коммутаторомъ, къ которому идутъ также кабели отъ центральной станціи. Этотъ коммутаторъ позволяетъ во всякій моментъ выключить проводъ любого абонента для его испытаній или же измѣнить соединенія, согласно требованіямъ службы. Онъ снабженъ также громоотводами и коммутаторами для соединенія линій съ землей во время грозъ.

Если канализація подземная, описанный коммутаторъ помѣщается въ подвальномъ этажѣ, куда сходятся всѣ кабели, а центральная станція устраивается въ нижнемъ этажѣ.

**688. Система швейцарскихъ коммутаторовъ.** Системъ устройства и организаціи центральныхъ станцій, испытывавшихся на практикѣ, существуетъ, нѣсколько. Въ началѣ, когда всѣ линіи были однопроводныя соединенія дѣлались при помощи швейцарскихъ коммутаторовъ (§ 644).

Вотъ сущность этой системы, примѣненіе которой въ настоящее время постепенно уменьшается.

На стѣнѣ залы устанавливаютъ определенное число швейцарскихъ коммутаторовъ, при каждомъ изъ которыхъ находится особое лицо. Къ вертикальнымъ пластинамъ, пройдя черезъ возвѣстители, приходятъ проволоки абонентовъ. Каждая изъ этихъ пластинъ снабжена штепселемъ, позволяющимъ

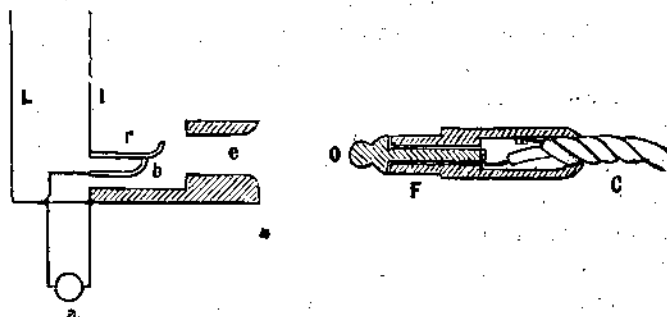
соединять ее съ любой изъ горизонтальныхъ. Одна изъ послѣднихъ пластинъ соединена съ землею. Въ нее-то обыкновенно и вставлены всѣ штепселя. Другая горизонтальная пластина соединена съ магнитоэлектрической машинкой Сименса, при посредствѣ которой производятся вызовы абонентовъ. Наконецъ, третья соединена съ телефоннымъ аппаратомъ телефониста. Остальныя горизонтальныя полосы изолированы и служатъ для соединенія линий, сходящихся на станцію. Чтобы имѣть возможность соединить двухъ любыхъ абонентовъ, нѣкоторое число полосъ каждаго коммутатора продолжены до соединенія съ пластинами 'сосѣдняго' коммутатора. Эти полосы, съ цѣлью по возможности избѣжать ошибки, окрашиваются въ одинъ цвѣтъ и въ обоихъ коммутаторахъ носятъ одинъ и тотъ же номеръ.

Предположимъ теперь, что абонентъ А желаетъ быть соединеннымъ съ абонентомъ В. Онъ посылаетъ на линію вызывной токъ, который приводитъ въ дѣйствіе возвѣститель центральной станціи. Телефонистъ вставляетъ штепсель А въ пластину, соединенную со своимъ телефономъ, и спрашиваетъ, съ кѣмъ абонентъ А желаетъ переговорить. Услышавъ отвѣтъ, телефонистъ извѣщаетъ абонента В или вставляя штепсель этого абонента въ пластину, соединенную съ магнитоэлектрической машинкой, или же заставляя другого телефониста сдѣлать это, если линія В присоединена не къ его коммутатору. Когда В отвѣтитъ, то штепсели обоихъ абонентовъ вставляются въ одну и ту же изолированную горизонтальную полосу и оба абонента могутъ начать разговоръ. Въ это же время телефонисты поднимаютъ пластинки аннуціаторовъ. По окончаніи разговора, А и В даютъ звонки, возвѣстители вновь опадаютъ и телефонистъ ставитъ штепсели обратно въ пластину, соединенную съ землею.

Швейцарскіе коммутаторы очень громоздки. Постоянное нахожденіе возвѣстителей въ телефонной цѣпи значительно ослабляетъ звукъ голоса. Поэтому ихъ замѣняютъ коммутаторами, съ такъ-называемыми *спрингъ-джеками* (spring-jaks).

**689. Спрингъ-джекъ.** Каждая цѣпь, которую мы будемъ предполагать состоящей изъ двухъ проводовъ L и I (фиг. 440),

соединяется съ частью коммутатора, называемой *спринг-джекъ*, или просто *джекъ*. Эта часть состоитъ изъ упругой пластинки *г*, соединенной съ одной изъ проволокъ линіи *Л*, опирающейся обыкновенно на задержку *д* соединенную съ катушкой возбѣстителя абонента. Другая проволока *Л* тоже соединена съ этимъ возбѣстителемъ, а также и съ металлической обкладкой отверстія *е*. Вставляя въ это отверстіе штепсель *Ф*, подни-



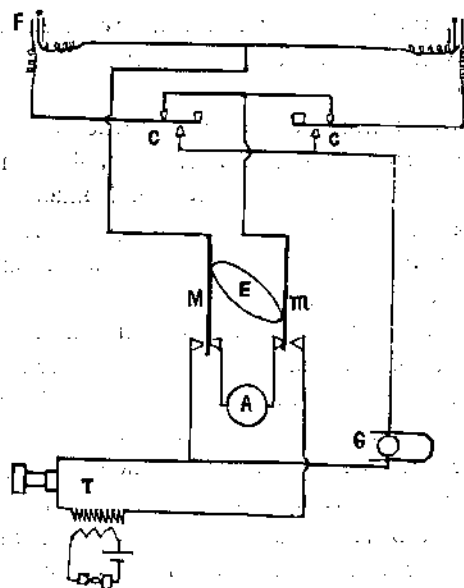
Фиг. 440.

маютъ шарикомъ *О* находящуюся на его оконечности пластинку *г* и соединяютъ линію *Л* съ однимъ изъ проводовъ мягкаго шнура *С*. Другой изъ его проводниковъ, соединенный съ тѣломъ штепселя, изолированнымъ отъ шарика *О*, приходитъ въ сообщеніе со стѣнками отверстія *е* джека и слѣдовательно съ линіей *Л*.

690. Коммутаторная доска *standard* для двойныхъ проводовъ. Джеки съ ихъ возбѣстителями собираются въ вертикальныя группы по 100 и помѣщаются въ стоящія рядомъ рамки. Определенное число двойныхъ штепселей, служащее для соединенія этихъ джековъ, соединено съ коммутаторами, помѣщенными на доскѣ, какъ это изображено на фиг. 441.

Когда одинъ изъ абонентовъ *А* дѣлаетъ вызовъ, телефонистъ, увидѣвъ паденіе возбѣстителя, вставляетъ штепсель *Ф* въ соответствующій джекъ и соединяетъ себя съ вызывающимъ абонентомъ посредствомъ поворота эксцентрика *Е*, изменяющаго положеніе пружинъ *М* и *т*. При помощи мягкаго шнура

Телефонистъ соединяетъ абонента со своимъ телефоннымъ аппаратомъ Т. Затѣмъ онъ беретъ второй штепсель *f*, соединенный съ первымъ, и вставляетъ его въ джэкъ вызваннаго абонента В. Нажавъ на вызывную пуговку *c*, онъ посылаетъ въ линію В токъ отъ магнитоэлектрической машинки *G*. Когда В отвѣтитъ, эксцентрикъ *E* поворачивается и цѣпи *A* и *B* остаются соединенными непосредственно. Въ отвѣтвленіи остается возвѣститель *A*, который указываетъ на конецъ разговора, когда *A* и *B* поплотъ въ линію токи отъ своихъ магнитоэлектрическихъ машинъ. Такимъ образомъ сопротивление возвѣстителя не входитъ въ цѣпь. На каждой доскѣ имѣется 10 двойныхъ штепселей съ соответствующими ключами, что достаточно для 100 джэковъ. \*



Фиг. 441.

Если число абонентовъ превосходитъ 100, то помѣщаютъ рядомъ нѣсколько такихъ досокъ, соединяемыхъ между собою джэками и особыми проводами. Если приходится сообщать абонентовъ, соединенныхъ съ различными досками, то телефонистъ, находящійся у доски вызывающаго абонента, дол-

женъ попросить телефониста, находящагося у доски абонента вызываемаго, соединить доски посредствомъ одного изъ служебныхъ джэковъ.

Если число абонентовъ превосходитъ 1200—1500, вывозы бываютъ очень часты, требуютъ сложныхъ соединеній и бываютъ причиной многихъ неправильностей.

**691. Многократныя коммутаторныя доски.** Многократныя коммутаторныя доски (*multiples*), придуманныя Госкинсомъ и Вильсономъ, устанавливаемыя на станціяхъ съ очень большимъ числомъ абонентовъ, позволяютъ одному телефонисту соединять между собою любыхъ двухъ абонентовъ, каково бы ни было число линий, сходящихся на станцію. Такимъ образомъ уменьшается на половину персоналъ станціи и на установленіе соединеній тратится меньше времени.

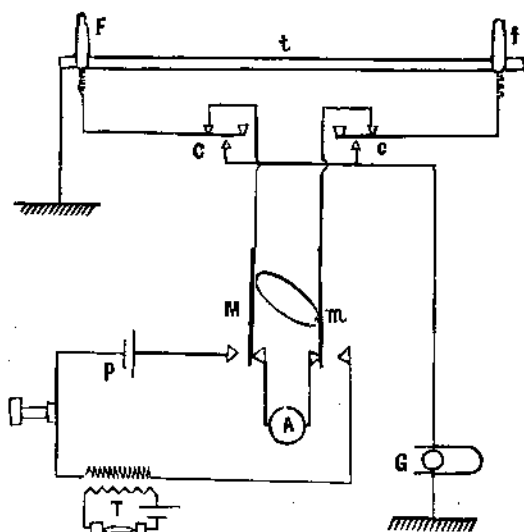
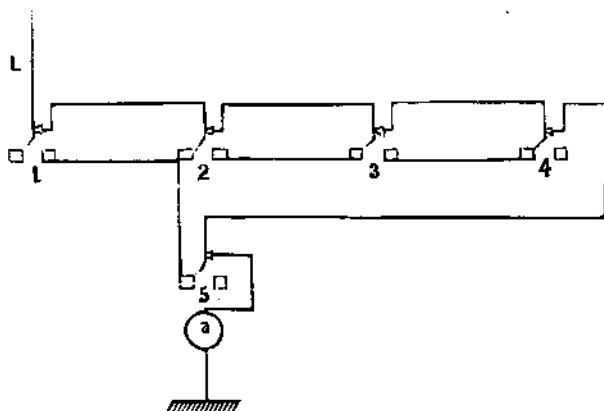
Чтобы не усложнять діаграммы, мы рассмотримъ случай однопроводной сѣти.

Каждая изъ линий абонентовъ имѣетъ свой джэкъ на каждой изъ досокъ. Такъ, линия L (фиг. 442) проходитъ послѣдовательно черезъ джэки 1, 2, 3 и 4, называемые *общими*, соединенные между собою, и затѣмъ приходитъ къ джэку 5, называемому *частнымъ*, находящемуся въ нижней части одной изъ досокъ.

Если на станцію сходятся 10000 линий и на каждой доскѣ находится 100 абонентовъ, то на каждой доскѣ будетъ 10000 общихъ джэковъ и 100 частныхъ. Послѣдніе снабжены возвѣстителями *a*. Общіе джэки по необходимости очень малы, иначе доска стала бы слишкомъ большой: 20 джэковъ занимаютъ пространство только въ  $29 \times 1,8$  сант.

Когда абонентъ А дѣлаетъ вызовъ, его возвѣститель падаетъ. Телефонистъ вставляетъ въ соответствующій частный джэкъ штепсель F, который въ случаѣ однопроводной цѣпи дѣлается сплошнымъ и въ покоѣ опирается на дощечку *t*, соединенную съ землей. Штепсель приходитъ въ соприкосновеніе съ пружиной джэка, отдѣляя ее отъ ея задержки. Повертывая эксцентрикъ, соединяютъ линію черезъ пружины M и *n* съ мѣстнымъ телефоннымъ аппаратомъ. Выслушавъ вызывающаго абонента, телефонистъ вставляетъ штепсель *f* въ

общій джэкъ, который имѣетъ абонентъ В на доскѣ абонента А. Онъ вызываетъ абонента В надавливая на вызывной ключъ с и, услышавъ отвѣтъ, оставляетъ обоихъ абонентовъ соединен-



Фиг. 442.

ныхъ между собой, оставивъ также въ цѣпи и возвѣститель конца разговора А.

Но можетъ случиться, что въ данное время абонентъ В соединенъ уже съ кѣмъ-нибудь другимъ на другой доскѣ. Въ этомъ случаѣ введеніе штѣпселя  $f$  въ общій джэкъ прерветъ разговоръ. Это затрудненіе избѣгаютъ при помощи особаго-приспособленія позволяющаго, замѣтить, занята ли линія абонента или нѣтъ. Металлическія стѣнки отверстій джэковъ одной и той же линіи соединены между собою, какъ это видно на фиг. 442, такъ, чтобы они образовали то, что называется *fil d'essai*. Когда линія В занята, то эта *fil d'essai* соединена съ землей черезъ штѣпсель, черезъ который установлено сообщеніе, и линію В. Если теперь, въ то время какъ эксцентрикъ соединяетъ штѣпсель  $f$  съ аппаратомъ телефониста, этотъ послѣдній коснется этимъ штѣпселемъ стѣнки отверстія джэка В, испытательная батарея  $p$  посылаетъ въ линіи кратковременный токъ и въ телефонъ слышенъ характерный трескъ. Если этого звука не слышно, то телефонистъ вдвигаетъ штѣпсель  $f$  до конца. Замѣтимъ, что токъ отъ  $p$  проходитъ по линіи В и по линіи соединеннаго съ нимъ абонента, но, будучи очень короткимъ, онъ не мѣшаетъ ихъ разговору.

Двухъ телефонистовъ достаточно для коммутаторной доски съ 100 частными джэками.

**692. Сложныя многократныя коммутаторныя доски.** Считается, что многократныя коммутаторныя доски позволяютъ имѣть на одной центральной станціи, — система нынѣ общепринятая, — отъ 10000 до 15000 абонентовъ.

По мѣрѣ увеличенія числа абонентовъ, въ большихъ центрахъ придется устанавливать другіе коммутаторы. Келлогъ и Бухардъ предложили систему, называемую сложная многократная (*multiple diviseur*), въ которой каждый абонентъ располагаетъ двумя вызовами противоположными токами. Первый вызовъ для одной половины абонентовъ, второй вызовъ — для второй половины. Эти два вызова принимаютъ два отдѣльные телефониста, изъ которыхъ каждый имѣетъ на рукахъ уже не всѣхъ абонентовъ, а только половину.

При этой системѣ производительность станціи удваивается. При двухпроводныхъ сѣтяхъ коммутаторы можно раздѣлить на 4 и даже на 8 группъ: комбинація двухъ проводовъ и



возврата черезъ землю позволяетъ устроить 8 различныхъ вызововъ.

**693. Распространеніе телефоніи.** Телефонія распространяется съ громадной быстротой, объясняемой тѣмъ, что польза, ею приносимая, пропорціональна числу абонентовъ.

Телефонные тарифы бываютъ двухъ родовъ: на большинство сѣтей всѣ абоненты вносятъ одинаковую годовую плату, что значительно упрощаетъ счетоводство. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ устанавливаютъ тарифы, пропорціональные числу сообщений, что, кажется, раціональнѣе, такъ какъ справедливѣе требовать плату пропорціональную оказаннымъ услугамъ. Кромѣ того, при этой системѣ центральнымъ станціямъ работы меньше, такъ какъ абоненты не требуютъ соединять ихъ съ другими, когда въ этомъ нѣтъ особой надобности.

Первое время стоимость сообщений уменьшается съ увеличеніемъ числа абонентовъ, такъ какъ при этомъ доля общихъ расходовъ, падающихъ на каждого, уменьшается. Но, начиная съ опредѣленнаго числа, эта стоимость опять начинаетъ увеличиваться, такъ какъ работа центральной станціи растетъ почти пропорціонально квадрату числа сходящихся къ ней цѣпей.

---

# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВѢЩЕНІЕ

---

## ЛАМПЫ НАКАЛИВАНІЯ.

**694 Образованіе свѣтовыхъ радіацій. Опыты Тесла.** Всѣ нагрѣтыя тѣла служатъ центрами радіаціи, образуемой колебаніями эфира. Смотра по продолжительности періода колебаній радіація проявляется различнымъ образомъ. Такъ, если проводникъ,—напримѣръ платиновую проволоку,—нагрѣвать при помощи электрическаго тока до температуры ниже  $350^{\circ}\text{Ц.}$ , то испускаемые проволокой лучи проявляются тѣмъ, что нагрѣваютъ болѣе холодныя тѣла, находящіяся вблизи нея. Число колебаній въ этихъ тепловыхъ лучахъ доходитъ до  $400 \cdot 10^{12}$  въ секунду. Между температурами  $350^{\circ}$  и  $450^{\circ}$  проволока начинаетъ испускать лучи, которые, кромѣ тепловаго дѣйствія, дѣйствуютъ и на глазъ. Это лучи свѣтовые.

Если продолжать увеличивать силу тока, то цвѣтъ проволоки постепенно переходитъ отъ темно-краснаго до ярко-краснаго и доходитъ до бѣлаго. Расложеніе бѣлаго свѣта при помощи призмы показываетъ, что онъ состоитъ изъ простыхъ лучей, которые въ видимой части спектра соотвѣтствуютъ числу колебаній между  $400 \cdot 10^{12}$  и  $800 \cdot 10^{12}$  въ секунду. За видимымъ спектромъ, въ сторону фіолетоваго конца, идутъ лучи, проявляющіеся главнымъ образомъ химическими дѣйствіями, напримѣръ, разложеніемъ солей серебра. Число колебаній эфира въ этихъ лучахъ достигаетъ  $1600 \cdot 10^{12}$  въ секунду.

Однимъ словомъ, по мѣрѣ повышенія температуры тѣла, его спектръ обогащается налагающимися другъ на друга лучами, соответствующими все болѣе и болѣе короткимъ волнамъ. Всѣ эти лучи проявляются тепловыми и химическими дѣйствіями, но на глазъ дѣйствуютъ только тѣ лучи, для которыхъ число колебаній въ секунду лежитъ между  $400 \cdot 10^{12}$  и  $800 \cdot 10^{12}$ .

На испусканіе твердымъ тѣломъ тепловыхъ лучей затрачивается нѣкоторое количество энергіи, которое почти пропорціонально первой степени температуры. Начиная съ момента, когда тѣло начинаетъ испускать свѣтовые лучи, количество доставляемаго свѣта растетъ гораздо скорѣе, чѣмъ температура. Отношеніе между свѣтовой энергіей и энергіей всѣхъ лучей тоже растетъ весьма быстро при возрастаніи температуры. Энергія всѣхъ лучей, испускаемыхъ тѣломъ, измѣряется помѣщая его въ непрозрачный калориметръ. Если употребить потомъ прозрачный калориметръ, то свѣтовые лучи уйдутъ изъ калориметра черезъ стѣнки его и ихъ энергія измѣряется разностью результатовъ полученныхъ изъ двухъ опытовъ. Однако разность не даетъ точную величину энергіи свѣтовыхъ лучей, такъ какъ часть темныхъ лучей уходитъ изъ калориметра, а часть свѣтовыхъ лучей задерживается.

Сказанное отношеніе для пламени свѣчи, въ которомъ частицы накаленного угля плаваютъ въ газѣ со слабою испускательною способностью, равняется только 0,00298. Количество тепла, выдѣляемаго въ секунду свѣчей, эквивалентно приблизительно 86 ваттамъ.

Электрическій токъ, проходящій черезъ тонкій проводникъ, позволяетъ развить въ небольшомъ объемѣ очень большое количество тепла и слѣдовательно произвести очень высокую температуру, что благопріятствуетъ испусканію свѣтовыхъ лучей.

Въ лампахъ съ вольтовой дугой отношеніи энергіи свѣтовыхъ лучей къ энергіи всѣхъ лучей достигаетъ 0,1. Количество энергіи, необходимое для полученія того же количества свѣта, которое даетъ свѣча, въ этомъ случаѣ уменьшается до 0,7 ватта.

Изъ сказаннаго видно, какое громадное преимущество

имѣютъ, теоретически, электрическія лампы сравнительно съ прежними способами произведенія свѣта. Кромѣ того, электрическія лампы выдѣляютъ гораздо меньше тепла и не выдѣляютъ вредныхъ газовъ. Тѣмъ не менѣе значительная доля выгоды, доставляемой электрическими лампами, теряется вслѣдствіе того, что электрическую энергію мы производимъ при помощи машинъ, утилизирующихъ только  $\frac{1}{10}$  энергій сжигаемаго въ паровыхъ котлахъ угля.

Несмотря на ихъ сравнительное превосходство, наши электрическія лампы далеки отъ совершенства, такъ какъ онѣ превращаютъ въ свѣтъ только одну десятую поглощаемой ими электрической энергіи. Испускаемые ими темные лучи потребляютъ 0,9 этой энергіи. По удачному сравненію Лоджа мы находимся въ положеніи органиста, который, чтобы произвести помощью своего инструмента нѣсколько высокихъ нотъ, долженъ былъ бы дуть во всѣ трубы своего органа. Такъ и электрикъ, которому нужны только лучи, число колебаній которыхъ лежитъ между  $400 \cdot 10^{12}$  и  $800 \cdot 10^{12}$  въ секунду, долженъ производить всѣ болѣе медленныя колебанія, поглощающія большую часть затрачиваемой энергіи.

Можно-ли надѣяться достигъ возможности избѣжать произведенія этихъ паразитныхъ лучей?

При накаливаніи постепенно появляются тепловые и свѣтовые лучи, тогда какъ явленія, которыхъ Видеманъ далъ общее названіе *люминесценции*, производятъ только собраніе свѣтовыхъ лучей. Когда при этомъ температура невысока, то явленіе называется *фосфоресценціей*.

Свѣтляки, воднящіеся на островѣ Кубѣ и изслѣдованные Ланглеємъ и Вери (*luciole cubaine*), испускаютъ исключительно лучи, находящіеся въ видимой части спектра, причемъ наибольшее количество энергіи приходится на долю лучей между желтыми и зелеными. Никольсъ \*) нашелъ, что нѣкоторые окиси, напримѣръ свѣжеприготовленные окиси магнія и цинка, будучи нагреваемы, испускаютъ свѣтъ, количество котораго значительно превосходитъ количества свѣта, испускаемаго накаленными тѣлами, находящимися при той же температурѣ.

\*) Nichols, *Electricien*, 5 Dec. 1890.

Если бы возможно было постоянно возобновлять подобныя вещества и нагревать ихъ до желаемой температуры, то получились бы источники свѣта гораздо болѣе экономичныя, чѣмъ проводники, накаливаемые токомъ.

Мы видѣли въ § 201, что электрическія колебанія образуютъ лучи, обладающіе свойствами подобными свойствамъ свѣтовыхъ лучей, число періодовъ въ секунду въ которыхъ можетъ доходить до нѣсколькихъ билліоновъ, если употреблять очень маленькіе вибраторы. Если бы удалось достаточно уменьшить размѣры этихъ послѣднихъ, то электрическія волны получили бы свойство дѣйствовать на глазъ, т. е. прямо бы произвели свѣтовые волны. Для этого необходимо, чтобы размѣры вибраторовъ были уменьшены до размѣровъ молекулъ. По всей вѣроятности подобныя колебанія получаютъ, когда подвергаютъ дѣйствию электрическихъ разрядовъ трубки съ разрѣженными газами. Электрическіе разряды производятъ какъ бы молекулярную бомбардировку, дѣлающую свѣтящимися молекулы тѣлъ, содержащихся въ трубкахъ, а также и стѣнки самихъ трубокъ. Электрическій разрядъ играетъ здѣсь такую же роль, какъ двигатель, выводящій маятникъ изъ положенія равновѣсія и затѣмъ оставляющій его свободно качаться.

Такъ какъ электрическія колебанія прекращаются весьма быстро, то приходится давать импульсы по возможности чаще. Обыкновенные прерыватели Румкорфовыхъ катушекъ въ этомъ отношеніи оставляютъ желать многого, такъ какъ періодъ ихъ колебаній несравненно продолжительнѣе, чѣмъ періодъ свѣтовыхъ колебаній.

Тесла удалось значительно усилить явленія, происходящія въ трубкахъ съ разрѣженнымъ воздухомъ, возобновляя очень часто молекулярное движеніе. Онъ употреблялъ переменные токи высокаго напряженія, получая ихъ двумя различными способами. По первому способу первичная цѣпь индукціонной катушки, безъ желѣзнаго сердечника, изолированной масломъ, питается альтернаторомъ съ большимъ числомъ полюсовъ, дающимъ 10000 періодовъ въ секунду. По второму способу получаютъ еще болѣе короткіе періоды, пропуская черезъ первичную цѣпь катушки колебательный разрядъ конденсатора

(§ 451). Этимъ способомъ получаютъ до 200,000 періодовъ въ секунду. Э. Томсонъ замѣтилъ, что можно еще уменьшить продолжительность періода направляя на разрядникъ, между шариками котораго появляется искра, струю воздуха, производимую мѣхами. Длинная стеклянная трубка, изъ которой выкачанъ воздухъ, начинаетъ ярко свѣтиться при поднесеніи ея къ одному изъ вторичныхъ зажимовъ катушки съ быстрыми альтернаціями. Эта трубка начинаетъ точно также свѣтиться, если ее помѣстить между двумя обкладками конденсатора, соединенными съ вторичными зажимами катушки. Обкладки эти могутъ находиться на значительномъ разстояніи другъ отъ друга, такъ что между ними образуется электростатическое колебательное поле, въ которомъ можно перемѣщать трубку. Такимъ образомъ получается лампа безъ электродовъ. Такъ какъ испускательная способность газовъ мала, то Тесла попытался примѣнить колебанія твердыхъ тѣлъ. Для этой цѣли онъ, какъ и Круксъ, помѣщалъ въ разрѣженное пространство различныя вещества. Если помѣстить въ трубку угольный стержень, соединенный электрически съ однимъ изъ вторичныхъ зажимовъ, то бомбардировка оставшимися въ трубкѣ воздушными молекулами накаливаетъ этотъ стержень.

**695. Фабрикація лампъ накаливанія.** Теоретически всякій проводникъ, который можетъ быть доведенъ токомъ до температуры бѣлаго каленія и который переносить въ воздухѣ или въ пустотѣ эту температуру не плавясь и не разлагаясь, можетъ служить для устройства лампы накаливанія. Такъ свѣтъ испускается поверхностью проводника, то полезно придавать ему форму нити или тонкой полоски, поверхность которыхъ велика сравнительно съ площадью поперечнаго сѣченія. Между металлами къ числу наименѣе плавкихъ принадлежатъ металлы группы платины, поэтому часто и пытались примѣнить эти металлы для приготовленія лампъ. Къ сожалѣнію температура плавленія платины и сродныхъ съ ней металловъ весьма близка къ температурѣ бѣлаго каленія и при всякомъ случайномъ усиленіи тока, проволока; по которой токъ проходитъ, плавится. Эдисонъ пытался устранить это неудобство помощью автоматическаго регулятора, вводя-

щаго въ цѣль сопротивленія, препятствующія току усиливаться далѣе опредѣленнаго предѣла. Но это приспособленіе сложно и кромѣ того оно не мѣшает болѣе или менѣе быстрой порчѣ платиновой нити.

Тѣло, которое повидимому лучше другихъ удовлетворяетъ разсматриваемой цѣли, есть уголь. Его испускательная способность велика и въ пустотѣ онъ переноситъ температуры болѣе высокія, чѣмъ какой либо другой проводникъ. Въ противоположность тому, что происходитъ въ металлахъ, его сопротивленіе уменьшается по мѣрѣ повышенія температуры.

Трудность получать тонкія и достаточно однородныя угольныя нити была преодѣлена Эдисономъ и многими другими изобрѣтателями. Въ принципѣ способъ полученія ихъ состоитъ въ обугливаніи въ закупоренныхъ сосудахъ натуральныхъ и искусственныхъ болѣе или менѣе чистыхъ фибръ.

Фибры эти должны быть весьма однородными; въ настоящее время употребляютъ пергаментированныя бумажныя нити или же нити, получаемыя при пропусканіи черезъ волоочильни тѣста изъ целлюлозы. Это тѣсто получается осажденіемъ раствора хлопчатой бумаги въ азотной или фосфорной кислотѣ посредствомъ сѣрнаго эфира и затѣмъ отмываніемъ слѣдovъ кислотъ. Иногда тѣсто выливается на стеклянныя пластинки такимъ же образомъ, какъ выливается чувствительныя эмульсія на фотографическія пластинки, и за тѣмъ разрѣзается на тонкія плоски. Но получаемыя такимъ образомъ нити менѣе прочны, чѣмъ круглыя.

Для карбонизаціи нити накладываются на угольную форму (фиг. 443) и связываются вмѣстѣ. Подобныя формы складываются въ тигель и покрываются, для избѣжанія доступа воздуха во время нагрѣванія, угольной пылью. Карбонизированныя нити сохраняютъ форму угольной болванки, на которой онѣ находились во время процесса карбонизаціи.

Въ настоящее время нити всегда подвергаютъ операціи, называемой по-англійски *flashig* (по франц. *renforcement*), — укрѣпленіе, имѣющее цѣлью сдѣлать нить болѣе прочною, ея сѣченіе болѣе правильнымъ и ея поверхность болѣе плотною и однородною. Усиленіе состоитъ въ томъ, что черезъ нить, находящуюся въ атмосферѣ какого нибудь газообразнаго

углеводорода внутри сосуда, въ которомъ поршневымъ насосомъ поддерживаютъ относительную пустоту, пропускаютъ электрической токъ. Когда подъ дѣйствіемъ тока нить накаливается до бѣла, углеводородъ разлагается и углеродъ осаждается на нити, покрывая ее твердымъ компактнымъ графитообразнымъ слоемъ сѣро-стального; слой похожъ на отложенія внутри газовыхъ ретортъ при перегонкѣ каменного угля. Осажденіе углерода происходитъ преимущественно на болѣе тонкихъ частяхъ нити, такъ какъ токъ, благодаря ихъ большому сопротивленію, нагреваетъ эти части сильнѣе. Слѣдовательно укрѣпленіе дѣлаетъ болѣе однородными поверхность и толщину нитей. Кромѣ того отлагающійся блестящій слой обладаетъ испускательной способностью значительно превосходящую способность тусклой поверхности нити, которою она обладаетъ послѣ корбонизаціи.



Фиг. 443.

Электрическая проводимость отлагающагося слоя угля значительно больше, чѣмъ проводимость угольного сердечника, потому можно легко слѣдить за операціей въ лампѣ накаливанія, у зажимовъ которой поддерживается постоянная разность потенциаловъ, наблюдая усиленія тока, происходящее вслѣдствіе быстрого уменьшенія сопротивленія нити.

Приготовленная согнутой въ подкову или петлей нить припаивается къ кусочкамъ платиновой проволоки, впаянной предварительно въ стекляныя трубочки. Стекло должно имѣть тотъ же коэффициентъ расширенія, что и металлъ, чтобы непроницаемость спаевъ оставалась полной при всякой температурѣ. Чтобы быть увѣреннымъ въ выполненіи этого условія, многія ламповыя фабрики сами готовятъ стекло. Соединеніе платины съ углемъ производится способомъ, подобнымъ спо-



собомъ укрѣплѣнія нити. Мѣста соединеній нагрѣваютъ въ жидкомъ углеродѣ при помощи тока, вводимого черезъ особые зажимы, регулируя его дѣйствіе. Углеродъ осаждается и образуетъ плотный проводящій слой вокругъ мѣста соединенія. Иногда соединенія дѣлаютъ при помощи угольного тѣста, которое сушатъ и вновь карбонизируютъ.

Трубочка, къ которой прикрѣплена нить, впаивается затѣмъ въ стеклянный сосудъ, могущій черезъ узкое отверстіе быть соединеннымъ съ ртутнымъ воздушнымъ насосомъ, который даетъ разрѣженіе, достигающее до 0,01 мил. ртутнаго столба. Употребляютъ насосы или производящіе барометрическую пустоту (насосъ Гейслера), или насосы типа Шпренгеля, обладающіе тѣмъ преимуществомъ, что они работаютъ непрерывно. Общій недостатокъ всѣхъ этихъ насосовъ состоитъ въ томъ, что они стоятъ дорого, а вмѣстѣ съ тѣмъ легко бьются и работаютъ медленно. Поэтому ихъ употребляютъ только для произведенія окончательной пустоты. Большую же часть воздуха удаляютъ обыкновенными поршневыми насосами. Говорятъ, что даже удается совершенно обойтись безъ ртутныхъ насосовъ, употребляя сложные поршневые насосы, при помощи которыхъ производится постоянно увеличивающееся разрѣженіе и уменьшается обратный входъ воздуха черезъ мѣста соединеній, такъ какъ обѣ стороны поршня каждого цилиндра соединяются съ резервуарами, въ которыхъ давленіе мало отличаются одно отъ другаго.

Посредствомъ насоса извлекается не только воздухъ, содержащійся въ стеклянномъ сосудѣ, но также и воздухъ, сгущенный въ угольной нити, такъ какъ уголь обладаетъ свойствомъ поглощать объемъ газа, значительно превосходящій его собственный. Заключающійся въ нити воздухъ необходимо извлечь, чтобы воспрепятствовать во-первыхъ ея сгоранію подъ дѣйствіемъ сильнаго тока, а во-вторыхъ и ея порчѣ отъ слѣдующей механической причины: предположимъ, что угольная нить заключена въ закупоренный сосудъ, вовсе не содержащій воздуха; въ тотъ моментъ, когда токъ накалитъ нить, давленіе газовъ сгущенныхъ въ ней сильно увеличится, и они начнутъ выходить, ломая оболочку и увлекая за собой частицы угля. Когда токъ прекратится, вновь начнется погло-

щеніе. Новое прохожденіе тока по нити вызоветъ новую потерю угля. Послѣ многократнаго повторенія этого явленія угольная нить станетъ, наконецъ, негодной къ употребленію и сломится. Въ то же время на стеклянныхъ стѣнкахъ сосуда отлагается уголь, отчего онѣ быстро темнѣютъ. Подъ конецъ операціи выкачиванія воздуха, черезъ нить начинаютъ пропускать токъ, силу котораго увеличиваютъ до тѣхъ поръ, пока лампа не пріобрѣтетъ яркость, превосходящую нормальную. Нагрѣваніе платиновыхъ проволокъ можетъ довести температуру прикасающагося къ нимъ стекла до  $300^{\circ}$  Ц., послѣ которой стекло подѣйствию постояннаго тока начинаетъ уже разлагаться. Свинецъ отлагается на катодѣ и чернить его, тогда какъ на анодѣ выделяются газы, позволяющіе воздуху войти въ сосудъ. Это затрудненіе обходятъ, употребляя для приготовления лампъ переменные токи. Комбинированное дѣйствіе тепла и воздушнаго насоса вызываетъ выходъ большей части сгущенныхъ въ углѣ газовъ. Самый сосудъ нагрѣваютъ тоже до  $300^{\circ}$  Ц., чтобы выгнать воздухъ, приставшій къ его стѣнкамъ. Подъ дѣйствіемъ описанной обработки строеніе угля уплотняется и угольная нить становится болѣе упругой и болѣе прочной.

Механическая причина, указанная выше, только отчасти объясняетъ улетучиваніе угля, которое подѣйствию тепла происходитъ непрерывно. По изслѣдованіямъ Ф. Вебера нормальная температура лампъ накаливанія во время горѣнія близка къ  $1570^{\circ}$  Ц. Когда температура подымается выше  $1600^{\circ}$  Ц., то распаденіе начинаетъ идти очень быстро и стеклянный сосудъ можетъ сдѣлаться чернымъ въ нѣсколько секундъ. Кромѣ того повидимому причиной черненія стекла лампъ служить и электрическое отталкиванія частицъ угля. Эдисонъ нашелъ, что помѣщая между двумя вѣтвями накаленной подковообразной нити платиновую пластинку и соединяя черезъ стеклянный сосудъ съ однимъ зажимомъ чувствительнаго гальванометра эту пластинку, а съ другимъ—соединяя положительную вѣтвь нити, въ гальванометрѣ наблюдаютъ токъ, идущій отъ положительной вѣтви къ пластинкѣ черезъ пустоту. Между пластинкой и отрицательной вѣтвью незамѣтно никакого тока. Флемингъ, придававшій этому опыту

различныя формы, приписываетъ наблюдаемое явленіе распаденію отрицательной вѣтви и отталкиванію молекулъ угля, заряженныхъ отрицательно къ пластинкѣ, которую онѣ электризуютъ.

Опыты Гесса показали, что для полученія хорошей свѣтовой отдачи давленіе внутри лампы никогда не должно быть больше 0,2 мил. ртутнаго столба, такъ какъ иначе теплопроводность воздуха вызываетъ потерю нѣкотораго количества энергіи.

Гиггинсъ испытывалъ двѣ лампы, изъ которыхъ въ одной пустота была сдѣлана возможно полной, тогда какъ въ другой давленіе воздуха достигало 2,5 мил. ртутнаго столба. При красномъ каленіи угольной нити стекло первой лампы нагрѣвалось до  $35^{\circ}$  Ц., стекло же второй до  $250^{\circ}$  Ц. Для накаливанія нитей въ первой лампѣ тратилось 4 ватта на свѣчу, во второй—15,2 ватта.

По окончаніи выкачиванія воздуха, о чемъ судятъ по сухому звуку ударовъ ртути въ насосѣ, запаиваютъ отверстіе. черезъ которое выкачиваютъ воздухъ, и къ стеклянной грушѣ припаиваютъ оправу, черезъ которое угольная нить соединяется съ проводникомъ тока.

Для этой цѣли лампа вставляется въ держалку-патронъ, съ которымъ соединены питающіе провода. Способъ вставленія лампы въ патронъ долженъ быть очень простъ, но лампа должна держаться въ немъ прочно и между нею и патрономъ не должно образоваться плохихъ контактовъ, вызывающихъ вредное нагрѣваніе.

Степень пустоты въ стеклянной грушѣ повѣряютъ, поднося ее въ темной комнатѣ къ одному изъ вторичныхъ зажимовъ катушки Румкорфа. Если пустота полная, то въ лампѣ не будетъ сіянія. Небольшой допустимый остатокъ воздуха вызываетъ сіянія на стѣнкахъ, производимое ударами колеблющихся молекулъ. Избытокъ воздуха причиняетъ въ лампѣ образованіе бѣлаго облака. Это явленіе происходитъ вслѣдствіе встрѣчи молекулъ внутри лампы.

Сіяніе вовсе не происходитъ на лампахъ, содержащихъ большое количество воздуха, но въ этомъ случаѣ колебанія угольной нити, вызываемыя механически, длятся гораздо меньше, чѣмъ если пустота достаточна.

Лампы накаливанія можно дѣлать всякихъ размѣровъ, мѣняя ихъ силу свѣта отъ небольшой части свѣчи до нѣсколькихъ тысячъ свѣчей. Наиболѣе распространены лампы въ 10—25 децимальныхъ свѣчей (см. фотометрическія единицы). Иногда употребляютъ лампы съ толстыми угольными нитями, средняя сила свѣта которыхъ равняется 100—500 свѣчей. Напряженія тока для которыхъ обыкновенно калибруютъ лампы, это 50, 65 и 100 вольтъ. При распредѣленіи энергіи трехфазными токами, употребляютъ лампы, имѣющія три уголька, соединенныя между собою въ одной точкѣ, черезъ свободные концы которыхъ входитъ токъ отъ трехъ проводовъ. Эти три уголька уравниваютъ, *укрепляя* ихъ въ содержащемъ углеродъ газѣ трехфазными токами.

**696. Способъ питанія лампъ накаливанія и продолжительность ихъ службы.** Обыкновенно лампы накаливанія питаются отъ проводниковъ, поддерживаемыхъ при постоянной разности потенциаловъ, въ отвѣтвленіи между которыми и помѣщаются лампы. Вслѣдствіе этого является необходимость дѣлать по возможности большимъ сопротивленіе угольных нитей, такъ какъ при этомъ возможно увеличить напряженіе тока и, слѣдовательно, уменьшить сѣченіе проводовъ. Однако до сихъ поръ не переходятъ напряженій въ 150—200 вольтъ, для которыхъ въ лампахъ средней силы придется употреблять длинныя, ломкія угольныя нити, легко ломающіяся отъ толчковъ, особенно когда лампы зажжены и сотрясенія приводятъ въ соприкосновенія между собой части нити. Пытались уменьшить перемѣщеніе нити при помощи платиновыхъ крючковъ, впайваемыхъ въ стекло лампы.

Нѣкоторые электрики примѣняютъ послѣдовательное соединеніе лампъ въ цѣпи, питаемой токомъ постоянной силы. Въ этомъ случаѣ, чтобы не пришлось поддерживать у зажимовъ генератора слишкомъ большой разности потенциаловъ, стараются уменьшить напряженіе у зажимовъ лампъ, снабжая ихъ короткими нитями, имѣющими малое сопротивленіе. При подобномъ соединеніи лампъ ихъ нужно снабжать автоматическимъ приборомъ, выключающимъ ихъ изъ цѣпи въ случаѣ поломки.

Иногда включают въ отвѣтвленіе группы изъ двухъ соединенныхъ послѣдовательно лампъ. Но этотъ способъ соединенія нельзя рекомендовать, такъ какъ при каждой замѣнѣ одной изъ лампъ, нить которой уже износилась и стала тоньше новой, имѣющей меньшее сопротивленіе, напряженіе у остающейся старой лампы значительно увеличится, отчего она сейчасъ же и портится. Это не такъ замѣтно, если послѣдовательно соединены пять или шесть лампъ и особенно, если употребляются промежуточные провода, описанные въ § 484.

Неизмѣняемость разности потенціаловъ у зажимовъ лампы въ значительной степени влияетъ на продолжительность ея службы. Отклоненіе въ 1,5—2% отъ нормальнаго напряженія, замѣщаемая при помощи фотометрическихъ наблюденій, ускоряютъ уже порчу лампы. Если напряженіе превосходитъ нормальное на 10%, то продолжительность службы лампъ уменьшается еще значительно, совершенно также, какъ подобное же возвышеніе температуры человѣческаго тѣла вызываетъ его смерть. Замѣчено, что употребленія для питанія аккумуляторовъ способствуетъ сохраненію лампъ. Съ перваго взгляда переменные токи кажутся невыгодными для лампъ, но опытомъ установлено, что въ этомъ отношеніи эти токи не хуже постоянныхъ. Теплосмкость угольныхъ нитей ограничиваетъ колебанія температуры, при токахъ съ употребляемымъ обыкновенно числомъ переменъ въ секунду.

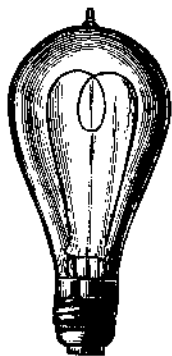
Различныя части нитей съ теченіемъ времени становятся постепенно болѣе тонкими и въ лампахъ, при прежней разности потенціаловъ, замѣчается уменьшеніе яркости. Мы вернемся еще къ этому вопросу, говоря о фотометрическихъ измѣреніяхъ.

Описавъ употребляемые нынѣ общіе приемы фабрикаціи лампъ, мы дадимъ здѣсь описаніе нѣсколькихъ особыхъ способовъ, нѣкоторые изъ которыхъ, впрочемъ, теперь уже оставляются и представляютъ только историческій интересъ.

**697. Лампа Эдисона.** Угольная нить для лампъ Эдисона получается посредствомъ карбонизаціи сплюснутыхъ бамбуковыхъ полосокъ.

Нити придаютъ форму подковы или свертываютъ петлей (фиг. 444). Петля занимаетъ меньше мѣста въ вышину, чѣмъ подкова. Кромѣ того она красивѣе на взглядъ и распредѣленіе свѣта при такой формѣ нити въ различныхъ горизонтальныхъ направленіяхъ, равномернѣе.

Бамбуковыя полоски накладываются въ формы, помѣщаемыя въ печь, и покрываются угольнымъ порошкомъ. Такимъ образомъ прекращаютъ доступъ воздуха во время процесса карбонизаціи. Въ первыхъ лампахъ Эдисона соединеніе угольной нити съ платиновыми проволоками, черезъ которыя входитъ токъ, производилось гальвано-пластическимъ осажденіемъ мѣди.

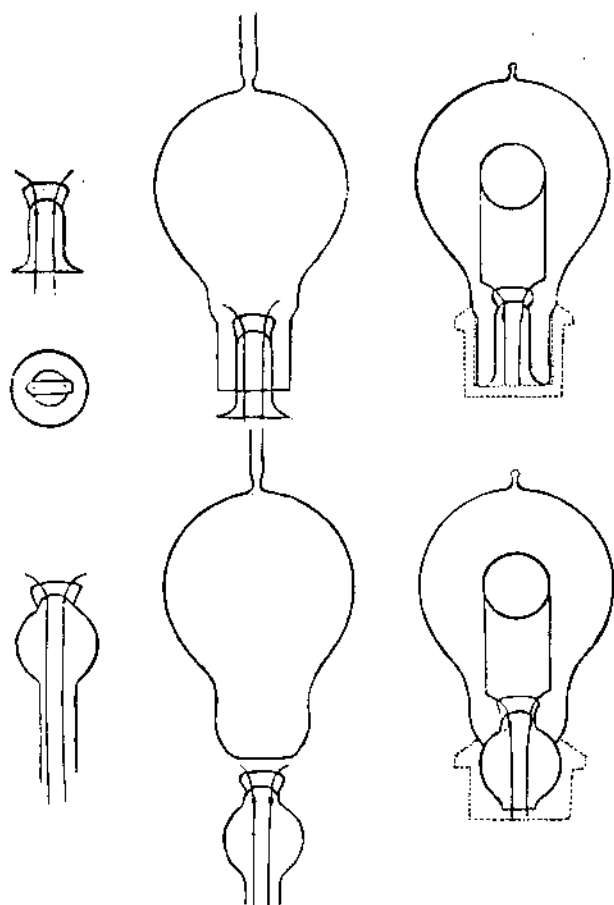


Фиг. 444.

Въ настоящее время мѣсто соединенія покрывается угольнымъ высушеннымъ слоемъ и затѣмъ карбонизируется. Въ видахъ экономіи платиновымъ проволокамъ даютъ въ точности длину, необходимую для того, чтобы они могли пройти сквозь трубку стеклянной поддержки. Снаружи они продолжаютъ мѣдными проволоками, припаянными къ оправѣ лампы. Чтобы имѣть возможность вставлять лампу въ патронъ, нижнюю часть лампы заливаютъ въ гипсъ, снаружи покрываемый латунной винтообразной оболочкой. Къ дну его прикрѣпляется такой же кружочекъ (фиг. 444). Эти металлическія части припаиваются каждая къ оконечности одной изъ мѣдныхъ проволокъ, соединенныхъ съ угольной нитью.

На фиг. 445, 446, 447, 448, 449 и 450 изображены два

различныхъ способа фабрикаціи стеклянной груши и укрѣпленія угольныхъ нитей. На фиг. 448, 449 и 450, изображающихъ первый способъ, металлическіе электроды входятъ въ лампы черезъ расширенную часть стеклянной трубки, сплю-

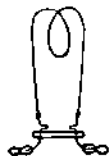


Фиг. 445, 446, 447, 448, 449 и 450.

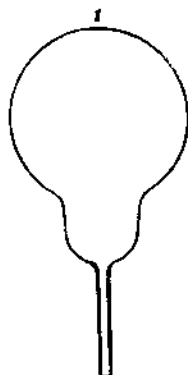
щенной въ верхней части. Фарадей Прокторъ упростилъ укрѣпленіе нити, какъ это показываютъ фиг. 445, 446 и 447. При укрѣпленіи нити по этому способу, гипсовая оправа, обозначенная пунктиромъ, держится крѣпче.

Лампа ввинчивается въ патронъ, внутренняя боковая поверхность котораго состоитъ изъ тонкаго латуннаго листа, вдавленнаго такъ, что онъ служитъ гайкой для винта на гипсовой оправѣ. На днѣ патрона находится металлическая пластинка, на которую упирается латунный кружочекъ оправы лампы. Иногда патронъ снабжаютъ выключателемъ, позволяющимъ по желанію тушить или зажигать лампу. Патронъ Эдисона очень хорошъ съ точки зрѣнія прочности и качества контактовъ. Его можно навинчивать на трубку, черезъ которую проходятъ провода, соединенные съ главными распределителями тока.

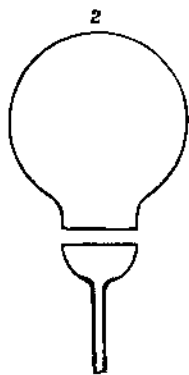
**698. Лампа Свана.** Угольная нить этой лампы, свернутая петлей, получается посредствомъ карбонизаціи пучка хлопчатобумажныхъ нитей, предварительно подготовленныхъ погруженіемъ въ разведенную сѣрную кислоту.



Фиг. 451.



Фиг. 452.



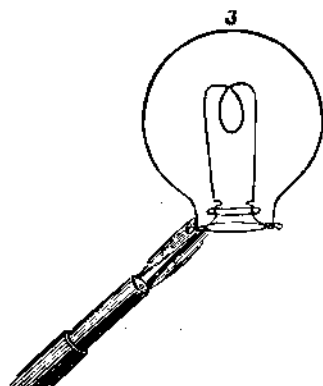
Фиг. 453.

Концы нити соединены угольнымъ слоемъ съ платиновыми проволоками, соединенными маленькимъ стекляннымъ мостишкомъ (фиг. 451) \*). Стеклянному сосуду лампы придается форма, указанная на фиг. 452, затѣмъ онъ разрѣзается, какъ показано на фиг. 453. Платиновые проволоки припаиваются на паяльной трубкѣ къ краямъ стекляннаго сосуда (фиг. 454) и

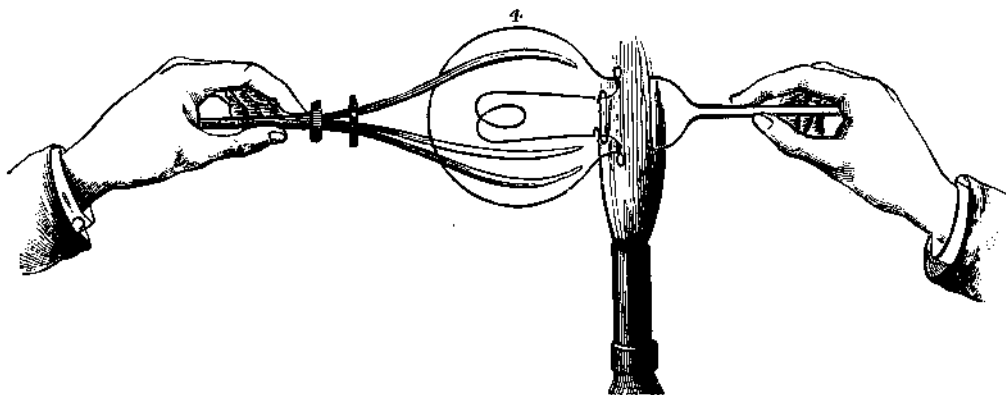
\*) Gordon, *A practical treatise of el clic lighting*, p. 68.



затѣмъ обѣ его части вновь спаиваются (фиг. 445) такъ, чтобы лампа получила форму, указанную на фиг. 456. Нижняя трубка служитъ для введенія газа во время операціи укрѣпленія угольной нити и затѣмъ для выкачиванія воздуха, при чемъ нить постепенно доводится до температуры краснаго каленія.



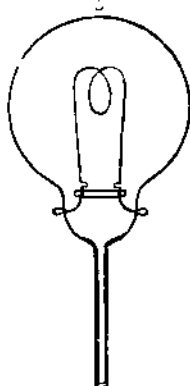
Фиг. 454.



Фиг. 455.

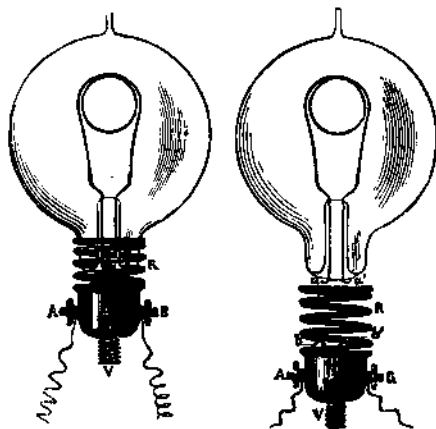
Въ настоящее время упрощаютъ устройство лампы, укрѣпляя платиновыя проволоки въ сплюснутой стеклянной трубчкѣ и впаивая эту трубчку въ нижнюю часть стекляннаго сосуда, въ верхней части котораго есть отверстіе для выкачиванія воздуха.

Патронъ для лампъ Свана очень простъ: концы платиновыхъ проволокъ, согнутые въ петельки  $a, a'$  (Фиг. 457), зацѣпляются за крючки  $b, b'$ , соединенные съ зажимами  $A$  и



Фиг. 456.

$B$ , къ которымъ прикрѣпляются питающіе провода. Чтобы контакты были лучше, между лампой и патрономъ вставляютъ пружину  $R$ , стремящуюся разъединить ихъ. Эта система обла-

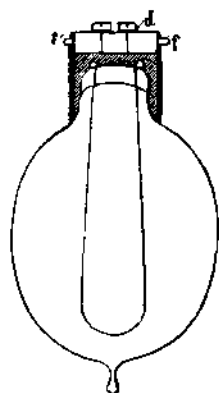


Фиг. 457.

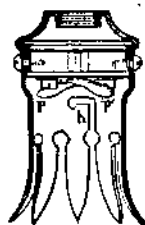
даетъ нѣкоторой упругостью, предохраняющей лампу отъ сильныхъ толчковъ, которые могли бы вызвать переломъ накаливающей нити. Но за то поверхность контактовъ очень

мала и вдобавокъ случается, что пружина не одинаково тянетъ оба крючка: тогда одинъ изъ контактовъ становится плоскимъ и въ немъ появляются искры, плавящія платину.

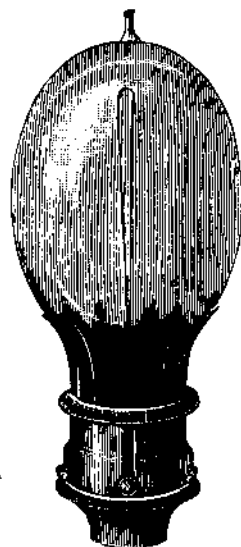
**699. Лампа Викторія.** Угольная нить готовится изъ волоконъ палочной травы. Головки винтовъ *d* (фиг. 458 и 459), къ которымъ прикрѣплены оконечности нити, упираются въ пружины *P*, *P'*, соединенныя съ электрическою цѣпью. Штыковые прорѣзы, *h*, черезъ которые проходятъ штифты *f*, *f'*,



Фиг. 458.



Фиг. 459.



Фиг. 460.

удерживаютъ лампу въ положеніи, при которомъ контакты хороши. Другое устройство патрона, изображенное на фиг. 460 подобно устройству патрона Свана. Пружина этого послѣдняго замѣнена звѣздообразнымъ расширеніемъ, состоящимъ изъ двухъ частей, соединенныхъ шарнирами, которые прижимаются къ лампѣ эластичнымъ кольцомъ. Оправы лампъ Викторія имѣютъ очень красивый видъ.

**700. Лампа Круто. Первый способъ.** Круто придумалъ покрывать углемъ при помощи операций, подобной *укрѣпленію*, очень тонкую платиновую проволоку (0,01 миллиметра въ

діаметръ), получаемую по способу Волластона. По способу Волластона платиновая проволока протягивается через волоочильню до тѣхъ поръ, пока діаметръ ея не достигнетъ 0,03 мил. Затѣмъ она покрывается слоемъ серебра и вновь протягивается сквозь волоочильню. Наконецъ проволока погружается въ азотную кислоту, въ которой растворяется серебрянная оболочка.

Во время *укрѣпленія* платиновой проволоки, помѣщенной въ среду углеводородовъ, ея электрическое сопротивленіе постепенно уменьшается по мѣрѣ того, какъ отлагаемый слой угля утолщается и сила тока постепенно увеличивается. Когда угольный слой достигнетъ желаемой толщины, о чемъ судить по силѣ тока при опредѣленной разности потенциаловъ, напряжение увеличиваютъ до тѣхъ поръ, пока платина не улетучится. Платина соединяется при этомъ съ углемъ.

Вслѣдствіе гибкости платиновой проволоки, при прохожденіи тока, петля стремится деформироваться подъ электромагнитнымъ дѣйствіемъ земнаго магнетизма. При этихъ условіяхъ трудно получить такія правильныя петли, какъ въ другихъ лампахъ, но большая испускательная поверхность этихъ нитей служить причиной ихъ хорошей свѣтовой отдачи.

*Второй способъ.* Описанный способ приготовленія угольных нитей довольно дорогъ, такъ какъ для него требуются особыя платиновыя проволоки и продолжительное *укрѣпленіе*, на что тратится много электрической энергіи. Кромѣ того за операціей надо внимательно слѣдить, что тоже стоитъ дорого. Поэтому Круто замѣнилъ свой способъ слѣдующимъ, гораздо болѣе дешевымъ.

Къ профильтрованному раствору 80 граммовъ сахара въ 200 граммахъ дистиллированной воды прибавляютъ, капля за каплей, 300 граммовъ сѣрной кислоты. Къ получающейся красной, густой жидкости прибавляютъ воды до тѣхъ поръ, пока плотность ея не дойдетъ до 2° Боме, причемъ для однородности смѣси жидкость непрерывно перемѣшиваютъ. Затѣмъ растворъ фильтруютъ и полученное тѣсто пропускаютъ сквозь волоочильню. Выходяція изъ волоочильни нити сушатся сначала на воздухѣ, затѣмъ въ воздушной банѣ и, наконецъ, карбонизируются въ формахъ, наполненныхъ пылью изъ дре-

веснаго угля. Вынимаемая изъ печи угольная нить укрѣпляется и обрабатывается совмѣстнымъ дѣйствіемъ тепла и пу-  
стоты, какъ это мы видѣли раньше.

**701. Лампа Сила.** Угольные нити готовятъ изъ отростковъ стеблей особаго сорта пальмы, называемой *Pias-sava*. Бѣловатую часть этихъ отростковъ слѣдуетъ удалять. Остальной части придается желаемая толщина, пропуская ее нѣсколько разъ между какой нибудь подставкой и треугольной вырѣзкой въ лезвіи ножа. Получаемая такимъ образомъ правильная нить разрѣзается на части нужной длины и укрѣпляются сургучемъ на угольной формѣ. Формой служитъ прямоугольная пластинка, имѣющая по одному краю параллельную ему щель, такъ что въ формѣ отдѣляется стержень, вокругъ котораго обматываютъ одинъ разъ середину нити. Такимъ образомъ на ней дѣлается петля. Формы съ нитями накладываются въ тигли, наполняемые тонкимъ графитовымъ порошкомъ, и все помѣщается въ печь, гдѣ нити и карбонизируются. Затѣмъ нити помѣщаются подъ стеклянный колоколъ, изъ котораго выкачиваютъ воздухъ, и наполняютъ его нѣсколько разъ свѣтильнымъ газомъ.

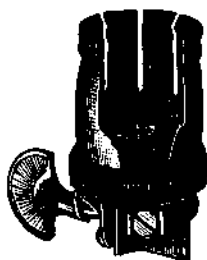
Въ этомъ состояніи нити подвергаются дѣйствію тока такого напряженія, чтобы онѣ накалились. Будучи сначала очень ломкими и обладая большимъ сопротивленіемъ, нити становятся постепенно эластичнѣе и прочнѣе, принимаютъ блѣдно-сѣрую окраску и ихъ сопротивленіе быстро уменьшается. Токъ прекращаютъ, когда его сила достигнетъ опредѣленной величины.

Двѣ платиновыя проволоки впаяны въ два кусочка стекла. Ихъ верхніе концы сплющены и свернуты въ трубочки, въ которыя вводятъ концы угольныхъ нитей. Мѣсто соединеній наполняютъ угольнымъ тѣстомъ, которое затѣмъ высушиваютъ въ воздушной банѣ. Вся система впивается въ стеклянный сосудъ, который послѣ паянія отжигается. Въ верхней части сосуда имѣется трубочка, черезъ которую его соединяютъ съ воздушнымъ насосомъ, начинающимъ выкачиваніе воздуха. Выкачиваніе ведется при помощи ртутнаго насоса возможно дольше и подъ конецъ операціи черезъ угольную нить начинаютъ пропускать токъ, увеличивая постепенно его силу.

**702. Патронъ Вестингауза.** На фиг. 461 и 462 изображены детали патрона съ выключателемъ, употребляемаго Вестингаузомъ. Оправа лампы охватывается съ боковъ и въ то же время металлическій наконечникъ, соединенный съ однимъ изъ концовъ угольной нити, входитъ между двумя пружинными пластинками, вслѣдствіе чего образуется хорошій контактъ. Ключъ съ эксцентрикомъ позволяетъ соединять двѣ другія пластинки, изображенныя въ нижней части рисунка на



Фиг. 461.

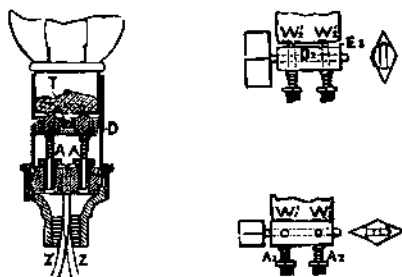


Фиг. 462.

фиг. 461. Американцы очень часто употребляютъ эти ключи, подобные кранамъ газовыхъ горѣлокъ въ частныхъ домахъ. Въ Европѣ обыкновенно предпочитаютъ употреблять особый коммутаторъ для одной или нѣсколькихъ лампъ, помѣщаемый въ легко доступномъ мѣстѣ, напримѣръ, около входной двери. При этомъ цѣль будетъ длиннѣе, но за то удобство больше. Коммутаторъ можетъ быть сдѣланъ видимымъ въ темнотѣ при помощи фосфоресцирующей краски.

**703. Патронъ Гриволаса.** На фиг. 463, 464 и 465 изображенъ патронъ, придуманный Гриволасомъ для лампъ накаливанія. Проволоки  $Z, Z$ , приводящія токъ, прикрѣплены къ стержнямъ  $A, A$ , могущимъ двигаться въ вертикальномъ направленіи и притягиваемымъ вверхъ пружинами. Лампа, укрѣпленная въ патронѣ, какъ штыкъ на ружьѣ, имѣетъ въ нижней части два металлическихъ контакта  $W'_1, W'_2$ , соединенныхъ съ угольной нитью. На фиг. 463 виденъ подъ этими контактами дискъ-коммутаторъ  $D$ , подвижной вокругъ вертикальной оси, снабженный двумя металлическими вертикальными

стержнями, которые можно, при помощи ключа  $T$ , привести въ такое положеніе, что они соединять стержни  $A$  съ контактами  $W'$ . На фиг. 464 и 465 представлено другое устройство. Ключемъ  $D$ , служитъ эбонитовый цилиндръ, подвижной вокругъ горизонтальной оси. Черезъ него проходятъ два штифта



Фиг. 463, 464 и 465.

могущіе соединить угольную нить съ проводами, приводящими токъ. На фиг. 465 положеніе коммутатора таково, что токъ прерванъ.

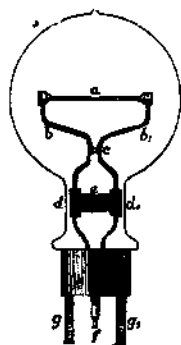
Въ патронахъ безъ ключей контакты  $W'$ , опираются непосредственно на стержни  $A$ .

**704. Лампа Бернштейна.** Бернштейнъ, одинъ изъ сторонниковъ послѣдовательнаго соединенія лампъ накаливанія, употребляетъ короткія, угольныя нити съ малымъ сопротивленіемъ, получаемыя посредствомъ карбонизаціи трубочекъ изъ шелковой ткани или изъ угольнаго тѣста.

Трубчатая форма служить для возможнаго увеличенія свѣтящейся поверхности. Несмотря на это толщина уголька мѣшаетъ такому сильному излученію, какое существуетъ въ обыкновенныхъ лампахъ. Кромѣ того, потеря тепла черезъ угольныя поддержки значительно уменьшаетъ свѣтовую отдачу системы.

Прямой уголекъ  $a$ , укрѣпленъ на двухъ металлических проволокахъ  $b, b'$  (фиг. 466), черезъ которыя проходитъ токъ. Чтобы цѣпь лампъ оставалась замкнутой даже, когда уголекъ переломится, проволоки  $b, b'$  соединены пружиной, изолиро-

ванной отъ нихъ, стремящейся ихъ сдвинуть вмѣстѣ. При поломкѣ уголька цѣпь сейчасъ же замыкается контактомъ с.



Фиг. 466.

Въ патронѣ тоже есть приспособленіе, благодаря которому цѣпь замыкается немедленно, какъ только изъ него вынимаютъ лампу.

**705. Починка лампъ накаливанія. Способъ Потонье.** Ограниченность времени службы угольныхъ нитей лампъ накаливанія и зачерненіе стекла вслѣдствіе медленнаго улетучиванія угля, служатъ важными недостатками лампъ накаливанія и всякій практичный способъ, стремящійся ихъ уменьшить, заслуживаетъ особаго вниманія. Поэтому мы укажемъ здѣсь на способъ, придуманный Потонье. Одинъ опытъ можетъ показать, стоитъ-ли его примѣнять при настоящей дешевизнѣ лампъ накаливанія.

Въ испорченной лампѣ, въ верхней ея части, продѣлывается отверстіе достаточной величины, чтобы можно было черезъ него ввести новую угольную нить. Старая нить обрѣзается приблизительно на разстояніи одного миллиметра отъ платиновыхъ проволокъ. Концы новой нити поочередно подводятся къ оставшимся концамъ и припаиваются въ атмосферѣ углеводородовъ уже описаннымъ способомъ. Затѣмъ стеклянный сосудъ очищаютъ пламенемъ, пока онъ не получитъ прежнюю прозрачность, припаиваютъ къ нему часть, черезъ которую выкачиваютъ воздухъ и оканчиваютъ операцію, какъ съ новой лампой.



## ЛАМПЫ СЪ ВОЛЬТОВОЙ ДУГОЙ,

**706. Явление вольтовой дуги.** Сила тока, который проходит по угольной нити лампы накаливанія, должна быть умѣряема, чтобы нить не испортилась слишкомъ скоро, и допустимая необходимая сила тока значительно ниже той, при которой свѣтовая отдача лампы была бы наибольшей, какъ мы въ этомъ можемъ убѣдиться при помощи фотометрическихъ наблюдений, о которыхъ будемъ говорить ниже. Чтобы получить все свѣтовое дѣйствіе, которое можетъ дать уголь, необходимо жертвовать имъ доводя накаливанія до температуры, при которой уголь быстро испаряется.

Это и происходитъ въ вольтовой дугѣ, полученной впервые Деви \*) при слѣдующихъ условіяхъ. Этотъ ученый соединилъ два полюса сильной батареи съ двумя палочками изъ

---

\*) Гораздо ранѣе Деви вольтова дуга была получена въ С.-Петербургѣ проф. Медико-Хирургической Академіи (впослѣдствіи академикомъ) Василиемъ Петровымъ. Въ 1802 г. пр. Петровъ, употребивъ, устроенную имъ батарею Вольта въ 4,200 паръ, и два древесныхъ угля, воспроизвелъ явление, впослѣдствіи получившее названіе „вольтовой дуги“. Описаніе многочисленныхъ опытовъ, произведенныхъ пр. Петровымъ, находится въ книгѣ, изданной въ 1803 г. въ С.-Петербургѣ, подъ названіемъ: *„Извѣстіе о Гальвано-Вольтовскихъ опытахъ, которые производилъ Профессоръ Физики Василий Петровъ, посредствомъ огромной наипаче батареи состоявшей иногда изъ 4,200 жѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ и находящейся при Санкт-Петербургской Медико-Хирургической Академіи“*. Въ главѣ VII этой книги пр. Петровъ такъ описываетъ свой опытъ: „Есть-ли на стеклянную плитку, или на скамеечку со стеклянными ножками будутъ положены два или три древесныхъ угля, способные для произведенія свѣтоносныхъ явленій посредствомъ Гальвано-Вольтовской жидкости, и есть-ли котомъ металлическими, изолированными направителями (directores), сообщенными съ обоими полюсами огромной батареи, приближать оныя одинъ къ другому на разстояніе отъ одной до трехъ линій; то является между ними весьма яркой бѣлаго цвѣта свѣтъ или пламя, отъ котораго оныя угли скорѣе или медлительнѣе загораются, и отъ которыхъ темный покой довольно ясно освѣщенъ быть можетъ“. Опыты пр. Петрова долго оставались совершенно неизвѣстными и только въ самое послѣднее время получили извѣстность, благодаря А. Л. Гершуню Лаборанту С.-Петербургскаго Университета, разыскавшему книгу пр. Петрова, и въ особенности, пр. Н. Г. Егорову, нынѣшнему замѣстителю пр. Петрова на кафедрѣ Военно-Медицинской Академіи.

*Прим. перев.*

## ЛАМПЫ СЪ ВОЛЬТОВОЙ ДУГОЙ,

**706. Явленіе вольтовой дуги.** Сила тока, который проходит по угольной нити лампы накаливанія, должна быть умѣриваема, чтобы нить не испортилась слишкомъ скоро, и допустимая необходимая сила тока значительно ниже той, при которой свѣтовая отдача лампы была бы наибольшей, какъ мы въ этомъ можемъ убѣдиться при помощи фотометрическихъ наблюдений, о которыхъ будемъ говорить ниже. Чтобы получить все свѣтовое дѣйствіе, которое можетъ дать уголь, необходимо жертвовать имъ доводя накаливанія до температуры, при которой уголь быстро испаряется.

Это и происходитъ въ вольтовой дугѣ, полученной впервые Деви \*) при слѣдующихъ условіяхъ. Этотъ ученый соединилъ два полюса сильной батареи съ двумя палочками изъ

---

\*) Гораздо ранѣе Деви вольтова дуга была получена въ С.-Петербургѣ проф. Медико-Хирургической Академіи (въ послѣдствіи академикомъ) Василиемъ Петровымъ. Въ 1802 г. пр. Петровъ, употребивъ, устроенную имъ батарею Вольта въ 4,200 паръ, и два древесныхъ угля, воспроизвелъ явленіе, въ послѣдствіи получившее названіе „вольтовой дуги“. Описание многочисленныхъ опытовъ, произведенныхъ пр. Петровымъ, находится въ книгѣ, изданной въ 1803 г. въ С.-Петербургѣ, подъ названіемъ: *„Извѣстіе о Гальвано-Вольтовскихъ опытахъ, которые производилъ Профессоръ Физики Василій Петровъ, посредствомъ огромной наипаче батареи состоявшей иногда изъ 4,200 мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ и находившейся при Санкт-Петербургской Медико-Хирургической Академіи“*. Въ главѣ VII этой книги пр. Петровъ такъ описываетъ свой опытъ: „Есть-ли на стеклянную плитку, или на скамеечку со стеклянными ножками будутъ положены два или три древесныхъ угля, способные для произведенія свѣтоносныхъ явленій посредствомъ Гальвано-Вольтовой жидкости, и есть-ли потомъ металлическими, изолированными направителями (directores), сообщенными съ обоими полюсами огромной батареи, приближать оные одинъ къ другому на разстояніе отъ одной до трехъ линій; то является между ними весьма яркой бѣлаго цвѣта свѣтъ или пламя, отъ котораго оные угли скорѣе или медленнѣе загораются, и отъ которыхъ темный покой довольно ясно освѣщенъ быть можетъ“. Опыты пр. Петрова долго оставались совершенно неизвѣстными и только въ самое послѣднее время получили извѣстность, благодаря А. Л. Гершуцу Лаборанту С.-Петербургскаго Университета, разыскавшему книгу пр. Петрова, и въ особенности, пр. Н. Г. Егорову, нынѣшнему замѣстителю пр. Петрова на кафедрѣ Военно-Медицинской Академіи.

Прим. перев.

древеснаго угля. Раздвигая постепенно угли онъ замѣтилъ, что сближенные концы, накалинные до ослѣпительнаго бѣлаго каленія, были соединены потрокомъ накалиннаго газа, изогнутымъ въ дугу струей поднимающагося теплаго воздуха, почему онъ и назвалъ это явленіе явленіемъ вольтовой дуги.

Такъ какъ древесный уголь сгораетъ очень скоро, то его сначала замѣняли палочками, вырѣзанными изъ осадка, образующагося на стѣнкахъ газовыхъ ретортъ при перегонкѣ угля. Получаемыя такимъ образомъ палочки очень тверды, но онѣ очень пористы и содержатъ нечистоты, испаряющіяся въ вольтовой дугѣ, понижающія ея температуру и вызывающія колебанія дуги и измѣненіе ея окраски. Въ настоящее время исключительно употребляютъ искусственный уголь, получаемый посредствомъ аггломерации очень чистаго мелкаго коксового порошка при помощи какого-нибудь вещества, превращающагося въ уголь при накаливаніи въ замкнутомъ тиглѣ.

**707. Вольтова дуга.** Вольтову дугу можно разсматривать какъ электрическую искру, поддерживаемую улетучиваніемъ угля, которое образуетъ между сосѣдними концами угольных палочекъ атмосферу, становящуюся проводящей при очень высокой температурѣ. Эта проводимость позволяетъ имѣть дугу при разности потенциаловъ между концами углей меньше 50 вольтъ, тогда такъ чтобы пройти черезъ такое же пространство при обыкновенной температурѣ, электричество должно бы было имѣть громадное напряженіе. Поэтому необходимо приводить сначала угли въ соприкосновеніе, а затѣмъ раздвигать ихъ, пока вольтова дуга не достигнетъ желаемой длины.

Когда явленіе происходитъ въ разрѣженномъ пространствѣ или нейтральномъ газѣ, то замѣчается переносъ матеріи по направленію тока, уголь соединенный съ положительнымъ полюсомъ генератора, сгораетъ, конецъ же отрицательнаго угля покрывается слоемъ перенесенной матеріи. Въ то же время улетучивающійся уголь осаждается на стѣнкахъ сосуда, содержащаго угли, которыя быстро темнѣютъ. Если бы этого не было, то было бы выгодно получать дугу въ нейтральномъ газѣ, чтобы уменьшить сгораніе углей.

Собственно дуга имѣетъ голубоватую окраску. Въ воздухѣ же она окружена красноватымъ пламенемъ, происходящимъ вслѣдствія горѣнія испаряющагося угля. При большой длинѣ дуги это пламя подымается въ бокъ и лижетъ верхній уголь. Оконечности углей, нагрѣваемые вслѣдствія близости источника тепла, сжигаются кислородомъ воздуха и принимаютъ форму усѣченныхъ конусовъ, тѣмъ яснѣе выраженную, чѣмъ угли менѣе плотны. Однако внѣшній видъ обоихъ концовъ при постоянномъ токѣ не одинаковъ. Въ положительномъ углѣ, помѣщаемомъ обыкновенно на верху, образуется углубленіе, въ формѣ *кратера*, тогда какъ конецъ отрицательнаго угля округляется. Если оба угля имѣютъ одинаковый діаметръ и одинаковый составъ, то положительный уголь сгораетъ вдвое скорѣе отрицательнаго. Температура кратера настолько высока, что уголь размягчается и можетъ при соприкосновеніи сплавляться съ отрицательнымъ.

Наблюденіе показываетъ, что собственно дуга гораздо менѣе ярка, чѣмъ концы углей и особенно, чѣмъ положительный уголь, который и есть истинный источникъ свѣта. Изъ всего количества свѣта, доставляемаго дугой, 10% доставляетъ отрицательный уголь 5% сама дуга. Спектръ дуги содержитъ всѣ цвѣта солнечнаго спектра; кромѣ того онъ содержитъ и ультра-фіолетовые лучи, особенно способствующія химическимъ реакціямъ, между прочимъ происходящимъ въ тканяхъ растений и при фотографированіи. Очень сильныя дуги производятъ на кожѣ особое явленіе, называемое *солнечнымъ ударомъ*.

Спектръ вольтовой дуги пересѣченъ блестящими линіями, производимыми главнымъ образомъ паромъ углерода. Абней нашель, что спектръ кратера положительнаго угля не зависитъ отъ длины дуги и ея силы свѣта. Это наблюденіе подтверждаетъ предположеніе, что температура кратера (3500° по Вильсону) неизмѣнена и что она соответствуетъ точкѣ испаренія углерода. Это же наблюденіе объясняетъ, почему постороннія вещества, содержащіяся въ углѣ, уменьшаютъ силу свѣта источника. Дѣйствительно, углеродъ есть тѣло, обладающее самой высокой температурой испаренія; всякое другое простое тѣло должно понижать температуру источника свѣта и слѣ-

довательно уменьшать его яркость. Всякое сложенное тѣло немедленно разлагается въ дугѣ и тоже вызываетъ пониженіе температуры.

То, что яркость самой дуги, не смотря на крайне высокую ее температуру, которую Росетти считаетъ равной 4800° Ц., сравнительно не велика, объясняется слабой испускательной способностью паровъ.

Практика показала, что выгодно помѣщать угли вертикально, одинъ на продолженіи другаго, причемъ положительный уголь помѣщается надъ отрицательнымъ, но не слишкомъ близко къ нему. Отрицательный уголь берутъ меньшаго диаметра, чѣмъ положительный. Кратеръ, образующій источникъ свѣта, такимъ образомъ болѣе открытъ и можетъ посылать свои лучи съ боковъ на землю, при этомъ отрицательный уголь не будетъ давать тѣни. Чтобы освѣщать предметы стоящія надъ источникомъ свѣта, иногда помѣщаютъ положительный уголь подъ отрицательнымъ. Тогда дуга получаетъ стремленіе перемѣщаться вокругъ углей.

**708 Кажущееся сопротивленіе вольтовой дуги.** Короткую вольтову дугу, примѣрно въ 0,5 милъ, длиной, между двумя углями можно получить при разности потенціаловъ въ 25—30 вольтъ. Но такое разстояніе между углями трудно поддерживать. На концѣ отрицательнаго угля образуется нарость, который стремится спаять угли, и при поломкѣ ножки котораго разстояніе между углями быстро мѣняется. Для дуги съ такой слабой разностью потенціаловъ требуются очень твердые и плотные угли. Длина обыкновенно употребляемыхъ длинныхъ дугъ превосходить 2 мил. и разность потенціаловъ между углями мѣняется отъ 40 до 45 вольтъ. Въ подобномъ источникѣ свѣта нарость уже не растетъ, такъ какъ конецъ отрицательнаго угля сгораетъ въ кислородѣ воздуха и концы углей имѣютъ гораздо болѣе правильную форму. Очень странное явленіе состоитъ въ томъ что трудно поддерживать дугу при разности потенціаловъ между 30 и 40 вольтами. При такихъ разностяхъ потенціаловъ дуга шипитъ и сгораніе углей происходитъ неправильно.

По мѣрѣ раздвиганія углей съ цѣлью удлинить дугу.

слѣдуетъ увеличивать разность потенціаловъ, чтобы преодолѣвать сопротивленіе газообразной массы. Если при увеличеніи разстоянія между углями не увеличивать напряженія, дуга исчезаетъ. Токъ можно прерывать на  $\frac{1}{10}$  секунды, не боясь потуханія, такъ какъ въ теченіи этого времени газообразная атмосфера между углями сохраняется. Этотъ фактъ доказываетъ возможность питанія дуги переменными токами; сила которыхъ періодически переходитъ черезъ нуль. Дугу можно сгибать и тушить струей воздуха или поднося къ ней магнитъ, силовыя линіи котораго дѣйствуютъ по правилу Ампера.

Разность потенціаловъ  $e$ , необходимая для поддержанія дуги, производимой токомъ постоянного напряженія, можетъ быть выражена линейной функціей длины дуги. Если обозначить черезъ  $l$  эту длину, то разность потенціаловъ  $e$  будетъ:

$$e = a + bl.$$

Второй членъ правой части выражаетъ потерю напряженія, вызываемую сопротивленіемъ накаленной атмосферы дуги. Значеніе же перваго члена этой части  $a$  интерпретируется различнымъ образомъ. Эдлундъ и нѣкоторые другіе ученые считаютъ  $a$  величиной противной электродвижущей силы, образующейся въ дугѣ. Но до настоящаго времени не существуетъ ни одного прямого убѣдительнаго доказательства существованія этой электродвижущей силы. Мало того, объяснить происхожденіе такой силы очень трудно, развѣ только допустить, что электродвижущая сила контакта между углемъ и дугой сравнительно очень велика. Большинство считаетъ, что постоянный членъ  $a$  выражаетъ паденіе потенціала, вызываемое сопротивленіемъ перехода отъ дуги къ углямъ и обратно. Этотъ членъ измѣняется въ зависимости отъ поперечнаго сѣченія дуги; онъ разлагается на двѣ части: одну, выражающую паденіе потенціала у положительнаго угля, вторую—выражающую это паденіе около оконечности отрицательнаго угля.

Съ углями въ 12 мил. въ діаметрѣ и при длинѣ дуги отъ 6 до 16 мил. Уппенборнъ нашелъ для  $a$  величину, равную 38 вольтамъ. Онъ измѣрялъ паденіе потенціала при переходѣ отъ углей къ дугѣ при помощи вольтметра и вспомогательной

угольной палочки съ заостреннымъ концомъ, помѣщавшейся въ дугѣ, поочередно около обоихъ углей. У положительнаго угля Уппенбориъ получилъ 32, 5 вольтъ, у отрицательнаго 5,5 вольтъ. Этотъ результатъ показываетъ, что большая часть тепла развивается въ кратерѣ, чѣмъ и объясняется особенная яркость этой части источника свѣта.

С. Томпсонъ приписываетъ паденіе потенціала, наблюдаемое на угляхъ, скрытой теплотѣ испаренія углерода. По его мнѣнію это паденіе соотвѣтствуетъ работѣ, потребляемой при переходѣ его изъ твердаго состоянія въ газообразное,

Не зная опредѣленно о существованіи въ дугѣ противной электродвижущей силы, обозначаютъ именемъ *кажущагося сопротивленія* дуги отношеніе разности потенціаловъ на концахъ углей къ силѣ тока.

Съ точки зрѣнія свѣтового эффекта выгодные употреблять по возможности тонкіе угли. Шрейгаге показалъ, что при равныхъ сила тока и одинаковыхъ разностяхъ потенціаловъ количество свѣта, доставляемаго источникомъ, почти обратно пропорціоально діаметру углей для діаметровъ мѣняющихся отъ 7 до 18 мил. Но, чтобы уменьшить расходованіе угля и нагрѣваніе его токомъ, слѣдуетъ увеличивать діаметръ съ увеличеніемъ силы тока.

Фогель замѣтилъ, что экономичность освѣщенія вольтовой дугой увеличивается, до нѣкоторыхъ предѣловъ, съ увеличеніемъ длины дуги. При дугахъ, длинѣ этихъ предѣловъ, кратеръ исчезаетъ, куда начинаетъ перемѣщаться вокругъ положительнаго угля и свѣтъ становится непостояннымъ.

Для токовъ отъ 4 до 25 амперъ употребляютъ положительные угли въ 8—18 мил. въ діаметрѣ. Въ очень сильныхъ источникахъ свѣта употребляютъ пучки углей или же пустотѣлые угли. Отрицательный уголь всегда тоньше положительнаго.

Если угли очень тонки и очень чисты, то можно получать очень постоянныя дуги при токахъ въ 1—2 ампера и 40—45 вольтъ, но регулирующіе механизмы становятся очень нѣжными, что заставляетъ избѣгать употребленія такихъ дугъ.

Сильныя дуги, напримѣръ въ 100 амперъ, тоже трудно подерживать и онѣ при регулированіи производятъ сильный шумъ.

Чаще всего употребляемыя дуги имѣютъ длину въ 4,5—5 мил. и для нихъ употребляются угли въ 12 мил. и 8 мил. Сила тока бываетъ около 8 амперъ, а разность потенціаловъ— 42 вольтъ. Въ этомъ случаѣ углей сгораетъ 4—5 сант. въ часъ.

**709. Примѣненіе переменныхъ токовъ.** Если дуга питается переменными токами, то на обоихъ угляхъ происходятъ одни и тѣ же явленія и концы обоихъ заостряются. Нижний уголь сгораетъ нѣсколько медленѣе, чѣмъ верхній, такъ какъ второй подвергается еще дѣйствию восходящей струи воздуха, сжигающей его съ боковъ. Концы обоихъ углей свѣтятся одинаково, отчего распредѣленіе свѣта одинаково какъ вверхъ такъ и въ низъ въ противоположномъ тому, что происходитъ въ дугахъ, питаемыхъ постояннымъ токомъ. Такъ какъ обыкновенно освѣщаемые предметы расположены подъ источникомъ свѣта, то надъ дугами переменнаго тока приходится помѣщать рефлекторы. Для питанія дугъ переменными токами не требуется такой значительной разности потенціаловъ, какъ для питанія ихъ постояннымъ токомъ. Тогда какъ въ послѣднемъ случаѣ требуется 40—45 вольтъ на дугу, въ первомъ нужно только 32—35 вольтъ. Но за то, при равной силѣ свѣта, дѣйствующая сила тока въ дугахъ переменныхъ должна быть больше. Переменные токи заставляютъ дрожать угли и производить въ лампахъ довольно непріятный шумъ. Этотъ шумъ уменьшаютъ, употребляя закрытые колпаки.

**710. Приготовленіе искусственныхъ углей.** Угли, употребляемые въ дуговыхъ лампахъ, должны быть плотными и однородными. Для этой цѣли въ продолженіи долгаго времени примѣняли способъ фабрикаціи углей Карре и Родуэна, состоящій въ томъ, что измельченный уголь, графитъ, нефтяной коксъ, и т. п. вещества связываются сахарнымъ сиропомъ или другимъ веществомъ, превращающимися въ уголь при накаливаніи въ замкнутомъ пространствѣ. Тѣсто тщательно перемѣшивается и пропускается подъ большимъ давленіемъ черезъ волоочильню. Получается цилиндръ требуемаго діаметра, разрѣзаемый на куски въ 25—40 сант. Иногда угольные палочки готовятъ подвергая значительному давленію тѣсто, накладываемое въ цилиндрическія формы. Получаемые



этими послѣднимъ способомъ угли болѣе плотны, но ихъ сѣченіе не столь равномерно.

Угольные палочки сначала тщательно просушиваются въ нагрѣваемой постепенно воздушной банѣ, а затѣмъ подвергаются возможно полному обугливанію, чтобы извлечь изъ тѣста всѣ углеводороды. Вынимаемые изъ печи угли пористы. Чтобы сдѣлать ихъ плотными ихъ погружаютъ въ густой, нагрѣтый растворъ сахара. Сиропъ медленно протекаетъ въ поры. Когда уголь достаточно пропитается, его высушиваютъ и затѣмъ снова карбонизируютъ постепенно повышая температуру, чтобы не измѣнить форму цилиндра. Эта операція повторяется пока угли не сдѣлаются достаточно плотными.

Въ настоящее время фабриканты углей достигли возможности получать отличные продукты послѣ однократнаго обжиганія, что позволяетъ обойтись безъ длинной и дорогой операціи пропитыванія. Вещество служащее для приготовления тѣста, есть смѣсь графита и ретортного кокса, превращенная въ мельчайшій порошокъ и связанная дегтемъ, очищеннымъ отъ всякихъ щелочныхъ и землистыхъ примѣсей. Сорта кокса, получаемыя при перегонкѣ минеральныхъ маселъ или нефтяныхъ остатковъ, особенно пригодны по своимъ качествамъ для этой фабрикаціи. Превращеніе въ порошокъ совершается при помощи двухъ стальныхъ цилиндровъ или жернововъ. Измельченіе ведется какъ можно дальше и затѣмъ порошокъ просѣивается. Переѣшиваніе съ дегтемъ производится при помощи особыхъ жернововъ. Всѣ эти операціи производятся съ цѣлью получить возможно однородное тѣсто. Воздухъ изъ тѣста выгоняется при помощи механическаго молота, бьющаго по тѣсту и превращающаго его въ цилиндрическій кусокъ. Этотъ кусокъ помѣщаютъ въ цилинръ, въ днѣ котораго имѣется узкое отверстіе и поршень котораго подвергается гидравлическому давленію въ 200—300 атмосферъ. Такимъ образомъ тѣсто два или три раза продавливается и получается въ видѣ карандашей, которые помѣщаются въ огнеупорные тигли. Цилиндръ нагрѣвается паровой рубашкой, чѣмъ размягчается деготь и количество его въ тѣстѣ уменьшается. Обжиганіе производится въ газовыхъ печахъ, состоящихъ изъ отдѣльныхъ камеръ, въ которыхъ можно мѣнять темпе-

ратуру постепенно. При этомъ углеводородъ улетучивается медленно и смѣсь остается по охлажденіи очень плотной. Вся операція длится 7—8 дней.

Чтобы провѣрить качество углей, ихъ вставляютъ въ чувствительный регуляторъ и опредѣляютъ, при помощи вольтметра, измѣненія напряженія между углями дуги.

Въ угляхъ, предназначенныхъ для положительныхъ полюсовъ дугъ, устраиваются обыкновенно фитили изъ угольного тѣста, высушеннаго, но не обожженнаго, такъ что въ немъ остается нѣкоторое количество углеводородовъ. Испареніе ихъ увеличиваетъ проводимость атмосферы въ центрѣ дуги. Сравнительная мягкость фитиля удерживаетъ кратеръ на оси положительнаго угля. Очень тонкіе угли покрываются слоемъ мѣди съ цѣлю увеличить ихъ проводимость. Продажные угли въ 11—16 мил. въ діаметрѣ имѣютъ сопротивленіе, мѣняющееся отъ 0,45 до 0,6 омовъ на метръ. Ретортный уголь имѣетъ сопротивленіе въ 5—20 разъ больше.

**711. Классификація лампъ съ вольтовой дугой.** Дуговыя лампы раздѣляются на двѣ категоріи, смотря по тому, какимъ способомъ удерживается концы углей на постоянномъ разстояніи другъ отъ друга, несмотря на уменьшеніе ихъ длины вслѣдствіе сгорания и переноса частицъ.

1. *Лампы съ регуляторами*, въ которыхъ угли сближаются по мѣрѣ того, какъ они сгораютъ, при помощи особаго механизма.

2. Лампы, въ которыхъ разстояніе между углями неизмѣнно и они отдѣлены другъ отъ друга твердымъ, изолирующимъ веществомъ, такъ что разстояніе между концами углей остается постоянно неизмѣннымъ. *Электрическія свѣчи*, въ которыхъ угли помещены параллельно и изолированы другъ отъ друга, входятъ въ эту категорію.

## РЕГУЛЯТОРЫ ВОЛЬТОВОЙ ДУГИ.

**712. Условія, которымъ должны удовлетворять регуляторы.** Лампы съ регуляторами должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1. Необходимо, чтобы угли, соприкасающіеся до прохожденія тока, раздвигались подъ дѣйствіемъ тока на опредѣлен-

ное разстояніе, которое желаютъ получить, зависящее отъ силы свѣта и отъ силы тока.

По мѣрѣ того, какъ угли сгораютъ, механизмъ долженъ сближать ихъ такъ, чтобы разстояніе между концами не измѣнялось. Если дуга прекратится, то угли должны сейчасъ же прийти въ соприкосновеніе.

Чтобы выполнить эти условія, регуляторъ долженъ необходимо обладать.

1. Движущей силой для сближенія углей. Обыкновенно этой движущей силой служитъ тяжесть верхняго угля и его держалки. Иногда прибѣгаютъ къ помощи пружинъ и даже не большихъ электродвигателей.

2. Механизмомъ, раздвигающимъ угли на опредѣленное разстояніе при началѣ прохожденія тока. Этотъ механизмъ обыкновенно состоитъ изъ электромагнита, по которому проходитъ токъ, притягивающаго сердечникъ или арматуру, къ которой прикрѣпленъ одинъ изъ углей.

3. Механизмомъ, сближающимъ угли по мѣрѣ сгоранія. Этотъ механизмъ составляетъ иногда одно цѣлое съ предыдущимъ иногда же отдѣленъ отъ него. Если, на примѣръ, разность потенциаловъ на угляхъ поддерживается постоянной, то удлиненіе дуги, вызываемое сгораніемъ углей, уменьшаетъ силу тока и, слѣдовательно, дѣйствіе на арматуру или сердечникъ электромагнита, приводящаго въ дѣйствіе механизмъ, раздвигающій угли, что позволяетъ углямъ сблизиться.

Желательно, чтобы одинъ изъ двухъ названныхъ механизмовъ могъ бы раздвигать угли на разстояніе, превосходящее длину нормальной дуги въ случаѣ, если ея сопротивленіе уменьшится, на примѣръ при сильномъ выдѣленіи газовъ, происходящемъ вслѣдствіе разложенія углеводородовъ, заключающихся въ угляхъ. Подобная регулировка противодѣйствуетъ измѣненіямъ яркости, происходящимъ въ это время.

Лампы съ регуляторами содержатъ еще нѣсколько вспомогательныхъ приспособленій. Движенія подвижныхъ частей часто смягчаются амортизаторами или тормазами. Когда питается послѣдовательно большое число лампъ, особый механизмъ выключаетъ лампы при ихъ потуханіи, вызываемомъ, на примѣръ, изломомъ углей. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ лам-

пахъ, предназначенныхъ для непрерывнаго горѣнія въ продолженіи долгаго времени, на примѣръ 16—20 часовъ, избѣгаютъ употребленія слишкомъ длинныхъ углей устанавливая двѣ пары углей, причемъ угли одной пары не приходятъ въ соприкосновеніе до тѣхъ поръ, пока вторая пара не сгоритъ. Того же результата достигаютъ, употребляя два плоскихъ, очень широкихъ угля, помѣщенныхъ въ одной плоскости, одинъ на продолженіи другого. Дуга образуется на краяхъ углей и перемѣщается такъ, чтобы соединять наиболѣе близкія другъ къ другу ихъ части. Употребляются также плоскіе пучки углей, служащіе подобно описаннымъ плоскимъ сплошнымъ углямъ. Всѣ эти приспособленія позволяютъ получать долгое непрерывное горѣніе, но они не даютъ того постоянства свѣта, какъ обыкновенныя лампы.

Для упрощенія механизма часто нижній уголь укрѣпляется неподвижно. Верхній уголь одинъ перемѣщается по мѣрѣ сгоранія углей. Но при этой системѣ дуга постепенно опускается, поэтому этого сорта лампы непримѣнимы для рефлекторовъ и прожекторовъ. Для этихъ послѣднихъ необходимо, чтобы свѣтящаяся точка не перемѣщалась т. е. чтобы оба угля перемѣщались такъ, чтобы ихъ перемѣщеніе было пропорціонально сгоранію каждаго.

Мы изложимъ, по Пасквалини \*), принципъ устройства наиболѣе употребительныхъ механизмовъ для сближенія углей при ихъ сгораніи.

Свѣтъ, испускаемый вольтовой дугой, зависитъ отъ ея длины  $l$ , силы тока  $i$ , разности потенциаловъ на концахъ углей  $e$  и отъ діаметра углей. Мы видѣли, что для данныхъ углей и для определенной силы тока существуетъ соотношеніе.

$$e = a + bl$$

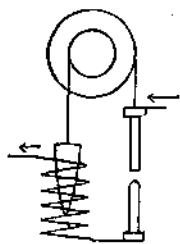
гдѣ  $a$  и  $b$  — величины постоянныя.

Слѣдовательно для углей определеннаго діаметра сила свѣта будетъ простой функціей  $e$  и  $i$ . Регуляторы могутъ имѣть цѣлью поддерживать постоянную одну изъ этихъ величинъ или какую-либо ихъ функцію.

\*) *La Lumière Electrique*, t. 34, p. 312.

**713. Регуляторы постоянной силы тока.** Первые употреблявшіеся регуляторы были регуляторы постоянной силы тока. На фиг. 467 схематически изображенъ такой аппаратъ, въ которомъ нижній уголь предполагается неподвижнымъ. Вѣсъ верхняго угля и его держателя служить двигателемъ для сближенія углей. Этотъ вѣсъ отчасти уравнивается сердечникомъ, который можетъ быть втягиваемъ соленоидомъ, соединеннымъ послѣдовательно съ углями. Усилія передаются шнурками и шкивами, изображенными на чертежѣ.

Въ моментъ замыканія тока сердечникъ втягивается и угли раздвигаются. Равновѣсіе наступаетъ, когда магнитное притяженіе компенсируетъ разность  $p$  между вѣсомъ движущаго груза и вѣсомъ сердечника.



Фиг. 467.

Сердечнику придаются такіе размѣры, что при постоянной силѣ тока и въ опредѣленныхъ предѣлахъ перемѣщенія притяженіе остается неизмѣннымъ, каково бы ни было положеніе сердечника въ соленоидѣ. Мы видѣли (въ §. 154), что это условіе удовлетворяется для достаточно большихъ перемѣщеній при конической формѣ сердечниковъ. Допустивъ, что это условіе выполнено и назвавъ черезъ  $n$  число оборотовъ въ соленоидѣ и черезъ  $k$  постоянную, получимъ условіе равновѣсія:

$$kni = p,$$

откуда уравненіе регулятора

$$i = C,$$

гдѣ  $C$  — постоянная.

Чтобы притягательная сила оставалась постоянной, прихо-

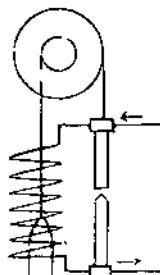
дится ограничивать насколько возможно перемѣшеніе сердечника, употребляя шкивы различныхъ діаметровъ, какъ это видно изъ чертежа.

Въ нѣкоторыхъ лампахъ регулирующий электромагнитъ не дѣйствуетъ непосредственно на держатель верхняго угля. На этотъ держатель дѣйствуетъ особый механизмъ, дѣйствіе котораго останавливается арматурой электромагнита. Въ этой системѣ арматура преодолеваетъ сопротивление пружины, препятствующей ея движенію. Если назвать черезъ  $f$  усиліе сопротивленія пружины, то уравненіе регулятора будетъ:

$$kni = f$$

Послѣдняя система дѣйствуетъ не непрерывно, какъ первая. Она начинаетъ дѣйствовать только тогда, когда сила тока выходитъ изъ опредѣленныхъ предѣловъ.

**714. Регуляторы постоянной разности потенциаловъ.** Въ приборахъ втораго класса, принципъ устройства которыхъ виденъ на фиг. 468, сближеніе углей производится соленоидомъ, помѣщеннымъ въ отвѣтвленіи у углей. Всѣ сердеч-



Фиг. 468.

ника въ этомъ случаѣ долженъ быть больше, чѣмъ вѣсъ верхняго угледержателя.

Особый механизмъ, не изображенный на чертежѣ, поддерживаетъ угли въ соприкосновеніи, пока черезъ нихъ не проходитъ токъ. Когда токъ начнетъ проходить, нормальное разстояніе между углями устанавливается при равенствѣ вѣса  $p$  и магнитнаго притяженія соленоида.

Если назвать черезъ  $n'$  число оборотовъ проволоки въ соленоидѣ, черезъ  $r'$  — ея сопротивленіе и черезъ  $i'$  — силу тока, проходящаго черезъ него, то будемъ имѣть:

$$k' n' i' = p.$$

Но такъ какъ

$$i' = \frac{e}{r'}$$

то

$$k' n' \times \frac{e}{r'} = p.$$

Такъ какъ, далѣе, единственная переменная величина въ предыдущемъ уравненіи есть  $e$ , то уравненіе регулятора будетъ

$$e = C,$$

гдѣ  $C$  — постоянная.

Поэтому подобные регуляторы называются *регуляторами постоянной разности потенциаловъ*.

Обыкновенно въ регуляторахъ верхній уголь удерживается задержкой, приводимой въ движеніе арматурой соленоида, а раздвиженіе углей производится электромагнитомъ, включаемымъ послѣдовательно, и переменяющимся нижній уголь при замыканіи тока. При удлинении дуги наступаетъ моментъ, когда перемѣщеніе сердечника соленоида становится достаточнымъ для того, чтобы передвинуть задержку и верхній уголь начинаетъ опускаться подъ дѣйствіемъ собственной тяжести, пока дуга не достигнетъ нормальной длины.

**715. Дифференціальные регуляторы.** Въ приборахъ третьяго класса оба предыдущихъ механизма комбинированы. Двойной сердечникъ, уравнивающий въ точности вѣсъ верхняго угля съ его держателемъ, входитъ въ два соленоида, изъ которыхъ одинъ помѣщенъ въ отвѣтвленіи, а другой включенъ послѣдовательно съ углями. Въ моментъ замыканія цѣпи главный токъ очень силенъ и дѣйствіе нижняго соленоида преобладаетъ, отчего угли раздвигаются и появляется дуга. Нормальное разстояніе между углями устанавливается, когда будетъ удовлетворено условіе:

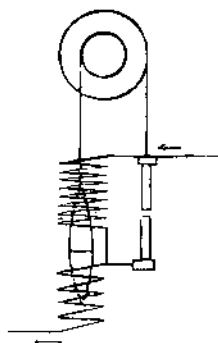
$$k n (i + i') = k' n' i',$$

откуда

$$\frac{e}{i} = \frac{k n r^i}{k^i n^i - k n} = C,$$

гдѣ  $C$  — постоянная.

Въ этой системѣ отношеніе разности потенциаловъ къ силѣ тока, т. е. кажущееся сопротивленіе дуги остается постояннымъ. Регуляторы эти называются *дифференціальными* или



Фиг. 469.

*регуляторами постоянного сопротивления.* Они наиболее чувствительны къ измѣненіямъ  $i$  и  $e$  уже потому, что они подчиняются разности ихъ дѣйствій. Однако многіе конструкторы предпочитаютъ лампы съ электромагнитомъ въ отвлѣченіи, на которыя меньше вліяютъ кратковременныя пониженія напряженія тока.

Тѣ же комбинаціи примѣнимы и для переменныхъ токовъ, если только сердечники электромагнитовъ дѣлать пластинчатыми или составлять ихъ изъ проволокъ съ цѣлью уменьшить токи Фуко.

**716. Питанія регуляторовъ. Добавочныя сопротивленія.** Разсмотримъ случай питанія регуляторовъ, включенныхъ въ цѣпь параллельно. Въ этомъ случаѣ приходится включать послѣдовательно съ каждой лампой *добавочное сопротивление*, такъ какъ вслѣдствіе слабого сопротивленія углей генераторъ замыкался бы на себя при каждомъ зажиганіи и при каждомъ соприкосновеніи углей между собой, что вызывало бы толчки въ двигателѣ и колебаніе свѣта въ



другихъ лампахъ, включенныхъ въ ту же цѣпь. Кромѣ того, такъ какъ сопротивленіе дуги уменьшается по мѣрѣ усиленія тока, то этотъ токъ стремится постоянно возрастать и не существуетъ регулятора, который могъ бы дѣйствовать настолько быстро, чтобы помѣшать установленію тока очень большой силы. Цѣль добавочнаго сопротивленія — уменьшать разность потенціаловъ углей, вызывая паденіе потенціала, увеличивающееся при усиленіи тока. Очевидно, кромѣ того, что безъ такого сопротивленія регуляторъ постоянной разности потенціаловъ не могъ бы дѣйствовать въ цѣпи, питаемой токомъ постояннаго напряженія, такъ какъ механизмъ сближающій угли по мѣрѣ ихъ сгорания, будучи основанъ на измѣненіи разности потенціаловъ, въ этомъ случаѣ вовсе бы не дѣйствовалъ.

Добавочныя сопротивленія состоятъ изъ металлическихъ спиралей, навитыхъ на изоляторы, находящіеся на металлической рамкѣ, и помѣщаемыхъ на открытомъ воздухѣ. Иногда употребляютъ тонкую желѣзную проволоку, наматывая ее поверхъ слоя слюды на газовыя трубы. Проволока эта очень сильно нагревается, когда угли случайно придутъ въ соприкосновеніе и добавочное сопротивленіе возрастаетъ вмѣстѣ съ температурой т. е. вмѣстѣ съ силой тока, обратно сопротивленію дуги, которое уменьшается при усиленіи тока. Такимъ образомъ происходитъ компенсація, помогающая механизму регулировать дѣйствіе лампы.

Вообще чѣмъ больше добавочное сопротивленіе, тѣмъ меньше чувствителенъ долженъ быть регулирующий механизмъ, необходимый для постоянства свѣта лампы.

Де-Пуидъ слѣдующимъ образомъ вычисляетъ наименьшее добавочное сопротивленіе, необходимое для лампы, включенной въ цѣпь постояннаго напряженія.

Такъ какъ механизмъ регулятора не обладаетъ безконечно большой чувствительностью, то необходимо, чтобы дуга могла поддерживаться, при небольшихъ измѣненіяхъ питающаго тока.

Но, при постоянномъ разстояніи между углями, кажущееся сопротивленіе дуги возрастаетъ скорѣе, чѣмъ ослабляется токъ и наоборотъ, такъ что всякое ослабленіе тока вызываетъ увеличеніе разности потенціаловъ у углей и обратно. Такъ,

при дугѣ длиною въ 4,5 мил. питаемой токомъ въ 20 амперъ при разности потенціаловъ у зажимовъ въ 46 вольтъ, всякое ослабленіе тока на 2 ампера вызываетъ увеличеніе напряженія у углей на 1 вольтъ. Слѣдовательно необходимо, чтобы паденіе потенціала въ добавочномъ сопротивленіи уменьшалось на соотвѣтственную величину, тогда дуга будетъ имѣть требуемую для нея разность потенціаловъ.

Если назвать черезъ  $r$  добавочное сопротивление, то сказанное условіе выразится уравненіемъ:

$$2r = 1$$

откуда

$$r = \frac{1}{2} \text{ ома.}$$

При такомъ добавочномъ сопротивленіи паденіе потенціала въ немъ, соотвѣтствующее нормальной силѣ тока въ 20 амперъ, будетъ равняться 10 вольтамъ.

При питаніи лампъ переменными токами, примѣняются реагирующія катушки (§ 446), причиняющія меньшую потерю энергіи, чѣмъ сопротивленія безъ самоиндукціи.

Обыкновенно считаютъ, что для питанія включенныхъ параллельно лампъ, поглощающихъ каждая 8—10 амперъ, необходима разность потенціаловъ въ 65 вольтъ. Средняя величина паденія потенціала между углями равняется при этомъ 42 вольтамъ. Угли, имѣющіе 25—30 сант. въ длину, поглощаютъ 3 вольта; электромагнитъ, включаемый послѣдовательно, имѣетъ сопротивление 0,05—0,2 омъ и поглощаетъ вмѣстѣ съ добавочнымъ сопротивленіемъ около 10 вольтъ. Электромагниты, помѣщаемые въ отвѣтвленіи, имѣютъ сопротивление отъ 200 до 500 омъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что если батарея или динамомашина достаточнаго сопротивленія питаетъ только одну дуговую лампу, то добавочнаго сопротивленія не требуется, такъ какъ его роль играетъ сопротивление самого генератора.

При переменныхъ токахъ разность потенціаловъ у углей можетъ быть уменьшена, и употребленіе реагирующихъ катушекъ позволяетъ имѣть въ цѣпи напряженіе не превосходящее 45—50 вольтъ.

Потерю, причиняемую добавочными сопротивлениями, умень-

шаютъ, соединяя послѣдовательно нѣсколько лампъ и включая такія группы въ цѣпь постоянного напряженія. При напряженіи въ цѣпи въ 110 вольтъ, легко питать группы по двѣ лампы послѣдовательно, употребляя небольшія добавочныя сопротивленія. Когда число лампъ превосходитъ 5—6, то добавочное сопротивление не включается вовсе и лампы регулируются взаимно.

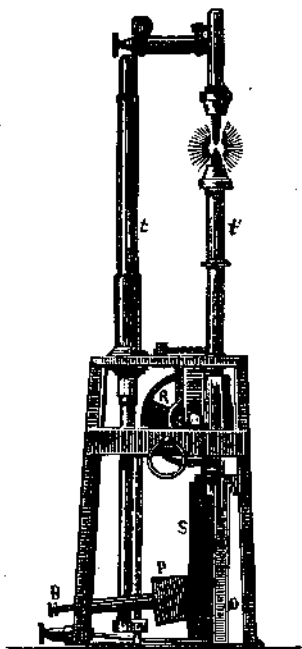
Дуговые регуляторы постоянной силы тока нельзя соединять послѣдовательно и включать въ цѣль постоянного напряженія, такъ какъ при этомъ невозможно удерживать одинаковую длину дугъ въ отдѣльныхъ лампахъ. Дѣйствительно сила тока, регулирующая лампы, остается неизмѣнной, если не мѣняется общее сопротивление лампъ. Но это послѣднее условіе можетъ выполняться при дугахъ очень различныхъ длинъ, лишь бы только слишкомъ большое сопротивление одной компенсировалось бы малымъ сопротивленіемъ другой. Эта причина заставила почти совершенно оставить регуляторы постоянной силы тока.

Съ цѣлью сбереженія на проводахъ, часто соединяють послѣдовательно 30—50 дуговыхъ лампъ, питая ихъ генераторомъ, дающимъ токъ постоянной силы; очевидно, что въ подобномъ случаѣ приходится прибѣгать къ регуляторамъ постоянного потенціала или постоянного сопротивления.

Различныхъ системъ регуляторовъ существуетъ множество. Здѣсь мы опишемъ только нѣсколько типичныхъ, чтобы показать примѣненія изложенныхъ выше принциповъ.

**717. Регуляторъ Жаспара.** Регуляторъ Жаспара принадлежитъ къ числу регуляторовъ постоянной силы тока. Два угледержателя  $t$  и  $t'$  (фиг. 470) перемѣщаются внутри трубокъ и ихъ движенія связаны между собою, благодаря шнурамъ, прикрѣпленнымъ съ одной стороны къ концамъ этихъ угледержателей, съ другой къ двумъ шкивамъ  $R$ , надетымъ на общую ось. Диаметры обоихъ шкивовъ относятся какъ 2 къ 1, такъ что при вращеніи оси верхній уголь перемѣщается на длину вдвое большую, чѣмъ нижній. Такимъ образомъ свѣтящаяся точка лампы, когда она питается постояннымъ токомъ, остается неподвижной.

Сближеніе углей вызывается вѣсомъ верхняго угледержателя. Этотъ вѣсъ частью уравновѣшенъ вѣсомъ нижняго угледержателя и противовѣсомъ Р, находящимся на концѣ подвижнаго рычага и соединеннымъ съ осью шкивовъ шнуркомъ; двигающее усиліе регулируютъ по силѣ тока. Токъ входитъ въ верхній уголь черезъ трубку, въ которой скользитъ верхній угледержатель. Черезъ нижній уголь токъ входитъ въ буферъ съ ртутью D, имѣющій цѣлю смягчать движе-



Фиг. 470.

нія механизма. Наконецъ токъ выходитъ изъ лампы, пройдя черезъ соленоидъ изъ толстой проволоки S. Угледержатель  $t'$  оканчивается желѣзнымъ цилиндромъ, частью погруженнымъ въ соленоидъ. Когда, при соединеніи лампы и ея добавочнаго сопротивленія съ генераторомъ постояннаго напряженія, черезъ нее начинаетъ проходить токъ, цилиндръ втягивается и между углями образуется дуга. По мѣрѣ того, какъ угли раздвигаются, сила тока, а слѣдовательно притяженіе соле-

ноидомъ нижняго угледержателя, уменьшается; это продолжается пока притяженіе не будетъ уравновѣшено двигающимъ грузомъ. Когда вслѣдствіе сгорания углей дуга удлиняется, двигающій грузъ вновь сближаетъ ихъ, пока сила тока не достигнетъ нормальной величины.

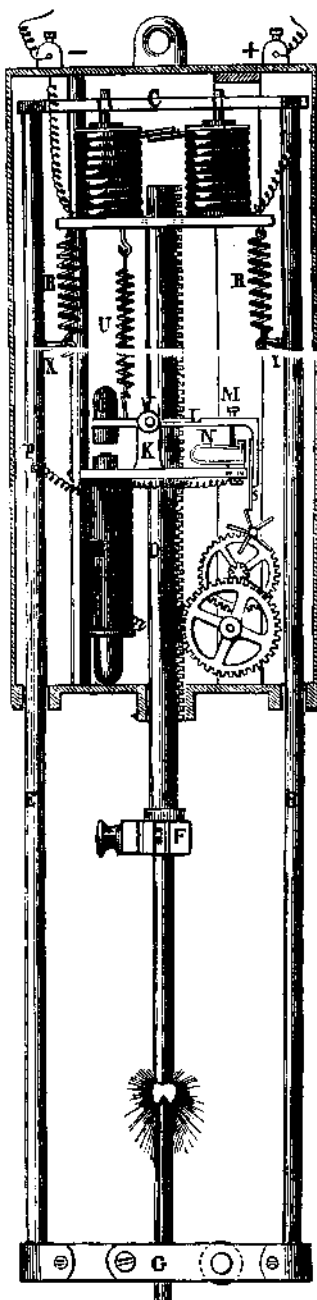
Притяженіе сердечника соленоидомъ мѣняется при измѣненіи положенія его внутри соленоида. Это притяженіе можно урегулировать, придавая сердечнику коническую форму (§ 154). Кромѣ того верхній уголь сгораетъ быстрѣе нижняго, такъ что двигающая сила слегка мѣняется. Чтобы исправить эти измѣненія двухъ противодействующихъ силъ, Жаспаръ помѣстилъ эксцентрично относительно оси шкивовъ, противовѣсъ *г*, устроивъ такъ, чтобы плечо рычага, на которомъ этотъ противовѣсъ находится, мѣнялось при измѣненіи положенія шкивовъ, компенсируя въ каждый моментъ названныя измѣненія. Въ верхней части верхняго угледержателя устроено приспособленіе, позволяющее помѣщать угли точно одинъ на продолженіи другаго. При прямыхъ угляхъ, закрѣпленныхъ плотно въ держателяхъ, и вставленныхъ прямо, это приспособленіе является лишнимъ. Въ § 716, мы видѣли причину, по которой регуляторы этой системы оставлены.

**718. Регуляторъ Грамма.** Эта лампа принадлежитъ къ классу регуляторовъ постояннаго потенциала. На нижній уголь, поддерживаемый стержнями *E* и *E'* (фиг. 471), дѣйствуютъ съ одной стороны пружины *R* и *R'*, съ другой—электромагнитъ *AA*, включенный въ цѣпь послѣдовательно, въ который входятъ сердечники прикрѣпленные къ поперечинѣ *C*. Этотъ электромагнитъ раздвигаетъ угли на нормальное разстояніе въ моментъ замыканія цѣпи лампы. Разъ дуга образовалась, нижній уголь остается неподвижнымъ. Механизмъ, сближающій угли по мѣрѣ сгорания, приводится въ движеніе вѣсомъ кремальеры *D*, дѣйствующей на систему зубчатыхъ колесъ, изъ которыхъ послѣднее, звѣздообразное, задерживается зацѣпкой *S*. Зацѣпка прикрѣплена къ рычагу *L*, къ другому концу котораго прикрѣплена арматура *I* помѣщенного въ отвѣтвленіи электромагнита *B*. Когда арматура, оттягиваемая вверхъ пружиной *U*, подъ дѣйствіемъ увеличенія разности потенциа-

ловъ, производимой сгораніемъ углей, опустится, колеса освобождаются и верхній угледержатель опускается.

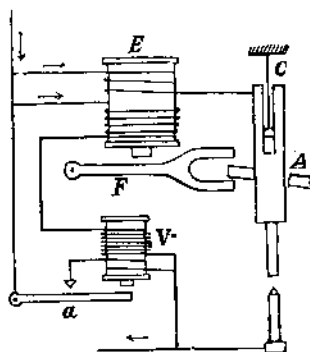
Чтобы сближеніе не было слишкомъ большимъ и не шло бы слишкомъ скоро, прибѣгаютъ къ слѣдующему приспособленію. Задержка S, освобождая колеса, прерываетъ токъ въ электромагнитѣ, помѣщенномъ въ отвѣтвленіи, въ мѣстѣ контакта винта M и пластинки N. Арматура I немедленно поднимается и звѣздообразное колесо снова задержится, успѣвъ повернуться только на одинъ зубецъ, что соотвѣтствуетъ весьма небольшому перемѣщенію верхняго угля. Но при поднятіи арматуры токъ вновь начинаетъ проходить черезъ электромагнитъ, и подобно тому, какъ это происходитъ въ обыкновенныхъ звонкахъ повторяется все предыдущее. Это происходитъ, пока дуга не достигнетъ нормальной длины. Благодаря описанному приспособленію регулированіе происходитъ черезъ опредѣленные промежутки и совершенно незамѣтными скачками, что необходимо для того, чтобы свѣтъ былъ постояннъ.

**719. Лампа Бреша.** Лампа Бреша принадлежитъ къ классу дифференціальныхъ регуляторовъ. Нижній угледержатель неподвиженъ, верхній же стремится, благодаря своему вѣсу, опуститься. Онъ проходитъ черезъ кольцо A (фиг. 472), захватываемое сбоку вилкой F, помѣщенной на арма-



Фиг. 471.

турѣ регулирующаго электромагнита *E*. Электромагнитъ этотъ состоитъ изъ катушки толстой проволоки, включенной послѣдовательно, и изъ катушки тонкой проволоки, помѣщенной въ отвѣтвленіи, дѣйствующей противоположно первой. Когда въ лампу посылается токъ, то катушка изъ толстой проволоки имѣетъ преобладающее дѣйствіе—она притягиваетъ armатуру вверхъ. Вилка *F* наклоняетъ кольцо и приподнимая его, поднимаетъ и верхній угледержатель. Перемѣщеніе это продолжается до тѣхъ поръ, пока усиливающееся дѣйствіе отвѣтвленной катушки не уравниваетъ дѣйствіе главной, которое въ свою очередь уменьшается по мѣрѣ удаленія углей другъ отъ друга. Такимъ образомъ достигается нормальное разстояніе между углями.



Фиг. 472.

По мѣрѣ того какъ угли сгораютъ armатура подъ дѣйствіемъ собственной тяжести, постепенно опускается. Кольцо становится горизонтальнымъ и верхній угледержатель спускается, причемъ его движеніе смягчается глицериновымъ буферомъ *C*. При этомъ сила тока увеличивается, вилка поднимается и кольцо вновь останавливаетъ движеніе верхняго угля.

Если лампа должна горѣть болѣе 8 часовъ, то ее снабжаютъ двумя парами углей. Armатура тогда имѣетъ двѣ вилки на различныхъ высотахъ; поэтому, когда въ лампу пускаютъ токъ, то одно изъ колецъ приподнимается раньше другого, такъ что одна изъ паръ углей раздвигается болѣе, чѣмъ другая. Дуга появляется между двумя углями, наиболѣе сбли-

женными и существует до тѣхъ поръ, пока угли не сгорятъ совершенно. Послѣ этого верхній уголь сосѣдней пары можетъ спуститься и дуга появляется между углями этой второй пары.

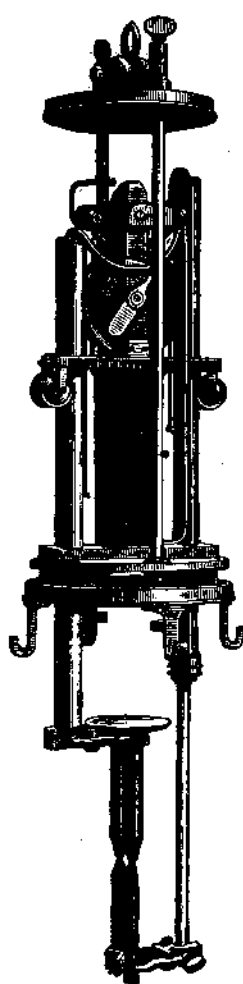
Лампы, предназначаемыя специально для послѣдовательнаго включенія въ цѣпь, снабжаются приспособленіемъ, выключающимъ лампу изъ цѣпи при ея потуханіи, напримѣръ при поломкѣ углей. Для этой цѣли электромагнитъ *V* снабжается двумя обмотками, дѣйствія которыхъ на armатуру складываются. Одна изъ обмотокъ изъ тонкой проволоки соединяется послѣдовательно съ отвѣтвленной катушкой электромагнита *E*. Другая же обмотка изъ толстой проволоки соединена съ задержкой armатуры. Такимъ образомъ, когда armатура дойдетъ до этой контактной задержки, лампа выключается изъ цѣпи. Пока лампа горитъ правильно, отвѣтвленный токъ, проходящій черезъ тонкую обмотку электромагнита *V*, слишкомъ слабъ для того, чтобы вызвать притяженіе armатуры, но когда дуга прекращается, то этотъ токъ усиливается и armатура приподнимается. При этомъ токъ начинаетъ проходить непосредственно черезъ толстую обмотку и лампа выключается. Когда угли вновь придутъ въ соприкосновеніе, то токъ въ толстой обмоткѣ электромагнита *V* ослабѣваетъ настолько, что armатура отпадаетъ и тогда начинаетъ дѣйствовать электромагнитъ *E*, образующій дугу.

**720. Дифференціальная лампа Пипера.** Лампа Пипера изображена на фиг. 473 и 474. Въ этой лампѣ оба угля перемѣщаются такъ, чтобы свѣтящаяся точка оставалась неподвижной. Они оба прикрѣплены къ боковымъ желѣзнымъ сердечникамъ, висящимъ на шнуркѣ, огибающемъ шкивъ, которые поддерживаютъ угледержатели.

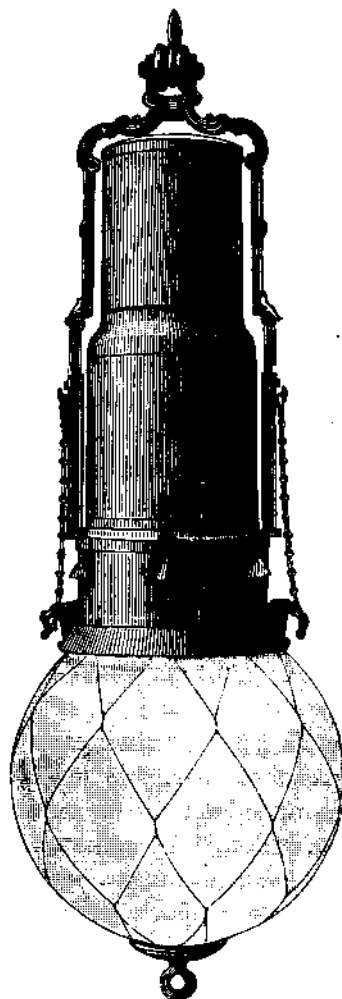
Дифференціальный электромагнитъ имѣетъ два полюсныхъ наконечника въ видѣ угольниковъ, черезъ которые проходятъ подвижные сердечники и которые замыкаютъ магнитную цѣпь. Если числа амперъ—оборотовъ въ обѣихъ обмоткахъ, дѣйствующихъ въ противоположныхъ направленіяхъ, равны, то напряженіе магнитнаго поля, развиваемаго электромагнитомъ равно нулю. Смотря по тому преобладаетъ ли число



амперъ—оборотовъ въ послѣдовательной или въ отвѣтвенной обмоткѣ, получается поле, силовыя линіи котораго идутъ въ боковыхъ сердечникахъ сверху внизъ или снизу вверхъ.



Фиг. 473.



Фиг. 474.

Эти сердечники сами имѣютъ оболочки, прикрытыя на фиг. 473 металлическими оболочками, идущія на половину съ права на

лѣво, на половину съ лѣва на право, такъ что въ серединѣ сердечника образуютъ послѣдовательные разноименные полюсы. По обмоткѣ одного изъ сердечниковъ проходитъ главный токъ, по обмоткѣ втораго—токъ отвѣтвленный. Дѣйствіе полюсовъ центрального электромагнита на послѣдовательные полюсы стремится повернуть шкивъ въ одну сторону, когда преобладаетъ главный токъ, и въ другую, когда преобладаетъ отвѣтвленный. Чтобы ограничить обратное движеніе, которое можетъ потушить лампу, если превзойдетъ извѣстные предѣлы, шкивъ снабжается небольшимъ эксцентричнымъ тормазомъ, надавливающимъ на него во время раздвиганія углей. Электромагнитныя дѣйствія производятъ кромѣ того въ обоихъ сердечникахъ взаимно помогающія дѣйствія, подобно тому, какъ это происходитъ въ двухъ половинахъ кольцевой арматуры. Перемѣщеніе сердечниковъ соотвѣтствуетъ перемѣщенію послѣдовательныхъ полюсовъ между полюсными накопечниками.

Въ началѣ, если угли соприкасаются, главный токъ въ центральномъ электромагнитѣ имѣетъ преобладающее дѣйствіе и сердечникъ перемѣщается такъ, чтобы угли раздвинулись. Это движеніе продолжается до тѣхъ поръ, пока электромагнитъ не достигнетъ нейтральнаго состоянія. Если наоборотъ въ началѣ угли раздвинуты, то дѣйствуетъ одинъ отвѣтвленный токъ, который и приводитъ угли въ сопротивленіе. По достиженіи этого результата угли начинаютъ постепенно раздвигаться подъ дѣйствіемъ главнаго тока, пока дуга не станетъ нормальной.

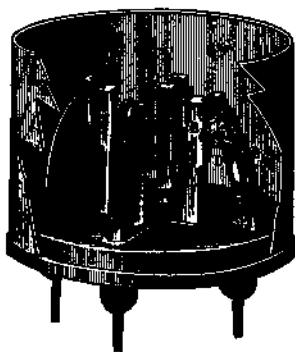
Сердечники и ихъ обмотки вставлены въ трубы, проходящія между двумя колесиками. Какъ видно въ лампѣ нѣтъ ни одного механизма, который требовалъ бы частой регулировки. Регулировка дѣлается разъ на всегда на заводѣ раньше даже, чѣмъ въ лампу вставляются угли. Регулированіе состоитъ въ томъ, что катушки подбираютъ такъ, чтобы онѣ не оказывали никакого притягательнаго дѣйствія на кусокъ желѣза, когда черезъ лампу проходитъ токъ той силы и того напряженія, при которомъ она должна работать.

На фиг. 474, представляющей внѣшній видъ лампы, видно, какъ укрѣпляется стеклянный шаръ. Онъ виситъ на цѣпоч-

кахъ, прикрѣпленныхъ къ серединѣ колпака, покрывающаго механизмъ. Для возобновленія углей отцѣпляютъ обѣ цѣпочки, которыя скользятъ по боковымъ стержнямъ, пока кольца, которыми онѣ заканчиваются, не задержатся. Тогда угледержатели, будутъ открыты. Лампа укрѣпляется въ колпакѣ при помощи стекляннаго диска, такъ что внѣшнія металлическія части остаются изолированными отъ цѣпи.

### ДУГОВЫЯ ЛАМПЫ БЕЗЪ МЕХАНИЗМА.

**721. Свѣча Яблочкова.** Въ этихъ лампахъ угли, покрытые для увеличенія проводимости гальванопластическимъ слоемъ мѣди, помѣщаются параллельно на разстояніи 3 мил. одинъ отъ другаго и между ними помѣщается изолирующій слой изъ смѣси



Фиг. 476.

Фиг. 475.

гипса и барита (фиг. 475). Угли, діаметръ которыхъ обыкновенно равняется 4 мил., а высота 30 сант., снабженные внизу металлическими трубочками, изолированными другъ отъ друга твердой глинистой массой, вставляются въ шипцы В, С (фиг. 476), соединенные съ электрическими проводами. Въ верхнемъ концѣ угли соединяются угольной массой, позволяющей дугѣ образоваться. Дуга образующаяся на верхнемъ концѣ

углей, заставляет улетучиваться изолирующій слой между углями по мѣрѣ того, какъ угли сгораютъ. Она сохраняетъ постоянную длину, если свѣча питается переменными токами, при которыхъ оба угля сгораютъ одинаково.

Этой лампѣ дали имя *электрической свѣчи*. Угли въ 30 сант. горятъ только 2 часа, поэтому въ одномъ подсвѣчникѣ приходится помѣщать нѣсколько свѣчей, какъ это видно изъ фиг. 476, и зажигать ихъ по очереди при помощи коммутатора.

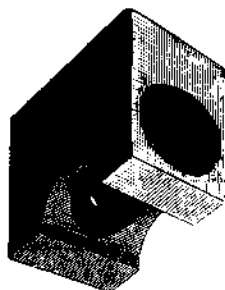
Свѣча Яблочкова, благодаря своей простотѣ, очень способствовала развитію электрическаго освѣщенія, такъ какъ раньше регуляторы казались слишкомъ сложными и, кромѣ того, тогда не былъ извѣстенъ способъ питанія ихъ группами отъ одной машины. Но свѣча имѣетъ и серьезные недостатки. Ея свѣтовая отдача меньше отдачи регуляторовъ, вѣроятно вслѣдствіе охлажденія, вызываемаго испареніемъ изолирующаго вещества. Это послѣднее, кромѣ того, вызываетъ измѣненія окраски свѣта такъ какъ оно содержитъ въ себѣ разныя примѣси. Необходимость исключительно прибѣгать къ переменнымъ токамъ тоже одинъ изъ недостатковъ свѣчи Яблочкова. Наконецъ особые угли, необходимые для нея, стоятъ дороже, чѣмъ для регуляторовъ.

Если свѣча потухнетъ, то сама она уже не загорится и токъ приходится направлять въ другую свѣчу. Это же самое приходится дѣлать каждые два часа, въ теченіе которыхъ сгораетъ цѣлая свѣча. Чтобы зажиганіе и коммутированіе тока происходило автоматически, устраивалось много приборовъ, между прочимъ Яблочковымъ и Кларіо. Но всѣ эти приспособленія отнимаютъ у свѣчи ея простоту, служащую ея главнымъ достоинствомъ.

**722. Лампа-Солнце.** Въ этой лампѣ, изобрѣтенной Клэркомъ и Бюро, теплота, выделяемая вольтовой дугой, служитъ для накаливанія известковой массы, изображенной на фиг. 477. Въ нижней части куска сдѣлано углубленіе, а въ бокахъ просверлены отверстія, черезъ которыя входятъ угли, вталкиваемые пружинами. Одинъ изъ углей пустотѣлый и черезъ него можетъ проходить угольная палочка, которую для зажигания дуги приводятъ въ соприкосновеніе со вторымъ углемъ

и затѣмъ выдвигаютъ. Дно выемки мало-по-малу накаляется и обращается въ известъ.

Замѣтимъ, что тутъ концы углей, являющіеся самыми яркими точками дуговой лампы, спрятаны. Свѣтитъ почти исключительно известъ, горячій свѣтъ которой особенно хорошъ для нѣкоторыхъ специальныхъ цѣлей. Запасъ тепла, поглощаемого массой извести, скрываетъ измѣненія дуги и дѣлаетъ свѣтъ лампы весьма постояннымъ.



Фиг. 477.

Угли, защищенные известковой массой отъ воздушнаго тока, сгораютъ гораздо медленнѣе, чѣмъ въ обыкновенныхъ лампахъ, и могутъ быть худшаго качества. Зато кусокъ известняка приходится мѣнять послѣ каждого прекращенія горѣнія лампы, такъ какъ известъ въ воздухѣ быстро сгораетъ. Солнечныя лампы слѣдуетъ питать переменными токами, вызывающими равномерное сгораніе обоихъ углей и обоихъ стѣнокъ углубленія въ известковой массѣ.

Свѣтовая отдача этихъ лампъ меньше отдачи регуляторовъ вслѣдствіе того, что концы углей не видны и что известковая масса, дающая тѣнь, отражаетъ весь свѣтъ въ одну сторону, что заставляетъ помѣщать лампы очень высоко.

### ЛАМПЫ НАКАЛИВАНІЯ ВЪ ВОЗДУХѢ.

**723.** Лампы, придуманныя Ренье, Вердерманомъ и Пиперомъ, состоятъ изъ угольной палочки, прикасающейся къ куску металла, черезъ точку прикосновенія которыхъ проходитъ сильный токъ. Кончикъ угольной палочки при этомъ

накаливается и испаряется. Вѣсь самого угля или добавочный грузъ поддерживаетъ соприкосновеніе угля съ металломъ при его сгораніи.

Въ лампѣ Пипера угольная палочка сложная и касается двухъ мѣдныхъ дисковъ, черезъ которые входитъ и выходитъ токъ.

Свѣтъ этихъ лампъ имѣетъ болѣе теплой оттѣнокъ, чѣмъ свѣтъ регуляторовъ, и его постоянство таково же, какъ въ лучшихъ регуляторахъ. Эти лампы потребляютъ очень сильный токъ въ 25—30 амперъ, при слабомъ напряженіи въ 6—8 вольтъ. Это обстоятельство не выгодно съ точки зрѣнія утилизаціи проводовъ, если только не примѣнить послѣдовательнаго соединенія. Свѣтовая отдача лампъ этой системы средняя между отдачей дуговыхъ лампъ и лампъ накаливанія въ пустотѣ: но эти послѣднія имѣютъ передъ лампами накаливанія въ воздухѣ то преимущество, что онѣ не требуютъ ежедневной замѣны углей.

## ФОТОМЕТРИЯ.

**724. Основанія фотометріи.** Если предположить, что источникъ свѣта, имѣющій размѣры точки, помѣщается въ центрѣ пустой сферы радіуса  $R$ , то количество свѣта  $Q$ , доставляемаго этимъ источникомъ, распредѣляется равномерно по поверхности сферы. Количество, свѣта, получаемое единицей поверхности и называемое *освѣщеніемъ* сферы, равняется

$$e = \frac{Q}{4\pi R^2}.$$

Количество свѣта внутри тѣлеснаго угла, равнаго единицѣ, вершина котораго лежитъ въ свѣтящейся точкѣ, будетъ  $\frac{Q}{4\pi}$ . Эта величина, которую мы обозначимъ черезъ  $I$ , постоянна для источника свѣта, имѣющаго размѣры точки, и называется *силою свѣта* источника.

Если бы радіусъ сферы былъ  $R'$ , то количество свѣта на единицу поверхности было бы

$$e' = \frac{Q}{4\pi R'^2} = \frac{I}{R'^2},$$

откуда

$$\frac{c}{e'} = \frac{R'^2}{R^2}.$$

Освѣщеніе обратно пропорціоально квадрату радіуса сферы.

Въ этихъ обозначеніяхъ заключается аналогія формы съ обозначеніями, употребляемыми при изученіи центральныхъ силъ (см. Введеніе). Эта аналогія можетъ до нѣкоторой степени помочь запомнить предыдущія опредѣленія.

Если свѣтовой пучекъ, подобный силовому потоку, идетъ внутри конуса, вершина котораго лежитъ въ свѣтящейся точкѣ, то количество свѣта постоянно на всякомъ поперечномъ сѣченіи конуса. Освѣщеніе, сѣченія, перпендикулярнаго къ лучамъ находяшагося на разстояніи  $r$  отъ источника, будетъ:

$$e = \frac{I}{r^2}. \quad (1)$$

Освѣщеніе косаго сѣченія, составляющаго съ нормальнымъ сѣченіемъ уголъ  $\alpha$  (уголъ паденія), будетъ

$$e' = \frac{I \cos \alpha}{r^2}. \quad (2)$$

Называя черезъ  $d\sigma$  площадь сѣченія, для всего количества свѣта, падающаго на нее, получимъ величину.

$$dq = \frac{I d\sigma \cos \alpha}{r^2}. \quad (3)$$

Выраженіе количества свѣта, подающаго на какое нибудь сѣченіе, будетъ имѣть форму

$$q = I \int \frac{d\sigma \cos \alpha}{r^2}.$$

Въ дѣйствительности источники свѣта не имѣютъ размѣровъ точекъ и яркостью ихъ называютъ количество свѣта, испускаемаго по нормальному направленію единицей ихъ поверхности. Такъ называя черезъ  $q$  общее количество свѣта, испускаемое однородной свѣтящейся поверхностью  $s$ , получимъ для нея яркость.

$$e = \frac{q}{s}. \quad (4)$$

Если смотрѣть на свѣтящуюся поверхность съ боку, то получаемое количество свѣта меньше, чѣмъ если бы лучи были къ ней перпендикулярны. Количество свѣта, испускаемаго единицей поверхности по направленію, составляющему съ нормалью къ ней уголъ  $\beta$ , будетъ  $\epsilon \cos \beta$ . Поэтому-то свѣтящійся шаръ кажется освѣщеннымъ равномерно, такъ какъ количество свѣта, испускаемое каждымъ элементомъ шара, равняется количеству свѣта, которое испускала бы проекція элемента, нормальная къ лучу зрѣнія.

Легко замѣтить, что нѣтъ существенной разницы между понятіями *освѣщеніе* и *яркость*. Въ обоихъ случаяхъ разсматриваютъ количество свѣта на единицу поверхности. Можно сказать, что освѣщеніе есть яркость предмета, ставшаго свѣтящимся вслѣдствіе отраженія или прозрачности.

Такъ какъ свѣтъ явленіе по существу субъективное, то онъ и измѣряется впечатлѣніемъ, производимымъ имъ на глазъ. Тепловыя и химическія дѣйствія лучей свѣта позволяютъ измѣрять относительную энергію этихъ лучей, но не ихъ способность освѣщать поверхности, для чего они главнымъ образомъ употребляются.

Фотометрія имѣетъ цѣлью опредѣленіе силы свѣта источника, сравнительно съ силой свѣта другого источника, принятой за единицу. Глазъ можетъ только очень плохо судить о сравнительной яркости двухъ освѣщеній. По психофизическому закону Фехнера, интенсивность ощущенія растетъ не порціоноально раздраженію, но пропорціоноально его логариѳму. Слѣдовательно можно надѣяться достигъ нѣкоторой точности только сводя измѣренія къ констатированію равенства двухъ освѣщеній. Чаше всего освѣщаютъ сравниваемыми источниками два одинаковыхъ экрана, стоящихъ подъ одинаковымъ угломъ относительно лучей и мѣняютъ разстоянія между источниками и экранами до тѣхъ поръ, пока оба экрана не покажутся равноосвѣщенными. На основаніи предыдущихъ соотношеній, отношеніе силъ свѣта источниковъ будетъ равняться квадрату отношенія между соотвѣтствующими разстояніями.

Такъ какъ вообще разстоянія свѣтовыхъ источниковъ отъ экрановъ бываютъ велики сравнительно съ размѣрами самихъ источниковъ, то можно считать эти источники за свѣтящіеся



точки, исключая случаевъ, когда они покрыты молочными шарами съ большей поверхностью.

Опытъ показалъ, что глазъ лучше всего судить о равенствѣ двухъ освѣщеній, когда ихъ сила того же порядка, что сила диффузнаго дневнаго свѣта. Но даже и при этихъ условіяхъ лица, обладающія наилучшимъ зрѣніемъ, могутъ сдѣлать ошибку въ 0,7—1%, если на оба освѣщенные экраны смотреть однимъ глазомъ. Никольсъ показалъ, что ошибка можетъ часто доходить до 5—8%, если экраны раздѣлены перегородкой и на одинъ смотреть однимъ глазомъ, на другой—другимъ.

Личная ошибка имѣетъ слѣдовательно большое значеніе, и при фотометрическихъ наблюденіяхъ никогда не достигается такая точность, какъ, напримѣръ, при электрическихъ.

Теоретически сравненіе освѣщеній возможно только тогда, когда оба источника свѣта испускаютъ лучи, имѣющія одинаковый спектральный составъ. Если, напримѣръ, одинъ изъ источниковъ богатъ красными лучами, а другой синими, то точно сравнить освѣщенія нельзя и измѣреніе становится дѣломъ личнаго впечатлѣнія, причемъ явленіе дальтонизма ведетъ часто къ тому, что различные наблюдатели получаютъ очень различные результаты. Въ подобныхъ случаяхъ можно брать среднюю изъ нѣсколькихъ измѣреній, совершенныхъ различными наблюдателями. Другой способъ измѣренія состоитъ въ томъ, что оба луча разлагаются посредствомъ призмъ и сравниваются отдѣльно лучи cadaго цвѣта. Подобнаго рода измѣренія, составляющія предметъ спектрофотометріи, не примѣняются практиками, вслѣдствіе ихъ слишкомъ большой сложности. Никольсъ и Крова замѣтили, что равенство среднихъ освѣщеній, производимыхъ двумя разнородными источниками, соответствуетъ равенству освѣщеній, производимыхъ лучами определенной длины волны. Никольсъ далъ для этой длины величину 0,0006 мил. ( $\lambda=600$ ). Крова нашелъ, что эта критическая длина волны равняется 0,000582 мил. ( $\lambda=582$ ). Крова, кромѣ того, указалъ на способъ полученія лучей такой длины волны, отдѣльно отъ прочихъ. Для этого достаточно помѣстить между глазомъ и освѣщеннымъ экраномъ стеклянную кюветку, содержащую слой въ 5 мил. толщины раствора

22,321 грамма полуторохлористаго желѣза и 27,191 грамма кристаллическаго хлористаго никкеля въ дистиллированной водѣ, взятой въ такомъ количествѣ, чтобы количество раствора было 100 куб. сант. при 10° Ц. Растворъ для сохранности насыщается хлоромъ. Этотъ способъ позволяетъ не сравнивать лучи каждаго цвѣта отдѣльно и даетъ возможность получать, безъ колебаній, отношеніе силъ свѣта двухъ различно окрашенныхъ источниковъ.

Если окраски источниковъ очень разнятся, то можно преодолѣть затрудненіе другимъ способомъ. На экранахъ, освѣщаемыхъ двумя источниками, дѣлаютъ по нѣсколько рисунковъ, меньшихъ и меньшихъ размѣровъ и мѣняють разстоянія между экранами и источниками свѣта до тѣхъ поръ, пока не будутъ видны съ одинаковой ясностью два рисунка одинаковыхъ размѣровъ, сдѣланные на двухъ экранахъ.

Наконецъ способъ, употребляемый наиболѣе часто, состоитъ въ томъ, что одинъ изъ источниковъ быстро перемѣщаютъ между предѣлами, все болѣе и болѣе сближаемыми. Глазъ легче замѣчаетъ измѣненіе въ освѣщеніи, если они происходятъ быстро, чѣмъ если они совершаются медленно.

**725. Фотометрическія единицы.** Число фотометрическихъ единицъ велико и ни одна изъ нихъ не обладаетъ качествами, которыя заставили бы употреблять исключительно ее одну.

Во Франціи принята лампа карсель, употребляемая съ предосторожностями, указанными Дюма и Реньо. Нормальное потребленіе масла должно равняться 42 граммамъ въ часъ.

Когда потребленіе отличается отъ этой величины на 4 грамма въ ту или другую сторону, то предполагають, что во столько же разъ увеличивается и сила свѣта источника.

Въ Англіи и въ Соединенныхъ Штатахъ употребляютъ менѣе точную единицу, но зато и гораздо болѣе удобную. Это *спермацетовая свѣча* (*standart candle*), вѣсящая  $\frac{1}{8}$  англійскаго фунта. Въ Германіи употребляется *параффиновая свѣча* (*Vereinskerze*), вѣсящая  $\frac{1}{12}$  килограмма.

Небольшая лампочка Гефнеръ-Альтенека, въ которой горитъ уксуснокислый амилъ, даетъ силу свѣта почти равную

силѣ свѣчи. Высота пламени этой лампы, а также и всѣхъ подобныхъ лампъ, легко опредѣляется при помощи прибора придуманнаго Крюссомъ. Труба, оканчивающаяся съ одной стороны ахроматической чечевицей, а съ другой шкалой, нанесенной на матовомъ стеклѣ, помѣщается передъ пламенемъ, за которымъ надо слѣдить, причемъ чечевица должна быть на равномъ разстояніи отъ пламени и отъ матоваго стекла. На этомъ послѣднемъ образуется изображеніе пламени, благодаря чему легко измѣрить его высоту.

Для англійской свѣчи высота пламени должна быть въ 45 мил., для нѣмецкой—50 мил. и въ 40 мил. для Карсели и лампы Альтенека.

Неоднократно предлагали употреблять въ качествѣ единицы газовыя лампы. Жиру употреблялъ во Франціи свѣтильный газъ, горѣвшій въ опредѣленномъ количествѣ въ рожкѣ особой формы. Вернонъ-Гаркуръ употребляетъ особый газъ, болѣе опредѣленнаго состава, получаемый при перегонкѣ пентана.

Віоля придумалъ болѣе опредѣленную единицу, принятую конгрессомъ электриковъ въ 1881 году, Единица силы свѣта Віоля есть сила свѣта, испускаемаго квадратнымъ сантиметромъ платины при температурѣ затвердѣванія (1775°). Чтобы получить эту единицу, платину расплавляютъ въ известковомъ тиглѣ въ пламени гремучаго газа и затѣмъ оставляютъ охлаждаться. Во время затвердѣванія, продолжительность котораго зависитъ отъ количества расплавленнаго металла, наблюдаютъ свѣтъ, испускаемый поверхностью платины, проходящій черезъ отверстіе въ 1 кв. миллим., продѣланное въ экранѣ.

Конгрессъ электриковъ 1889 года рекомендовалъ, въ качествѣ вторичной единицы, *децимальную свѣчу*, равную одной двадцатой единицы Віоля. Эта единица равняется немногимъ болѣе  $\frac{1}{10}$  карсели: точно она равняется  $\frac{1}{10}$  карсели, въ которой сгораетъ 43,7 граммовъ масла въ часъ.

Замѣтимъ, что лампы-единицы даютъ свѣтъ нормальной силы въ горизонтальной плоскости, тогда какъ эталонъ Віоля нужно наблюдать въ вертикальномъ направленіи. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ употребляютъ рефлекторъ, позволяющій дѣлать сравненія съ другими лампами.

Мы приведемъ здѣсь нѣсколько данныхъ относительно

сравнительныхъ величинъ главныхъ единицъ, замѣтивъ однако, что тутъ существуетъ замѣтное разногласіе между числами, полученными различными наблюдателями.

По измѣреніямъ Віоля 1 карсель равняется:

0,481 — единицы Віоля,

9,62 — децимальнымъ свѣчамъ,

8,91 — candles (англійскимъ свѣчамъ),

7,89 — kerzen (нѣмецкимъ свѣчамъ),

9,08 — единицамъ Гефнеръ-Альтенека,

На основаніи уравненія (§ 724),

$$e = \frac{I \cos \alpha}{r^2},$$

единица освѣщенія есть освѣщеніе экрана, помѣщенного перпендикулярно къ лучамъ на единицѣ разстоянія отъ источника свѣта, лампы-единицы. Часто при измѣреніяхъ за единицу длины принимаютъ метръ. Въ этомъ случаѣ единица освѣщенія будетъ *карсель на разстояніи метра* или *децимальная свѣча на разстояніи метра*. (Короче *карсель-метръ* и *свѣча-метръ*). Эта послѣдняя единица носитъ названіе *люкса (lux)*,

Слѣдуетъ замѣтить, что предыдущая формула справедлива только постольку, поскольку пренебрегаютъ отраженіемъ и диффракціей свѣта. Для ея провѣрки нужно употреблять бѣлые, матовые экраны. По изслѣдованіямъ Силигера съ лучшими экранами пропорціональность косинусу угла паденія можно допускать только, когда уголъ этотъ меньше 50°.

Единица яркости есть яркость лампы-единицы. Если яркость англійской свѣчи принять за единицу, то яркость солнечнаго диска будетъ 40000, яркость расплавленной платины и лампы накаливанія — 50; яркость же кратера вольтовой дуги — 800.

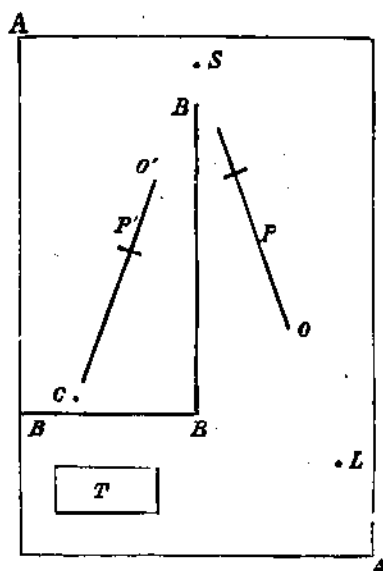
**726. Методы фотометрическихъ измѣреній.** Большинство существующихъ фотометровъ основано на законѣ измѣненій силы свѣта въ зависимости отъ разстояній. Двѣ половины экрана освѣщаются лучами, падающими подъ одинаковыми углами отъ двухъ сравниваемыхъ источниковъ. Эти источники перемѣщаютъ до тѣхъ поръ, пока освѣщенія, ими производимыя, не станутъ равными.

Называя затѣмъ силы свѣта двухъ источниковъ черезъ  $I$  и  $I'$  и черезъ  $d$  и  $d'$  ихъ разстоянія отъ экрана, получимъ:

$$\frac{I}{I'} = \frac{d^2}{d'^2} \quad (1)$$

Измѣреніе должно производиться въ комнатѣ съ черными матовыми стѣнами, чтобы избѣжать попаданія на экранъ отраженного свѣта.

Комната должна быть достаточно велика, такъ какъ на пламя лампъ-единицъ дѣйствуетъ испорченный воздухъ. Необходимо,



Фиг. 478.

чтобы во время измѣреній на экранъ попадали только лучи отъ сравниваемыхъ источниковъ и чтобы, вдобавокъ, эти лучи не были видимы непосредственно для наблюдателя. Для этой цѣли наблюдатель смотритъ въ большую черную трубу, въ которую попадаютъ только лучи, отраженные отъ экрана.

Когда сравниваемые источники разнятся весьма сильно, то приходится или отодвигать одинъ изъ нихъ на разстояніе большее, чѣмъ это допускаетъ измѣрительная комната, или же приближать болѣе слабый источникъ къ экрану настолько близко, что освѣщеніе его перестанетъ быть равномернымъ.

Для избѣжанія этихъ затрудненій употребляютъ вспомогательный источникъ свѣта средней силы, который сравниваютъ одновременно съ испытываемыми источниками.

Въ качествѣ такихъ вспомогательныхъ источниковъ, употребляютъ керосиновыя лампы, или лампы накаливанія. На фиг. 478 изображенъ планъ черной фотометрической комнаты АА, въ которой двѣ фотометрическія скамьи Р и Р' раздѣлены стѣнкой В. Сравнимые источники свѣта помѣщаются въ С и L, промежуточный же источникъ помѣщается въ S.

Другой способъ, предложенный Айртономъ и Перри, состоитъ въ томъ, что на пути лучей, испускаемыхъ болѣе сильнымъ источникомъ, помѣщаютъ діафрагму, въ которую вставляется раздѣляющая двояковогнутая чечевица.

Если источникъ свѣта находится отъ чечевицы на разстояніи  $l$ , то расхожденіе лучей, попадающихъ на экранѣ, будетъ таково, какъ еслибы источникъ находился въ сопряженномъ фокусѣ, находящемся отъ чечевицы на разстояніи  $l'$ , такомъ, что

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f}, \quad (2)$$

гдѣ  $f$  главное фокусное разстояніе чечевицы.

Слѣдовательно

$$l' = \frac{lf}{l + f}$$

Назовемъ черезъ  $\rho$  радіусъ освѣщеннаго круга на экранѣ, когда пучекъ свѣта проходитъ черезъ діафрагму безъ чечевицы, а черезъ  $\rho'$  — радіусъ круга, увеличеннаго вставкой въ діафрагму чечевицы. Если радіусъ этой послѣдней равенъ  $r$  и разстояніе ея отъ экрана  $\delta$ , то

$$\frac{\rho}{r} = \frac{l + \delta}{l}$$

$$\frac{\rho'}{r} = \frac{l' + \delta}{l'}$$

откуда

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{l(l' + \delta)}{l'(l + \delta)}$$

и, замѣняя  $l'$  ея величиной:

$$\frac{\rho'}{\rho} = 1 + \frac{\delta l}{f(l + \delta)} \quad (3)$$

Но силы освѣщенія безъ чечевицы и съ ней относятся какъ

$$\left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^2 = \left(1 + \frac{\delta l}{f(l + \delta)}\right)^2.$$

Слѣдовательно въ выраженіе закона зависимости отъ разстояній ввести вмѣсто истиннаго разстоянія  $d = l + \delta$ , фиктивное

$$d_1 = \frac{\rho'}{\rho} (l + \delta) = l + \delta + \frac{\delta l}{f};$$

но, такъ какъ  $l = d - \delta$ , то

$$d_1 = d + \frac{\delta(d - \delta)}{f} = d \left(1 + \frac{\delta}{f}\right) - \frac{\delta^2}{f}.$$

Выраженіе (1) приметъ въ этомъ случаѣ видъ:

$$\frac{I}{I'} = \frac{\left[d \left(1 + \frac{\delta}{f}\right) - \frac{\delta^2}{f}\right]^2}{d'^2}.$$

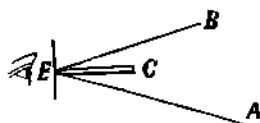
Слѣдуетъ замѣтить, что при выводѣ этихъ формулъ пренебрегали отраженіемъ отъ поверхности чечевицы, которая часто отражаетъ до 5% падающаго свѣта. Слѣдовательно предпочтительнѣе употреблять для сравненія сильно разнящихся источниковъ промежуточной источникъ свѣта.

Въ § 724 мы видѣли, что если свѣтъ источниковъ неоднороденъ, то сравненіе ихъ силы облегчается тѣмъ, что достаточно сравнить только лучи, длина волнъ которыхъ  $\lambda = 582$ , которые относятся какъ общія количества свѣта, испускаемыя источниками.

Чтобы дать точное понятіе объ употребляемомъ источникѣ свѣта слѣдуетъ опредѣлить еще *степень его каленія*. Эта степень, по опредѣленію Конгресса Элекриковъ 1889 года, есть отношеніе силъ свѣта лучей съ длинами волны  $\lambda = 582$  (зеленыхъ) и  $\lambda = 657$  (красныхъ), выраженныхъ въ карселяхъ. Для ея опредѣленія лампы сравниваютъ съ карселью, помѣщая передъ глазомъ кюветку, содержащую слой въ 5 мил. толщины раствора хлористаго никкеля и хлорнаго жслѣза, который пропускаетъ лучи, для которыхъ приблизительно  $\lambda = 582$ . Пусть  $a$  будетъ сила свѣта лампы при этихъ условіяхъ. Затѣмъ повторяютъ то же измѣреніе, помѣщая передъ глазомъ красное стекло, пропускающее свѣтъ, для котораго приближи-

тельно  $\lambda=652$ . Пусть полученная сила свѣта будетъ  $b$ . Отношеніе  $\frac{a}{b}$  и есть степень каленія.

**727. Фотометръ Фуко.** Этотъ приборъ, употребляемый преимущественно во Франціи, состоитъ изъ молочнаго или матоваго стекла  $E$  (фиг. 479), позади котораго помѣщаются оба сравниваемые источника  $A$  и  $B$ , отдѣляемые одинъ отъ другаго перегородкой  $C$ . Эта послѣдняя нѣсколько не доходить до экрана, такъ, чтобы пространства, освѣщаемыя раз-



Фиг. 479.

личными источниками, отдѣлялись тонкой тѣневой линіей, даваемой ребромъ перегородки. Перемѣщаютъ или оба источника, или одинъ изъ нихъ по направленію паденія лучей до тѣхъ поръ, пока яркость обѣихъ половинъ экрана не будетъ одинакова. Тогда достаточно примѣнить къ двумъ свѣтовымъ пучкамъ, падающимъ на экранъ подъ равными углами, законъ зависимости отъ разстояній, чтобы опредѣлить отношеніе ихъ силъ свѣта.

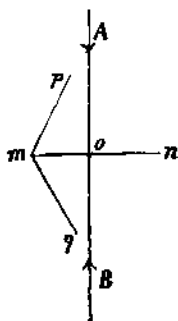
**728. Фотометръ Бунзена.** Фотометръ Бунзена, очень распространенный въ Германіи и въ Бельгіи, основанъ на томъ фактѣ, что масляное пятно, сдѣланное на бумажномъ листѣ, кажется блестящимъ, если бумага освѣщена проходящимъ черезъ нее свѣтомъ, и темнымъ, если она освѣщена свѣтомъ отраженнымъ. Слѣдовательно, если бумага получаетъ съ обѣихъ сторонъ одинаковое количество свѣта, то пятно сливается съ бумагой.

Если слѣдовательно помѣстить два источника въ  $A$  и  $B$  (фиг. 480), то пятно  $o$  исчезнетъ, когда силы свѣта будутъ удовлетворять закону зависимости отъ разстояній. Чтобы наблюдать одновременно обѣ стороны экрана, употребляютъ два плоскихъ зеркала  $mp$  и  $mq$ , въ которыхъ видно изображеніе



обѣихъ сторонъ экрана. Исчезновеніе пятна зависитъ отъ того, что сумма количества проходящаго черезъ бумагу и отраженнаго ею свѣта равна суммѣ тѣхъ же количествъ для маслянаго пятна. Такъ какъ коэффициенты отраженія обѣихъ сторонъ бумаги никогда не бываютъ одинаковыми, то исчезновеніе пятна никогда не происходитъ одновременно съ обѣихъ сторонъ.

Можно ошупью найти положеніе источниковъ, для котораго пятно имѣетъ одинаковый видъ съ обѣихъ сторонъ экрана и примѣнить къ этому положенію законъ зависимости отъ состоянія. Если желаютъ получить болѣе точные результаты,



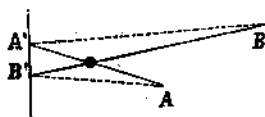
Фиг. 480.

слѣдуетъ перевернуть экранъ и вновь сдѣлать такое же наблюденіе. За окончательный результатъ берутъ среднее изъ полученныхъ. Какъ мы уже замѣтили (§ 724), слѣдуетъ смотрѣть на оба изображенія однимъ глазомъ.

Для приготовленія экрана погружаютъ нагрѣтый латунный дискъ въ парафиновую ванну и затѣмъ дискъ накладываютъ на листъ натянутой бумаги. Такимъ образомъ дѣлаютъ нѣсколько пятенъ и выбираютъ лучшее. Избытокъ парафина удаляютъ, накладывая на натянутый листъ бѣлой бумаги листъ пропускной бумаги, по которой проводятъ слегка нагрѣтымъ утюгомъ.

Болѣе подробныя свѣдѣнія относительно фотометровъ можно найти въ трудѣ Палаза (Palaz) *Traité de photométrie industrielle*.

**729. Фотометръ Румфорда.** Въ фотометрѣ Румфорда, очень распространенномъ въ Англіи, оба сравниваемые источника помѣщаются по одну сторону бѣлаго экрана, на который падаютъ отъ стержня двѣ тѣни  $A'$  и  $B'$  (фиг. 481) освѣщен-



Фиг. 481.

няя каждая источникомъ свѣта, помѣщаемымся съ ея стороны. Углы паденія лучей  $AA'$  и  $BB'$  должны быть равны. Одинъ изъ источниковъ удаляютъ до тѣхъ поръ, пока обѣ тѣни не станутъ одинаковыми и затѣмъ примѣняютъ основной законъ зависимости отъ разстояній.

**730. Средняя сферическая сила свѣта.** Сила свѣта какаго-нибудь источника не одинакова во всѣхъ направленіяхъ. Напримѣръ пламя свѣчи испускаетъ болѣе свѣта по горизонтальному направленію, чѣмъ по направленіямъ наклоннымъ къ горизонту, лампа солнце (§ 722) освѣщаетъ известковую глыбу только съ одной стороны. Но, достоинство источника свѣта въ нѣкоторыхъ случаяхъ зависитъ отъ степени среднего освѣщенія, которое онъ можетъ произвести въ различныхъ направленіяхъ, такъ что интересно измѣрить силу свѣта не только въ горизонтальномъ направленіи, но также и въ различныхъ азимутахъ и подъ различными углами къ горизонту, причемъ свѣтъ отъ лампы-единицы долженъ всегда браться въ неизмѣнномъ направленіи.

Такого рода измѣренія производятъ при помощи описанныхъ фотометровъ, замѣняя изучаемый источникъ подвижнымъ зеркаломъ, отражающимъ на экранъ свѣтъ испытуемой лампы, когда лучи этого свѣта составляютъ различные углы съ горизонтальнымъ направленіемъ. Сравниваютъ освѣщеніе экрана отраженнымъ пучкомъ съ освѣщеніемъ его лампой-эталономъ, при различныхъ положеніяхъ испытуемой лампы. Замѣчаютъ наклонъ лучей и разстояніе, которое они проходятъ отъ лампы

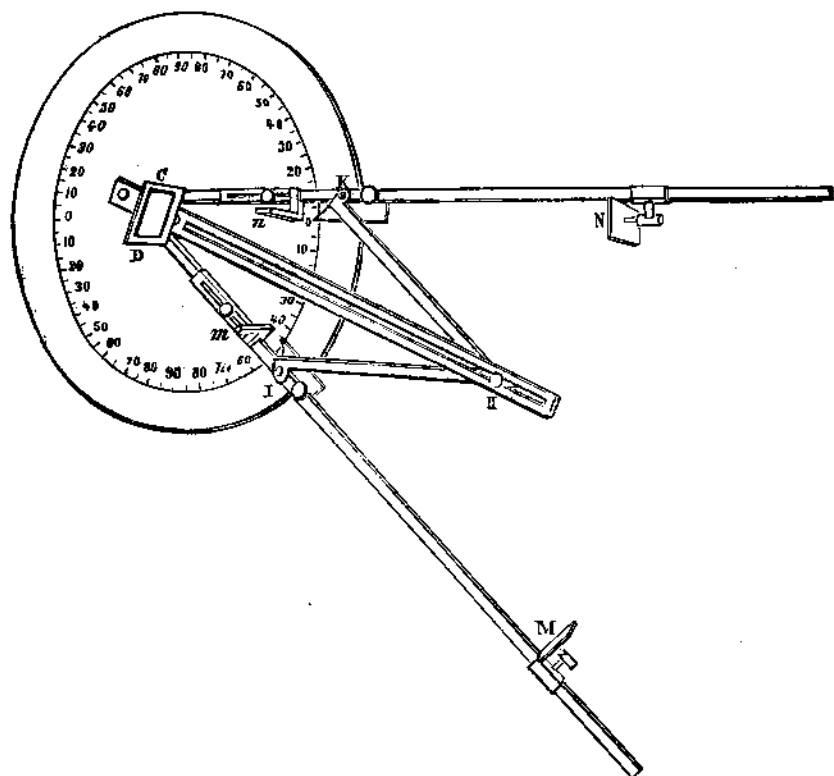
до экрана и примѣняютъ законъ зависимости отъ разстояній, принимая во вниманіе, конечно, коэффициентъ поглощенія зеркала, величина котораго для различныхъ угловъ паденія опредѣляется предварительными опытами.

Зеркало, находящееся на фотометрической скамьѣ, наклонено на  $45^\circ$  къ горизонтальной оси, вокругъ которой оно вращается. Чтобы разстояніе отъ лампы до зеркала оставалось постояннымъ, вслѣдствіе чего не приходится измѣрять это разстояніе при каждомъ наблюденіи, устраиваютъ слѣдующее приспособленіе. Лампа прикрѣпляется къ подвижному блоку, вращающемуся въ горизонтальной плоскости. Сама лампа можетъ перемѣщаться въ вертикальной плоскости описывая кругъ, центръ котораго совпадаетъ съ центромъ зеркала. Описанный способъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что онъ требуетъ опредѣленія коэффициентовъ поглощенія зеркала. Болѣе прямой способъ состоитъ въ томъ, что самый фотометръ наклоняютъ такъ, чтобы экранъ принялъ нужное положеніе относительно источниковъ свѣта, помѣщаемыхъ на различной высотѣ. Для этой цѣли устраиваютъ фотометры Бунзена, могущіе вращаться вокругъ точки *m* (фиг. 480), оконечности которыхъ *p* и *q* имѣютъ выдающіеся выступы съ прорѣзами, тѣни которыхъ накладываются одна на другую на экранъ, когда онъ помѣщается по биссектрисѣ угла, составляемаго падающими лучами,

**731. Фотометръ Руссо.** При измѣреніяхъ описанными способами предполагается, что сила свѣта лампы остается неизмѣнной въ теченіе всего времени, пока производятся наблюденія. Если этого нѣтъ, то получаемые результаты будутъ несравнимы. Между тѣмъ, дуговые лампы, которыя преимущественно изслѣдуются такимъ образомъ, даютъ не постоянную силу свѣта. Руссо, исходя изъ мысли, что во время измѣненій дуги, силы свѣта въ различныхъ направленіяхъ сохраняютъ однѣ и тѣ же относительныя величины, устроилъ фотометръ, въ которомъ сила свѣта лампы въ различныхъ направленіяхъ сравнивается съ силой свѣта, испускаемаго той же лампой въ опредѣленномъ направленіи, напримѣръ, горизонтальномъ.

Лампа (фиг. 482) подвѣшивается позади центра непрозрач-

наго диска, одна изъ сторонъ котораго раздѣлена на  $360^{\circ}$ . По диску перемѣщаются двѣ радіальныя алидады, снабженныя зеркалами М и N и металлическими стержнями *m* и *n*, отбрасывающими тѣнь на экранъ D C. Этотъ послѣдній укрѣпленъ перпендикулярно на линейкѣ Н, удерживаемой шарни-



Фиг. 482.

рами и стержнями К Н и I Н на бисектрисѣ угла, составляемаго алидадами. Одна изъ нихъ помѣщается вдоль по горизонтальной линіи, другая—по направленію, по которому желаютъ опредѣлить относительную силу свѣта источника. Зеркала М и N поворачиваютъ такъ, чтобы они отражали свѣтъ лампы на экранъ D C. Углы паденія на экранъ отраженныхъ

лучей будутъ, благодаря принятымъ мѣрамъ, равны и оба стержня дадутъ на немъ тѣни.

Тѣнь, производимая однимъ пучкомъ лучей, будетъ освѣщаться вторымъ пучкомъ. Зеркала перемѣщаются по алидадамъ до тѣхъ поръ, пока обѣ тѣни не станутъ одинаковой силы. Если при этомъ двойныя разстоянія отъ каждого зеркала до экрана будутъ  $d$  и  $d'$ , то, называя какъ и раньше черезъ  $i$  и  $i'$  силы сравниваемыхъ пучковъ, получимъ:

$$\frac{i}{i'} = \frac{d^2}{d'^2}.$$

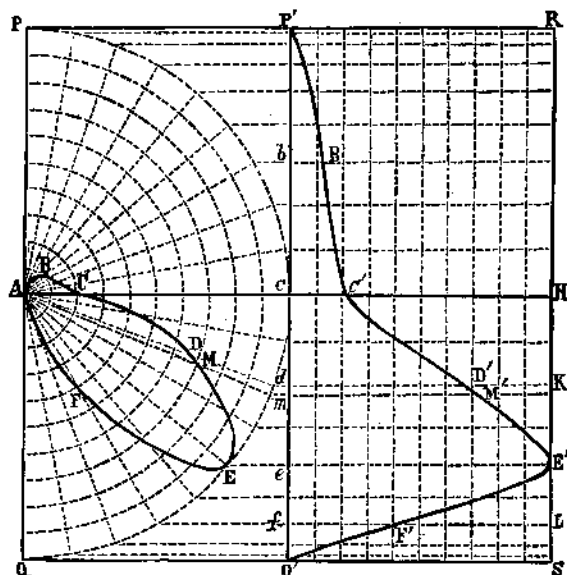
Сравнивая въ одномъ опредѣленномъ направленіи изучаемую лампу съ эталономъ, получаемъ возможность выразить добытыя данныя въ тѣхъ же единицахъ,

**732. Опредѣленіе средней сферической силы свѣта.** Если по различнымъ направленіямъ, взятымъ въ одномъ азимутѣ, откладывать отъ точки А (фиг. 483) длины пропорціональныя силѣ свѣта источника въ этихъ направленіяхъ, причемъ за единицу принять длину АЕ, изображающую наибольшую силу свѣта, то для дуговой лампы получается кривая АВСDEF. Для лампы, испускающей лучи одинаковымъ образомъ во всѣхъ азимутахъ, поверхность, которая получится, если откладывать такія длины по всѣмъ направленіямъ, проходящимъ черезъ точку А, будетъ поверхность вращенія, которая въ меридіональномъ сѣченіи дастъ начерченную кривую.

Руссо изображаетъ распредѣленія свѣта такъ, какъ это показано на фиг. 483. Длины, пропорціональныя силамъ свѣта, отлагаются перпендикулярно къ прямой  $P'Q'$ , въ точкахъ, ординаты которыхъ равны ординатамъ концовъ радіусовъ окружности, центръ которой лежитъ въ А.

Можно доказать, что *средняя сферическая сила свѣта* (*l'intensité moyenne sphérique*), т. е. средняя изъ величинъ силы свѣта въ различныхъ направленіяхъ, проходящихъ черезъ точку А, относится къ наибольшей силѣ свѣта АЕ, какъ поверхность  $P' B' C' D' E' F' Q'$  къ поверхности прямоугольника  $P' R S Q'$ . Пусть, дѣйствительно, сила свѣта по направленію АD, составляющему уголъ  $\alpha$  съ горизонтальнымъ на-

правленіемъ, будетъ  $i$ . Поверхность сферическаго пояса между двумя бесконечно близкими радіусами  $A D$  и  $A M$  равняется  $2\pi \cos \alpha da$ , если радіусъ сферы равенъ единицѣ. Количество свѣта, которое получаетъ эта поверхность, на основаніи формулы (§) § 724 будетъ  $2\pi i' \cos \alpha da$ .



Фиг. 483.

Величина среднего освѣщенія пояса, заключеннаго между радіусами  $A D$  и  $A F$ , составляющими съ горизонтальною углы  $\alpha$  и  $\alpha'$ , получится, раздѣляя общее количество свѣта

$$\int_{\alpha}^{\alpha'} 2\pi i \cos \alpha da,$$

на поверхность соотвѣтствующаго пояса

$$2\pi (\sin \alpha' - \sin \alpha).$$

Но, какъ это видно изъ построения, поверхность  $F' f d D' E'$  изображаетъ величину интеграла

$$\int_{\alpha}^{\alpha'} i \cos \alpha da,$$

а такъ какъ высота прямоугольника  $d K L f$  равняется единицѣ, то его площадь измѣряется основаніемъ

$$f d = \sin \alpha' - \sin \alpha.$$

Слѣдовательно средняя сила свѣта въ разсматриваемомъ поясѣ будетъ:

$$\frac{\text{Площадь } d D' E' F' f}{\text{Площадь } d K L f}.$$

Величина среднего освѣщенія всей сферы выразится отношеніемъ криволинейной площади къ площади прямоугольника, въ который внесена кривая.

Слѣдовательно, чтобы вычислить среднюю сферическую силу свѣта, достаточно измѣрить двѣ площади при помощи планиметра или разбивая криволинейную площадь на элементы и примѣняя формулу Симпсона.

Для дуговыхъ лампъ, питаемыхъ постояннымъ токомъ, достаточно измѣрять силу свѣта черезъ каждые  $10^\circ$  подъ горизонтомъ и черезъ  $30^\circ$  выше горизонта.

Руссо нашелъ, что въ этихъ лампахъ горизонтальная сила свѣта далеко не одинакова во всѣхъ азимутахъ, вслѣдствіе косвеннаго положенія, принимаемаго часто кратеромъ, но наибольшая сила свѣта, соотвѣтствующая углу приблизительно въ  $40^\circ$ , почти постоянна во всѣхъ вертикальныхъ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ источникъ свѣта.

**733. Кривыя освѣщенія.** Описанные способы фотометрическихъ наблюденій примѣнимы только къ источникамъ свѣта небольшихъ размѣровъ. Источники свѣта большихъ размѣровъ, напримѣръ матовые шары, покрывающіе лампы съ вольтовой дугой, вслѣдствіе даваемыхъ ими полутѣней трудно поддаются измѣреніямъ.

Однако, изслѣдовать фотометрически лампы съ шарами очень интересно, такъ какъ онѣ производятъ совершенно особое распредѣленіе свѣта, разсѣиваемаго во всѣхъ направленіяхъ. Кромѣ того, полезно знать среднюю величину коэффициента поглощенія шара, который мѣняется отъ 15 до  $40\%$ , смотря по тому, употребляютъ-ли шаръ матовый, опаловый или молочный.

Другой вопросъ, который тоже не можетъ быть рѣшенъ

обыкновенными фотометрическими способами, это — распределение освѣщенія, производимаго лампой въ закрытомъ помещеніи или на открытомъ воздухѣ.

Отвѣтъ на этотъ послѣдній вопросъ можетъ быть легко полученъ посредствомъ вычисленій, если извѣстна сила свѣта, испускаемаго въ различныхъ направленіяхъ и если не существуетъ вблизи никакихъ отражающихъ и разсѣивающихъ поверхностей. Такимъ образомъ, освѣщеніе поверхности, находящейся отъ источника свѣта на разстояніи  $r$ , производимое свѣтовымъ пучкомъ силы въ  $i$  свѣчей, будетъ (§ 727)

$$\frac{i \cos \alpha}{r^2} \text{ свѣчей-метровъ,}$$

гдѣ  $\alpha$  есть уголъ паденія лучей то есть уголъ, составляемый лучами съ нормалью къ освѣщаемой площади.

Положимъ, что на основаніи этой формулы вычислено распределение свѣта въ горизонтальной плоскости, доставляемаго какимъ-либо источникомъ. Распределение свѣта въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ лампу, можно представить, откладывая по оси абсциссъ разстоянія отъ основанія источника, а по оси ординатъ — величины освѣщенія. Если существуетъ нѣсколько источниковъ, то для каждого надо построить такую кривую и затѣмъ, складывая соответствующія ординаты, можно получить кривую общаго освѣщенія.

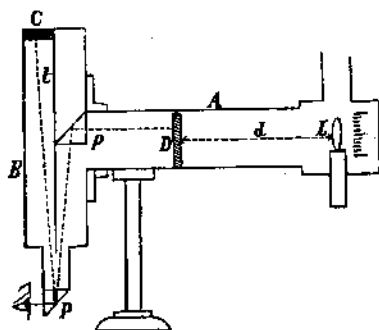
Другой графическій методъ примѣнимъ къ источникамъ, распределеннымъ какимъ либо образомъ на горизонтальной плоскости, напримѣръ, къ фонарямъ, освѣщающимъ площадь. На планѣ освѣщаемой мѣстности обозначаютъ положеніе источниковъ свѣта и вокругъ нихъ вычерчиваютъ концентрическія окружности, изображающія геометрическія мѣста точекъ, равноосвѣщенныхъ каждымъ изъ источниковъ въ отдѣльности. Комбинируя такіе круги, вычерченные для всѣхъ лампъ, можно получить кривыя освѣщенія, производимаго всѣми фонарями вмѣстѣ.

**734. Фотометръ Вебера.** Описываемый фотометръ позволяетъ непосредственно измѣрять освѣщеніе какой нибудь поверхности. Приборъ состоитъ изъ двухъ трубъ А и В (фиг. 484), вычерченныхъ внутри, изъ которыхъ первая укрѣплена гори-



горизонтально на ножкѣ, а вторая можетъ вращаться вокругъ оси трубы А и можетъ быть наклоняема подъ различными углами къ горизонту. Труба А оканчивается фонаремъ, въ который вставлена лампа-эталонъ, посылающая расходящійся пучекъ лучей на пластинку молочнаго стекла D, могущую при помощи наружной пуговки быть перемѣщаемой вдоль по трубѣ А.

Высота пламени лампы-эталона опредѣляется по шкалѣ черезъ продолговатый прорѣзь, сдѣланный въ стѣнкѣ фонаря. Труба В, закрытая съ одной стороны пластинкой молочнаго стекла С, раздѣлена перегородкой  $t$  на двѣ части. Пластика С помѣщается параллельно плоскости, въ которой желаютъ измѣрить освѣщеніе, напримѣръ, горизонтальной, какъ это изображено на чертежѣ.



Фиг. 484.

Смотря черезъ отверстіе  $p$  или непосредственно, или черезъ призму, замѣчаютъ въ лѣвой части пластинку С, освѣщенную проходящимъ свѣтомъ, исходящимъ или отъ источника или разсѣиваемымъ окномъ или освѣщенной стѣнкой. Въ правой части, благодаря призмѣ Р, видна пластинка D, освѣщенная проходящимъ свѣтомъ отъ лампы-эталона.

Передвигая пластинку D, находятъ для нея такое положеніе, когда обѣ пластины D и С кажутся равноосвѣщенными. Освѣщеніе пластинки D при этомъ будетъ равно

$$\frac{1}{d^2},$$

гдѣ  $d$  разстояніе пластинки отъ эталона, сила котораго равна единицѣ.

Такъ какъ пластинка находится довольно далеко отъ лампы, то, предполагая, что она освѣщена равномерно, не дѣлають особенно большой ошибки. Освѣщеніе пластинки С тоже будетъ

$$\frac{1}{a^2}.$$

Если сравниваются свѣта слишкомъ различной силы, то можно употреблять пластинки, болѣе или менѣе поглощающія лучи, но только надо предварительно прокалибровать ихъ, помѣщая передъ трубой В, на извѣстномъ разстояніи отъ нея, источникъ свѣта определенной силы.

Фотометръ Вебера позволяетъ изслѣдовать источники большихъ размѣровъ, подобныхъ лампамъ въ молочныхъ шарахъ, которые обыкновенными фотометрами изслѣдовать очень трудно. При измѣреніяхъ надъ такими источниками трубу В направляютъ на источникъ такъ, чтобы на пластинку С падали непосредственно лучи отъ источника.

Если окраска сравниваемыхъ источниковъ очень различна, то сравнивать освѣщеніе пластинокъ С и D очень трудно.

Въ этомъ случаѣ замѣняютъ молочныя пластинки пластинками изъ матоваго стекла, на которыхъ сдѣлано нѣсколько рисунковъ различныхъ размѣровъ. Пластинку D удаляютъ до тѣхъ поръ, пока послѣдній изъ видимыхъ рисунковъ на обѣихъ пластинкахъ будетъ одинъ и тотъ же (§ 724).

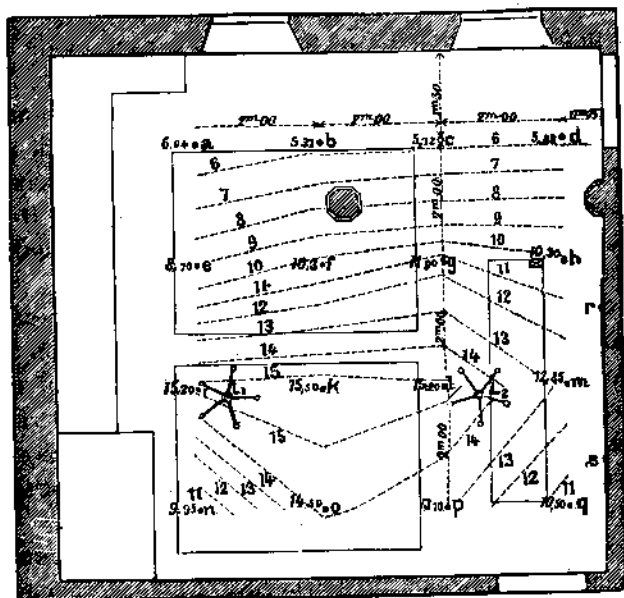
Можно замѣнить этотъ способъ другимъ. Именно можно между глазомъ и призмой *p* помѣстить слой раствора, пропускающаго только лучи съ длиной волны  $\lambda = 582$  (§ 724).

Веберъ предложилъ употреблять красныя и зеленыя стекла и исправлять полученные результаты умноженіемъ на постоянную опредѣляемую предварительнымъ опытомъ съ пластинками, на которыхъ сдѣланы рисунки различныхъ размѣровъ \*).

Мы приведемъ здѣсь отчетъ объ опытахъ, произведенныхъ въ старомъ помѣщеніи института Монтефиоре помощью фотометра Вебера; заимствуемъ отчетъ со страницъ журнала: *l'Electricien*. Изслѣдованіе освѣщенія было сдѣлано въ аудиторіи,

\*) Большія подробности можно найти въ книгѣ А. Palaz, *Traité de Photometrie industrielle*. Carre, Paris, 1892.

планъ которой представленъ на фиг. 485, 486, 487 и 488. Чтобы объяснить вліяніе стѣнъ аудиторіи на распредѣленіе свѣта, замѣтимъ, что оба окна были завѣшены темными занавѣсами. Стѣны и потолоки были выбѣлены известью. Стѣна, противоположная окнамъ, была совершенно голая, на правой стѣнѣ висѣла черная доска (*r s*), противоположная же ей стѣна была заставлена стеклянными шкапами. Наконецъ два большихъ четырехугольника посреди аудиторіи представляютъ



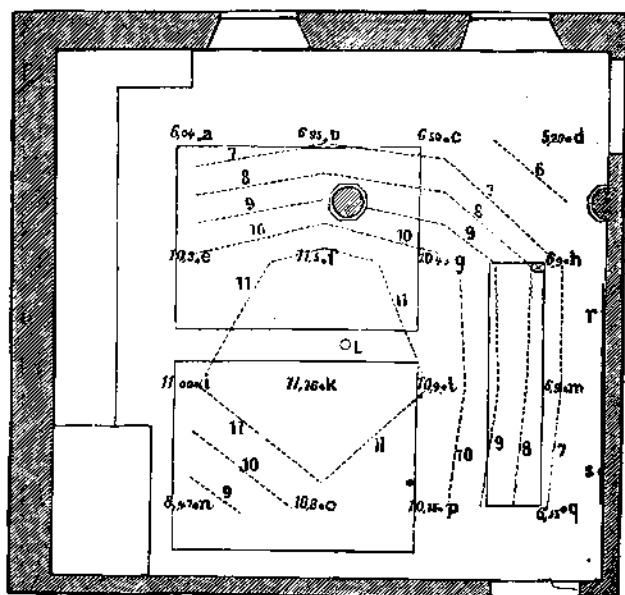
Фиг. 485.

рядъ скамеекъ и шюпитровъ, между которыми находится колонна, изображенная заштрихованнымъ шестиугольникомъ. Передъ черной доской стоялъ столъ для опытовъ. Чтобы сравнить освѣщенія, доставляемые различными источниками свѣта, на полу аудиторіи начертили квадраты въ 2 метра стороной, вершины которыхъ на чертежахъ обозначены буквами отъ *a* до *q*. Въ этихъ точкахъ на высотѣ 1 метра надъ поломъ помещали горизонтально объективную пластинку фотометра и опредѣляли освѣщеніе. Такимъ образомъ, освѣщеніе различными источниками, которые желали испытать, было измѣрено

16 точках и выражено въ *свѣчахъ-метрахъ*. Чтобы сдѣлать полученные результаты болѣе очевидными, были вычерчены линіи равнаго освѣщенія, причемъ точки этихъ линій были вычислены посредствомъ интерполяціи.

На чертежахъ представлены кривыя для освѣщенія четырьмя различными способами:

№ 1. Десять лампъ накаливанія, въ 16 децимальныхъ свѣчей каждая, сгруппированы на двухъ люстрахъ  $L_1$  и  $L_2$ . Каждая лампа была снабжена колпакомъ изъ матоваго стекла (фиг. 485).



Фиг. 485.

№ 2. Одна лампа накаливанія *Sunbeam* въ 400 свѣчей безъ шара и рефлектора (фиг. 486).

№ 3. Дуговая лампа системы Пипера безъ шара (фиг. 487).

№ 4. Дуговая лампа системы Пипера съ шаромъ изъ молочнаго стекла (фиг. 487).

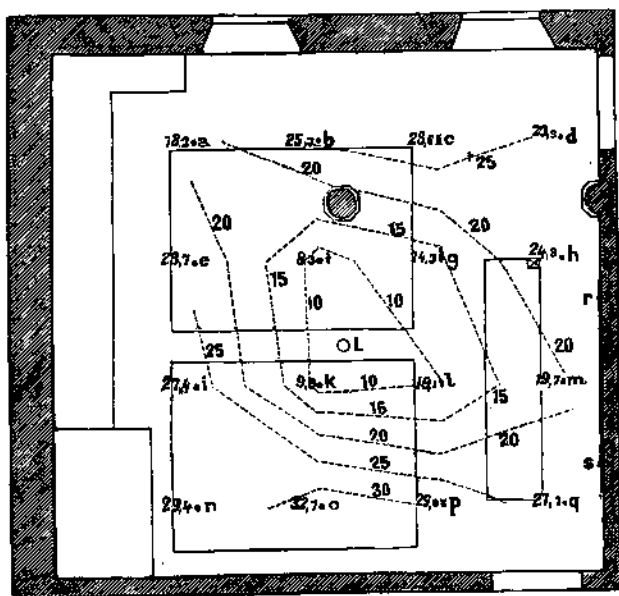
На чертежахъ видны положенія источниковъ свѣта  $L$ . Въ концѣ книги приведены данныя относительно высоты лампъ надъ поломъ и поглощавшейся ими электрической энергіи.

На основаніи этихъ измѣреній возможно было сравнить

между собою качества различныхъ источниковъ по отношенію къ распредѣленію свѣта и свѣтовой отдачѣ.

Величину отдачи каждого источника можно опредѣлить отношеніемъ средней величины полученнаго освѣщенія къ количеству поглощенной энергіи.

Распредѣленіе характеризуется графически кривыми равнаго освѣщенія и численно, для даннаго пространства, отношеніемъ величинъ наименьшаго освѣщенія на этомъ пространствѣ къ величинѣ наибольшаго въ томъ же пространствѣ.

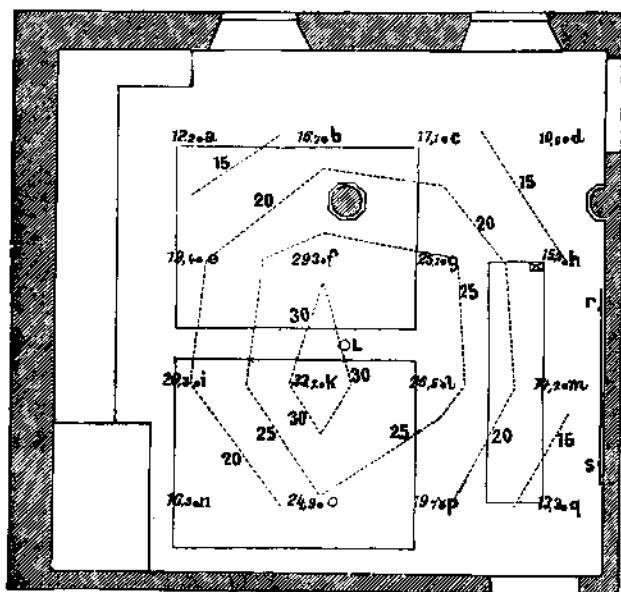


Фиг. 487.

На основаніи цифръ, написанныхъ на чертежахъ около 16 точекъ, въ которыхъ производились измѣренія, среднія величины освѣщенія соотвѣтственно равны 10,63; 8,77; 21,64 и 19,8 свѣчей—метровъ. Количества же поглощенной энергіи были: 769, 778, 305 и 308 ваттъ. Слѣдовательно свѣтовые отдачи относятся между собою какъ числа 138, 113, 710 и 645; отношеніе же наименьшаго освѣщенія къ наибольшему въ четырехъ названныхъ случаяхъ было 0,40; 0,54; 0,33 и 0,50.

Эти цифры говорятъ сильно въ пользу дуговыхъ лампъ. По отношенію къ распредѣленію освѣщенія дуговая лампа безъ шара дала худшіе результаты, тогда какъ такая же лампа съ молочнымъ шаромъ даетъ отличное распредѣленіе, что совершенно компенсируетъ нѣкоторое уменьшеніе свѣтовой отдачи.

Сравненіе распредѣленія свѣта при лампѣ съ шаромъ и безъ него показываетъ, какъ это можно видѣть изъ фиг. 487 и 488, очень интересный фактъ. Когда лампа безъ шара, то



Фиг. 488.

центральное пространство (фиг. 487) освѣщено хуже другихъ (10 свѣчей—метровъ) и освѣщеніе усиливается къ стѣнкамъ, аудиторіи (гдѣ оно достигаетъ 25—30 свѣчей—метровъ). При лампѣ съ молочнымъ шаромъ (фиг. 488), наоборотъ, центральная часть комнаты получаетъ наибольшее количество свѣта и освѣщеніе уменьшается къ стѣнкамъ. Это обстоятельство заставляетъ думать, что, измѣняя разсѣивающія качества шара, можно достичь почти равномернаго освѣщенія.

Опыты, о которыхъ мы говоримъ, составляютъ первые шаги

къ рѣшенію слѣдующей задачи: опредѣлить для даннаго помѣщенія, которое требуется освѣтить, родъ источниковъ свѣта и ихъ силу. Теоретическое рѣшеніе этой задачи въ высшей степени затруднительно, но, собирая результаты опытовъ, можно получить практическія указанія, вполне достаточныя для рѣшенія вопросовъ относительно освѣщенія.

### ОТДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХЪ ЛАМПЪ.

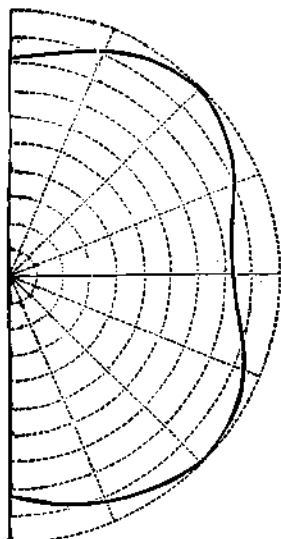
**735. Лампы накаливанія.** Среднюю горизонтальную силу свѣта лампы накаливанія опредѣляютъ, беря среднюю изъ силъ, измѣренныхъ для азимутовъ, отличающихся на  $22^{\circ},5$  или на  $45^{\circ}$ . На фиг. 489 представлено распредѣленіе въ горизонтальной плоскости свѣта отъ лампы Сименса, изслѣдованной на Антверпенской выставкѣ 1885 года \*). Эта лампа, угольная, нить которой имѣетъ прямоугольное сѣченіе и подковообразную форму, даетъ наибольшую силу свѣта въ направленіи, составляющемъ  $45^{\circ}$  съ плоскостью угольной нити. Уменьшеніе силы свѣта, наблюдаемое въ плоскости нити, зависитъ отъ того, что одна изъ ея вѣтвей мѣшаетъ проходить лучамъ, испускаемымъ другой вѣтвью и даетъ тѣнь, которую очень легко замѣтить на поверхности, освѣщаемой лампой, если она находится вблизи послѣдней.

Въ вертикальной плоскости разница въ силѣ свѣта въ различныхъ направленіяхъ гораздо замѣтнѣе. На фиг. 490 изображены кривыя относительной силы свѣта для названной лампы Сименса и показано распредѣленіе свѣта въ различныхъ поясахъ (§ 732) плоскости угольной нити.

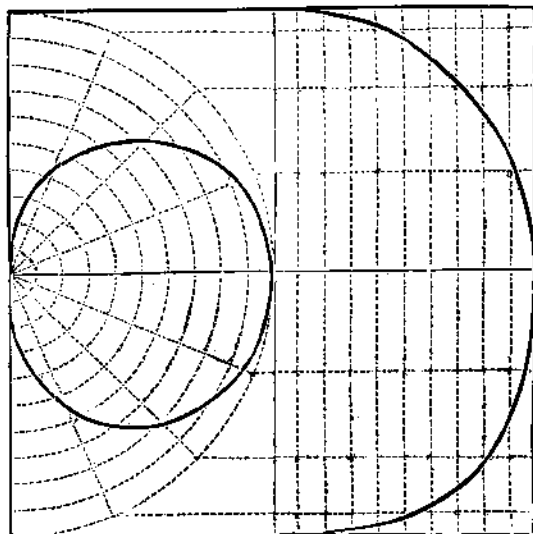
Опытъ показываетъ, что вообще кривыя, изображающія распредѣленіе свѣта въ различныхъ горизонтальныхъ сѣченіяхъ сферы, радіуса, равнаго единицѣ (§ 732), подобны между собой и, слѣдовательно, подобны кривой, получаемой для горизонтальной плоскости, проходящей черезъ центръ сферы. Слѣдовательно достаточно опредѣлить измѣненіе силы свѣта

\*) *Comptes-rendus des essais électriques effectués à l'Exposition d'Anvers*  
Vaillant-Carmanne, 1886.

въ вертикальной плоскости и въ плоскости горизонтальной, проходящихъ черезъ лампу, чтобы вычислить среднюю сферическую силу свѣта этой лампы.



Фиг. 489.



Фиг. 490.

Назовемъ черезъ  $c$  отношеніе средней горизонтальной силы свѣта къ силѣ свѣта, измѣренной въ плоскости угольной нити, и черезъ  $c'$  — отношеніе между средней сферической силой свѣта и средней горизонтальной силой. Мы приведемъ здѣсь величины этихъ постоянныхъ для нѣсколькихъ лампъ:

|      | Сименсъ. | Сванъ. | Эдисонъ. |
|------|----------|--------|----------|
| $c$  | 1,007    | 1,150  | 1,09     |
| $c'$ | 0,748    | 0,946  | 0,74     |

Часто, для облегченія испытаній, сравниваютъ только среднюю горизонтальную силу свѣта. Этотъ способъ сравненія узаконенъ въ Англіи. Онъ согласенъ съ принятыми на практикѣ способами сравненія лампъ съ пламенемъ.



Сила свѣта лампъ зависитъ весьма сильно отъ количества поглощаемой ими энергіи. Она можетъ приблизительно быть выражена, какъ это показали Войтъ, слѣдующей функціей послѣдней:

$$L = \alpha W^3,$$

гдѣ  $L$  — сила свѣта въ англійскихъ свѣчахъ, а  $W$  — количество энергіи въ ваттахъ.

Коэффициентъ  $\alpha$  зависитъ отъ сорта угольной нити и особенно отъ ея поверхности. Покрытая угольнымъ осадкомъ нить имѣетъ почти вдвое большую оптическую отдачу сравнительно съ непокрытой. Первая — свѣтло-сѣрая, вторая — черная матовая.

На основаніи предыдущей формулы относительная ошибка  $\frac{dL}{L}$ , которую можно сдѣлать при измѣреніи силы свѣта лампы, связана съ ошибкой, дѣлаемой при измѣреніи поглощаемой электрической энергіи уравненіемъ:

$$\frac{dW}{W} = 3 \frac{dW}{W}.$$

Слѣдовательно, если фотометрическія наблюденія дѣлаются съ точностью до 1%, то нужно, чтобы было

$$\frac{dW}{W} < \frac{0,01}{3} = 0,0033.$$

А такъ какъ измѣренія количества поглощаемой энергіи требуютъ отсчетовъ на вольтметрѣ и амперметрѣ, и такъ какъ ошибки, совершаемыя при этомъ, могутъ быть сдѣланы въ одномъ направленіи и сложиться, то нужно употреблять приборы, точность которыхъ не меньше 1,6 тысячныхъ. Этого результата можно достигнуть только съ очень постоянными источниками электричества. Только аккумуляторы, разряжающіеся очень тихо, способны удовлетворить этимъ требованіямъ.

На основаніи пожеланія, высказаннаго на Конгрессѣ Электриковъ 1889 года, указаніе свѣтовой силы лампы должно сопровождаться указаніемъ на степень каленія, при которой получена эта сила (§ 726). Нормальная степень для лампъ накаливанія приблизительно равна 1,1.

Продолжительность службы лампы зависитъ отъ силы

свѣта, которую отъ нея требуютъ. Положеніе лампы имѣетъ тоже вліяніе на продолжительность службы. Когда лампа помѣщена подъ угломъ къ вертикальной линіи, то сгибаніе угольной нити, вызываемое ея собственнымъ вѣсомъ, ускоряетъ ея переломъ.

Если электрическая энергія стоитъ дешево, то можетъ быть выгоднымъ имѣть худшую отдачу, лишь бы лампы служили дольше.

Ослабленіе свѣтовой способности лампъ накаливанія, у зажимовъ которыхъ поддерживается неизмѣнная разность потенциаловъ, зависитъ, по наблюденіямъ Никольса, на одну треть отъ зачерпнѣнія стекла, и на двѣ трети отъ увеличенія сопротивленія нити, происходящаго вслѣдствіе ея утонченія и вслѣдствіе входа въ лампу воздуха, который способствуетъ излученію и охлажденію угля.

Изъ опытовъ Клода видно, что, если замѣнять лампы, когда ихъ сила свѣта понизилась на 15%, то можно считать, что могутъ служить:

|      |        |        |             |     |       |    |       |
|------|--------|--------|-------------|-----|-------|----|-------|
| 1000 | часовъ | лампъ, | поглощающія | 4   | ватта | на | свѣчу |
| 700  | "      | "      | "           | 3,5 | "     | "  | "     |
| 350  | "      | "      | "           | 3   | "     | "  | "     |
| 150  | "      | "      | "           | 2,5 | "     | "  | "     |

О'Кинакъ указалъ раціональную методу для опредѣленія момента, когда выгодно замѣнить старую лампу накаливанія новой. Для каждого часа, или для каждыхъ ста часовъ, періода службы лампы высчитываютъ общую стоимость лампы и энергіи, которую она потребляетъ. Съ другой стороны вычисляютъ число доставляемыхъ въ то же время свѣчей-часовъ.

Затѣмъ составляютъ таблицу отношеній первыхъ чиселъ ко вторымъ и получаютъ для каждого часа періода службы лампы среднюю цѣну свѣчи-часа.

При этомъ замѣчается, что черезъ опредѣленное число часовъ, обыкновенно черезъ 200—300, въ зависимости отъ стоимости лампъ и стоимости электрической энергіи, стоимость этой единицы проходитъ черезъ минимумъ. Въ этотъ моментъ выгодно замѣнить лампу.

Точно также отъ стоимости электрической энергіи и отъ

стоимости лампы зависитъ число ваттовъ на свѣчу, которое можно допустить въ началѣ службы лампы.

Если вычертить кривыя, выражающія зависимость между стоимостью лампы-часа, и числомъ ваттовъ на свѣчу, то, принимая стоимость лампы въ 2 франка, а стоимость кил.-часа въ 1 фр., и основываясь на предыдущей таблицѣ, получимъ, что минимумъ стоимости свѣчи-часа соответствуетъ потребленію энергіи нѣсколько меньшему 2 ваттовъ на свѣчу. На практикѣ столь слабого потребленія энергіи не допускаютъ, вслѣдствіе измѣненій напряженія въ сѣти, но, въ виду низкой цѣны на лампы, обыкновенно выгодно въ городскихъ сѣтяхъ доходить до 2,5—3 ваттовъ на свѣчу въ началѣ службы лампы.

Можно готовить лампы, могущія служить долго и имѣющія въ началѣ большую свѣтовую отдачу. Для этого достаточно на сердцевину нити наложить посредствомъ *укрѣпленія* тонкій слой угля. Такая лампа въ началѣ имѣетъ превосходную отдачу, но когда осажденный слой улетучится, сопротивление угольной нити быстро увеличится и сила тока, а слѣдовательно и свѣта, уменьшится. Такія лампы продолжаютъ свѣтить и стекло не чернѣетъ. Если же, наоборотъ, толщина слоя велика, то уменьшеніе силы тока будетъ не быстрое и углеродъ, улетучиваясь, сильно чернитъ стекло, если сила тока слишкомъ велика. Сказанное можно проверить, дѣлая фотометрическія измѣренія послѣ нѣсколькихъ дней работы: отдача получается очень слабая.

Слѣдуетъ замѣтить, что длинныя свернутыя угольныя нити, приготовляемыя для нѣкоторыхъ лампъ, питаемыхъ токами высокаго напряженія, могутъ легко ломаться, если въ то время, когда по нимъ проходитъ токъ, какой либо толчекъ замкнетъ угольную петлю на себя. При этомъ обѣ вѣтви петли соединяются непосредственно и токъ быстро усиливается настолько, что можетъ вызвать изломъ.

**736. Лампы съ вольтовой дугой.** Свѣтъ, испускаемый лампой съ вольтовой дугой, вслѣдствіе перемѣщенія кратера, не одинаково распредѣляется въ различныхъ азимутахъ, такъ что фотометрическая поверхность не будетъ поверхностью вращения и что при очень точныхъ измѣреніяхъ надо одновре-

менно опредѣлять кривыя распредѣленія силы свѣта по крайней мѣрѣ въ двухъ азимутахъ, отличающихся на  $180^\circ$ . Однако наибольшая сила свѣта мало мѣняется, почему на практикѣ для вычисленія средней сферической силы свѣта довольствуются изслѣдованіемъ распредѣленія свѣта только въ одномъ, опредѣленномъ азимутѣ.

Въ § 732 мы познакомились съ системой Руссо для графическаго представленія результатовъ.

Двѣ діаграммы фиг. 491 и 492 представляютъ по этому способу распредѣленія свѣта для лампы Грамма въ 13 амперъ и для другой лампы въ 4 ампера, питаемыхъ постояннымъ токомъ.

Эти діаграммы показываютъ, что сила свѣта въ верхнемъ полушаріи очень слаба, особенно при небольшихъ дугахъ, въ которыхъ верхній уголь даетъ очень тупой конусъ тѣни. Кривая сила свѣта имѣетъ изгибъ въ горизонтальной плоскости, затѣмъ ея радіусъ векторъ быстро возрастаетъ въ нижнемъ полушаріи, пока его наклонъ относительно горизонта не дойдетъ приблизительно до  $40^\circ$ .

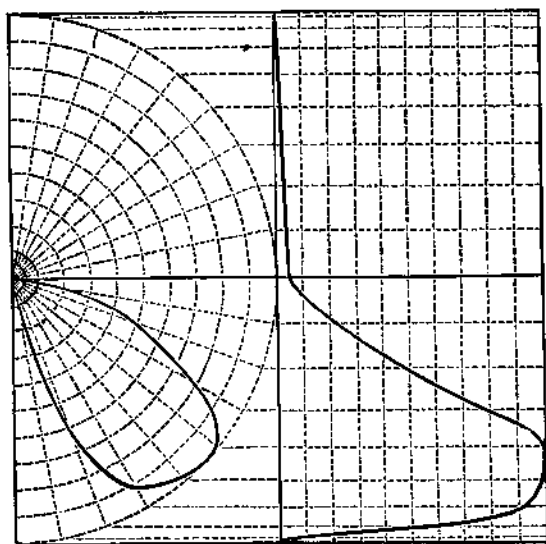
На практикѣ для упрощенія измѣреній часто допускаютъ, что средняя сферическая сила свѣта лампы, питаемой постояннымъ токомъ, выражается слѣдующей формулой

$$S = \frac{H}{2} + \frac{M}{4},$$

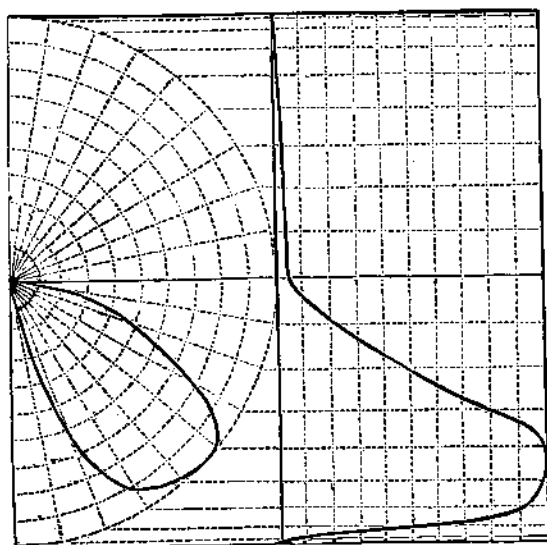
въ которой  $H$  есть горизонтальная сила свѣта, а  $M$ —наибольшая сила свѣта, измѣряемая по направленію, составляющему съ горизонтомъ уголь въ  $45^\circ$ . Руссо предложилъ болѣе простую формулу.

$$S = 0.35W.$$

При вычисленіи полезнаго дѣйствія источниковъ свѣта слѣдуетъ принимать во вниманіе и поглощеніе свѣта шарами, употребляемыми для его разсѣиванія и смягченія. На это тратится отъ 15 до 40% всего количества свѣта. Можно совѣтовать готовить стеклянные шары съ опаловымъ верхнимъ слоемъ, позволяющимъ видѣть уголь, когда лампа не горитъ. Замѣтимъ, что шары уменьшаютъ неравномѣрность распредѣленія свѣта лампъ. При употребленіи рефлекторовъ это рас-



Фиг. 491.



Фиг. 492.

предѣленіе измѣняется вновь. Блондель, Фредюро и Троттеръ устраиваютъ фасонные шары, стороны которыхъ вычисляются такъ, чтобы распредѣленіе свѣта въ горизонтальной плоскости было равномерно.

При вычисленіяхъ, касающихся освѣщенія, необходимо знать силу свѣта пучковъ, испускаемыхъ по различнымъ направленіямъ, и помнить, что такъ какъ освѣщаемые предметы обыкновенно находятся на землѣ, то разстояніе, на которомъ можетъ съ пользою свѣтить дуга постоянного тока, болѣе зависеть отъ наибольшей силы свѣта, чѣмъ отъ средней сферической. Поэтому-то практики часто довольствуются для выраженія свѣтовой способности источника силою свѣта подъ наивыгоднѣйшимъ угломъ. Въ другихъ случаяхъ разсматриваютъ среднюю полусферическую силу свѣта въ нижнемъ полушаріи, равную приблизительно двойной сферической.

По Палазу \*) наибольшая сила свѣта  $M$  голой дуги, питаемой постояннымъ токомъ въ 40—50 вольтъ, выражается въ децимальныхъ свѣчахъ въ функціи силы тока  $i$  въ амперахъ слѣдующей приблизительно эмпирической формулой, выведенной изъ результатовъ измѣреній въ Антверпенѣ:

$$M = 200 i + 4 i^2.$$

Эта формула можетъ служить для интерполяціи, если измѣряютъ лампы, питаемая измѣняющимися токами, если предположить, что всѣ лучи усиливаются при усиленіи тока.

Горизонтальная сила свѣта  $H$  равняется приблизительно 0,2 наибольшей.

Палазъ опытнымъ путемъ опредѣлялъ количество энергіи, потребляемое дугами постоянного тока, пользуясь формулой

$$S = 0,35 M = 0,35(200i + 4i^2) \quad (1)$$

и замѣчая, что количество потребленной энергіи равняется  $50 i$ , если 50 есть приблизительно разность потенціаловъ у зажимовъ дуги, соединенной послѣдовательно съ добавочнымъ сопротивленіемъ.

Слѣдовательно число ваттовъ, необходимыхъ для средней сферической свѣчи будетъ,

$$w = \frac{50 i}{0,35 (200i + 4i^2)} = \frac{1}{1,4 + 0,028i} \quad (2)$$

\*) *La Lumière Electrique*, t. 37, p. 408.

Помѣщаемая ниже таблица вычислена по формуламъ (1) и (2).

| Сила тока въ амперахъ. | Число десятичныхъ свѣчей (среднихъ сферич.). | Число ваттовъ, затрачиваемыхъ на десятичные свѣчу (среднюю сферич.) |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 4                      | 302,4                                        | 0,662                                                               |
| 6                      | 470,4                                        | 0,638                                                               |
| 8                      | 649,6                                        | 0,616                                                               |
| 10                     | 840                                          | 0,595                                                               |
| 12                     | 1041,5                                       | 0,576                                                               |
| 14                     | 1254,5                                       | 0,562                                                               |
| 16                     | 1477                                         | 0,542                                                               |
| 20                     | 1960                                         | 0,510                                                               |
| 30                     | 3360                                         | 0,446                                                               |

Качество углей имѣетъ значительное вліяніе на свѣтовую отдачу. Въ продажѣ находятся два сорта углей: одинъ—предназначенный для токовъ въ 45—46 вольтъ, другой—для токовъ 38—40 вольтъ. Угли перваго сорта употребляются чаще. Смотра по толщинѣ они годятся для токовъ отъ 20 до 6 амперъ и даютъ дуги въ 4,5—2,5 милл. длиной, безъ значительнаго измѣненія напряженія у зажимовъ. Марксъ замѣтилъ, что при равенствѣ свѣтовыхъ способностей твердые угли, употребляемые въ Соединенныхъ Штатахъ для дуговыхъ лампъ малаго напряженія (30—35 вольтъ), поглощаютъ энергіи приблизительно на 40% больше, чѣмъ мягкіе угли, употребляемые при болѣе высокихъ напряженіяхъ.

Изъ сказаннаго видно, что результаты обыкновенныхъ изслѣдованій дуговыхъ лампъ служатъ, главнымъ образомъ, для опредѣленія качества употребляемыхъ углей и что эти качества слѣдуетъ тщательно замѣчать.

Испытаніе регулятора какой-нибудь системы слѣдовало бы основывать не на измѣреніи свѣтовой отдачи, но на постоянствѣ источника свѣта, соединеннаго съ неизмѣненнымъ источникомъ электричества.

Дуговые лампы, питаемыя переменными токами, испускаютъ лучи, распределенныя одинаковымъ образомъ надъ и подъ горизонтомъ. Поэтому подобнаго рода источники свѣта менѣе пригодны для освѣщенія земли, чѣмъ дуги постоянного

тока и ихъ приходится снабжать большими рефлексорами, отражающими свѣтъ внизъ, а также помѣщать на менѣ высокихъ столбахъ, чѣмъ лампы постоянного тока. При переменныхъ токахъ считаютъ, что средняя сферическая сила равняется 0,9 наибольшей. Дуги переменнаго тока требуютъ разности потенциаловъ между углями только въ 32—35 вольтъ, тогда какъ дуги постоянного тока требуютъ для той же свѣтовой способности 43—44 вольта. Слѣдовательно при распределеніи токами въ 110 вольтъ можно соединять послѣдовательно три дуги, если токи переменны, и только двѣ, если токъ постоянный.

Опаловые или матовые шары, которыми снабжаютъ дуговые лампы, измѣняютъ распределеніе лучей въ различной степени въ зависимости отъ своей разсѣивающей способности. Комиссія, учрежденная городомъ Франкфуртомъ для изслѣдованія сравнительныхъ достоинствъ дуговыхъ лампъ, питаемыхъ постояннымъ и переменнымъ токомъ, нашла, что при условіяхъ, встрѣчающихся на практикѣ, при равной тратѣ энергіи въ лампѣ и добавочномъ сопротивленіи, дуги постоянного тока, помѣщенные въ шары для внутренняго освѣщенія закрытыхъ помѣщеній, превосходятъ дуги переменнаго тока на 20%.

Это превосходство доходитъ до 25% для открытыхъ пространствъ, безъ отражающихъ свѣтъ стѣнъ. Расходъ на угли въ дугахъ, питаемыхъ переменными токами, тоже на 20% больше, чѣмъ въ дугахъ постоянного тока.

**737. Сравненіе свѣтовой отдачи различныхъ источниковъ. Способъ Тиндала и Томсона.** Кромѣ перечисленныхъ нами фотометрическихъ способовъ, позволяющихъ сравнивать впечатлѣніе производимое, на нашъ глазъ различными источниками свѣта, существуютъ способы очень интересныхъ объективныхъ измѣреній. Таковъ способъ Тиндала.

Положимъ, что лампа накаливанія помѣщена въ мѣдный калориметръ съ двойными стѣнками, между которыми циркулируетъ вода, температуру которой измѣряютъ при входѣ и выходѣ (§ 246). Изъ полученныхъ данныхъ можно будетъ вывести количество тепла, выделяемое лампой въ единицу



времени, т. е. все количество энергии  $W$  лучей, испускаемых лампой.

Если затѣмъ замѣнить мѣдный калориметръ другимъ изъ полированного стекла, тоже съ двойными стѣнками, между которыми протекаетъ вода, то свѣтовые лучи большею частью пройдутъ сквозь стѣнки и теплота  $W'$ , уносимая водой, будетъ происходить только отъ темныхъ лучей.

Свѣтовая отдача лампы можетъ быть опредѣлена отношеніемъ

$$\frac{W - W'}{W}$$

Этотъ способъ даетъ слѣдующіе результаты:

| Названіе источника свѣта.      | $\frac{W - W'}{W}$ |
|--------------------------------|--------------------|
| Свѣча . . . . .                | 0,00293            |
| Керосиновая лампа . . . . .    | 0,00315            |
| Масляная лампа . . . . .       | 0,00442            |
| Каменноугольный газъ . . . . . | 0,00317            |
| Лампа накаливанія . . . . .    | 0,06               |
| Дуговая лампа . . . . .        | 0,10               |
| Гейслерова трубка . . . . .    | 0,33               |

Относительное количество красныхъ лучей гораздо больше въ пламени углеводородовъ, чѣмъ въ дуговыхъ лампахъ. Степень каленія (§ 726), равная единицѣ для Карсели, равняется 1,1 для лампъ накаливанія, 1,7 для дуговыхъ лампъ и 2 для солнца. Дуговая лампа даетъ свѣтъ, подходящій къ дневному ближе, чѣмъ свѣтъ всѣхъ остальныхъ искусственныхъ источниковъ. Слѣдовательно, ея свѣтъ годится болѣе всякаго другаго, когда требуется, чтобы освѣщенные предметы сохранили свою натуральную окраску. Если же только нужно отличать бѣлое отъ чернаго, то красноватое пламя равной силы годится столько же, сколько и вольтова дуга.

Другой способъ, принадлежащій Томсену, позволяетъ измѣрять радіацію источника свѣта при помощи термоэлектрическаго столбика Меллони и гальванометра. Столбикъ и гальванометръ калибруются заранее, помѣщая на мѣсто изучаемаго источника свѣта шаръ, наполненный водой, теряющій въ единицу времени количество тепла, опредѣляемое по указаніямъ термометра.

Если между источникомъ свѣта и столбикомъ помѣстить растворъ квасцовъ, обладающій свойствомъ не пропускать темныхъ лучей, то измѣряться будутъ только свѣтовые лучи. Замѣняя квасцы сѣрнистымъ углеродомъ, измѣряютъ все количество лучей. Этотъ способъ имѣетъ передъ предыдущимъ то преимущество, что онъ позволяетъ измѣрять свѣтовую радіацію въ различныхъ направленіяхъ.

**738. Освѣщеніе открытыхъ мѣстъ и закрытыхъ помѣщеній. Практическія данныя.** Высота, на которой помѣщаютъ сильные источники свѣта, должна быть сравнительно велика, чтобы освѣщеніе горизонтальной плоскости было болѣе равномерно и чтобы сама лампа не была видима. Если въ глаза бьютъ лучи свѣта непосредственно отъ лампы, то зрачки, служащіе діафрагмами, суживаются и пропускаютъ въ глазъ количество свѣта, недостаточное для того, чтобы можно было различать слабо освѣщенные предметы. Кромѣ того, контрастъ между лампой и этими предметами еще болѣе уменьшаетъ эффектъ освѣщенія. Чтобы какъ слѣдуетъ оцѣнить эти фізіологическія явленія, достаточно посмотрѣть на освѣщенные предметы сначала, смотря одновременно и на лампу, потомъ защищая глазъ отъ прямыхъ лучей лампы. Разница впечатлѣній поразительна.

Высота, на которой должны быть помѣщаемы лампы, можетъ быть выведена на основаніи теоретическихъ соображеній. Возьмемъ случай, когда источникъ свѣта испускаетъ свѣтъ одинаковой силы по всемъ направленіямъ. Освѣщеніе въ точкѣ, лежащей на разстояніи  $l$  отъ источника по горизонтальному направленію, если  $h$  высота источника надъ землей и  $I$  средняя сила свѣта, будетъ

$$e = \frac{I \cos \alpha}{r^2} = \frac{I h}{(l^2 + h^2)^{3/2}}. \quad (1)$$

Разсматривая  $h$  какъ переменную величину, легко видѣть что  $e$  будетъ наибольшимъ, когда

$$h = \frac{l}{\sqrt{2}}. \quad (2)$$

Въ этомъ случаѣ уголъ паденія равняется  $54^{\circ}44'$ . Это условіе рѣдко исполнимо. Такъ, для разстоянія въ 50 метровъ, пришлось бы ставить столбы въ 35 метровъ вышиной.

Если даны величина  $I$  и величина  $e$  наименьшаго освѣщенія, которое только допустимо, то уравненія (1) и (2) для этого случая даютъ

$$e = \frac{I}{5,2h^2} = \frac{I}{2,6l^2}. \quad (3)$$

Если задаться средней величиной освѣщенія  $e_m$ , высотой лампы и величиной района, который надо освѣтить, то легко вычислить силу свѣта источниковъ, необходимыхъ для положенной цѣли. Дѣйствительно, количество свѣта, которое надо получить, равняется  $\pi l^2 e_m$ , если радіусъ освѣщаемаго района равняется  $l$ . Но, сила свѣта есть количество свѣта въ единичномъ тѣлесномъ углѣ, радіусу же  $l$  соответствуетъ тѣлесный уголъ  $2\pi(1 - \cos \alpha)$ , слѣдовательно

$$\frac{\pi l^2 e_m}{2\pi(1 - \cos \alpha)} = I. \quad (4)$$

Уравненіе

$$I = 0,35 (200i + r i^2) \quad (5)$$

даетъ силу тока, который долженъ проходить черезъ дуговую лампу постоянного тока, чтобы получить требуемую силу свѣта. Если желаютъ опредѣлить районъ, внутри котораго данная лампа, помѣщенная на опредѣленной высотѣ, даетъ среднее освѣщеніе  $e_m$ , то нужно рѣшить уравненіе (4) относительно  $l$ , замѣчая, что

$$\cos \alpha = h(h^2 + l^2)^{-\frac{1}{2}}.$$

Тогда изъ ур. (4) получаемъ

$$l = \sqrt{\frac{2I}{e_m} - \frac{h^2}{2}} = h \sqrt{\frac{2I}{e_m} + \frac{h^2}{4}}. \quad (6)$$

Слѣдующая таблица вычислена на основаніи этого уравненія, комбинированнаго съ формулой (5)

| Сила тока (въ амперахъ) дуги постоянного тока.                                     | 4     |      | 6    |      | 8    |      | 12   |      |      |      | 16   |      |      |      | 20   |      |      |      | 30   |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Высота источника въ метрахъ.                                                       | 8     | 8    | 0    | 18   | 10   | 12   | 8    | 10   | 12   | 15   | 20   | 10   | 12   | 15   | 20   | 12   | 15   | 20   | 20   |
| Расстояние въ (метрахъ) отъ основанія источника, для котораго получаютъ освѣщеніе. |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $e_m = 1$                                                                          | 19,01 | 25,5 | 24,1 | 31,3 | 29,7 | 28,1 | 41,2 | 39,7 | 38,1 | 37,0 | 30,7 | 48,3 | 46,6 | 44,9 | 40,6 | 55,6 | 53,6 | 40,5 | 69,8 |
| $e_m = 1,5$                                                                        | 14,4  | 19,7 | 17,8 | 24,4 | 22,7 | 20,8 | 32,5 | 31,0 | 29,2 | 26,6 | 20,4 | 38,4 | 36,9 | 34,4 | 29,8 | 43,9 | 41,5 | 37,0 | 51,1 |
| $e_m = 2$                                                                          | 11,3  | 16,3 | 14,1 | 20,3 | 18,4 | 16,2 | 27,4 | 25,8 | 24,0 | 20,8 | 12,9 | 32,3 | 30,6 | 27,9 | 24,1 | 36,8 | 34,3 | 29,2 | 44,0 |

Если въ уравненіе (4) ввести условіе (2),

$$h = \frac{l}{\sqrt{2}},$$

то получаемъ:

$$e_m = \frac{0,84 I}{l^2} = \frac{0,42 I}{h^2}. \quad (6)$$

Эта послѣдняя формула позволяетъ опредѣлить радіусъ горизонтальнаго круга, внутри котораго источникъ свѣта, помѣщенный на наивыгоднѣйшей высотѣ, даетъ опредѣленное среднее освѣщеніе.

Такъ какъ источники свѣта съ вольтовой дугой даютъ весьма различное распредѣленіе свѣта въ различныхъ направленіяхъ, лежащихъ въ вертикальной плоскости, то предыдущія уравненія не могутъ быть, строго говоря, примѣнены къ нимъ.

Если въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ источникъ свѣта, вычертить кривую освѣщенія, производимаго имъ на землѣ, то при свѣтящейся однородной сферѣ получаютъ кривую, имѣющую наибольшую ординату у основанія лампы и затѣмъ быстро приближающуюся къ землѣ по обѣ его стороны (§ 733).

При дугѣ постоянного тока, наоборотъ, освѣщеніе у подножія лампы равно нулю (если пренебречь свѣтомъ, разсеи-

ваемымъ атмосферой и если предположить, что лампа не снабжена рефлекторомъ). Кривая освѣщенія быстро поднимается съ каждой стороны источника, доходить до максимума и начинается асимптотически опускаться до земли. Наибольшія ординаты соответствуютъ разстояніямъ отъ подножія лампы, равнымъ высотѣ ея надъ землей.

Вычисленіе освѣщенія закрытаго помѣщенія, напримѣръ залы, представляетъ большія затрудненія вслѣдствіе разсѣивающихъ свойствъ стѣнъ.

Коэффициентъ разсѣиванія доходитъ до 0,80 при бѣлыхъ стѣнахъ, но въ обыкновенныхъ помѣщеніяхъ онъ по большей части гораздо меньше. Для желтыхъ обоевъ онъ равняется 0,40, голубыхъ—0,25, темно-коричневыхъ—0,13.

Пусть  $A$  будетъ коэффициентъ разсѣиванія въ залѣ, въ которой все количество свѣта, доставляемаго лампами, равно  $Q$ . Часть  $AQ$  отражается отъ стѣнъ, часть же  $(1-A)Q$  поглощается ими. Вторично отражается количество  $A^2Q$  и т. д. Общее количество полезнаго свѣта будетъ

$$Q (1 + A + A^2 + \dots) = Q \frac{1}{1-A}.$$

Если слѣдовательно  $A$  равняется только 0,50, то зала кажется освѣщенной вдвое ярче, чѣмъ если бы стѣны были черныя. Отсюда видно, насколько важно, съ точки зрѣнія лучшаго пользованія свѣтомъ, дѣлать стѣны комнатъ свѣтлыми. Мастерскія слѣдуетъ тщательно бѣлить известью.

Роскошное освѣщеніе, позволяющее свободно читать равняется приблизительно 10 децимальнымъ свѣчамъ—метрамъ.

Диффузный дневной свѣтъ въ комнатахъ приблизительно равняется 50 децим. свѣчамъ—метрамъ. Въ мастерскихъ, гдѣ требуется хорошее освѣщеніе, на бумаго-прядильныхъ, нужно имѣть 5 свѣчей-метровъ, тогда какъ въ обыкновенныхъ мастерскихъ довольствуются 2 свѣч.-метра, независимо отъ отдѣльнаго освѣщенія, требующагося для нѣкоторыхъ станковъ.

Для главныхъ улицъ и площадей въ городахъ требуется освѣщеніе въ 2 свѣчи-метра, для второстепенныхъ же достаточно и 1 свѣчи-метра.

Часто на практикѣ выражаютъ освѣщеніе открытаго пространства или закрытаго помѣщенія, раздѣляя общую силу

свѣта, всѣхъ источниковъ на величину освѣщенной горизонтальной площади. Такъ 100 свѣчей, находящихся въ залѣ въ 100 квадр. метровъ, даютъ освѣщеніе *въ 1 свѣчу на квадратный метръ*. Это выраженіе не соотвѣтствуетъ единицѣ освѣщенія, употребленной раньше. Фонтэнъ однако нашелъ, что можно приблизительно получить въ залѣ освѣщеніе въ 1 свѣчу-метръ, помѣщая въ нее такіе источники свѣта, чтобы общая ихъ сила равнялась столькимъ свѣчамъ, сколько въ освѣщаемомъ помѣщеніи квадратныхъ метровъ.

На практикѣ пришлось прійти къ нѣсколькимъ эмпирическимъ правиламъ, подобнымъ предыдущему, такъ какъ при устройствѣ освѣщенія, имѣя источники различной силы, трудно найти основаніе для ихъ сравненія. Поэтому для освѣщенія были предложены различныя системы. Государственныя желѣзныя дороги въ Бельгіи, напримѣръ, вызвали конкуренцію между газомъ и электричествомъ для освѣщенія станцій, требуя минимальное освѣщеніе 0,2 свѣчи-метра. Это условіе оказалось весьма благопріятнымъ для слабыхъ источниковъ свѣта. Формула (3) въ этомъ случаѣ для сильныхъ источниковъ свѣта даетъ невозможную высоту надъ поломъ. Для слабыхъ же источниковъ наоборотъ. Если напримѣръ  $I = 20$  свѣчамъ, то уравненіе (3) даетъ:

$$0,2 = \frac{20}{5,2 h^2};$$

откуда

$$h = 4,4 \text{ метра.}$$

Если же  $I = 1000$ , то  $h$  будетъ равняться 31 метру, величинѣ слишкомъ большой, такъ какъ столь высокіе столбы стоятъ слишкомъ дорого и полезное дѣйствіе источника свѣта, помѣщенного столь высоко, во время тумановъ будетъ слишкомъ незначительно.

Для точности слѣдуетъ принимать въ расчетъ и количество свѣта, утилизируемое благодаря разсѣивающей способности атмосферы и предметовъ, выдающихся надъ землей. Для этой цѣли слѣдуетъ требовать определенное среднее освѣщеніе, вычисленное, какъ было показано, и чтобы избѣжать слишкомъ большой неравномѣрности освѣщенія, достаточно

еще указать, каково должно быть наименьшее освѣщеніе. Это дополнительное указаніе становится, однако, лишнимъ, если указана высота источниковъ свѣта надъ землей.

**739. Особыя качества электрическаго освѣщенія.** Экономисты замѣтили, что можно судить о степени цивилизаціи какого нибудь народа по тому, какъ онъ освѣщается. Несомнѣнно, что освѣщеніе весьма способствуетъ благосостоянію и гигиенѣ и съ этой точки зрѣнія безспорно, что электрическія лампы имѣютъ сильное преимущество передъ другими источниками свѣта.

Сравнимъ системы освѣщенія съ точки зрѣнія гигиены. Дуговая лампа выдѣляетъ въ часъ на 100 англійскихъ свѣчей 0,003 куб. метра угольнаго ангидрида и 60 калорій (килогр.—градусъ) тепла. Лампа накаливанія не выдѣляетъ вовсе угольнаго ангидрида, но выдѣляетъ 300 калорій тепла. Что касается газа, то горѣлка Арганта и горѣлка Манчестеръ даютъ соответственно 0,46 и 1,24 куб. метра угольнаго ангидрида и выдѣляются первыя 4890 калорій, вторая 12150 калорій. Карсель выдѣляетъ 0,61 куб. метра угольнаго ангидрида 4200 калорій тепла. Извѣстно, что присутствіе угольнаго ангидрида становится вреднымъ, какъ только количество его превосходитъ 0,0006 объема воздуха и причиняетъ сильныя головныя боли, когда это количество достигаетъ 0,003 объема. Слѣдовательно для 5 куб. метровъ газа требуется по правиламъ гигиены 10000 куб. метровъ воздуха.

Эти цифры показываютъ, насколько электрическое освѣщеніе менѣе нагреваетъ помѣщеніе и менѣе портитъ въ немъ воздухъ. Эти качества электрическаго освѣщенія дѣлаютъ его особенно пригоднымъ для театровъ, клубовъ, ресторановъ, магазиновъ и т. п. По опытамъ Маскара газовая горѣлка въ 120 литровъ поглощаетъ столько же кислорода, сколько десять взрослыхъ людей. А такъ какъ въ зрительныхъ залахъ обыкновенно считается по одному рожку на зрителя, то вдыхаемый воздухъ настолько же обѣдняется кислородомъ благодаря газовому освѣщенію, насколько онъ обѣднѣлъ бы, если-бы число зрителей удесятирилось. Кромѣ того, газъ при неполномъ сгораніи выдѣляетъ еще ацетиленъ и другія вещества.

Атмосфера, испорченная газомъ, дѣлаетъ очень затруднительной какъ умственный трудъ, такъ и физическій. Несомнѣнно, примѣненіе электрическаго свѣта въ конторахъ и мастерскихъ увеличиваетъ количество работы, которое могутъ произвести служащіе и рабочіе. Присъ сообщаетъ, что въ *Saving Bank* въ Лондонѣ, въ которомъ работаютъ 1200 лицъ, послѣ введенія электрическаго освѣщенія числу отсутствующихъ по болѣзни настолько уменьшилось, что увеличеніе количества работы, производимой служащими, стало достаточно для пополненія расхода, вызваннаго замѣной газа электричествомъ. Кромѣ вреда, приносимаго организму, продукты сгорания, особенно газа, портятъ живопись, убранство комнатъ и т. п. Свойство вольтовой дуги сохранять предметамъ ихъ натуральный цвѣтъ дѣлаетъ эту систему освѣщенія особенно пригодной для тѣхъ родовъ промышленности, гдѣ имѣютъ дѣло съ окраской: бѣленія бумаги, окраски тканей и т. п.

Иногда находятъ, что вольтова дуга даетъ предметамъ слишкомъ блѣдную окраску, но это происходитъ отъ того, что ея свѣтъ сравниваютъ съ красноватымъ свѣтомъ пламени. На самомъ же дѣлѣ вольтова дуга есть единственный источникъ, могущій дать освѣщеніе аналогичное по силѣ и оттѣнку съ дневнымъ.

Дуговые лампы особенно пригодны для освѣщенія большихъ открытыхъ или закрытыхъ пространствъ. Число лампъ слѣдуетъ дѣлать большимъ, чтобы уменьшить рѣзкость тѣней и скрыть небольшія измѣненія, происходящія отъ недостатковъ регуляторовъ или углей. Для питанія этихъ лампъ годятся двигатели, которыми обыкновенно пользуются на заводахъ.

Лампы накаливанія болѣе пригодны для освѣщенія жилыхъ помѣщеній. Онѣ не требуютъ никакого ухода, но зато онѣ требуютъ болѣе неизмѣняющагося тока, чѣмъ дуговые лампы и поэтому должны быть питаемы особыми двигателями, если только для регулированія тока не употребляются аккумуляторы (§ 505). Если лампы накаливанія и дуговые лампы включаются въ одну и ту же цѣпь, питаемую не очень сильнымъ генераторомъ, то слѣдуетъ принимать особые предосторожности, чтобы неравномѣрность горѣнія дугъ не вліяла на



свѣтъ лампъ накаливанія. Обыкновенно лампы помѣщаютъ въ отвѣтвленіяхъ и держатъ у нихъ зажимовъ разность потенциаловъ въ 65—70 вольтъ, что позволяетъ соединять послѣдовательно съ дуговыми лампами большія добавочныя сопротивленія.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКІЯ СТАНЦІИ.

**740. Общія правила устройства электрическихъ станцій.** Благодаря устройству въ городахъ электрическихъ стѣтей число примѣненій электрическаго освѣщенія быстро возрастаетъ. Эти примѣненія, особенно многочисленныя въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ высокая цѣна газа облегчаетъ электричеству борьбу съ нимъ на экономической почвѣ, уже нѣсколько лѣтъ начинаютъ распространяться и въ Европѣ, гдѣ въ настоящее время уже почти нѣтъ сколько нибудь большихъ городовъ, не имѣющихъ электрическихъ станцій.

Канализируемая электрическая энергія можетъ быть также примѣняема для питанія домашнихъ двигателей и двигателей въ промышленныхъ заведеніяхъ.

Совмѣстное примѣненіе электричества къ этимъ двумъ цѣлямъ, къ освѣщенію и къ движенію, очень удобна съ точки зрѣнія лучшей утилизациі электрическихъ станцій, которыя, если на нихъ нѣтъ аккумуляторовъ, должны производить электрическую энергію по мѣрѣ надобности. Двигатели потребляютъ энергію днемъ, лампы же ночью и вечеромъ.

Въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ электродвигатели уже очень распространены, среднее потребленіе электрической энергіи въ теченіе сутокъ достигаетъ иногда 40% наибольшаго потребленія. На Европейскихъ станціяхъ среднее потребленіе рѣдко превосходитъ 20% наибольшаго. Чтобы привлечь дневныхъ кліентовъ можно посоветовать продавать электрическую энергію внѣ часовъ освѣщенія за болѣе дешевую цѣну, что все таки поможетъ уменьшить общіе расходы.

**Зданія.** Полезно разсчитывать всегда очень широко помѣщеніе для центральной станціи, такъ какъ потребленіе электрической энергіи обыкновенно возрастаетъ весьма быстро, а расширеніе стоитъ всегда весьма дорого. Зданія центральной

станціи слѣдуетъ уединять отъ сосѣднихъ жилыхъ строеній, чтобы помѣшать распространенію сотрясеній черезъ стѣны и чтобы не подвергать сосѣдніе дома опасности пожара. Электрическія станціи строятся изъ несгораемыхъ матеріаловъ. Оконныя рамы надо дѣлать желѣзными, такъ какъ деревянные разбухаютъ подъ дѣйствіемъ тепла и влаги. Однако въ тѣхъ помѣщеніяхъ, гдѣ находятся динамомашинны высокаго напряженія, устраиваютъ деревянные полы, чтобы изолировать рабочихъ, которымъ порученъ уходъ за этими машинами.

Вслѣдствіе дороговизны земли внутри городовъ иногда приходится размѣщать машины въ различныхъ этажахъ домовъ. Въ Нью-Йоркѣ достигли того, что употребляютъ только 0,18 кв. метровъ земли на силу. Однако такое размѣщеніе можно допускать только въ крайнихъ случаяхъ. Предпочтительнѣе размѣщать машины и паровые генераторы въ сосѣднихъ помѣщеніяхъ, которыя можно тщательно вентилировать. Крыша машиннаго зданія должна быть настолько высока, чтобы подвижная платформа съ краномъ, устанавливаемая подъ крышей, могла бы перевозить части машинъ уже надъ установленными. Обыкновенно въ пристройкѣ къ машинному зданію помѣщаютъ контору, магазины, а также мастерскіи для починокъ, снабжаемые необходимыми станками и инструментами.

При недостаткѣ мѣста можно устраивать котельное помѣщеніе надъ машиннымъ, но ни въ какомъ случаѣ нельзя помѣщать машины надъ котлами, такъ какъ жаръ и паръ дѣлаютъ уходъ за двигателями и динамомашинами крайне затруднительнымъ.

*Паровые котлы.* Обыкновенно для уменьшенія опасности взрывовъ городскія правила требуютъ установки трубчатыхъ котловъ. Въ этихъ котлахъ давленіе можно поднимать весьма быстро и они даютъ паръ очень дѣятельно въ часы дня, когда потребленіе тока бываетъ наибольшее. Въ Берлинѣ котлы Штейнмюллера остаются теплыми на слѣдующій день по окончаніи топки и давленіе въ нихъ можно поднять въ 20 мин., если наполнить очагъ тряпками, пропитанными керосиномъ. Трубчатые котлы занимаютъ мало мѣста въ горизонтальной плоскости, что весьма важно, если помѣщеніе ограничено. Въ

настоящее время, особенно въ Англіи, замѣчается стремленіе употреблять котлы съ внутреннимъ очагомъ. Въ этихъ котлахъ потери на излученіе меньше, почему они позволяютъ дѣлать большія сбереженія на топливѣ. Въ случаѣ нужды употребляютъ вентиляторы, вдувающіе подъ рѣшетки воздухъ для усиленія горѣнія и полного сжиганія топлива. Котлы помѣщаются передъ складомъ угля. Иногда ихъ располагаютъ ниже уровня улицы, чтобы можно было ссыпать уголь въ ямы, находящіяся на уровнѣ рѣшетокъ очаговъ. Подъ рѣшетками ставятся вагончики, въ которые падаетъ зола, двигающіяся по подземному корридору, изъ котораго уже зола поднимается машиной. Внутри городовъ нужно принимать большія предосторожности, чтобы уменьшить количество выпускаемаго дыма. Для этого надо жечь только сухіе сорта угля или антрацитъ. До настоящаго времени дымопоглощающія системы еще не имѣли успѣха. Болѣе распространенная изъ этихъ системъ позволяетъ въ то же время дѣлать экономію на топливѣ: дымъ изъ очаговъ пропускаютъ между трубами, по которымъ течетъ вода, питающая котлы. Вода нагревается и на трубахъ отлагаются твердыя частицы, выносимыя изъ очаговъ вмѣстѣ съ газами. Количество твердыхъ частицъ уносимыхъ газами, которое бываетъ особенно велико при подбрасываніи свѣжаго топлива, уменьшаютъ, устраивая автоматическія приспособленія для подбавленія угля, что вызываетъ болѣе равномерное его сгораніе. Эти приспособленія позволяютъ также уменьшить работу кочегаровъ, но за то они не позволяютъ усиливать огонь въ случаѣ нужды, какъ это можно дѣлать при ручной подброскѣ угля.

*Вода.* Необходимо имѣть всегда количество воды, достаточное для питанія котловъ и для конденсаторовъ. Конденсация пара не только даетъ экономію на топливѣ, но также избавляетъ сосѣдей станціи отъ неудобствъ близости мѣста выпуска отработавшаго пара. Если вблизи станціи нѣтъ рѣки, изъ которой можно провести водопроводъ, то надо пытаться устроить колодцы. На станціи avenue Trudaine въ Парижѣ устроили съ этой цѣлью артезіанскій колодезь въ 137 метровъ глубиной. Если станція расположена внѣ города, то можно сберегать конденсационную воду и пользоваться ею послѣ

того, какъ она охладится на открытомъ воздухѣ (система Sée и друг.) Если отработавшій паръ не конденсируется, то его пропускаютъ черезъ *нагнѣватели* воды, служащей для питанія котловъ, заставляя его проходить между трубами, по которымъ течетъ эта вода.

Совѣтуютъ устраивать на станціи бакъ, который бы содержалъ количество воды, достаточное для суточной работы станціи. Если вода грязна, то ее пропускаютъ черезъ *очистители*.

Питаніе котловъ можно сдѣлать автоматическимъ слѣдующимъ образомъ. Оба питательные насоса (одинъ запасной), накачиваютъ воду въ гидравлическій аккумуляторъ, соединенный съ котлами при помощи трубъ запираемыхъ клапанами. Каждый котелъ снабженъ поплавкомъ, отпирающимъ питательный клапанъ, когда уровень воды въ котлѣ понизится. Аккумуляторъ спускается, пускаетъ когда нужно въ ходъ питательный насосъ.

*Двигатели и динамомашинны.* Двигательную силу распредѣляютъ между нѣкоторымъ числомъ отдѣльныхъ единицъ. Каждая единица состоитъ изъ пароваго двигателя, вращающаго одну динамомашину при двухпроводной системѣ распредѣленія, и двѣ динамомашинны, соединенныя послѣдовательно, при трехпроводной системѣ. Для этой послѣдней системы обыкновенно употребляютъ динамомашинны съ параллельнымъ возбужденіемъ, соединяемыя послѣдовательно безъ всякихъ особыхъ предосторожностей. Дѣйствительно расположеніе, указанное въ § 386, не позволило бы измѣнять отдѣльно возбужденіе каждой машины, чтобы удовлетворить потребленію. Въ настоящее время въ Англіи для трехпроводной системы распредѣленія при напряженіи въ 220 вольтъ употребляютъ машины, дающія прямо это напряженіе, и соединяютъ ихъ съ крайними проводами. Кромѣ нихъ на станціяхъ устанавливаютъ небольшія машины, дающія 110 вольтъ, которыя въ случаѣ нужды включаютъ въ ту изъ двухъ цѣпей, которая болѣе нагружена, и такимъ образомъ уравниваютъ напряженіе въ обѣихъ вѣтвяхъ. Тѣ же результаты получаются, соединяя параллельно съ цѣпями батарей аккумуляторовъ и мѣняя число элементовъ такъ, чтобы поддерживать въ обѣихъ частяхъ одно и то же напряженіе.

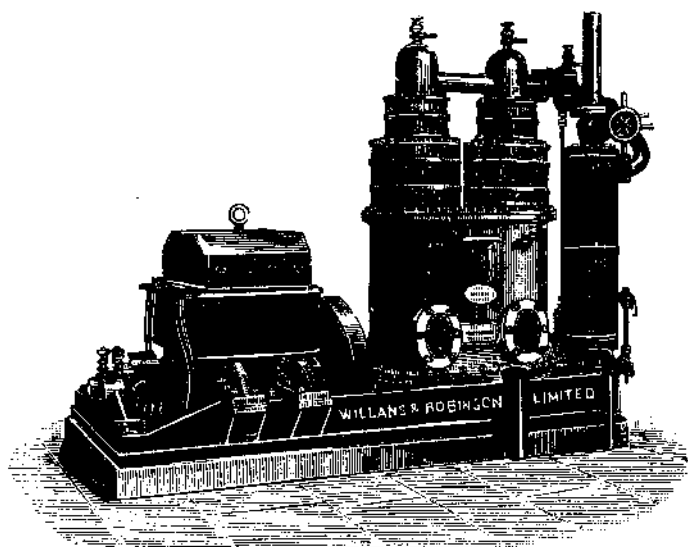
Отдѣльныя единицы двигательной силы выбираютъ такъ, чтобы можно было пускать въ ходъ только строго необходимое число машинъ и заставлять ихъ работать при условіяхъ, соотвѣствующихъ наибольшей отдачѣ. Этотъ результатъ достигается, когда каждая единица соотвѣствуетъ наименьшему количеству работы, которую должна производить станція. Такія единицы мѣняются на различныхъ станціяхъ отъ 300 до 1000 силъ.

Относительно типовъ паровыхъ машинъ мнѣнія расходятся: двигатели быстроходные (отъ 200 до 300 оборотовъ въ минуту) позволяютъ уменьшать вѣсъ, а слѣдовательно и цѣну машинъ, а также стоимость передачи, а въ случаѣ прямого соединенія динамомшины съ паровой, упростить ея конструкцію. Однако многіе электротехники остаются сторонниками тихоходныхъ машинъ (50—100 оборотовъ въ минуту), ходъ которыхъ правильнѣе и сотрясенія, производимыя ими, меньше. Съ точки зрѣнія траты топлива на индикаторную силу, часть нѣкоторое преимущество находится на сторонѣ тихоходныхъ машинъ. Такъ машины фабрики Ванъ-деръ-Кергофе и К<sup>о</sup> въ Гентѣ, установленныя на станціи *Spandauerstrasse* въ Берлинѣ, даютъ 1000 силъ при 75 оборотахъ, потребляя 6,5 килогр. пара на индикаторную силу. Машины *Ball*, установленныя на станціи Эдисона въ Бруклинѣ, даютъ 300 индикаторныхъ силъ при 250 оборотахъ въ минуту, потребляя 7,5 килогр. пара на индикаторную силу. Обѣ системы машинъ типа компаундъ съ конденсаціей. Надо однако замѣтить, что треніе въ быстроходныхъ машинахъ меньше, что нѣсколько уменьшаетъ разность расхода пара, если выѣсто индикаторныхъ силъ, разсматривать дѣйствительно затрачиваемыя на вращеніе динамомашинъ. Большая часть Лондонскихъ электрическихъ станцій пользуется быстроходными машинами Вилланса двойнаго и тройнаго расширенія, которыя, будучи соединены непосредственно съ динамомашинами, даютъ цифру 0,75 для отношенія количества полезной электрической энергіи, къ количеству энергіи, указываемому индикаторомъ на цилиндрахъ.

Расходъ пара не превосходитъ 6,8 килогр. на индикаторную силу. Эти машины (фиг. 493) могутъ быть устанавливае-

мы въ тѣсныхъ помѣщеніяхъ, которыми располагаютъ въ городахъ.

Насколько возможно стремятся обходиться безъ передаточныхъ ремней и передаточныхъ валовъ, которые поглощаютъ бесполезно нѣкоторую часть двигательной энергіи и способствуютъ остановкамъ машинъ. Динамомашина соединенная съ паровымъ двигателемъ безъ посредства ремней или передаточныхъ механизмовъ, называется *паровой динамомашинной* или, короче, *паро-динамо*. Большія машины Ванъ-дербъ-Кер-



Фиг. 493.

гофе, упомянутыя выше, вращаютъ многополюсныя динамошины Сименса, установленныя на продолженіи ихъ оси. Такія динамомшины, вращающіяся съ малой скоростью, необходимо стоятъ дороже, чѣмъ динамомшины обыкновенныхъ типовъ.

Въ случаѣ, если динамомшина соединяется непосредственно съ паровымъ двигателемъ компаундъ съ отдѣльными цилиндрами, то ее можно помѣстить или на продолженіи оси или же она можетъ служить маховикомъ и помѣщаться между двумя кривошипами. При послѣднемъ устройствѣ избѣгаются лишніе подшипники. Если соединеніе произведено не посред-

ствомъ эластичной муфты, подобной муфтѣ Раффара, и у машины есть маховикъ, то слѣдуетъ избѣгать закрѣплять его на оси: маховики надѣваются на ось при помощи гидравлическаго давленія и въ случаѣ внезапной остановки вращенія оси, вслѣдствіе, напримѣръ, образованія короткаго замыканія, маховикъ можетъ продолжать вращаться.

Слѣдуетъ здѣсь вспомнить, что мы говорили по поводу двигателей, предназначенныхъ для станцій трамваевъ. Если потребленіе тока мѣняется значительно и часто, то предпочтительнѣе употреблять одвоцилиндровые двигатели. Но на большихъ станціяхъ, предназначенныхъ для освѣщенія, измѣненія происходятъ медленно и потому обыкновенно на нихъ приняты машины двойнаго или тройнаго расширенія, причемъ каждая работаетъ съ наиболѣе экономичнымъ расширеніемъ.

Маховики двигателей должны быть достаточно велики, чтобы не позволять скорости вращенія въ теченіе каждаго оборота мѣняться болѣе, чѣмъ на 1%. Скорость вообще не должна отличаться болѣе, чѣмъ на 2—3% при работѣ безъ нагрузки и при полной нагрузкѣ, причемъ измѣненіе скорости должно происходить безъ толчковъ въ теченіе не болѣе десяти оборотовъ.

*Конденсаторы.* Тихоходныя машины обыкновенно имѣютъ при себѣ конденсаторы. Быстроходныя же машины, не могущія приводить въ дѣйствіе насосъ, снабжаются независимыми конденсаторами. Для нѣсколькихъ машинъ въ этомъ случаѣ служатъ два конденсатора, изъ которыхъ одинъ запасной. Это устройство имѣетъ то преимущество, что позволяетъ конденсировать паръ съ самаго начала движенія машины.

*Смазка.* На электрическихъ станціяхъ расходъ на масло, сало и т. п. достаточно великъ. Если типъ машины допускаетъ, то удобно распредѣлять масло по трубамъ, соединяющимъ резервуаръ, помѣщенный выше уровня машинъ, съ машинами, и машины со вторымъ резервуаромъ, помѣщеннымъ ниже ихъ уровня, въ который попадаетъ масло, смазавъ подшипники. Изъ этого послѣдняго масло послѣ фильтровки перекачивается насосомъ въ первый. Эта циркуляція способствуетъ сбереженію смазочнаго матеріала. Такъ какъ трубки

могутъ засориться, то надо имѣть возможность смазывать машины и другимъ способомъ.

*Распределительная доска.* Распределительная доска должна помѣщаться выше машинъ, чтобы дать возможность дежурному электрику видѣть всѣ машины одновременно. Распределительная доска состоитъ обыкновенно изъ приборовъ, укрѣпленныхъ на аспидныхъ или мраморныхъ дощечкахъ, вставленныхъ въ металлическія рамки. Слѣдуетъ ее устраивать такъ, чтобы не мѣшать расширенію. Части реостатовъ, могущія нагрѣваться, помѣщаются дальше отъ этихъ приборовъ. Доска должна быть настолько удалена отъ стѣнки, чтобы позади нея могъ свободно проходить человѣкъ, устраивающій соединенія.

Между необходимыми на доскѣ приборами, отмѣтимъ амперметры и вольтметры, которые должны быть хорошо видны, прерыватели, реостаты для регулированія машинъ, земные указатели, громоотводы, предохранители и друг. мѣдныя части часто не покрываются лакомъ, а чистятся такъ, чтобы они сохраняли свой блескъ.

Предохранители и зажимные винты слѣдуетъ осматривать чаще, чтобы не допустить образованія плохихъ контактовъ.

Чтобы обойтись безъ распределительныхъ досокъ, часто занимающихъ слишкомъ много мѣста и стоящихъ дорого, можно управлять реостатами и прерывателями посредствомъ рычаговъ и рукоятокъ, соединенныхъ стержнями съ названными приборами, которые въ этомъ случаѣ помѣщаются гдѣ нибудь на полу. При описаніи станціи въ Кельнѣ мы познакомились съ образцомъ такого рода управленія. Эта система позволяетъ скрывать всѣ приборы и части приборовъ, до которыхъ не должны касаться рабочіе, удалять измѣрительные приборы отъ проводниковъ, которые могутъ вліять на ихъ указанія и, главнымъ образомъ, концентрировать всѣ приборы для управленія на очень маломъ пространствѣ.

**741. Электрическія станціи въ Парижѣ.** Въ Парижѣ электрическое освѣщеніе уступлено частнымъ компаніямъ, изъ которыхъ каждая освѣщаетъ часть города, имѣющую форму сектора съ вершиной въ центрѣ города и основаніемъ у линіи



фортификацій. Задачи, которыя предстояло разрѣшить всѣмъ компаніямъ, были почти одинаковы, однако, какъ мы увидимъ, принятыя рѣшенія ихъ не лишены эклектизма.

*Companie Edison* устроила вблизи центра города три станціи, питающія посредствомъ фидеровъ трехпроводную сѣть. Сѣть состоитъ изъ голыхъ кабелей, проложенныхъ въ каналахъ, описанныхъ въ § 542. На всѣхъ станціяхъ установлены многотрубные котлы системы Бельвилль или Бабкокъ и Вилькоксъ. Новыя машины суть пародинамо *Weyher-Richemond-Edison* съ тройнымъ расширеніемъ, дѣляющія 300 оборотовъ въ минуту.

*Société pour l'éclairage et la force par l'électricité* имѣетъ внутри города пять станцій, питающихъ сѣть, размѣры которой ограничены принятой системой непосредственнаго питанія приемниковъ отъ двухъ проводовъ. Кромѣ того это же общество устроило въ Сентъ-Іанѣ, предмѣстїи Парижа, станцію, на которой динамомашинныя постоянного тока даютъ токъ въ 2400 вольтъ, предназначенный для питанія вращательныхъ трансформаторовъ, установленныхъ на нѣкоторыхъ изъ городскихъ станцій. Сѣть, распредѣляющая токъ низкаго напряженія, состоитъ изъ голыхъ кабелей, проложенныхъ въ каналахъ. На станціяхъ установлены котлы Бельвилля, паровые двигатели *Lecouteux et Garnier* или *Weyher et Richemond*, динамомашинныя Депре, Эдисона и Дерозье. На городскихъ станціяхъ имѣются еще аккумуляторы, приготовляемые *Société pour le travail électrique des métaux (Laurent Cély)*.

*La Companie parisienne de l'air comprimé* имѣетъ на бульварѣ Richard Lenoir станцію, на которой установлены паровыя динамомашинныя *Weyher et Richemond-Derozier*, которыя заряжаютъ аккумуляторы, размѣщенные на городскихъ подстанціяхъ (§ 509). На каждой изъ этихъ подстанцій имѣется двѣ батареи, заряжаемая одна — послѣ другой, но разряжаемая одновременно въ часы наибольшаго употребленія. Канализація состоитъ изъ кабелей, изолированныхъ каучукомъ, протянутыхъ въ чугунныхъ трубахъ съ деревянными перегородками.

Большая станція, установленная у края сектора, обладаетъ сильными компрессорами, доставляющими сжатый воздухъ, ко-

торый приводит въ движеніе двигателя сжатого воздуха, распределенные по городу и вращающіе динамомашинны.

Единственная станція *Société du secteur de Clichy* распределяетъ энергію по пятипроводной сѣти (§ 508). На станціи установлены паровыя динамомашинны *Corliss-Siemens* въ 500 вольтъ и котлы *De Nayer*. Кабели системы Сименса. Напряжение въ четырехъ цѣпяхъ уравнивается посредствомъ эгаллизаторовъ и аккумуляторовъ.

Наконецъ *Société du secteur des Champs-Élysées* устроило станцію за фортификаціями, на которой паровыя динамомашинны *Farcot-Hillairet* производятъ переменные токи въ 3000 вольтъ. Котлы типа *Galloway*. Концентрическіе кабели системы Бертю-Бореля питаютъ трансформаторы, установленные у абонентовъ.

**742. Станція Эдисона въ Нью-Йоркѣ.** На фиг. 494 представлена въ разрѣзѣ станція, устроенная въ Нью-Йоркѣ Компаніей Эдисона. Зданіе съ толстыми стѣнами занимаетъ площадь въ  $30 \times 17$  метровъ. Массивные чугунные пилястры и балки раздѣляютъ его на четыре этажа и на подвалъ. Все зданіе сдѣлано несгораемымъ, такъ какъ на его постройку употреблены исключительно бетонъ, кирпичи и желѣзо.

Паровые двигатели, помѣщенные въ подвальномъ этажѣ съ цѣлью уменьшить сотрясенія, вращаютъ при помощи ремней динамомашинны *D* и *D'*, находящіяся въ *rez-de-chaussée*. Котлы помѣщены во второмъ этажѣ; всѣ очаги выходятъ въ центральный корридоръ, который и служитъ кочегарней. Въ первомъ этажѣ, подъ котлами, широкіе дымопроводы *F* отводятъ продукты горѣнія въ двѣ трубы, находящіяся у боковъ зданія. Рядомъ съ дымопроводами проложены рельсы, по которымъ перекатываются вагонетки *V*, служащія для удаленія золы и пепла, падающаго изъ-подъ очаговъ *T*. Въ третьемъ этажѣ помѣщены резервуары для воды *R* и угольные склады. Уголь въ эти послѣдніе подвозится по рельсамъ, проложеннымъ въ четвертомъ этажѣ, которые оканчиваются у подъемныхъ машинъ, поднимающихъ вагонетки, наполненные углемъ. Три желѣзныя лѣстницы служатъ для сообщенія между этажами.



резервуары *r*, служащіе для нагрѣванія воды, поступающей затѣмъ въ котлы.

Динамомашинны, въ числѣ 28, даютъ каждая 600 амперъ и 140 вольтъ, при 650 оборотахъ въ минуту. Каждая машина вѣситъ 6,7 тонны. Стѣны центрального корридора, проходящаго между помѣщеніями для динамомашинъ, заняты распределительной доской, на которой установлены амперметры, вольтметры и регуляторы магнитнаго поля.

Многотрубные котлы системы *Babcock and Wilcox* питаются водой изъ городского водопровода, накачиваемой въ нагрѣватели *r* и резервуары *R*. Дымовыя трубы въ 50 метровъ вышиной, начиная отъ дымопровода *F* перваго этажа, поддерживаются внутри громадными чугунными пилястрами, идущими отъ земли до втораго этажа.

Станція можетъ доставлять токъ одновременно 35000 лампамъ въ 16 свѣчей и, слѣдовательно, она можетъ служить для свѣти, содержащей 50000 лампъ. Слѣдуетъ замѣтить, что абоненты употребляютъ лампы различной силы свѣта, въ 10, 16, 25 и 32 свѣчи, число же лампъ выражаютъ, приводя всѣ къ 16 свѣчевымъ. Обыкновенно горятъ одновременно только  $\frac{2}{3}$  установленныхъ лампъ.

Распредѣляется энергія по системѣ трехъ проводовъ (§ 485), помѣщенныхъ въ трубахъ въ 6 метровъ длиной, соединенныхъ между собою въ ящикахъ, отъ которыхъ берутся отвѣтвленія. Провода, расположенные по обѣ стороны улицъ, чтобы не приходилось стѣснять движеніе при открытіи траншей, зарыты въ землю на глубинѣ 60 сан. Фидеры соединяются съ проводами въ особыхъ ящикахъ.

На другой станціи, построенной позже компаніей Эдисона въ Бруклинѣ, высоту зданія удалось значительно уменьшить, помѣстивъ котлы въ *rez-de-chaussée* тамъ же, гдѣ и паровыя машины. Угольные склады и резервуары воды занимаютъ первый этажъ, въ которомъ помѣщены также и динамомашинны. Корридоры же, черезъ которые удаляется зола и въ которыхъ помѣщаются насосы, находятся въ подвальномъ этажѣ. Второю этажъ служитъ для помѣщенія магазиновъ и конторъ компаніи.

Зданіе занимаетъ площадь въ 23 × 30 метровъ и можетъ

вмѣстить 12 двигателей въ 300 силъ каждый, 24 динамомашинны и питать 40000 лампъ въ 16 свѣчей.

Въ помѣщеніи динамомашинъ, находящемся надъ помѣщеніемъ, гдѣ стоятъ паровые двигатели, сдѣлана галлерей, на которой помѣщена распредѣлительная доска. Дежурный электрикъ можетъ съ этой галлерей видѣть всѣ электрическія машины. Для ухода за ними дежуритъ другое лицо.

Станція въ Бруклинѣ вмѣстѣ съ проводами и лампами оценивается въ 3200000, франковъ изъ нихъ около 1100000 франковъ стоятъ подземная сѣть, покрывающая прямоугольникъ въ 2400 метровъ длиной и 1600 метровъ шириной.

Діаграмма работы станціи показываетъ, что въ среднемъ станція даетъ токъ равный 35% наибольшаго.

**743. Центральная станція въ Берлинѣ.** Въ Берлинѣ есть нѣсколько центральныхъ станцій, устроенныхъ одной и той же компаніей, питающихъ трехпроводную распредѣлительную сѣть, заключающую около 150000 лампъ въ 16 свѣчей.

Сѣть состоитъ изъ кабелей Сименса и Гальске (§ 539).

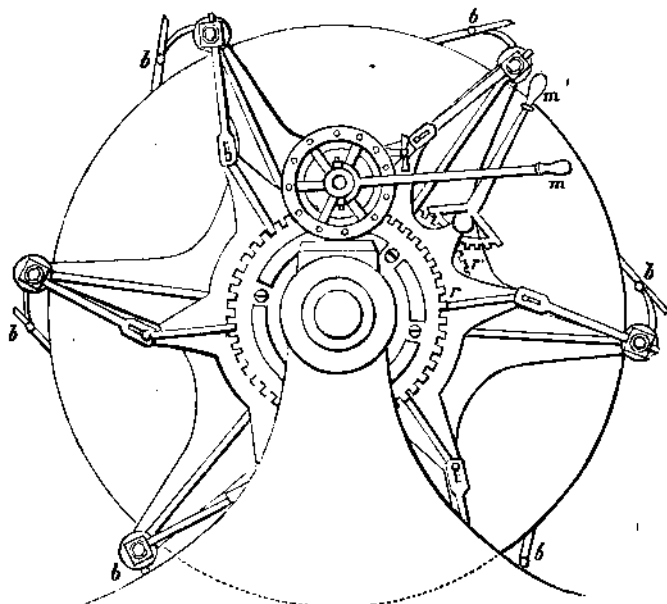
На новой станціи на *Spandauerstrasse* устроены всѣ усовершенствованія, выработанныя практикой нѣсколькихъ лѣтъ. Въ большой залѣ въ 11 метровъ вышиной, расположенной на 3 метра ниже уровня улицы, помѣщены паровые двигатели и динамомашинны. Выше находится антресоль въ 3,6 метра вышиной, затѣмъ кочегарня въ 7 метровъ высотой. Площадь зданія равна 17×25 метрамъ.

Вмѣсто быстроходныхъ машинъ въ 200—250 силъ, какъ въ Нью-Йоркѣ и какъ это раньше дѣлали въ Берлинѣ, на станціи установлены тихоходныя машины въ 1000 силъ. Заводъ *Von der Kerchove* въ Гентѣ построилъ для станціи на *Spandauerstrasse* четыре вертикальныхъ машины, *Coorliss*, системы компаундъ съ конденсаторами, въ развивающихъ 1180 индикаторныхъ и 1000 эффективныхъ силъ при 75 оборотахъ въ минуту. Эти двигатели устроены такимъ образомъ, что механикъ съ одного мѣста можетъ управлять всѣми машинами и ея механизмами, включая воздушный насосъ и сервомотръ для пусканія въ ходъ.

Вода для конденсаціи на Берлинскихъ станціяхъ берется

изъ колодцевъ и изъ водопроводовъ, идущихъ отъ рѣки Шпрее. Съ валомъ каждой паровой машины непосредственно соединены оси арматуръ двухъ большихъ, десятиполюсныхъ машинъ Сименса (§ 403). Эти машины, шестиполюсная модель которыхъ изображена на фиг. 495, не имѣютъ отдѣльнаго коллектора. На окружности арматуры находятся мѣдныя пластинки, о которыя и трутся щетки.

Динамомашинны имѣютъ арматуры въ 3 метра въ діаметрѣ и развиваютъ при 80 оборотахъ 2000 амперъ и 140 вольтъ.



Фиг. 495.

Возбужденіе машинъ параллельное и динамомашинны, приводимыя въ движеніе однимъ двигателемъ, соединяются послѣдовательно и питаютъ трехпроводную сѣть.

Машины пускаются въ ходъ по мѣрѣ увеличенія потребленія. Раньше чѣмъ машину соединить съ сѣтью, ее возбуждаютъ безъ нагрузки, затѣмъ соединяютъ съ реостатомъ, состоящимъ изъ полосъ никкелина, и заставляютъ ее давать нормальный токъ.

Вслѣдствіе небольшого числа динамомашинъ, распредѣлительная доска очень проста. Она помѣщена на галлерей, поднятой надъ поломъ зданія, откуда видны всѣ машины. Каждая динамомашина имѣетъ рычагъ, при помощи котораго ее можно или выключить, или соединить съ реостатомъ, или же соединить съ одной изъ двухъ цѣпей трехпроводной сѣти. Цѣпь индукторовъ можно прервать только при помощи медленно дѣйствующаго коммутатора съ угольными концами, между которыми появляется вольтова дуга, поглощающая энергію экстратока и препятствующая образованію искръ, опасныхъ для аппаратуры.

Начало фидеровъ, идущихъ отъ станціи, соединены между собой. Сопротивленія ихъ уравниваются при помощи никкелиновыхъ полосъ такъ, чтобы при нормальномъ токъ потеря напряженія въ нихъ всѣхъ была бы приблизительно одинакова.

Динамомашинны соединены съ коммутаторомъ толстыми мѣдными полосами, покрытыми слоемъ бумажной ленты. Коммутаторъ соединенъ съ фидерами подобными же полосами, скрѣпленными въ одной точкѣ винтовымъ зажимомъ. Въ случаѣ сильной порчи канализаціи, можно уничтожить это соединеніе очень быстро, отпуская винтъ, отчего зажимъ падаетъ. Послѣ этого станція остается соединенной только съ театрами, чтобы избѣжать паники, которую произвело бы потуханіе всѣхъ лампъ. Эта предохранительная мѣра, однако, еще ни разу не примѣнялась.

Тонкія проволоки (§ 490) идутъ къ одному общему вольтметру, показывающему среднее напряженіе въ цѣпи, на который постоянно смотритъ дежурный при доскѣ электрикъ. Каждая машина имѣетъ свой амперметръ, показывающій силу тока доставляемаго машиной въ реостатъ или въ цѣпь, а также и свой вольтметръ, нужный для регулированія динамомашинны. Эти вольтметры дифференціальные: одна цѣпь ихъ соединена съ сѣтью, другая съ машиной.

При употребленіи большихъ машинъ достаточно имѣть на станціи небольшой персоналъ. Когда станція *Spandauerstrasse* будетъ питать 4000 лампъ въ 16 свѣчей, то персоналъ ея будетъ состоять изъ слѣдующихъ лицъ:

- 1 инженеръ,
- 1 электрикъ,
- 1 помощникъ-электрика,
- 4 машиниста для паровыхъ двигателей,
- 4 машиниста для динамомашинъ,
- 2 чистильщика для питательныхъ насосовъ,
- 1 старшій кочегаръ,
- 6 кочегаровъ.

Для Берлина константировано, что средняя продолжительность горѣнія лампы въ годъ равняется 700 часамъ. Наибольшее число зажигаемыхъ одновременно лампъ не превосходитъ 70% числа всѣхъ установленныхъ лампъ.

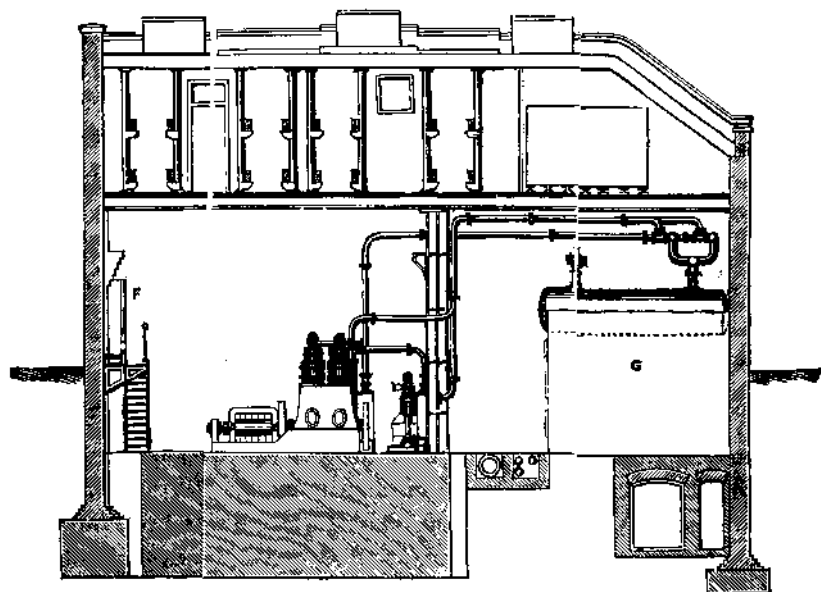
**744. Станція Kensington (въ Лондонѣ).** Электрическая станція, устроенная въ Kensington'ѣ подъ наблюдениемъ Кромптона, представляетъ типъ компактныхъ станцій, очень распространенныхъ въ Лондонѣ, гдѣ земля стоитъ въ высшей степени дорого. Въ котельномъ помѣщеніи (фиг. 496) помѣщены паровые котлы G типа *Babcock and Wilcox*, питающіе паровыя динамомашинны *Villans-Crompton*, въ 200 силъ каждая, находящіяся въ машинномъ залѣ. Изъ чертежа, представляющаго разрѣзъ станціи, видно, что эти машины поставлены на фундаменты, изолированные отъ стѣнъ зданія.

Машины, общая работоспособность которыхъ равняется 750 силамъ, размѣщены на поверхности 225 кв. метровъ.

Распределительная доска помѣщена на галлерей F. Надъ машинами находится залъ для аккумуляторовъ, въ которомъ установлены вторичные элементы *Crompton-Howell*, помогающіе динамомашинамъ въ часы большаго потребленія и доставляющіе токъ въ тѣ часы дня и ночи, когда машины не работаютъ. Эта система рекомендованная Кромптономъ, допускаетъ лучшую утилизацію машинъ, такъ какъ онѣ всегда работаютъ при выгодныхъ для отдачи условіяхъ. Кромѣ того эта система позволяетъ останавливать машины въ теченіе значительной части сутокъ и такимъ образомъ позволяетъ значительно сократить расходы на персоналъ. Далѣе она очень хорошо выносить быстрыя измѣненія потребленія. Наконецъ и расходъ на аккумуляторы, вызываемый ею, не слишкомъ великъ,



такъ какъ они играютъ только второстепенную роль. Распределение въ *Kensington'n* происходитъ по трехпроводной сѣти. Проводами служатъ голыя мѣдныя ленты, прокладываемыя



Фиг. 496.

на большихъ изоляторахъ, укрѣпленныхъ на поперечинахъ, внутри бетонныхъ каналовъ (фиг. 497). Вслѣдствіе достаточно большого разстоянія между изоляторами, хорошаго качества ихъ,

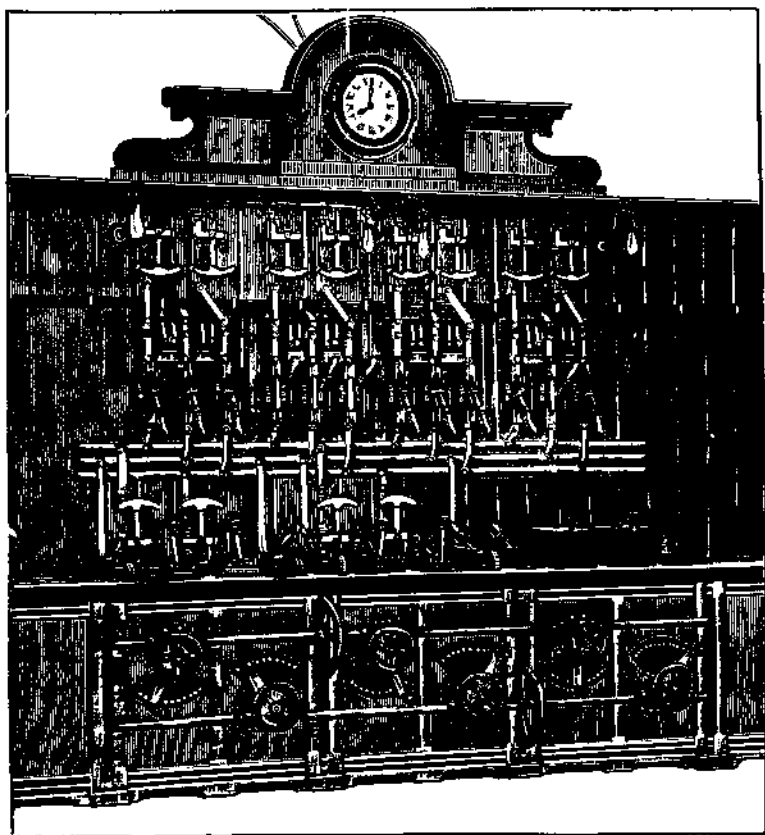


Фиг. 497.

тщательности, всѣхъ сдѣланныхъ развѣтвленій и предосторожности принятыхъ для удаленія воды изъ каналовъ, эта система канализаціи, примѣненіе которой въ другихъ мѣстахъ было не совсѣмъ удачно, въ Лондонѣ даетъ весьма удовлетвори-

тельные результаты. Кромптонъ считаетъ, что содержание канализациі въ теченіе года не требуетъ расхода превосходящаго 1—2% ея стоимости.

745. Центральная станція въ Женевѣ. Станція въ Женевѣ представляетъ примѣръ примѣненія водопада къ



Фиг. 498.

электрическому освѣщенію города. Эта станція питается водопроводомъ, дающимъ воду подъ давленіемъ 13,5 атмосферъ, получаемую изъ запруды Роны. На станціи установлены пять турбинъ Жерара въ 200 силъ, приводящихъ каждая въ движеніе двѣ динамомашины Тюри, соединенныя послѣдова-

тельно, съ цѣлью распредѣлять энергію по тремъ проводамъ при напряженіи тока въ 220 вольтъ. Кабели для канализаціи употреблены системы Сименса и Гальске, въ Берлинѣ.

На фиг. 498 представленъ общій видъ распредѣлительной доски для трехъ группъ динамомашинъ. Въ нижней ея части находятся реостаты для регулированія магнитныхъ полей машинъ. Рукоятки позволяютъ дѣйствовать каждымъ реостатомъ отдѣльно. Въ случаѣ же нужды рукоятки реостатовъ динамомашинъ, соединенныхъ параллельно, закрѣпляются, и ихъ всѣ можно приводить въ движеніе посредствомъ одной рукоятки. Всѣ группы динамомашинъ соединены съ тремя толстыми мѣдными горизонтальными полосами, надъ которыми находятся прерыватели, позволяющіе соединять полосы съ четырьмя пучками фидеровъ. Подъ полосами находятся амперметры для измѣренія силы тока, доставляемого машинами, и вольтметры.

**746. Станція въ Dieulefit и Valréas.** Во Франціи есть нѣсколько муниципальныхъ станцій, пользующихся водопадами. Одна изъ самыхъ интересныхъ это та, которая питаетъ два города *Dieulefit (Drôme)* и *Valréas (Vaucluse)*, находящіеся на разстояніи 16 километровъ одинъ отъ другого, заимствуя двигательную силу отъ водопада, лежащаго въ *Bécom*ѣ въ 5 километрахъ отъ перваго города и въ 15 отъ второго.

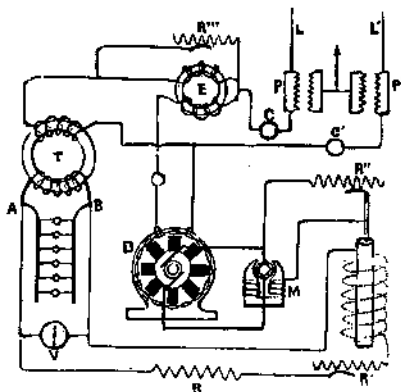
Для освѣщенія каждого города служитъ турбина и динамомашина Ганца съ независимымъ возбужденіемъ, дающая 12 амперъ при 2000 вольтъ. Третья динамомашина и третья турбина служатъ запасной.

Болѣе короткая линія состоитъ изъ воздушной бронзовой проволоки въ 3,2 мил. въ діаметрѣ, имѣющей сопротивленіе по всей длинѣ (туда и обратно) 15 омовъ. Болѣе длинная линія, тоже воздушная, имѣетъ кабель того же сопротивленія. Въ городахъ эти провода проложены на столбахъ, снабженныхъ фарфоровыми изоляторами въ видѣ двойнаго колокола. Въ городахъ первичные провода укрѣплены на крышахъ домовъ, а трансформаторы, спрятанные въ цинковые ящики, установленные на консоляхъ на стѣнахъ домовъ.

На фиг. 499 схематически изображено. расположеніе ма-

шинъ и приборовъ, служащихъ для одного изъ городовъ. Чтобы поднимать полезное напряженіе у концовъ фидеровъ, употребляютъ дифференціальное приспособленіе, описанное въ § 497, служащее также для питанія лампъ на станціи.

Токъ, проходящій по фидерамъ  $L, L'$ , проходитъ также черезъ первичную цѣпь трансформатора  $E$ , вторичная цѣпь котораго, соединенная послѣдовательно съ первичной цѣпью трансформатора  $T$ , помѣщена въ отвѣтвленіи у зажимовъ динамомашинны. Соединенія сдѣланы такъ, что вторичная электродвигательная сила трансформатора  $E$  имѣетъ направленіе, обратное электродвигательной силѣ альтернатора, и уменьшаетъ разность потенциаловъ у первичныхъ зажимовъ



Фиг. 499.

трансформатора  $T$  пропорціально паденію напряженія въ фидерахъ. Градуируя соотвѣтственнымъ образомъ это уменьшеніе посредствомъ реостата  $R'''$ , достигаютъ того, что у зажимовъ  $T$  въ каждый моментъ будетъ та же разность потенциаловъ, что у концовъ фидеровъ. Дѣйствительно, если назвать черезъ  $V$  число вольтъ у зажимовъ альтернатора и черезъ  $V'$  напряженіе во вторичной цѣпи трансформатора  $E$ , то разность потенциаловъ у зажимовъ  $T$  будетъ  $V - V'$ . Но  $V$  пропорціально силѣ тока  $I$ , производимаго трансформаторомъ и проходящаго черезъ первичную обмотку  $E$ . Подбирая соотвѣтственно сопротивленіе реостата  $R'''$ , можно сдѣлать, что коэффиціентъ пропорціональности будетъ какъ

разъ равенъ сопротивленію фидеровъ  $R$ . Слѣдовательно, полезное напряженіе у зажимовъ  $T$  будетъ  $V - IR$ , т. е. то же, что у зажимовъ трансформаторовъ, установленныхъ у абонентовъ, и какъ у лампъ, такъ и у вольтметровъ, соединенныхъ со вторичной цѣпью трансформатора  $T$ , будетъ та же разность потенциаловъ, что у лампъ и абонентовъ.

Слѣдовательно, вольтметръ  $V$  будетъ показывать напряженіе у лампъ въ сѣти; описанное дифференціальное приспособленіе позволяетъ обойтись безъ трудной прокладки особыхъ тонкихъ проволокъ.

Ко вторичнымъ зажимамъ трансформатора  $T$  присоединенъ регулирующий соленоидъ, детали устройства котораго будутъ описаны въ слѣдующемъ параграфѣ, вводящій автоматически сопротивленія въ цѣпь индукторовъ возбуждающихъ машинъ  $M$ , когда полезное напряженіе возрастаетъ въ сѣти, и выключающихъ эти сопротивленія, когда это напряженіе уменьшается. Въ  $P$  помѣщены громоотводы съ остріями, защищающіе станціонныя машины и приборы отъ атмосферныхъ разрядовъ.

Въ городѣ *Dieulefit*, растянутомъ въ длину, размѣщены шесть трансформаторовъ, включенныхъ параллельно въ первичную цѣпь. Чтобы избѣжать разностей напряженій, которыя могли происходить, вторичныя цѣпи трансформаторовъ соединены параллельно между собой. Такимъ образомъ уравниваются напряженія во вторичныхъ цѣпяхъ.

**747. Электрическая станція въ Римѣ.** Въ Римѣ существуетъ станція переменныхъ токовъ, устроенная фирмой Ганца и К<sup>о</sup> для городского газоваго общества, питающая приблизительно 2400 лампъ накаливанія въ 16 свѣчей и 200 дуговыхъ лампъ.

Сѣть простирается на разстояніе почти 5 километровъ отъ станціи, установленной внѣ города вблизи Тибра и развалинъ Колизея.

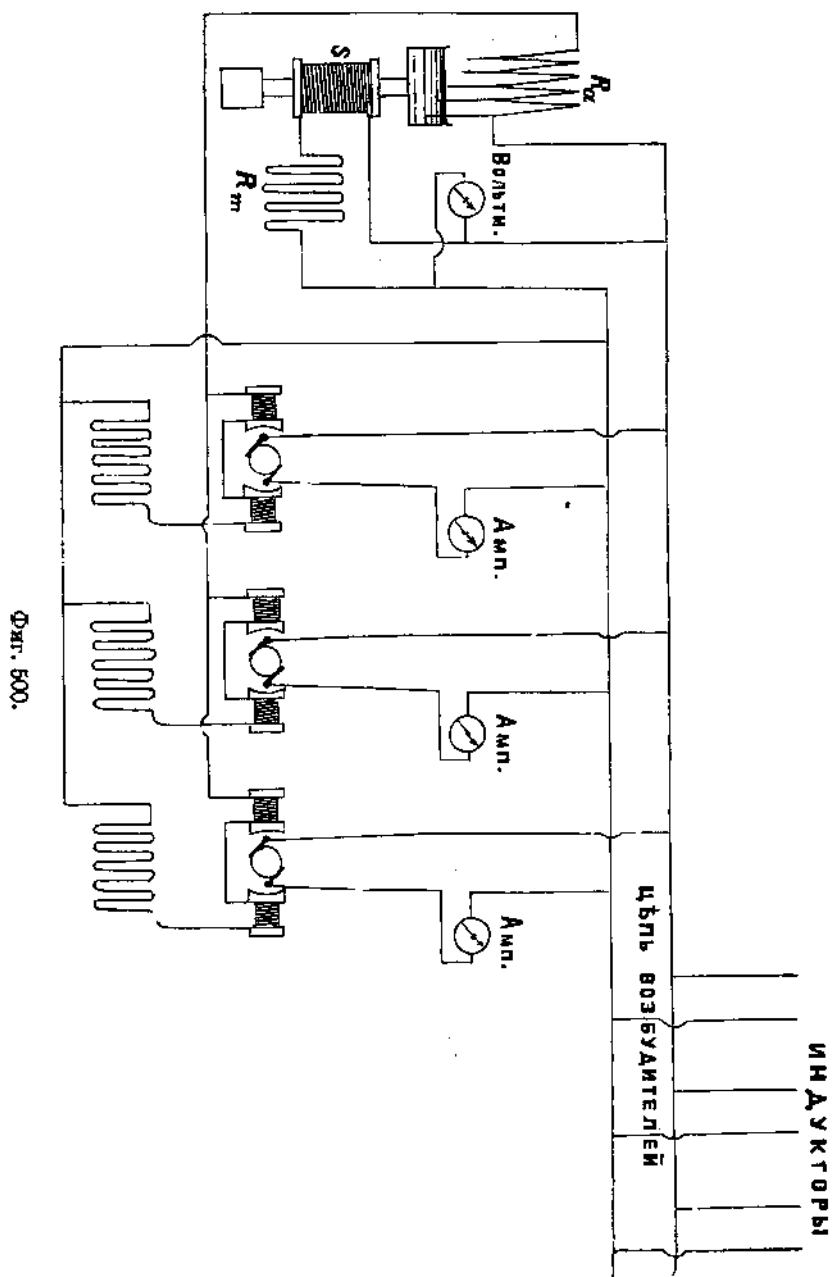
Первичная канализація состоитъ изъ концентрическихъ кабелей Сименса и Гальске, проложенныхъ въ деревянныхъ каналахъ, залитыхъ цементомъ. Со станціи въ главныхъ направленіяхъ идутъ фидеры, питающіе рядъ соединенныхъ

параллельно трансформаторовъ въ 10 силъ. Напряжение въ первичной цѣпи въ 200 вольтъ, во вторичной оно понижается до 110 вольтъ. Когда во вторичной цѣпи находятся дуговые лампы, то добавляютъ промежуточный проводъ, такъ что у зажимовъ лампъ, соединенныхъ послѣдовательно, получается напряжение въ 55 вольтъ. Въмѣсто добавочнаго сопротивленія употребляются реагирующія катушки.

Станція занимаетъ всего одинъ этажъ и вмѣщаетъ большія динамомашинны въ 320 киловатовъ (2000 вольтъ и 160 амперъ), соединенныхъ непосредственно съ двигателями *Van-den-Kerckhove*, дѣлающихъ 125 оборотовъ въ минуту. Для возбужденія альтернаторовъ имѣются спеціальныя динамомашинны постоянного тока, приводимыя въ движеніе быстроходными паровыми двигателями Вестингауза.

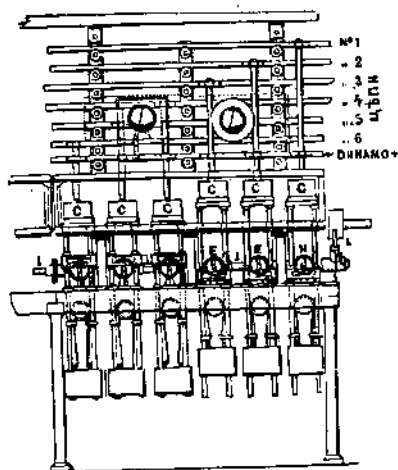
На 'фиг. 500 представлено расположеніе этихъ динамо-машинъ постоянного тока, включенныхъ параллельно въ цѣпь возбужденія, отъ которой идутъ вѣтви въ индукторы альтернаторовъ. Каждая динамомашина имѣетъ свой ручной реостатъ, служащій для регулированія магнитнаго поля ея индукторовъ. Кромѣ того автоматическій ртутный регуляторъ регулируетъ одновременно возбужденіе всѣхъ динамо-машинъ постоянного тока. Для этой цѣли соленоидъ S, помѣщенный въ отвѣтвленіи на возбуждающей цѣпи, черезъ который пропускается токъ, регулируемый сопротивленіемъ R, притягиваетъ сердечникъ, укрѣпленный на поплавкѣ, плавающимъ внутри нижняго сосуда, наполненнаго водой. На верхнемъ концѣ сердечника находится сосудъ, наполненный ртутью, въ которую погружены концы проволокъ различной длины, соединенныя съ сопротивлениями, включенными въ цѣпь индукторовъ машинъ постоянного тока. Если разность потенциаловъ въ возбуждающей цѣпи уменьшится вслѣдствіе прибавки лишняго альтернатора, то сердечникъ втягивается съ меньшей силой и чашка со ртутью поднимается, ртуть выключаетъ изъ цѣпи часть сопротивленій и возбужденіе машинъ постоянного тока возрастаетъ. Когда автоматическій регуляторъ подымется до конца, то его возвращаютъ назадъ при помощи ручнаго реостата.

Распределительная доска (фиг. 501 и 502) имѣетъ 2,40

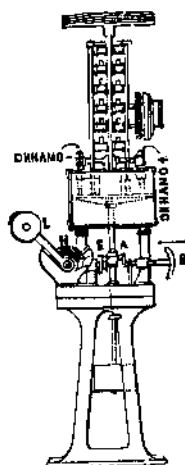


метра въ ширину. На ней укрѣплены нѣсколько двойныхъ горизонтальныхъ полосъ 1, 2, 3, 4, 5, 6, изолированныхъ на фарфоровыхъ кружечкахъ, съ которыми соединены фидеры, выходящіе изъ станціи. Отъ этихъ полосъ идутъ вертикальные стержни, изображенные на обоихъ чертежахъ.

Коммутаторъ имѣетъ столько секцій, подобныхъ изображенной, сколько на станціи установлено альтернаторовъ. Въ каждой секціи двѣ полосы, обозначенныя знаками + и —, соединены съ полюсами одного альтернатора. Къ нимъ прикрѣплены вертикальные стержни, спускающіеся до той же высоты, что и



Фиг. 501.



Фиг. 502.

стержни фидеровъ. Чтобы соединить одну изъ паръ фидеровъ съ однимъ изъ альтернаторовъ, достаточно поднять при помощи рукоятки В пару чашечекъ со ртутью С. На фиг. 501 изображены три пара фидеровъ, соединенныхъ такимъ образомъ. Рычаги А, Е В, Н позволяютъ управлять движеніями чашечекъ со ртутью, передвигая рукоятку L, такъ, чтобы можно было соединять одинъ или нѣсколько альтернаторовъ съ фидерами и одновременно уничтожать соединенія этихъ фидеровъ съ другими альтернаторами.

Напряженіе въ сѣти наблюдается при помощи дифференціального редуктора, описаннаго въ предыдущемъ параграфѣ.



Альтернаторы соединяются параллельно по мѣрѣ увеличенія потребленія. Прежде чѣмъ включить въ цѣпь новый альтернаторъ, его заставляютъ работать съ нормальной скоростью на лампы или на сопротивленія, установленныя на станціи, могущія поглотить всю его работу. Арматуру соединяють съ первичной обмоткой трансформатора, установленнаго вблизи другаго, включеннаго въ цѣпь. Вторичныя обмотки этихъ двухъ трансформаторовъ включены обратно въ цѣпь, въ которой находятся двѣ лампы. Смотря по тому, совпадаютъ ли фазы альтернатора съ фазами въ сѣти или нѣтъ, лампы гухнуть или зажигаются. Замѣчаются періоды, болѣе или менѣе продолжительные, когда яркость лампъ уменьшается до полнаго потуханія и затѣмъ вновь увеличивается. Въ моментъ потуханія альтернаторъ и включаютъ въ сѣть. Затѣмъ постепенно выключаютъ сопротивленія, на которыя работалъ альтернаторъ.

Работать станція начинаетъ въ 1 часъ дня зимой и въ 3 часа лѣтомъ. Прежде чѣмъ включать въ цѣпь первый альтернаторъ, его регулируютъ, соединяя съ большимъ реостатомъ, могущимъ поглотить всю его энергію. Амперметръ Гуммеля указываетъ силу тока, а вольтметръ Кардью, соединенный съ редукторами машины,—разность потенціаловъ. Когда потребленіе доходитъ до величины, близкой къ наибольшей, которой можетъ удовлетворить первый альтернаторъ, пускаютъ въ ходъ второй альтернаторъ, регулируемый, какъ и первый, и включаемый въ сѣть въ моментъ, когда указатель фазъ покажетъ, что онѣ совпадаютъ. Театры и магазины, въ которыхъ установлено очень много лампъ, должны предупреждать станцію по телефону за десять минутъ до зажигания, чтобы было время приготовить новый альтернаторъ.

Фирма Ганцъ и К<sup>о</sup> употребляетъ альтернаторы съ 42 періодами въ секунду. Такое число періодовъ облегчаетъ параллельное соединеніе альтернаторовъ и позволяетъ питать небольшіе четырехполюсные двигатели, дѣлающіе 1250 оборотовъ въ минуту, тогда какъ если бы число періодовъ было больше, пришлось бы или увеличить число полюсовъ, что подняло бы цѣну двигателей, или допустить слишкомъ большія угловыя скорости.

Съ 1892 года для питанія электрической сѣти въ Римѣ воспользовались частью энергіи знаменитаго водопада Тиволи, находящагося въ 28 километрахъ отъ Рима. Шесть турбинъ, въ 330 силъ каждая, приводятъ въ движеніе альтернаторы, дающіе 5020 вольтъ. Три пятидесятисилныхъ турбины вращаютъ возбуждающія машины постоянного тока. Отъ водопада до Рима идетъ воздушная линія изъ четырехъ мѣдныхъ кабелей въ 100 кв. мил., въ которой общее паденіе потенциала равняется 1020 вольтамъ, т. е. 20% всего напряженія. Столбы, по которымъ проложена линія, металлическіе; они разставлены черезъ каждые 35—40 метровъ. Нижній кабель виситъ на высотѣ 7 метровъ надъ землею. Къ столбамъ прикрѣплены изоляторы съ масляными резервуарами. При входѣ въ Римъ вспомогательная трансформаторная станція понижаетъ напряженіе отъ 4000 до 2000 вольтъ, — напряженія, принятаго для первичной сѣти.

Послѣ окончанія этой установки паровую станцію пускаютъ въ ходъ только тогда, когда гидравлической энергіи не хватаетъ для удовлетворенія потребленію.

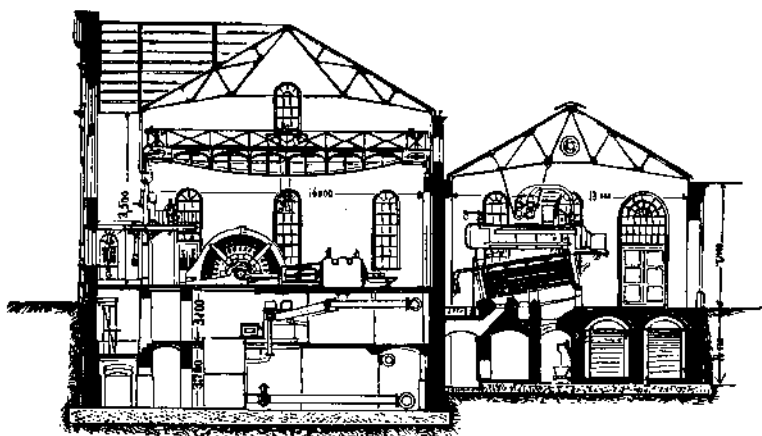
Слѣдуетъ замѣтить, что улицы освѣщаются дуговыми лампами, соединенными послѣдовательно и включенными непосредственно въ цѣпь съ напряженіемъ въ 2000 вольтъ. Линіи, питающія эти лампы, воздушныя.

**748. Электрическая станція въ Кельнѣ.** На фиг. 305 представленъ разрѣзъ электрической станціи въ Кельнѣ, эксплуатируемой городомъ и устроенной фирмой *Helios* въ Эренфельдѣ, примѣнившей послѣднія усовершенствованія фирмы Ганцъ и К°. Станція помѣщается на краю города. Въ котельномъ помѣщеніи находятся многотрубные котлы Штейнмюллера въ 21 кв. метръ поверхности нагрѣва, тяга въ которыхъ усиливается вентиляторомъ. Въ подвалахъ подъ котлами видны дымовые каналы, галерея для выгребанія золы и резервуары, могущіе вмѣстить 200 куб. метровъ воды.

Въ машинномъ помѣщеніи, надъ которымъ находится передвижная платформа съ краномъ въ 30 тоннъ, установлены три машины *Sulzer*, дающія 200—600 силъ при 80 оборотахъ въ минуту и четвертая машина меньшихъ размѣровъ для ча-

совъ слабаго потребленія. Маховики большихъ машинъ замѣнены индукторами въ 4,30 метровъ въ діаметрѣ, имѣющими 72 полюса. Арматура, состоящая изъ двухъ полу-вѣнцовъ, могущихъ сдвигаться, для осмотра динамомашины, имѣетъ 72 катушки, въ которыхъ развиваются переменные токи въ 2000—2500 вольтъ, имѣющіе 51 періодъ въ секунду.

Паръ доставляется двигателямъ по двумъ паровымъ трубамъ изъ кованаго желѣза. Конденсаторы, установленные подъ двигателями, получаютъ воду изъ названныхъ выше резервуаровъ и спускаютъ въ нихъ же горячую воду.



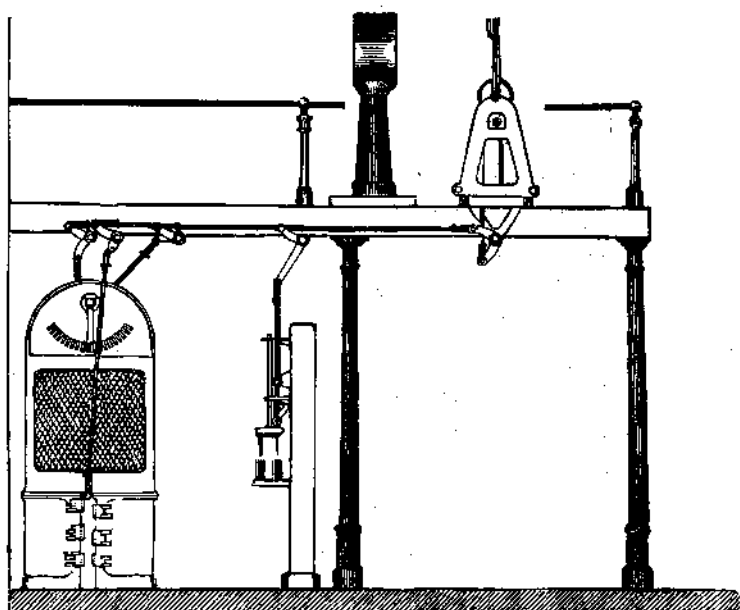
Фиг. 503.

Особенность станціи составляетъ отсутствіе распределительной доски, въ собственномъ смыслѣ. Регулирующіе приборы и прерыватели скрыты и приводятся въ дѣйствіе рычагами, установленными на платформѣ, поднятой на 3 метра выше пола машиннаго помѣщенія. Такимъ образомъ, избѣгается опасность прикосновенія къ приборамъ, соединеннымъ съ проводами тока высокаго напряженія.

На фиг. 504 представленъ общій видъ устройства платформы въ разрѣзѣ, а на фиг. 505 изображены детали рычажной передачи. Для каждаго альтернатора установлены 4 рычага *a*, *b*, *c* и *d*, позади которыхъ возвышается колонна, съ измѣрительными приборами для этой машины, т. е. ампер-

метры и вольтметры для альтернатора и его возбuditеля и указатель фазъ, нужный для включенія альтернатора въ сѣть.

При пусканіи альтернатора въ ходъ начинаютъ съ того, что замыкаютъ цѣпь возбuditеля посредствомъ рычага *d*, послѣ чего рычагомъ *e* регулируютъ сопротивленія, введенныя въ цѣпь индукторовъ этой машины. Затѣмъ помощью рычага *a* соединяютъ armатуру альтернатора съ искусственными сопротивленіями, помѣщенными въ подвалахъ, могущими погло-

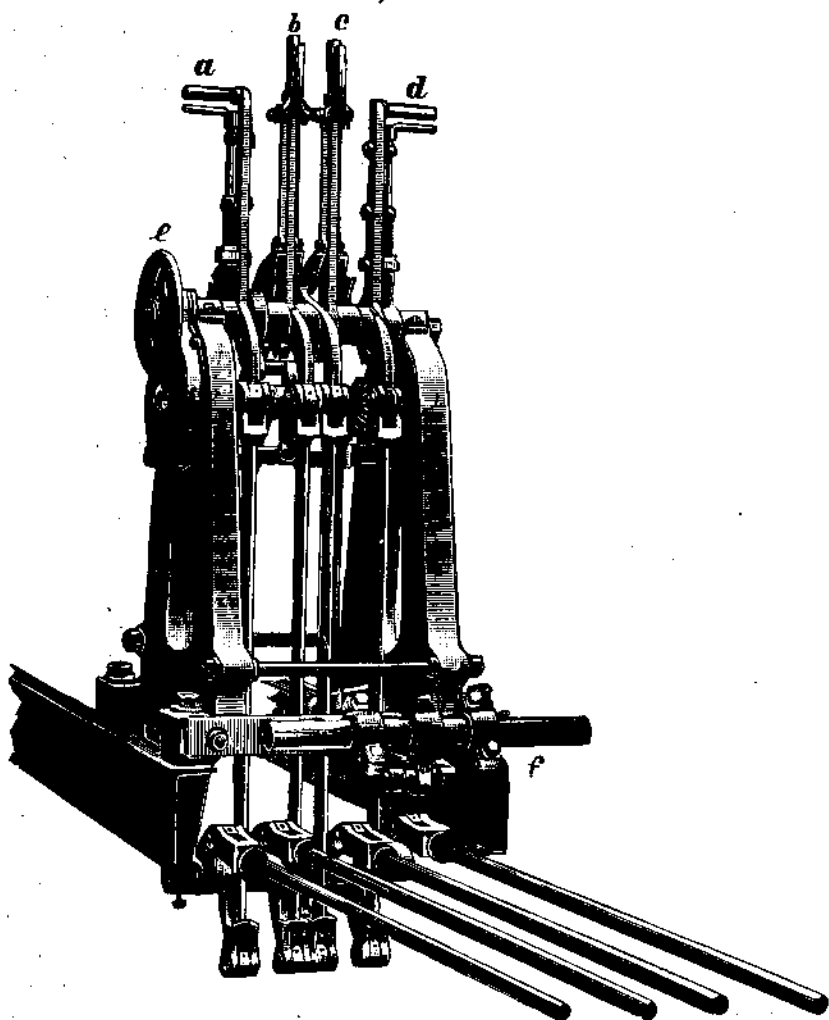


Фиг. 504.

тить всю энергію, развиваемую машиной. Когда указатель фазъ покажетъ, что фазы альтернатора совпадаютъ съ фазами въ сѣти, машину включаютъ въ цѣпь посредствомъ рычага *b*, замыкающаго ртутный прерыватель, изображенный на фиг. 504, подобный прерывателю Римской станціи.

Въ настоящее время сѣть, могущая питать 20,000 лампъ, состоитъ изъ 20 километровъ проводовъ. Всѣ провода подземные и состоятъ изъ концентрическихъ кабелей, покрытыхъ свинцомъ и желѣзной броней по системѣ Берту, Бореля и К<sup>о</sup>.

Эти кабели проложены въ деревянныхъ желобахъ, залитыхъ асфальтомъ. Чтобы можно было производить работы по кана-

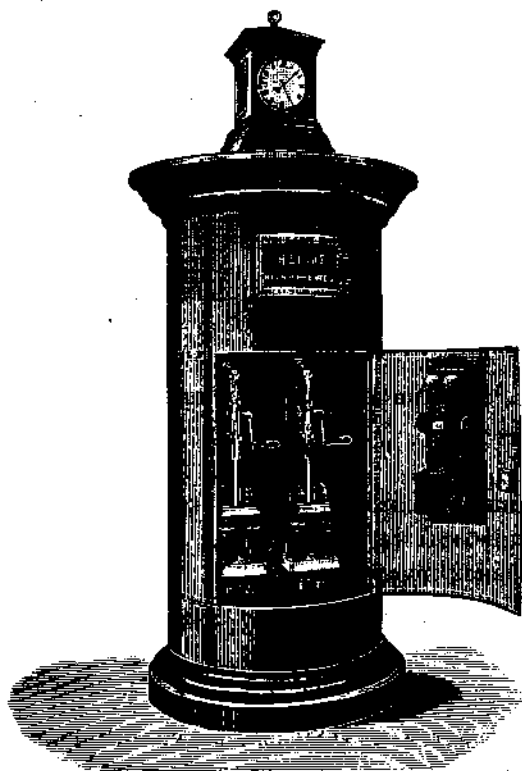


Фиг. 505.

лизации, не прерывая дѣйствія всей станціи, устроены приспособленія, позволяющія изолировать провода по участкамъ.

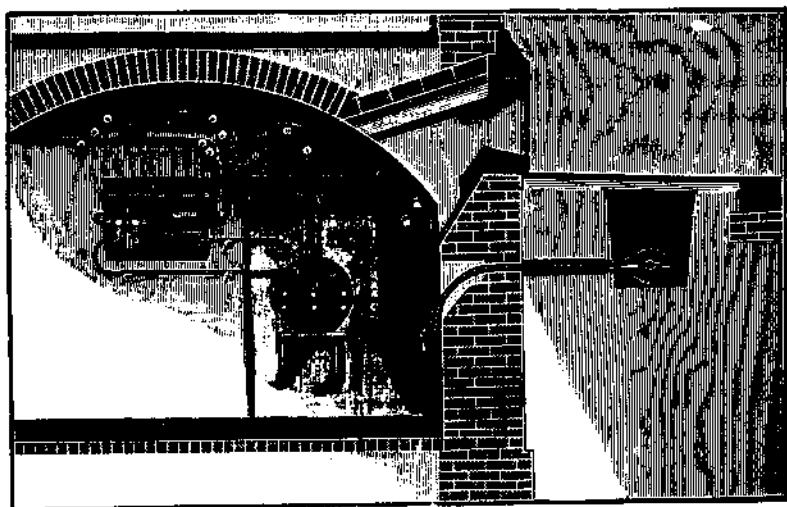
Для этой цѣли установлены ртутные прерыватели, помѣ-

щенные въ шкапахъ, разставленныхъ въ общественныхъ зданіяхъ или внутри желѣзныхъ колоннъ, подобныхъ изображеннымъ на фиг. 506. Внутри колоннъ находятся также телефонные аппараты, соединяющіе ихъ со станціей.



Фиг. 506.

На фиг. 507 показано, какъ устраиваются отвлѣтленія къ абонентамъ. Изъ соединительной коробки идетъ двойной кабель, оканчивающійся прерывателемъ. Отъ прерывателя къ трансформатору идутъ уже простые кабели, проложенные на изоляторахъ. Во вторичную цѣпь этого послѣдняго включенъ счетчикъ.



Фиг. 507.

Стоимость описанной установки слѣдующая:

|                                                                                 |         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|
| Зданія и мѣсто . . . . .                                                        | 456250  | франковъ. |
| Котлы . . . . .                                                                 | 162500  | „         |
| Двигатели, динамомашины и друг. электри-<br>ческие приборы на станціи . . . . . | 806250  | „         |
| Провода и трансформаторы . . . . .                                              | 775000  | „         |
| Счетчикъ . . . . .                                                              | 50000   | „         |
| Различные расходы . . . . .                                                     | 62000   | „         |
| Всего . . . . .                                                                 | 2812500 | франковъ. |

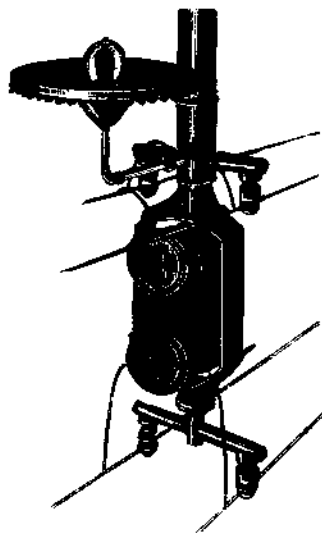
Энергія продается по 0,80 фр. за киловаттъ-часъ, причемъ уступка значительнымъ потребителямъ доходитъ до 50%.

**749. Распредѣленіе Вестинггауза.** Фирма Вестинггауза значительно способствовала современному распространенію въ Соединенныхъ Штатахъ распредѣленія энергіи посредствомъ трансформаторовъ. Мы уже имѣли случай описать альтернаторъ и трансформаторъ этой фирмы (§§ 432, 457), теперь же мы познакомимся съ главными отличіями системы распредѣленія, примѣняемой названной фирмой.

Для частнаго освѣщенія преимущественно лампами накали-

ванія, фирма Вестингоуза питаетъ соединенные параллельно трансформаторы токомъ въ 1000 вольтъ, причемъ трансформаторы понижаютъ это напряженіе во вторичныхъ цѣпяхъ до 50 вольтъ. Это напряженіе считается въ Соединенныхъ Штатахъ наиболѣе пригоднымъ для того, чтобы лампы были прочны и служили долго.

Канализація въ американскихъ городахъ обыкновенно бываетъ воздушная и на столбахъ, по которымъ проложены проволоки, иногда укрѣпляются и трансформаторы, предназначенные для питанія установки въ сосѣднемъ домѣ (фиг. 508).



Фиг. 508.

При примѣненіи воздушныхъ линій необходимо снабжать трансформаторы не только двойными предохранителями въ первичной цѣпи и предохранительнымъ приборомъ, предохраняющимъ вторичную обмотку отъ контакта съ первичной (§ 499), но и громоотводомъ для защиты трансформатора отъ атмосфернаго разряда. Въ этомъ случаѣ можно, на примѣръ, примѣнить остроумный приборъ Э. Томсона (§ 478), въ которомъ электромагнитъ, включенный въ цѣпь машины, отталкиваетъ дугу, образующуюся между частями громоотвода. Американскіе трансформаторы укрѣпляются также и на стѣнахъ снаружи домовъ, для которыхъ они предназначаются.



Альтернаторы Вестинггауза можно соединять параллельно, но практика въ Америкѣ не высказалась въ пользу этого рода соединенія, которое предполагаетъ, что всѣ пріемники включены въ одну общую сѣть. Легкость, съ которой въ сѣти высокаго напряженія, изолированной не особенно тщательно, образуются контакты съ землей, заставляетъ раздѣлять пріемники на отдѣльныя группы, соединенныя съ альтернаторами посредствомъ фидеровъ. При этомъ, если образуется соединеніе съ землей у двухъ зажимовъ первичной цѣпи какого нибудь трансформатора, то на станціи уединяють только соотвѣтствующій фидеръ и перестаетъ дѣйствовать только ограниченное число приборовъ.

На генераторной станціи устанавливается коммутаторъ, позволяющій соединять любой фидеръ или пучокъ фидеровъ съ любымъ изъ альтернаторовъ. Въ часы, когда потребление тока слабо, для питанія всѣхъ фидеровъ достаточно одной динамомашинны. По мѣрѣ того, какъ потребление растетъ, отдѣляютъ часть фидеровъ отъ первой машины и соединяють ихъ по одному или по группамъ съ другими альтернаторами. При этомъ каждая машина работаетъ при лучшихъ условіяхъ для отдачи и въ то же время группы трансформаторовъ остаются совершенно независимыми. Напряженіе въ сѣти регулируютъ по указаніямъ вольтметра Кардью, соединеннаго съ вторичной цѣпью трансформатора, первичная цѣпь котораго соединена съ тонкими проволоками, идущими отъ концовъ фидеровъ, или же при помощи дифференціального приспособленія Ганца и К<sup>о</sup>.

Фидеры можно соединять съ указателями земли, принципъ которыхъ подобенъ принципу прибора, описаннаго въ § 554. Трансформаторъ, одинъ изъ первичныхъ зажимовъ котораго соединенъ съ землей, соединяется черезъ другой зажимъ съ тѣмъ или другимъ проводомъ испытуемой цѣпи. Лампа, включенная во вторичную цѣпь, горитъ съ большей или меньшей яркостью, смотря по тому, есть ли въ цѣпи соединеніе съ землей или нѣтъ. Всѣ прерыватели, включаемые въ цѣпь высокаго напряженія, должны быть двойные, т. е. они должны прерывать одновременно токъ въ обоихъ проводахъ каждой цѣпи, чтобы ни въ одномъ изъ нихъ не оставалось опаснаго напряженія.

**750. Станція на Sardinia Street въ Лондонѣ.** Принципы системы распредѣленія Вестингоуза были примѣнены на электрической станціи на *Sardinia Street* въ Лондонѣ \*), о деталяхъ устройства которой слѣдуетъ сказать нѣсколько словъ вслѣдствіе той тщательности, съ которой всѣ онѣ были изучены инженерами фирмы *Metropolitan Electric Light Co.*

Паровые двигатели установлены въ *rez-de-chaussée* на фундаментахъ изъ каменной кладки, которая въ свою очередь стоитъ на слояхъ войлока, покрытаго свинцомъ, лежащихъ на бетонныхъ основаніяхъ. Совокупность этихъ фундаментовъ изолирована въ выемкѣ съ каменными стѣнками въ 4 метра глубиной. При помощи такого устройства мѣшаютъ сотрясеніямъ, производимымъ машинами, передаваться сосѣднимъ домамъ. Кромѣ того стѣны станціи двойныя, что мѣшаетъ распространяться шуму отъ машинъ. Динамомашинны установлены въ первомъ этажѣ и соединены съ двигателями ремнями, проходящими сквозь полъ.

Десять паровыхъ двигателей компаундъ, системы Вестингоуза, дающіе по 250 силъ при 200 оборотахъ въ минуту, приводятъ въ движеніе каждый по альтернатору. Три возбуждателя постоянного тока вращаются особыми двигателями. Котлы установлены въ боковомъ помѣщеніи, которое, какъ и складъ угля, находятся ниже уровня улицы, чтобы удобнѣе было доставлять туда топливо.

На одной изъ стѣнъ помѣщенія динамомашинъ находится громадная распредѣлительная доска въ 18 метровъ длиной и 4 метра вышиной, позволяющая дѣлать между 3 возбуждателями, 10 альтернаторами и 20 фидерами, проводящими электричество со станціи къ 20 группамъ трансформаторовъ, распределенныхъ на пространствѣ, питаемомъ станціей, слѣдующія соединенія:

1. Нужно имѣть возможность соединить возбуждатель съ любой группой альтернаторовъ.

2. Нужно, чтобы одинъ фидеръ или пучекъ фидеровъ могъ быть соединенъ съ любымъ изъ альтернаторовъ, или, въ

---

\*) Fleming, *Electrician*, 24 octobre 1890.

случаѣ нужны, съ группой альтернаторовъ, соединенныхъ параллельно.

3. Необходимо, чтобы можно было быстро замѣнить, въ случаѣ порчи, каждую машину запаснымъ альтернаторомъ.

Доска состоитъ изъ аспидныхъ плитъ, вставленныхъ въ металлическую рамку. Она отстоитъ настолько отъ стѣны, что между ней и стѣной можетъ легко проходить рабочій, устраивающій соединенія между проводниками и коммутаціонными приборами.

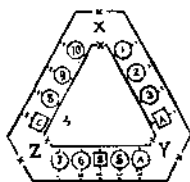
Для каждого фидера имѣется особая плита, въ верхней части которой укрѣплены амперметръ, вольтметръ для измѣренія напряженія въ началѣ проводовъ и вольтметръ для измѣренія напряженія у пріемониковъ, черезъ посредство уже описаннаго дифференціального приспособленія. На каждой плитѣ имѣются также искусственныя сопротивленія, служащія для регулировки напряженія въ каждомъ фидерѣ въ отдѣльности, когда одинъ и тотъ же альтернаторъ питаетъ нѣсколько цѣпей.

Напряженіе въ пучкѣ фидеровъ можно поднять или понизить, вводя сопротивленія въ отвѣтвленную цѣпь одного изъ возбудителей.

Коммутаторъ, соединенный съ возбудителями, помѣщается въ центрѣ доски, на мѣстѣ, откуда видны всѣ динамомашинны.

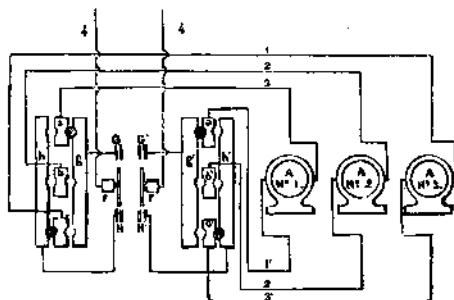
Кружки отъ 1 до 10 (фиг. 509) изображаютъ индукторы альтернаторовъ, которые при помощи ключа можно вводить въ отвѣтвленію между одной изъ паръ проводовъ, соединенныхъ съ возбудителями А, В, С. Три двойныхъ ключа Х, Y, Z. позволяютъ замыкать трехугольникъ, образуемый проводниками. Дѣйствуя ключами альтернаторовъ и тремя двойными ключами, можно комбинировать альтернаторы и возбудители самымъ разнообразнымъ образомъ. На плитѣ, соответствующей одному фидеру, находится коммутаторъ, при помощи котораго можно соединить этотъ фидеръ съ альтернаторомъ или группой альтернаторовъ, а также быстро замѣнить одинъ альтернаторъ другимъ. На фиг. 510 показанъ принципъ такого коммутатора, примѣненный къ случаю трехъ альтернаторовъ—№ 1, № 2 и № 3. Эти три альтернатора соединены проводниками 1, 2 и 3, 1', 2' и 3' съ кусочками латуни *a*, *b*, *c*, *a'*, *b'*, *c'*,

помѣщенными между двумя рядами полосъ  $h, g, h'$  и  $g'$ . Металлическіе штепселя позволяютъ соединять кусочки латуни съ полосами. Эти послѣднія соединены, съ другой стороны, съ центральнымъ коммутаторомъ, главный органъ котораго составляетъ двойной рычагъ, вѣтви котораго соединены съ двумя проводами 4 (4 суть фидеры). Если поднять двойной рычагъ



Фиг. 509.

вверхъ, то, какъ видно,  $F, F'$  будутъ соединены съ  $G, G'$ , если же рычагъ пущенъ внизъ, то съ  $F, F'$  будутъ соединены  $H, H'$ . Наконецъ въ промежуточномъ положеніи рычагъ соединяетъ  $F, F'$  одновременно съ  $G, G'$  и  $H, H'$ . Теперь чтобы соединить альтернаторъ № 1 съ фидеромъ, вставляютъ штепель въ отверстія между  $a$  и  $a'$  и  $g, g'$  и поднимаютъ двойной рычагъ.



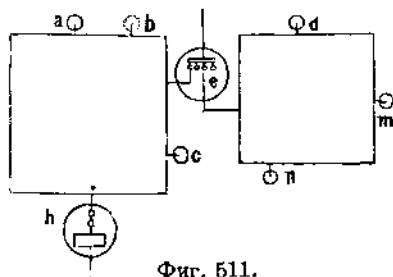
Фиг. 510.

Въ это же время пускаютъ въ ходъ запасную динамомашину, напримѣръ № 3, заставляя ее вертѣться медленно, и вставляютъ штепселя  $c, c'$  и  $h, h'$ . Если альтернаторъ № 1 испортится, то лицу, которому поручено управленіе коммутаторомъ, потребуетъ отъ машиниста, чтобы машина № 3 дала полный ходъ и затѣмъ быстро опускаетъ двойной рычагъ,

чего достаточно, чтобы пересоединить фидеръ безъ всякаго замѣтнаго измѣненія тока въ немъ. Машины № 1 и № 2 можно соединять и параллельно, предварительно сдѣлавъ ихъ ходъ синхроничнымъ при помощи указателя фазъ, вставляя штепселя между  $b$ ,  $b'$  и  $g$ ,  $g'$ .

Такъ какъ на станціи *Sardinia Street* имѣется 10 альтернаторовъ, то на распредѣлительной доскѣ должны быть 20 плитъ, имѣющихъ каждая десять паръ частей, подобныхъ  $a$  и  $a'$ . Такимъ образомъ можно группировать фидеры и альтернаторы всевозможными способами.

Провода въ сѣти описываемой станціи подземные. Это кабели, изолированные каучукомъ, протянутые въ чугунныхъ трубахъ.



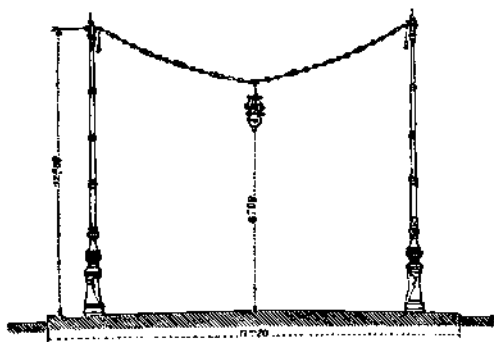
Фиг. 511.

На фиг. 511 представленъ фидеръ, входящій въ распредѣлительный ящикъ  $e$ , гдѣ онъ плавкими проволоками соединенъ съ проводами, питающими группы трансформаторовъ  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $h$ , и  $d$ ,  $m$ ,  $n$ , включенные въ замкнутыя цѣпи съ цѣлью дать возможность току входить въ названные приборы съ двухъ концовъ и такимъ образомъ уменьшить вѣроятность ихъ остановки. Для простоты чертежа проводники обозначены одной чертой. Деталь  $h$  показываетъ, что передъ трансформаторомъ находится въ первичной цѣпи двойной предохранитель. Передъ домомъ cadaго абонента въ трубахъ имѣется выходъ въ формѣ Т, черезъ который, чтобы избѣжать соединеній въ мѣстѣ отвлѣченія, протягиваются концы кабеля, идущаго къ трансформатору. Если появится новый абонентъ  $m$ , то, чтобы избѣжать сращиванія, вынимаютъ весь кабель между  $d$  и  $n$  протягиваются два новыхъ куска  $dm$  и  $mn$ . Вынутый кабель прячется и сохраняется до тѣхъ поръ, пока въ немъ не очутится надобности для новой цѣли.

## РАЗЛИЧНЫЯ ПРИМѢНЕНІЯ.

751. Общественное освѣщеніе городовъ. Слабыя лампы, употребляемыя обыкновенно для освѣщенія улицъ и площадей, освѣщаютъ только очень незначительное пространство и оставляютъ верхнія части домовъ почти въ полной темнотѣ. Для освѣщенія большихъ городскихъ артерій ничто не можетъ замѣнить сильнаго свѣта вольтовыхъ дугъ, производящаго эффектъ яркаго луннаго освѣщенія и обнаруживающаго архитектуру домовъ до самыхъ мелкихъ подробностей.

Дуговые лампы слѣдуетъ помѣщать настолько высоко, чтобы въ глаза не попадали лучи, непосредственно исходящіе



Фиг. 512.

отъ лампъ. Опаловые шары, впрочемъ, уменьшаютъ рѣзкость свѣта дуги. Чаше всего лампы помѣщаютъ на высотѣ 8—20 метровъ, но въ Соединенныхъ Штатахъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ приняты гораздо болѣе высокія мачты. Однако при столь высокихъ мачтахъ лампы совершенно напрасно освѣщаютъ верхи домовъ и вдобавокъ содержаніе ихъ становится затруднительнымъ.

Лампы можно устанавливать на металлическихъ столбахъ, наставленныхъ вдоль троттуаровъ, или же подвѣшивать посреди улицы на цѣпяхъ, укрѣпленныхъ на двухъ столбахъ, или на двухъ домахъ, стоящихъ по разныя стороны улицы. На фиг. 512 показанъ способъ подвѣски лампъ на улицѣ *Unter den Linden* въ Берлинѣ.

Когда лампы укрѣпляются на столбамъ, то устраиваются различныя приспособленія для облегченія замѣны углей. Лампы, напримѣръ, можно спускать на кабеляхъ, проходящихъ на верху столба черезъ блокъ, а внизу наматываемыхъ на лебедку. Когда лампа вновь устанавливается на мѣсто, она ударяется о металлическіе контакты, соединенные съ канализаціей.

Обыкновенно избѣгаютъ этихъ подвижныхъ контактовъ, спуская вмѣстѣ къ лампѣ и проводники, которыми служатъ гибкіе кабели, но при этомъ эти проводники быстро изнашиваются.

Жаспаръ употребляетъ мачты, могущія наклоняться вокругъ оси, помѣщенной на  $\frac{1}{2}$  высоты мачты. Особый грузъ уравниваетъ верхнюю часть мачты и лампу во время движенія.

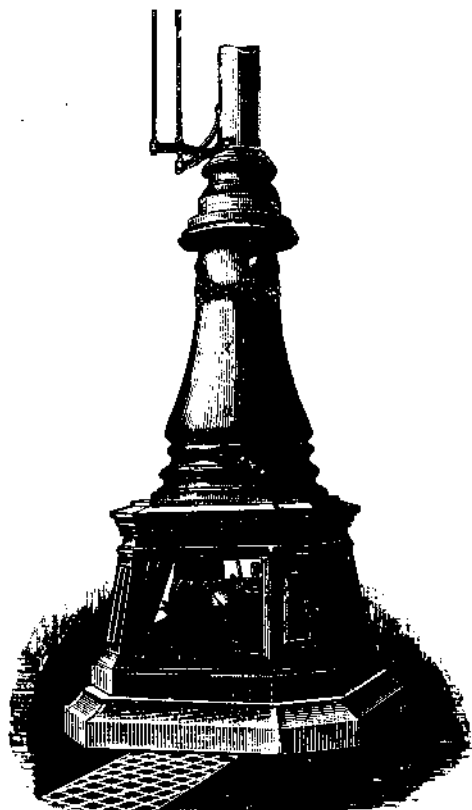
Слѣдуетъ помѣщать какъ электрическіе кабели, такъ и кабели, на которыхъ виситъ лампа, внутри мачтъ въ доступныхъ частяхъ, чтобы помѣщать портить ихъ.

Дуговые лампы, предназначаемыя для освѣщенія улицъ, часто соединяются послѣдовательно и питаются машинами выскокаго напряженія, что позволяетъ употреблять тонкіе кабели. Въ этомъ случаѣ совѣтуютъ размѣщать всѣ лампы попеременно на двухъ цѣпяхъ, такъ что если что нибудь случится въ одной, то всѣ-таки улица останется освѣщенной половиной лампъ.

Машины, дающія токъ постоянной силы, системъ Брѣша и Томсонъ-Гоустона (§§ 410 и 411), специально приспособлены для этого рода питанія лампъ. Лампы въ этомъ случаѣ снабжаются автоматическими механизмами, которые выключаютъ ихъ при поломкѣ углей (§ 719).

Въ послѣднее время Компанія Вестингоуза примѣнила къ освѣщенію улицъ распределеніе помощью соединенныхъ послѣдовательно трансформаторовъ. Альтернаторъ, дающій токъ постоянной силы, питаетъ первичныя обмотки трансформаторовъ, соединенныхъ послѣдовательно. Мы видѣли въ § 444, что при этихъ условіяхъ сила вторичнаго тока тоже остается неизмѣнной. Во вторичныя цѣпи включаютъ одну или нѣсколько лампъ, смотря по размѣрамъ трансформаторовъ. Та-

кимъ образомъ избѣгаютъ высокихъ напряженій у зажимовъ лампъ и въ то же время сохраняютъ возможность пользоваться тонкими проводами. При тушеніи лампы, надо замыкать ее на себя. Тогда расходъ энергіи во вторичной цѣпи, вслѣдствіе ея слабаго сопротивленія, становится незначительнымъ и поэтому количество энергіи, потребляемой въ первичной цѣпи, будетъ тоже очень мало.



Фиг. 513.

Лампы можно употреблять безъ добавочныхъ сопротивленій и безъ регулирующихъ катушекъ, такъ какъ случайный контактъ между углями не увеличиваетъ значительно силы проходящаго черезъ нихъ тока. Компания Вестинггауза для этого примѣненія уменьшила число періодовъ тока съ 130 до 62 въ



секунду. Шипѣніе дуговыхъ лампъ понижается при этомъ на октаву и обратная электродвижущая сила, развивающаяся въ электромагнитахъ лампъ, уменьшается вдвое, что позволяетъ уменьшить ихъ размѣры.

Альтернаторъ Стэнли, питающій трансформаторы, обладаетъ свойствомъ давать токъ постоянной силы безъ особой регулировки. Реакція armатуры въ немъ такова, что измѣненіе электродвижущей силы и угла между фазами поддерживаетъ нормальную силу тока, каково бы ни было внѣшнее сопротивление.

Въ городахъ, обладающихъ водопроводами, дающими воду подъ высокимъ давленіемъ, можно устанавливать, какъ это дѣлаетъ фирма Дюлэ въ Шарлеруа, очень сильныя дуговыя лампы, укрѣпляя ихъ на очень высокихъ мачтахъ, въ цоколѣ которыхъ помѣщается маленькая турбина и динамомашинна (фиг. 513). При этомъ устройствѣ не нужно устраивать никакой электрической канализаціи.

Такъ какъ отдача лампъ накаливанія не превосходитъ  $\frac{1}{4}$  отдачи дуговыхъ лампъ, то первыя не пригодны для освѣщенія большихъ пространствъ. Но на второстепенныхъ улицахъ, ширина которыхъ не позволяетъ хорошо пользоваться свѣтомъ дуговой лампы и гдѣ требуется только слабое среднее освѣщеніе, можно примѣнять лампы накаливанія.

Это и дѣлаетъ Компанія Эдисона въ маленькихъ городахъ Соединенныхъ Штатовъ. Для этого примѣненія она употребляетъ обыкновенно послѣдовательное соединеніе лампъ и питаніе ихъ токомъ, напряженіе котораго у зажимовъ машинъ доходитъ до 500—600 вольтъ. Сила тока поддерживается постоянной посредствомъ механизма, дѣйствующаго на возбужденіе машинъ. Лампы съ небольшой разностью потенциаловъ, съ толстой угольной нитью, имѣютъ, [напримѣръ лампы Берштейна (§ 704)], приспособленіе, соединяющее питающіе лампу провода, когда эта нить сломится, а также когда лампу вынимаютъ изъ патрона.

Простое и экономичное рѣшеніе вопроса относительно питанія лампъ накаливанія, предназначенныхъ для уличнаго освѣщенія, было дано Вестингоузомъ. Лампы включаются послѣдовательно въ цѣпь двухъ первичныхъ проводовъ, пред-

назначенныхъ для частнаго освѣщенія посредствомъ трансформаторовъ (§ 704). У зажимовъ каждой лампы помѣщается въ отвѣтвленіи реагирующая катушка, поглощающая весьма слабый токъ, пока ея лампа дѣйствуетъ, но по которой начинается проходить весь токъ, циркулирующій въ цѣпи, какъ только угольная нить сломится, отчего цѣпь остальныхъ лампъ не прерывается.

Когда устраивается распредѣленіе пятью проводами (§ 487), дуговые лампы или лампы накаливанія, служащія для уличнаго освѣщенія, можно соединять послѣдовательно между крайними проводами.

**752. Освѣщенія желѣзнодорожныхъ станцій и заводовъ.** Большія закрытыя и открытыя пространства, встрѣчающіяся на заводахъ и на желѣзнодорожныхъ станціяхъ, могутъ быть освѣщаемы съ большимъ успѣхомъ дуговыми лампами. Вольтова дуга позволяетъ устроить за недорогую цѣну такія лампы, которыя, будучи помѣшены достаточно высоко, позволяютъ работать ночью съ совершенно такой же безопасностью, какъ и днемъ. Кромѣ того хорошее освѣщеніе мастерскихъ улучшаетъ качества работы и облегчаетъ надзоръ за рабочими, что позволяетъ значительно удешевлять стоимость эксплуатаціи.

На основаніи именно этихъ соображеній Конгрессы желѣзнодорожныхъ инженеровъ, бывшіе въ Миланѣ (1885) и въ Парижѣ (1889), настойчиво совѣтовали примѣнять на станціяхъ электрическое освѣщеніе. Дуговые лампы слѣдуетъ помѣщать достаточно высоко не только для того, чтобы получить хорошее распредѣленіе свѣта, но и для того, чтобы не мѣшать оптическимъ сигналамъ. Въ Бельгійи пробовали употреблять мачты до 32 метровъ высотой, но опытъ показалъ, что высота въ 16 метровъ наиболѣе пригодна въ низменныхъ частяхъ страны, гдѣ туманы очень часты и поглощаютъ тѣмъ большее количество свѣта, чѣмъ выше помѣшены лампы.

Лампы, которыя должны горѣть въ длинныя ночи, снабжаются простыми, или двойными углями, достаточными для 16-ти часового горѣнія.

Когда лампы находятся въ закрытыхъ помѣщеніяхъ или въ мастерскихъ, ихъ эффектъ увеличиваютъ, выбѣливая известью стѣны и потолокъ.

Въ случаѣ, когда необходима большая равномерность освѣщенія, съ успѣхомъ примѣняютъ освѣщеніе посредствомъ отраженнаго свѣта. Эта система, пригодная для сильныхъ источниковъ свѣта, подобныхъ дуговымъ лампамъ, состоитъ въ томъ, что лампа, положительный уголь которой укрѣпленъ въ нижнемъ угледержателѣ, помѣщается въ фонарь, закрытый съ боковъ и снизу рефлекторами, которые отражаютъ весь свѣтъ или на бѣлый экранъ или на бѣлый потолокъ. Лучи свѣта тогда разсѣиваются по всемъ направленіямъ и даютъ мягкое, ровное освѣщеніе, не производящее никакихъ рѣзкихъ тѣней. Главная телеграфная станція въ Брюсселѣ была освѣщена Жаспаромъ по этой методѣ уже въ 1879 году. Эта метода примѣняется также съ большимъ успѣхомъ и на бумагопрядильныхъ фабрикахъ.

Желѣзнодорожныя станціи, фабрики и заводы обыкновенно предпочитаютъ сами производить электрическую энергію, которую они потребляютъ. Чтобы добиться постоянства свѣта, насколько возможно, слѣдуетъ стараться приводить въ движеніе динамомашинны посредствомъ отдѣльныхъ двигателей, но если одинъ изъ двигателей завода имѣетъ достаточно ровный ходъ, то можетъ быть выгоднымъ заставить его вращать динамомашинны. Двигатель съ неравномернымъ ходомъ тоже можно употреблять для этой цѣли, но съ условіемъ регулировать токъ посредствомъ аккумуляторовъ, включая ихъ параллельно съ лампами (§ 505).

На многихъ промышленныхъ установкахъ питаютъ дуговія лампы посредствомъ проводовъ, идущихъ отъ машины къ каждой лампѣ отдѣльно. При этомъ каждая лампа остается совершенно независимой и ихъ всѣхъ можно тушить и зажигать поодиночкѣ съ одного мѣста. Въ этомъ случаѣ сопротивленіе проводовъ подбирается такъ, чтобы они замѣняли добавочное сопротивленіе, требуемое дуговыми лампами. Для этой цѣли иногда употребляютъ въ мѣстахъ, куда не попадаетъ лодзь, проводники желѣзные луженные, или гальванизованные. На распределительной доскѣ для каждой цѣпи

устанавливаютъ указатель горѣнія, состоящій изъ электромагнита, по которому проходитъ токъ и арматура котораго, будучи притянута, выдвигаетъ сигнальную пластину. Это приспособленіе позволяетъ машинисту по одному взгляду судить о состояніи лампъ. Описанная система имѣетъ то неудобство, что требуетъ слишкомъ много проводовъ. Ихъ количество можно уменьшить, соединяя послѣдовательно по 6—12 лампъ и включая такія группы параллельно въ питательныя цѣпи.

**753. Освѣщеніе театровъ, ресторановъ и магазиновъ. Освѣщеніе частныхъ домовъ.** Электрическое освѣщеніе театровъ и большихъ магазиновъ рекомендуется вслѣдствіе его безопасности и гигиеничности, поэтому то число подобныхъ приложений очень велико. Такъ какъ этого рода установки заключаютъ обыкновенно много лампъ, то часто находятъ выгоднымъ снабжать ихъ особыми двигателями и динамомашинами даже въ городахъ, гдѣ имѣется электрическая сѣть. Дѣйствительно, расходы на эти сѣти, вслѣдствіе существованія канализаціи и городскихъ налоговъ, велики, что повышаетъ стоимость электрической энергіи на много, сравнительно съ ея стоимостью, когда она получается на особой станціи, всей работоспособностью которой пользуются во время часовъ освѣщенія, тогда какъ на центральныхъ городскихъ станціяхъ средняя производительность сравнительно мала.

Иногда нѣсколько сосѣднихъ частныхъ домовъ устраиваютъ общую станцію для производства электрической энергіи. Двигатели и динамомашинны устанавливаются въ подвалѣ или въ сараѣ и соединяются съ освѣщаемыми домами канализаціей, бывающей обыкновенно воздушной, вслѣдствіе той малой величины сѣченія, которое допустимо при проводахъ, имѣющихъ небольшую длину. Проволоки прокладываются по крышамъ, или по столбамъ, помѣщаемымъ на дворахъ зданій. Этого рода установки очень распространены въ нѣкоторыхъ городахъ. Они ускользаютъ отъ городскихъ налоговъ, которые должно платить за провода, прокладываемые по улицамъ и для нихъ не нужна подземная канализація, которая составляетъ главную тяжесть городскихъ сѣтей. Но за то эта систе-

ма освѣщенія требуетъ согласія сосѣднихъ домовладѣльцевъ. Такъ какъ каждый изъ нихъ можетъ помѣшать проложить провода надъ его домомъ, то достаточно одного человѣка, чтобы уничтожить предпріятіе.

Для такихъ установокъ слѣдуетъ употреблять двигатели, производящіе какъ можно меньше шума, особенно когда они помѣщаются въ подвальномъ этажѣ театровъ. Шумъ можно заглушить совершенно, обтягивая стѣны машиннаго помѣщенія шерстяными или хлопчатобумажными тюфяками. Распространенію механическихъ сотрясеній препятствуютъ, принимая предосторожности, описанныя въ § 400.

**754. Особенности театральныя установокъ.** При освѣщеніи театра, какъ для безопасности, такъ и для эффектовъ, которые нужно производить въ зрительномъ залѣ и на сценѣ, требуются особые приспособленія.

Внутреннее освѣщеніе обыкновенно производится лампами накаливанія, теплый свѣтъ которыхъ болѣе способствуетъ эффектности декораций и туалетовъ, чѣмъ свѣтъ дуговыхъ лампъ.

Эти послѣднія примѣняются для освѣщенія перистилей, а также для нѣкоторыхъ сценическихъ эффектовъ, напримѣръ для освѣщенія сценъ въ балетахъ. Часто для освѣщенія зрительнаго зала пользуются газовыми люстрами и жирандолями, на которыхъ укрѣпляютъ лампы накаливанія, которыя не только освѣщаютъ, но и украшаютъ залъ. Въ нѣсколькихъ театрахъ маленькія лампы накаливанія размѣщаются по линиямъ, раздѣляющимъ ярусы одинъ отъ другаго. При такомъ размѣщеніи не требуется люстры, которая мѣшаетъ зрителямъ верхнихъ ярусовъ видѣть часть сцены. Съ успѣхомъ примѣняются также хрустальныя люстры, внутри которыхъ прячутся лампы, которыя въ этомъ случаѣ могутъ быть и сильными. Хрусталь разсѣиваетъ свѣтъ и въ то же время въ граняхъ играютъ лучи, что производитъ красивый эффектъ.

Собственно освѣщеніе можно получить за гораздо болѣе дешевую цѣну, подвѣсивъ къ потолку нѣсколько большихъ лампъ накаливанія, или дуговыхъ лампъ, но эта система противна нашимъ привычкамъ и слѣдовательно вызываетъ

нѣкоторую критику. Кромѣ того силу свѣта дуговыхъ лампъ нельзя мѣнять, какъ силу свѣта лампъ накаливанія, что иногда нужно для того, чтобы произвести эффектъ сумерокъ. Освѣщеніе сцены, уборныхъ артистовъ и корридоровъ тоже производится посредствомъ лампъ накаливанія. Часто еще въ определенныхъ мѣстахъ размѣщаются предохранительныя лампы накаливанія, питаемая особой цѣпью отъ аккумуляторовъ, которыя продолжаютъ горѣть даже если что нибудь случится въ главной цѣпи.

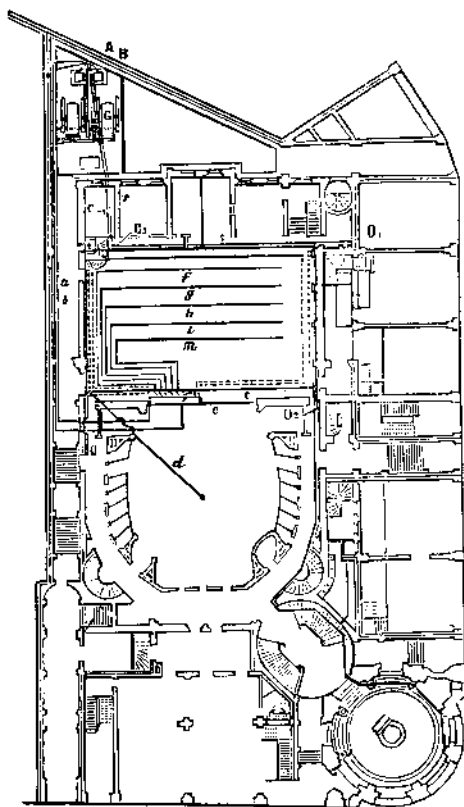
Наиболѣе затрудненій представляетъ освѣщеніе сцены. На фиг. 514 представлено распредѣленіе лампъ въ Парижскомъ театрѣ *Vaudewille* \*). На рампѣ укрѣпленъ рядъ неподвижныхъ лампъ с. Нѣсколько рядовъ лампъ укрѣплены на софитахъ *f, g, h, i, m*, подвѣшенныхъ надъ сценой. Высоту софитовъ мѣняютъ судя по декорации. Токъ къ софитамъ доставляется по двойнымъ кабелямъ, которыя соединяютъ съ канализаціей посредствомъ штепселей, устанавливаемыхъ на уровнѣ перваго этажа сцены. Эти гибкіе кабели часто обшиваются кожей, чтобы изолирующая оболочка не истиралась и не обнажался металлъ. Съ боковъ сцена освѣщается лампами, прикрѣпляемыми къ вертикальнымъ доскамъ, которыя подвѣшиваются къ кулисамъ. Эти лампы питаются тоже при помощи гибкихъ кабелей. Онѣ соединяются съ неподвижными проводниками, изображенными пунктиромъ, проложеннымъ подъ поломъ сцены. Всѣ эти лампы, конечно, скрыты отъ зрителей, находящихся въ залѣ, декорациями и бѣлыми рефлекторами, отражающими свѣтъ на сцену.

Вслѣдствіе того, что декорации воспламеняются легко и слѣдовательно нельзя допускать никакого нагрѣванія проводовъ, крайне важно защитить всѣ цѣпи, особенно же тѣ, въ которыя входятъ гибкіе проводники, предохранительными проволоками.

Въ маленькомъ помѣщеніи G находится распредѣлительная доска, отъ которой идутъ главные проводники. Лампы, размѣщенные въ зрительномъ залѣ и на сценѣ, служащія для свѣ-

\* ) Dieudonné *L'Eclairage des Théâtres de Paris. La Lumière Electrique*, t. 29.

товыхъ эффектовъ, соединены съ особымъ коммутаторомъ-реостатомъ, называемымъ *jeu d'orgue*, установленнымъ у стѣнки, отдѣляющей залу отъ нижней части сцены, по близости отъ суфлерской будки. Этотъ коммутаторъ позволяетъ уменьшать быстро или медленно яркость лампъ отъ нормальной до нулевой.



Фиг. 514.

Въ нѣкоторыхъ особо полныхъ установкахъ на софитахъ и на рампѣ устанавливають три ряда лампъ, которыя можно замѣнять одни другими. Первый рядъ состоитъ изъ обыкновенныхъ лампъ, второй изъ красныхъ, третій изъ голубыхъ.

Эти два послѣдніе ряда служатъ для свѣтовыхъ эффектовъ, напримѣръ для изображенія пожара, заката солнца и т. п.

Чтобы возможно было граудировать освѣщеніе, въ цѣли, питающей разлчныя группы лампъ на сценѣ и въ зрительной залѣ, включаются искусственныя сопротивленія, которыя можно мѣнять при помощи рычаговъ, помѣщенныхъ въ названномъ коммутаторѣ-реостатѣ. Всѣми этими рычагами можно дѣйствовать или отдѣльно каждымъ, или всѣми вмѣстѣ. Въ послѣднемъ случаѣ ихъ скрѣпляютъ съ особой осью, приводимой въ движеніе рукояткой.

Искусственныя сопротивленія, необходимыя для свѣтовыхъ эффектовъ, занимаютъ довольно много мѣста. Они состоятъ изъ проволоки или полотна, приготовленныхъ изъ мельхіора или никкелина, укрѣпленныхъ на изоляторахъ, на желѣзныхъ рамкахъ. Соприкосновенію между сосѣдними проволоками препятствуютъ, отдѣляя ихъ другъ отъ друга прокладками изъ азбестоваго картона. Эти сопротивленія помѣщаютъ подъ коммутаторомъ ниже пола сцены. Весь коммутаторъ и реостаты заключены въ клѣтку изъ желѣзныхъ листовъ или окружены кирпичной стѣной, предохраняющей отъ пожара. Коммутаторъ долженъ имѣть достаточное число контактовъ, чтобы свѣтъ можно было мѣнять очень постепенно.

Помѣщеніе трехъ рядовъ разноцвѣтныхъ лампъ требуетъ, чтобы на сценѣ было тройное число цѣпей и коммутаторовъ, что конечно, увеличиваетъ расходъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ этихъ расходовъ можно избѣжать, устанавливая на софитахъ и на рампѣ только одинъ рядъ некрашенныхъ лампъ и помѣщая передъ ними экраны изъ краснаго или синяго желатина, смотря по эффекту, котораго желаютъ достичь.

Иногда для театральныхъ эффектовъ нужны переносныя дуговыя лампы, отъ которыхъ бросаютъ на нѣкоторыя мѣста сцены пучки яркаго свѣта. Этими лампами, снабжаемыми параболлическими рефлекторами, управляютъ особые лица. Лампы помѣщаются на катающихся треножникахъ, на шарнирахъ, чтобы можно было направлять пучки свѣта по желанію въ различныя стороны. Чтобы не вываливались кусочки раскаленного угля, лампа помѣщается въ фонарь со стекломъ, закрывающій ее со всѣхъ сторонъ.

Въ случаяхъ, когда театръ имѣетъ свою станцію, устанавливаютъ обыкновенно два двигателя и двѣ динамомашинны,



выбирая ихъ такъ, чтобы каждая изъ группъ могла питать строго необходимое число лампъ. Такимъ образомъ въ случаѣ порчи одной изъ машинъ освѣщеніе не будетъ прервано. Достаточное количество аккумуляторовъ можетъ замѣнить запасную машину.

**755. Освѣщеніе поѣздовъ.** Въ послѣдніе года дѣлались многочисленныя попытки примѣнить электричество къ освѣщенію поѣздовъ помощью лампъ накаливанія. Эти опыты, ограничившіеся сначала освѣщеніемъ вагоновъ-салоновъ, теперь распространяются на цѣлые поѣзда. Электричекія лампы можно помѣщать надъ спинками дивановъ, чтобы пассажиры могли свободно читать. Для защиты глазъ пассажировъ, сидящихъ напротивъ лампъ, примѣняются абажуры и подвижные экраны. Повсюду, гдѣ только были произведены опыты, электрическое освѣщеніе дало гораздо лучшіе результаты, чѣмъ газовое или масляное.

Для освѣщенія поѣздовъ признаны необходимыми аккумуляторы, чтобы напряженіе тока было постоянно и освѣщеніе продолжалось во время составленія поѣздовъ и ихъ остановокъ.

Для полученія электрической энергіи и заряданіе аккумуляторовъ предложены различныя системы.

1. Чаще всего примѣняется система, состоящая въ томъ, что подъ каждымъ вагономъ, въ одномъ или нѣсколькихъ желѣзныхъ ящикахъ, помѣщаютъ аккумуляторы, питающіе вагонныя лампы. Лампы употребляются въ 8—12 децимальныхъ свѣчей и питаются токомъ въ 15—25 вольтъ. Коммутаторъ или реостатъ позволяетъ компенсировать пониженіе разности потенциаловъ, вызываемое разряженіемъ аккумуляторовъ, которое продолжается 12—15 часовъ. Всѣ аккумуляторы для каждаго вагона мѣняются отъ 120 до 600 килогр., смотря по длинѣ вагона, числу лампъ въ немъ и принятой системѣ аккумуляторовъ.

Аккумуляторы заряжаются въ депо, куда вводятся вагоны, такъ что вынимать аккумуляторы не приходится. Для этой службы пользуются персоналомъ ламповщиковъ.

2. Вторая система состоитъ въ томъ, что аккумуляторы заряжаются динамомашинной, вращаемой двигателемъ, находя-

щимся въ вагонѣ, идущемъ во главѣ поѣзда и получающемъ паръ изъ котла локомотива. При такомъ устройствѣ не придется возвращать вагоны въ депо и возможно продолжительное освѣщеніе, которое необходимо для вагоновъ прямыхъ поѣздовъ, прибѣгающихъ безъ остановокъ большія разстоянія.

Отработавшій паръ двигателя можетъ служить въ теченіе холодныхъ сезоновъ для отопленія поѣзда. Нужно замѣтить, дѣйствительно, что если паръ поступаетъ въ машину подъ давленіемъ 10 атмосферъ ( $179,96^{\circ}$  Ц.), и выходитъ при давленіи въ 1 атмосферу ( $100^{\circ}$  Ц.), то онъ теряетъ всего 4% содержащагося въ немъ тепла.

3. Последняя система состоитъ въ томъ, что аккумуляторы заряжаются во время движенія поѣзда динамомашинной, приводимой въ движеніе осью одного изъ вагоновъ. На эту ось надѣвается шкивъ, соединяемый ремнемъ со шкивомъ динамомашинны. Это послѣдняя, очевидно, можетъ заряжать аккумуляторы только тогда, когда скорость поѣзда достигнетъ опредѣленнаго предѣла. Поэтому приходится устанавливать автоматическіе коммутаторы, которые замыкаютъ цѣпь динамомашинъ, когда эта скорость достигнута, и которые регулируютъ возбужденіе машины, когда скорость поѣзда становится слишкомъ значительной. Этотъ механизмъ по необходимости очень чувствителенъ и испытанія этой послѣдней системы не всегда удавались. На основаніи отчета, представленнаго Гг. Сартіо и Вейсенбрухомъ желѣзнодорожному конгрессу 1889 года, испытанія освѣщенія по первой системѣ, произведенныя въ Европѣ, показали, что лампа-часъ, при лампахъ въ 6—8 свѣчей обходится 1,9—3 сантим. Лампа-часъ, при лампахъ въ 16 свѣчей обходится при примѣненіи второй системы, испытанной въ Соединенныхъ-Штатахъ, 3,5—5 сантим. Наконецъ пятисвѣчевая лампа-часъ обходится при примѣненіи третьей системы, сдѣланномъ въ Европѣ, въ 4—5 сантимовъ.

Интересно сравнить эти цѣны со стоимостью другихъ системъ освѣщенія. По даннымъ Императорскаго бюро германскихъ желѣзныхъ дорогъ, газъ стоитъ 3,714, а сурепное масло 5,636 сантимовъ за лампу-часъ, причемъ лампа даетъ 5—6 свѣчей. Общество Paris-Lyon-Méditerranée платитъ 4,37 сант.

за лампу-часть, а Общество С. Готардское — 5,37 сант. На основаніи этихъ данныхъ техническая комиссія Швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ сдѣлала въ засѣданіи 2 ноября 1889 г., слѣдующее постановленіе:

„Принимая во вниманіе современное состояніе электрическаго освѣщенія, нельзя способствовать распространенію освѣщенія вагоновъ газомъ. Лучше изучить системы электрическаго освѣщенія и стараться совершенствовать ихъ, примѣняя на практикѣ“.

**756. Освѣщеніе рудниковъ.** Если въ рудникѣ существуетъ электрическая канализація для питанія двигателей (§ 597), то вполне естественно употреблять токъ и для лампъ, устанавливаемыхъ въ опредѣленныхъ мѣстахъ. Въ рудникахъ, гдѣ есть гремучій газъ, эти лампы можно сдѣлать безопасными на случай поломки стеклянной груши, заключая ихъ въ герметически закрытые фонари съ толстыми стеклянными шарами. Свойство обыкновенныхъ рудничныхъ лампъ обнаруживать присутствіе гремучаго газа, можетъ быть замѣнено особымъ аппаратомъ, основанномъ на свойствѣ проводника нагрѣваться сильнѣе въ воздухѣ, чѣмъ въ гремучемъ газѣ. Такъ, платиновая проволока, накаливаемая токомъ въ воздухѣ до красна, чернѣетъ въ гремучемъ или свѣтильномъ газѣ вслѣдствіе ихъ большей теплопроводности, отчего проволока охлаждается. Чтобы собрать гремучій газъ въ пространство, гдѣ находится проволока, можно воспользоваться свойствомъ его диффундировать черезъ пористыя перегородки.

Питаніе портативныхъ лампъ, которыя должны составлять одно цѣлое со своими источниками электричества, представляетъ больше затрудненій вслѣдствіе необходимости придавать прибору небольшой вѣсъ. Мы приведемъ нѣсколько подробностей, заимствованныхъ изъ сообщенія Ваттса.

*Лампа „Свана“* питается четырьмя аккумуляторами, помещенными въ каучуковые сосуды и заключенными въ деревянный ящикъ. Весь приборъ вѣситъ 3,2 килогр. Лампа силою въ 1—1,3 свѣчи можетъ горѣть 10 часовъ. Стоимость лампы 33,75 фр. Стоимость суточнаго содержанія 5 сантимовъ.

*Лампа Шанивеа* состоитъ изъ элемента, содержащаго цинкъ, растворъ сѣрнокислой ртути и уголь. Все вѣситъ 25

кил. и даетъ 2—3 свѣчи въ теченіе 9 часовъ. Стоимость лампы 37,50 фр. Стоимость суточного содержанія 6 сантимовъ.

Лампа „Отелла“ вѣситъ вмѣстѣ съ аккумуляторомъ 1,4 килогр. и даетъ свѣтъ въ 1 свѣчу. Вторичная батарея состоитъ изъ двухъ элементовъ, помѣщенныхъ въ желѣзномъ ящикѣ, съ боку котораго прикрѣплена маленькая лампа. Лампа снабжена рефлекторомъ, отражающимъ лучи впередъ. Такимъ образомъ пользуются всѣмъ свѣтомъ, доставляемымъ лампой, тогда какъ при обыкновенныхъ рудничныхъ лампахъ пользу приносить только малая часть свѣта пламени. Продолжительность заряжанія аккумулятора равняется въ среднемъ 6,5 часа; продолжительность же разряда, при силѣ тока въ 1 амперъ, 12 часамъ. Погашеніе стоимости прибора цѣною, въ 30 фр., обходится въ 0,0026 фр. въ часъ; стоимость заряжанія 0,0074 фр. въ часъ; всего часъ горѣнія лампы обходится въ 0,02 франка.

## СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ОСВѢЩЕНІЯ.

**757. Стоимость приборовъ и ихъ установки \*).** Чтобы можно было, хоть приблизительно, составить смѣту расходовъ на установку и эксплуатацію электрическаго освѣщенія, мы помѣщаемъ ниже цѣны главнѣйшихъ приборовъ, необходимыхъ для этой цѣли. Эти цифры относятся къ тарифамъ фабрикантовъ, существующимъ въ настоящее время, но не слѣдуетъ терять изъ виду, что усиленіе конкуренціи и успѣхи въ конструированіи понижаютъ цѣны почти ежегодно \*\*). Всегда надо детально разсмотрѣть устройство машинъ, чтобы убѣдиться, что ихъ достоинство соответствуетъ цѣнѣ. Если покупатель не имѣетъ достаточной опытности, благоразумнѣе спросить совѣта у опытнаго лица. Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ обращаться къ фирмамъ, имѣющимъ уже солидную репутацію.

Цѣна динамомашинъ зависитъ отъ ея типа и размѣровъ. Такъ, динамомашины съ большими угловыми скоростями стоятъ

\*) Н. Fontaine, *Traité d'éclairage électrique*. Paris, Baudry.

\*\*) Въ Россіи на цѣны имѣютъ вліяніе еще курсъ и таможенный тарифъ. Пр. пер.

дешевле, чѣмъ динамомашины тихоходныя, такъ какъ при равной периферической скорости первая легче и постройка ихъ проще.

Цѣны, установленныя различными конструкторами, стремятся сравняться между собой и быть равными 2 франкамъ за килограммъ общаго вѣса машины. Конечно, по мѣрѣ усовершенствованія конструкціи цѣна эта будетъ понижаться, однако пониженіе не будетъ слишкомъ значительнымъ вслѣдствіе высокой стоимости мѣди, требующейся для машинъ \*). Поэтому машины съ высокой отдачей, на которыя идетъ больше мѣди, стоятъ дороже.

Динамомашины въ 8 киловат. стоятъ отъ 200 до 300 фр. за киловат.

|   |   |    |   |          |   |     |   |     |   |   |   |
|---|---|----|---|----------|---|-----|---|-----|---|---|---|
| " | " | 20 | " | "        | " | 150 | " | 250 | " | " | " |
| " | " | 60 | " | и больше | " | 100 | " | 200 | " | " | " |

Стоимость полной паровой установки, считая двигатели, котлы и аксессуары, доходить до 225—275 фр. за силу при быстроходныхъ двигателяхъ и 325—375 фран. при двигателяхъ тихоходныхъ. Къ этимъ цифрамъ надо прибавить стоимость фундаментовъ, которая во второмъ случаѣ гораздо больше.

Цѣна регуляторовъ для вольтовой дуги мѣняется отъ 80 до 200 франковъ, судя по типу и по отдѣлкѣ. Цѣна лампъ накаливанія близка къ 1 фр. за штуку, причемъ при покупкахъ большими партіями дѣлается уступка. Угли для дуговыхъ лампъ отъ 6 до 14 мил. въ діаметрѣ стоятъ 0,30—0,60 франковъ за метръ. Метръ углей съ фитилями стоятъ на 0,10 фр. дороже.

Аккумуляторы стоятъ 0,50—1,20 фр. за ваттъ ёмкости.

Проводники стоятъ различно, смотря по ихъ діаметру и роду изоляціи. Мы приводимъ извлеченіе изъ прейскуранта одного изъ главныхъ бельгійскихъ фабрикантовъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ мы даемъ стоимость подземной канализаціи (по Кромптону) изъ изолированныхъ и голыхъ проводовъ.

\*) Hospitalier, *Formulaire pratique de l'Electricien*. Paris, Masson.

| Число отдѣльных прово-<br>локъ. | Площадь сѣче-<br>нія въ квадрат-<br>ныхъ миллим. | Голая проволоки.                   | Проволоки съ обык-<br>новенной изоляціей. | Проволоки съ спая-<br>ной изоляціей. |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                 |                                                  | Стоимость 100 метровъ въ франкахъ. |                                           |                                      |
| 1                               | 0,5                                              | 1,35                               | 6,10                                      | 12,50                                |
| 1                               | 1,0                                              | 2,75                               | 8,40                                      | 16,50                                |
| 1                               | 1,5                                              | 4,10                               | 10,75                                     | 19,00                                |
| 1                               | 2,5                                              | 6,50                               | 15,00                                     | 26,00                                |
| 1                               | 6,0                                              | 13,60                              | 27,50                                     | 43,00                                |
| 1                               | 10,0                                             | 27,25                              | 41,50                                     | 62,50                                |
| 1                               | 25,0                                             | 65,00                              | 92,50                                     | 133,00                               |
| 7                               | 35,0                                             | 93,75                              | 142,00                                    | 200,00                               |
| 19                              | 50,0                                             | 135,00                             | 203,00                                    | 280,00                               |
| 19                              | 95,0                                             | 255,00                             | 365,00                                    | 475,00                               |

Полная электрическая установка, необходимая для одной дуговой лампы въ 1500 децимальныхъ свѣчей, стоитъ около 800 франковъ; если же такихъ лампъ будетъ 30, то на каждую падаетъ лишь 500 франковъ.

Полная электрическая установка для 60 лампъ накалива- нія въ 16 свѣчей стоитъ 50—60 фр. на лампу въ домашней установкѣ. Въ промышленной установкѣ цѣна эта нѣсколько ниже, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ можно употреблять приборы съ меньшей отдѣлкой. Если не считать динамомашинъ и ихъ аксессуаровъ, то стоимость установки такой лампы будетъ около 20—25 франковъ.

**758. Данные относительно распредѣленія электри-  
чества въ городахъ.** Уже нѣсколько лѣтъ какъ конпес-  
сионерныя компаніи электрическаго освѣщенія въ англійскихъ  
городахъ начали публиковать результаты эксплуатаціи своихъ  
сѣтей, доставляющія драгоцѣнныя свѣдѣнія инженерамъ, ко-  
торымъ приходится строить центральныя станціи.

Между компаніями, эксплуатирующими сѣти, питаемыя то-  
ками высокаго напряженія (1000—2000 вольтъ) назовемъ ком-  
паніи *Newcastle on Tyne, Newcastle and District, Metropolitan*  
(*London*) *House to House (London) Eastbourne*.

Распредѣленіе тока слабаго напряженія производится по  
различнымъ системамъ. Компанія *St. James* въ Лондонѣ при-

*Стоимость 10 метров двойных подвешенных проводов для тока высокого напряжения, продолженных под троттуарами в Лондонъ.*

|                                                                                                                                          | 7 осветительных проводов док. | 19 осветительных проводов док. | 19 осветительных проводов док. | 19 осветительных проводов док. | 37 осветительных проводов док. | 2 кабеля из 17 проводов. | 4 кабеля из 37 проводов. | 6 кабелей из 37 проводов. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Съёмные в квадратных миллим.                                                                                                             | 14,6                          | 50                             | 104                            | 161,25                         | -322                           | 645                      | 1280                     | 1935                      |
| Стоимость мѣдн. считая 1,8 ф. за килограмм.                                                                                              | 473                           | 1630                           | 3460                           | 5140                           | 118,00                         | 216                      | 408                      | 614                       |
| Стоимость изоляции                                                                                                                       | 12,30                         | 27,80                          | 68,00                          | 98,20                          | 194,00                         | 388                      | 775                      | 1185                      |
| Заливка асфальтомъ и пескомъ, прокладка траншей и починка троттуаровъ, колоды, распределительные ящики, нижеперы и надзоръ               | 130,00                        | 145,00                         | 170,00                         | 170,00                         | 194,50                         | 288                      | 570                      | 480                       |
| Всего расхода на 10 мет. франк.                                                                                                          | 147,03                        | 180,00                         | 272,60                         | 319,40                         | 506,50                         | 897                      | 1553                     | 2229                      |
| <i>Стоимость 10 метров двойных толстых медных проводовъ, продолженных на изоляторахъ въ каналахъ под троттуарами.</i>                    |                               |                                |                                |                                |                                |                          |                          |                           |
| Съёмные в квадратных миллиметрахъ                                                                                                        | 161,25                        | 322                            | 645                            | 1290                           | 1645                           | 1935                     |                          |                           |
| Стоимость мѣдн при цѣнѣ 1,8 фр. за килограмм.                                                                                            | 51,40                         | 118                            | 216                            | 408                            | 520                            | 645                      |                          |                           |
| Прокладка, изоляторы, колоды, соединительные ящики, каналы въ 48×30 сант. изъ кирпича и цемента, починка троттуаровъ, нижеперы и надзоръ | 204,00                        | 240                            | 240                            | 240                            | 240                            | 240                      | 240                      | 250                       |
| Полная стоимость 10 метровъ изъ франкахъ                                                                                                 | 255,40                        | 358                            | 456                            | 648                            | 760                            | 895                      |                          |                           |

мѣняетъ трехпроводную систему безъ аккумуляторовъ. Ея сѣтъ занимаетъ небольшое пространство, заключающее кварталъ города, самый выгодный съ точки зрѣнія продолжительности освѣщенія. Клиенты компаній *Kensington* и *Vestminster*, особенно первые, разсѣяны повсюду и потребляютъ мало свѣта. Эти компаніи выбрали трехпроводную систему съ батареями аккумуляторовъ, чтобы было возможно останавливать машины на часы, когда потребление слабо и чтобы имѣть помощь машинами въ часы наибольшаго потребления. Освѣщеніе *Bradford* производится по аналогичной системѣ. Наконецъ компанія *Chelsea* (Лондонъ) примѣняетъ аккумуляторныя подстанціи системы Кинга (§ 509), требующія батарей значительныхъ размѣровъ.

Изъ слѣдующихъ таблицъ видна стоимость перваго обустройства и стоимость полученія электрической энергіи на станціяхъ этихъ компаній.

Стоимость первоначальнаго обустройства.

| ЗАТРАЧЕННЫЙ<br>КАПИТАЛЪ.                       |                                                              | Мѣсто. | Постройка. | Мате-<br>риалъ. | Провод-<br>ники. |      |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|------------|-----------------|------------------|------|
| Весь капи-<br>талъ въ<br>тысячахъ<br>франковъ. | Капиталъ<br>на установ-<br>ленную лам-<br>пу въ 8<br>свѣчей. |        |            |                 |                  |      |
| Проценты на весь капиталъ.                     |                                                              |        |            |                 |                  |      |
| Chelsea . . . . .                              | 1868                                                         | фр. 68 | 0,7        | 13,7            | 45,9             | 24,0 |
| House to House . .                             | 1459                                                         | 75     | 0,1        | 13,4            | 38,1             | 27,6 |
| Kensington . . . .                             | 3513                                                         | 91     | 4,0        | 11,3            | 32,6             | 36,3 |
| Metropolitan . . .                             | 12173                                                        | 148    | 2,5        | 25,6            | 39,4             | 21,8 |
| St. James . . . . .                            | 3486                                                         | 90     | 21,4       | 9,4             | 29,8             | 31,5 |
| Westminster . . .                              | 7441                                                         | 119    | 5,7        | 18,1            | 23,7             | 41,9 |

Вотъ детали расходовъ на установку лампы въ 35 ваттовъ (8 свѣчей) въ Ньюкастлѣ, общая сумма которыхъ въ этомъ случаѣ исключительно мала.

|                                   |       |         |
|-----------------------------------|-------|---------|
| Постройка . . . . .               | 3,35  | франка. |
| Матеріалъ . . . . .               | 16,50 | "       |
| Коммутаторы . . . . .             | 0,75  | "       |
| Трубы, соединительные ящики . . . | 5,75  | "       |
| Провода . . . . .                 | 5,75  | "       |
| Различные расходы . . . . .       | 0,40  | "       |
| Трансформаторы . . . . .          | 5,25  | "       |

Всего 37,75 франка.



Таблица сравнительной стоимости производственной электрической энергии.

| НАЗНАЧЕНИЕ ОВНЕ-СТВА.      | Уголь. | Масло, вода и различные расходы. | Вознаграждение инженерам и служащим на станции. | Ремонт и содержание зданий, аппаратов, котлов, электрических розет, выключателей и т. п. | Начисленная плата за помещения и налоги. | Вознаграждение инженерной администрации, расхода на контроль, оплату общего расхода. | Обеспечение построек и материалов. | Амортизация. | ВСЕГО. | Продолжительность в часов. |
|----------------------------|--------|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------|--------|----------------------------|
| <i>Низкое напряжение.</i>  |        |                                  |                                                 |                                                                                          |                                          |                                                                                      |                                    |              |        |                            |
| St. James . . .            | 11,02  | 1,78                             | 7,98                                            | 5,25                                                                                     | 2,00                                     | 10,29                                                                                | 9,45                               | 2,31         | 50,08  | 73,5                       |
| Westminster . .            | 15,75  | 4,41                             | 16,63                                           | 1,47                                                                                     | 6,82                                     | 15,96                                                                                | 4,30                               | 1,89         | 67,29  | 84                         |
| Kensington . . .           | 13,23  | 1,78                             | 11,55                                           | 10,05                                                                                    | 3,78                                     | 10,71                                                                                | 2,10                               | 6,63         | 53,83  | 84                         |
| Bradford . . . .           | 5,56   | 1,05                             | 5,67                                            | 2,52                                                                                     | 2,73                                     | 2,94                                                                                 | 11,55                              | 10,40        | 32,44  | 63                         |
| Liverpool . . . .          | 10     | 2,2                              | 5                                               | 6,3                                                                                      | 2,4                                      | 7,1                                                                                  | 1,2                                | 6,5          | 40,7   | 84                         |
| Chelsea . . . . .          | 23,31  | 7,45                             | 11,66                                           | 10,01                                                                                    | 8,88                                     | 16,33                                                                                | 0                                  | 0            | 72,06  | 84                         |
| <i>Высокое напряжение.</i> |        |                                  |                                                 |                                                                                          |                                          |                                                                                      |                                    |              |        |                            |
| Newcastle on Tyne          | 6,96   | 2,31                             | 8,57                                            | 2,60                                                                                     | 3,15                                     | 6,95                                                                                 | 0                                  | 0            | 30,50  | 44,5                       |
| — and district.            | 14,91  | 2,31                             | 8,08                                            | 1,05                                                                                     | 3,57                                     | 5,67                                                                                 | 4,83                               | 2,41         | 42,83  | 63                         |
| House to House .           | 23,41  | 2,31                             | 16,38                                           | 5,30                                                                                     | 3,78                                     | 7,04                                                                                 | 0                                  | 0            | 58,22  | 84                         |
| Eastbourne . . .           | 22,89  | 2,31                             | 12,49                                           | 7,25                                                                                     | 10,19                                    | 12,70                                                                                | 12,50                              | 0            | 80,43  | 105                        |

Если не считать расходовъ на амортизацію и не принимать во вниманіе обезпѣчиванія имущества, то расходъ на кило-ваттъ-часъ на англійскихъ станціяхъ будетъ:

|                          |       |         |
|--------------------------|-------|---------|
| Bradford . . . . .       | 20,72 | франка. |
| Newcastle . . . . .      | 30,54 | "       |
| St. James . . . . .      | 38,32 | "       |
| Kensington . . . . .     | 31,10 | "       |
| Metropolitan . . . . .   | 55,87 | "       |
| House to House . . . . . | 58,12 | "       |
| Westminster . . . . .    | 61,10 | "       |
| Eastbourne . . . . .     | 67,95 | "       |
| Chelsea . . . . .        | 72,70 | "       |

Средній доходъ на каждую установленную лампу въ 35 ваттовъ (8 свѣчей) на этихъ станціяхъ равенъ:

|                          |       |         |
|--------------------------|-------|---------|
| Kensington . . . . .     | 9,65  | франка. |
| Chelsea . . . . .        | 10,30 | "       |
| Newcastle . . . . .      | 11,15 | "       |
| House to House . . . . . | 11,65 | "       |
| Metropolitan . . . . .   | 14,60 | "       |
| Eastbourne . . . . .     | 14,70 | "       |
| Westminster . . . . .    | 18,90 | "       |
| St. James . . . . .      | 24,05 | "       |
| Bradford . . . . .       | 24,15 | "       |

Эта послѣдняя станція питаетъ большое число электрическихъ двигателей, потребленіе которыхъ для сравненія выражено въ лампахъ.

Приведенныя данныя могутъ послужить для нѣсколькихъ весьма интересныхъ выводовъ.

Системы распредѣленія энергіи переменными токами высокого напряженія повидимому выгодны въ тѣхъ случаяхъ, когда абоненты разсѣяны и двигательная сила стоитъ дешево. Дѣйствительно, вслѣдствіе постоянного возбужденія трансформаторовъ, установленныхъ у абонентовъ, расходъ механической энергіи при этихъ системахъ гораздо больше, чѣмъ при системахъ, пользующихся постояннымъ токомъ. Въ Ньюкастлѣ, гдѣ уголь стоитъ только 7,25 фр. за тонну, тѣ 9,54

килогр. угля, которые тратятся на киловаттъ-часъ, представляютъ только 15% продажной цѣны этого количества энергіи, тогда какъ въ Лондонѣ *Metropolitan Co.*, расходуя 9,1 килогр. угля увеличиваетъ стоимость киловаттъ-часа на 37%, изъ чего слѣдуетъ, что компанія не получаетъ никакой выгоды, даже не производя погашенія. Это зависитъ отъ того, что въ Лондонѣ тонна угля стоитъ уже 27 франковъ.

Системы распредѣленія энергіи постояннымъ токомъ слабо напряженія съ небольшими батареями аккумуляторовъ при дорогомъ топливѣ даютъ въ Англіи хорошіе результаты, даже если абоненты не очень скучены. Системы, основанныя на употребленіи большихъ батарей аккумуляторовъ (*Chelsea*) даютъ худшіе результаты. По Робинзону стоимость электрическаго распредѣленія на киловаттъ равняется приблизительно 62,500+1250 фр.

**759. Стоимость электрическаго освѣщенія.** Стоимость электрическаго освѣщенія зависитъ отъ качествъ двигателя, общаго числа установленныхъ лампъ и ботъ средней продолжительности горѣнія лампъ.

На заводахъ, гдѣ часто имѣютъ въ распоряженіи избытокъ двигательной силы, стоимость механической энергіи не превышаетъ никогда 5 сант. за силу-часъ. Но когда въ частныхъ домахъ приходится устанавливать спеціальныя двигатели, то стоимость силы-часа можетъ подняться до 10—30 сант., смотря по работоспособности двигателя и продолжительности его дѣйствія. Стоимость силы-часа, доставляемой газовыми двигателями, равна 0,25 фр., если газъ стоитъ 0,10 фр. за кубич. метръ.

Данныя, опубликованныя желѣзнодорожными обществами, могутъ служить основаніемъ для опредѣленія стоимости электрическаго освѣщенія для промышленныхъ цѣлей. На основаніи статистическихъ данныхъ, находившихся въ отчетѣ, представленномъ желѣзнодорожному конгрессу 1889 года, гг. Сартіо и Вайсенбрухомъ, освѣщеніе за *киловаттъ-часъ*, считая въ томъ числѣ всѣ расходы на содержаніе, установку и лампы, на новѣйшихъ станціяхъ обходится:

|      |       |     |      |      |         |    |      |
|------|-------|-----|------|------|---------|----|------|
| 1,20 | фран. | при | 500  | час. | горѣнія | въ | годъ |
| 0,95 | "     | "   | 1000 | "    | "       | "  | "    |
| 0,75 | "     | "   | 1500 | "    | "       | "  | "    |
| 0,58 | "     | "   | 2000 | "    | "       | "  | "    |
| 0,42 | "     | "   | 3000 | "    | "       | "  | "    |
| 0,34 | "     | "   | 4000 | "    | "       | "  | "    |

Эти цѣны выведены изъ результатовъ, полученныхъ на установкахъ, имѣющихъ 34—70 дуговыхъ лампъ и 30—940 лампъ накаливанія. Интересно, что стоимость 0,34 фр. при 4000 часахъ горѣнія почти совпадаетъ съ стоимостью, выведенной Раймондомъ изъ результатовъ освѣщенія 336 мѣстъ Соединенныхъ Штатовъ.

Составители доклада нашли, что стоимость электрическаго освѣщенія лампами накаливанія меньше стоимости газоваго освѣщенія, считая этотъ послѣдній по 18 сант. за кубич. метръ, когда продолжительность горѣнія превосходитъ 3250 часовъ въ годъ. Что касается освѣщенія дуговыми лампами, то, начиная съ 2000 часовъ годоваго горѣнія, газъ долженъ стоить 7 сант. за кубич. метръ, чтобы имѣть возможность конкурировать съ электричествомъ даже при употребленіи самыхъ усовершенствованныхъ интенсивныхъ горѣлокъ. При 8000 часовъ горѣнія въ годъ, газъ долженъ уже стоить 5 сант. за куб. метръ.

Эти финансовыя результаты, вмѣстѣ съ преимуществами, представляемыми освѣщеніемъ станцій сильными источниками свѣта (§ 752), заставили большую часть желѣзнодорожныхъ обществъ распространить на своихъ линіяхъ электрическое освѣщеніе.

При предыдущихъ вычисленіяхъ предполагалось, что газовый рожокъ, сила свѣта котораго сравнима съ силою 16 свѣчной лампы накаливанія, потребляетъ 150 литровъ газа въ часъ, что, по мнѣнію составителей отчета очень благопріятно для газа. Лампы *Wenham*, дающія 170 дицимальныхъ свѣчей, тратятъ 720 литровъ, дающія 1450 свѣчей—4500 литровъ. Дуговые лампы соотвѣтствующей силы потребляютъ соотвѣтственно 157 и 750 ваттовъ.

При трехъ названныхъ горѣлкахъ куб. метръ газа соотвѣтствуетъ, съ точки зрѣнія освѣщенія 300, 218 и 166 ваттамъ.

Изобрѣтеніе горѣлки Ауэра нѣсколько измѣнило разницу между газовыми и электрическими лампами. Но съ другой стороны, удешевленіе лампъ дало возможность уменьшить расходъ энергіи до 2, 5 и даже до 2-хъ ваттовъ на свѣчу.

По мнѣнію *Wybauw*, Брюссельскаго городского инженера, въ высшей степени опытнаго въ вопросахъ освѣщенія, газовыя лампы съ круглыми горѣлками потребляютъ на практикѣ 190 литровъ газа на горѣлку въ 16 свѣчей. Въ лабораторіяхъ получаютъ лучшую отдачу, регулируя тщательно давленіе у горѣлки, но на практикѣ такая тщательность невозможна. Усовершенствованныя лампы, каковы лампы съ двумя концентрическими горѣлками, мало распространены—вслѣдствіе своей высокой цѣны и той тщательности ухода, которую онѣ требуютъ. Наоборотъ, чаще прибѣгаютъ къ простымъ рожкамъ, потребляющимъ въ часъ 20 литровъ на свѣчу.

Фонтанъ, тоже авторитетъ въ вопросахъ освѣщенія, считаетъ, что расходъ газа для полученія 16 свѣчей въ обыкновенныхъ горѣлкахъ равенъ 200 литрамъ.

На основаніи опытовъ Руссо и Ванъ-Влотена надъ газовыми горѣлками въ *Théâtre de la Monnaie*, въ Брюсселѣ, для доставленія 16 децимальныхъ свѣчей различныя горѣлки потребляютъ:

|                                                             |     |               |
|-------------------------------------------------------------|-----|---------------|
| Горѣлка „ <i>parillon</i> “ желѣзная . . . . .              | 368 | литровъ газа. |
| Горѣлка „ <i>parillon</i> “ изъ стеатита . . . . .          | 325 | „ „           |
| Горѣлка круглая изъ стеатита съ 12<br>отверстіями . . . . . | 252 | „ „           |
| Горѣлка круглая изъ стеатита съ 42<br>отверстіями . . . . . | 188 | „ „           |

**760. Тарифы электрической энергіи, доставляемой городскими станціями. Сравненіе съ другими способами освѣщенія.** Системы тарифовъ, принятыхъ различными станціями, очень различны. Ихъ можно раздѣлить на два главные класса: простой абонементъ и абонементъ со счетчикомъ.

Въ нѣкоторыхъ городахъ центральныя станціи не работаютъ постоянно; машины дѣйствуютъ, напримѣръ, отъ наступленія темноты до полуночи. Въ этомъ случаѣ контракты между обществомъ городского освѣщенія и абонентомъ часто основываются на извѣстной годовой платѣ за лампу.

Такая простая система абонемента вполне пригодна, когда общество принимает на себя освѣщеніе улицъ, такъ какъ тогда годовая продолжительность горѣнія лампъ не мѣняется.

Въ городахъ, гдѣ требуютъ, чтобы энергія распределялась и днемъ и ночью, почти всюду плату абонентовъ опредѣляютъ на основаніи показаній счетчиковъ, отдаваемыхъ на прокатъ совершенно также, какъ отдаются водомѣры или газомѣры.

Стоимость поставляемой электрической энергіи мѣняется въ зависимости отъ цѣны топлива, если только двигательную силу не доставляетъ какой нибудь водопадъ. Въ Лондонѣ продажная цѣна киловаттъ-часа равняется въ среднемъ 0,80 фр. Въ Ньюкастлѣ, лежащемъ въ центрѣ каменноугольнаго бассейна, эта цѣна понижается до 0,46 фр. На континентѣ средняя цѣна ближе къ 1 фр., вслѣдствіе дороговизны топлива и налоговъ, которые должны платить общества городамъ. Повсюду дѣлается скидка, достигающая 50% для тѣхъ абонентовъ, у которыхъ число часовъ горѣнія велико. Наоборотъ, если у абонента установлено много лампъ, которыя онъ зажигаетъ рѣдко, но которыя могутъ въ каждый данный моментъ увеличить потребленіе энергіи, для удовлетворенія котораго станціи должны имѣть запасныя машины, то тарифъ увеличивается. Можно, напримѣръ, установить постоянную плату за каждую лампу, или же установить низшій предѣлъ для числа часовъ горѣнія каждой лампы.

Электрическая энергія, которой пользуются для двигателей, продается дешевле, чтобы увеличить потребленіе днемъ.

Если извѣстна цѣна электрической энергіи, то легко опредѣлить стоимость освѣщенія въ часъ.

*Случай одной лампы накаиванія въ 16 свѣчей, потребляющей 50 ваттовъ, при тарифѣ въ 0,80 фр. за киловаттъ-часъ и при продолжительности горѣнія въ 1000 часовъ.*

|                                                                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Стоимость энергіи . . . . .                                                                                                                                             | 0,0400 фр. |
| 2. Проценты и амортизація въ 10% на капиталъ въ 25 фр., представляющій стоимость внутренней установки на лампу, рассчитанные на 700 часовъ горѣнія, т. е. въ часъ. . . . . | 0,0036 "   |
| 3. Возобновленіе лампъ, стоющихъ 3 фр. и горящихъ 1000 часовъ . . . . .                                                                                                    | 0,0030 "   |
| Всего на лампу-часъ . . . . .                                                                                                                                              | 0,0466 фр. |

*Случай дуговой лампы въ 8 амперъ.*

1. Стоимость энергіи 440 ваттовъ . . . . . 0,352 фр.  
 2. Проценты и погашеніе 10% на 200 фр.,  
 представляющихъ стоимость лампы и части уста-  
 новки, рассчитанные на 700 часовъ горѣнія . . . 0,029 „  
 3. Угли и постановка ихъ . . . . . 0,050 фр.
- 
- Всего за лампу-часъ. . . 0,431 фр.

Мы привели въ § 737 величины отдачь различныхъ употребляемыхъ на практикѣ источниковъ свѣта и нашли, что электрическіе источники имѣютъ полезное дѣйствіе значительно превосходящее полезное дѣйствіе лампъ съ пламенемъ. Интересно сопоставить приведенныя тамъ цифры съ потребленіемъ въ часъ на децимальную свѣчу различныхъ источниковъ.

| Названіе источника.              | Для освѣщенія служатъ.     | Стоимость единицы въ франкахъ. | Количество, потребляемое на децимальную свѣчу. | Стоимость на децимальную свѣчу въ сантиметрахъ. |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Свѣча . . . . .                  | { Парафинъ.<br>Спермацетъ. | 1,50 за кил.                   | 9 граммовъ.                                    | 1,350                                           |
| Лампа модельеръ . .              | Сурепное масло.            | 1,00 за кил.                   | 4,2 грамма.                                    | 0,420                                           |
| Лампа керосиновая . . .          | Керосинъ.                  | 0,20 за кил.                   | 2,5 грамма.                                    | 0,050                                           |
| Рожокъ „rapi-<br>dillon“ . . . . | Газъ.                      | 0,20 за куб. метръ.            | 20 литровъ.                                    | 0,400                                           |
| Рожокъ „Ben-<br>gel“ . . . . .   | Газъ.                      | 0,20 за куб. метръ.            | 12 литровъ.                                    | 0,240                                           |
| Лампа нака-<br>ливанія . . . .   | Электричество.             | 0,80 за кило-<br>ваттъ-часъ.   | 3,5 ватта.                                     | 0,280                                           |
| Дуговая лампа                    | Электричество.             | 0,80 за кило-<br>ваттъ-часъ.   | 0,6 ватта.                                     | 0,048                                           |

Эти цифры показываютъ, что домашнее освѣщеніе керосиномъ обходится дешевле всего въ странахъ, гдѣ керосинъ не обложенъ высокой пошлиной. Однако неудобства и небезопасность этого освѣщенія заставляютъ во многихъ мѣстахъ предпочитать газъ, несмотря на значительное увеличеніе стоимости освѣщенія.

Въ свою очередь освѣщеніе лампами накаливанія стремится замѣнить собою газовое въ городахъ, гдѣ существуютъ хорошо устроенныя электрическія сѣти, такъ какъ оно гораздо болѣе гигиенично, болѣе чисто и болѣе удобно чѣмъ газовое и такъ какъ лампы накаливанія даютъ лучшее изъ искусственныхъ освѣщеній. Но при настоящихъ цѣнахъ электрической энергіи, поставляемой европейскими электрическими станціями, свѣтъ, доставляемый лампами накаливанія, обходится гораздо дороже, чѣмъ свѣтъ отъ рожковъ „*Bengel*“, которыя, хотя и антигигиеничны, за то зимой помогаютъ отопленію. Однако разность въ цѣнѣ со временемъ навѣрно уменьшится. Для того, чтобы въ этомъ убѣдиться, достаточно припомнить, что 1 килогр. угля даетъ количество энергіи, равное силѣ-часу, которая достаточна для 10 ламъ накаливанія въ 16 свѣчей, т. е. для 160 свѣчей. Тоже количество угля даетъ 280 литровъ газа, производящаго въ рожкахъ *Bengel* только 24 свѣчи. Въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ уголь для газа дорогъ, уже и теперь въ нѣкоторыхъ городахъ электрическое освѣщеніе обходится дешевле газоваго.

Когда размѣры освѣщаемаго помѣщенія позволяютъ примѣнять вольтову дугу, то электричество всюду обходится дешевле, чѣмъ даже самыя усовершенствованныя газовыя горѣлки (§ 759).

Если въ Европѣ электрическое освѣщеніе лампами накаливанія въ настоящее время обходится дороже, чѣмъ газовое, то все-таки преимущества его вполнѣ компенсируютъ разность въ цѣнахъ.

Порча газомъ красокъ и внутреннихъ украшеній вызываетъ расходы, которые совершенно исчезаютъ при замѣнѣ газа электричествомъ. Справедливость требуетъ принимать во вниманіе и улучшеніе условій работы въ конторахъ и мастерскихъ освѣщеніемъ, не выделяющимъ ни тепла, ни вредныхъ газовъ. Уменьшеніе шансовъ пожара и полная невозможность взрывовъ и угара тоже составляютъ элементы, достойные вниманія; они заставили нѣсколько страховыхъ обществъ понизить премію за страхованіе зданій, освѣщенныхъ электричествомъ. Еще одно важное преимущество электрическаго освѣщенія—это легкость тушенія и зажиганія электрическихъ



лампъ. Газовыя лампы въ корридорахъ и переднихъ и даже въ главныхъ комнатахъ зданій часто оставляють горѣть безъ необходимости, чтобы избѣжать частаго ихъ тушенія и зажигания. Съ электричествомъ не происходитъ ничего подобнаго. Входя въ комнату, поворачивають коммутаторъ, который можетъ быть сдѣланъ свѣтящимся при помощи фосфоресцирующей краски. Выходя, новымъ поворотомъ прерываютъ цѣпь и такимъ образомъ расходъ электричества ограничивается самымъ необходимымъ. Наконецъ не надо забывать, что газовыя лампы требуютъ нѣкотораго ухода: стекла надо протирать ежедневно. Отверстія горѣлокъ надо тоже прочищать отъ времени до времени. Каждый разъ, какъ давленіе газа, вслѣдствіе зажигания новыхъ лампъ, мѣняется, слѣдуетъ чтобы помѣщать ему горѣть при дурныхъ условіяхъ, регулировать доступъ газа поворачиваніемъ крана, если только не установлены регуляторы, которые сами требуютъ ухода. Всѣ эти неудобства вполне исчезаютъ при употребленіи лампъ накаливанія.

Свойствомъ лампъ накаливанія выдѣлять только весьма небольшое количество тепла пользуются, чтобы приближать ихъ насколько возможно ближе къ освѣщаемымъ точкамъ.

Такъ освѣщеніе рабочаго стола можетъ производиться одной 8-свѣчевой лампой, которую можно помѣстить на разстояніи около 30 сантиметровъ отъ головы работающаго, не безпокоя его. Газовый рожокъ нельзя помѣстить ближе 1 метра и слѣдовательно, чтобы получить одинаковое освѣщеніе, надо употребить гораздо болѣе сильный источникъ. Это обстоятельство позволяетъ сдѣлать косвенное сбереженіе при освѣщеніи электричествомъ конторъ и мастерскихъ.

Совокупность этихъ соображеній дѣлаетъ то, что повсюду, гдѣ центральныя станціи устроены хорошо, онѣ сейчасъ же находятъ много кліентовъ и расширяются очень быстро.

Поэтому газовыя общества, охотно называющія электрическое освѣщеніе роскошью, забывая, что газъ тоже роскошь сравнительно съ керосиномъ, начинаютъ понимать, что ихъ интересы состоятъ въ томъ, чтобы взять въ свои руки эксплуатацію электричества, зная, что иначе они потеряють лучшихъ кліентовъ. Во многихъ городахъ газовыя общества теперь уже устроили электрическія станціи.

Такъ какъ города получаютъ заачительный доходъ отъ освѣщенія, то ихъ интересъ заставляетъ способствовать распространенію электрическихъ станцій, чтобы уменьшить число маленькихъ установокъ, не пользующихся для прокладки проводовъ улицами, и тѣмъ ускользящихъ отъ обложенія.

Борьба между различными способами освѣщенія приноситъ пользу имъ всѣмъ. Глаза наши привыкаютъ къ яркому освѣщенію и требуютъ все больше и больше свѣта. Если въ какомъ нибудь залѣ зажжены только свѣчи въ люстрахъ, то мы теперь находимъ такое освѣщеніе, считавшееся прежде блестящимъ, совсѣмъ мизернымъ. Въ 1745 году по случаю свадьбы дофина *Galeries des Glaces* въ Версальскомъ дворцѣ была освѣщена такъ что на квадратный метръ приходилось 2,5 свѣчи, въ настоящее же время салоны Парижскаго *Hôtel-de-Ville* въ дни пріемовъ освѣщаются лампами, дающими 16 свѣчей на квадр. метръ. Но все-таки мы далеки отъ того, чтобы получить свѣтъ равный диффузному дневному, представляющему идеальное освѣщеніе равное 50 свѣчамъ на разстояніи 1 метра. Итакъ конкуренція между газомъ, электричествомъ и керосиномъ не только не убиваетъ кого нибудь изъ конкурентовъ, но способствуетъ развитію всѣхъ троихъ.

## СОСТАВЛЕНІЕ ПРОЕКТОВЪ ОСВѢЩЕНІЯ.

**761. Правила для установкн электрическаго освѣщенія.** Электричество не вызываетъ, какъ газъ, опасности взрывовъ и асфиксій, а при тщательной установкн и опасность пожара очень мала, поэтому-то въ очень многихъ городахъ въ театрахъ допускается исключительно этотъ родъ освѣщенія. Однако при дурномъ устройствѣ электрическаго освѣщенія можетъ случиться, что загорятся горючіе матеріалы, находящіеся вблизи проводовъ и поэтому для установокъ освѣщенія лучше обращаться къ серьезнымъ фирмамъ, имѣющимъ въ своемъ распоряженіи знающихъ технику и инженеровъ, а не къ мелкимъ конструкторамъ, главный доходъ которыхъ основанъ на продажѣ бракованныхъ издѣлій и плохого матеріала.

Не слѣдуетъ допускать слишкомъ большаго напряженія въ цѣпяхъ, доступныхъ публикѣ. Обыкновенно считаютъ, что предѣльная разность потенциаловъ, которую можетъ легко выдержать человекъ равна 200—250 вольтамъ, хотя неизвѣстно ни одного несчастнаго случая при напряженіи въ 500 вольтъ.

При прикосновеніи человека къ какой нибудь точкѣ плохо-изолированной цѣпи, если этотъ человекъ не стоитъ на діэлектрикѣ, черезъ его тѣло образуется отвѣтвленіе тока. Прокхождение этого тока вызываетъ нервное сотрясеніе, но опасность будетъ только тогда, когда напряжение тока очень высоко. Въ этомъ случаѣ происходятъ явленія электролитическія и тепловыя, вызывающія болѣе или менѣе сильныя измѣненія въ организмѣ. Если одновременно прикоснуться къ проводамъ, идущимъ отъ двухъ полюсовъ генератора, то явленія будутъ болѣе рѣзкими вслѣдствіе увеличенія разности потенциаловъ, дѣйствию которой подвергается тѣло,

Чтобы не могло происходить подобныхъ случайностей при употребленіи токовъ высокаго напряженія, полезно снабжать рабочихъ каучуковыми перчатками и сапогами и позволять имъ касаться приборовъ, включенныхъ въ цѣпь, только одной рукой. Иногда приучаютъ рабочихъ имѣть одну руку всегда въ карманѣ или закладывать ее за спину.

Переменные токи вызываютъ различныя явленія: измѣненія потенциала вызываютъ въ тѣлѣ мѣняющіеся токи, дѣйствующіе главнымъ образомъ на нервную систему. Доказано, что организмъ можетъ выносить постоянный токъ вдвое большаго напряженія, чѣмъ переменный.

Мы познакоимъ здѣсь съ нѣсколькими предосторожностями, рекомендуемыми для того чтобы сдѣлать электрическія установки безопасными. Нѣкоторыя изъ нихъ требуются страховыми обществами для того, чтобы понизить премію за зданія освѣщаемыя электричествомъ, сравнительно со зданіями, освѣщаемыми газомъ или керосиномъ.

Сѣченіе и проводимость проводниковъ должны быть таковы, чтобы сила тока въ нихъ могла удвоиться сравнительно съ нормальной, не повреждая изоляціи. Необходимо, чтобы изолирующія вещества не дѣлались бы мягкими при темпера-

турахъ ниже  $90^\circ$  Ц. и чтобы они препятствовали проводу децентрироваться подъ вліяніемъ собственнаго вѣса.

Сѣченія, которыя должны имѣть провода, можно вычислить на основаніи данныхъ и формулъ, полученныхъ Кеннеди (§ 474). Многія общества принимаютъ слѣдующія плотности тока:

|     |                    |               |            |   |                 |     |   |     |     |
|-----|--------------------|---------------|------------|---|-----------------|-----|---|-----|-----|
| 4   | ампера на кв. мил. | до сѣченія въ | 5 кв. мил. |   |                 |     |   |     |     |
| 3   | "                  | "             | "          | " | "               | "   | " | 15  | " " |
| 2,5 | "                  | "             | "          | " | "               | "   | " | 100 | " " |
| 2   | "                  | "             | "          | " | для сѣч. больше | 100 | " | "   | " " |

Для цѣпей, питающихъ двигатели, плотность тока допускаютъ вдвое меньшую.

Не слѣдуетъ употреблять отдѣльныхъ проволокъ діаметра меньше 1 миллиметра.

Во внутреннихъ установкахъ обыкновенно требуютъ, чтобы провода имѣли непрерывную изолирующую оболочку, и чтобы эта оболочка, если провода идутъ по сырому мѣсту, была непроницаема для воды. Непроницаемости можно достигъ, дѣлая поверхъ изолирующей вторую — свинцовую оболочку. Но такая оболочка имѣетъ то неудобство, что способствуетъ образованію соединеній съ землей, особенно при загибахъ проводовъ, кромѣ того ее грызутъ крысы. Нужно защищать ее еще оболочкой, пропитанной смолой, если проводникъ доступенъ для грызуновъ.

Провода по возможности слѣдуетъ пролагать такъ, чтобы было легко вытягивать ихъ для осмотра. Для этой цѣли вмѣсто того, чтобы заштукатуривать ихъ въ стѣнахъ, ихъ прокладываютъ въ деревянныхъ рейкахъ, свинчиваемыхъ винтами. Провода прокладываются въ желобкахъ, продѣлываемыхъ въ рейкахъ, находящихся другъ отъ друга по крайней мѣрѣ на разстояніи 1 сантиметра.

Въ настоящее время часто протягиваютъ провода внутри трубокъ изъ прессованной бумаги, пропитанныхъ смолой (система Бергмана). Трубы прикрѣпляются крюками изъ желѣза или латуни и соединяются муфтами изъ тѣхъ же металловъ, причемъ мѣста соединенія дѣлаются непроницаемыми посредствомъ нагрѣванія смолы. На поворотахъ загибаютъ трубки по кривымъ сравнительно большаго радіуса. Концентрическіе

провода небольшого діаметра протягиваются черезъ трубку и соединяются между собою въ соединительныхъ коробкахъ, помѣщаемыхъ въ мѣстахъ развѣтвленій. Эта система позволяетъ прокладывать проводъ весьма быстро. Кромѣ того она позволяетъ легко замѣнять одни провода другими. Чтобы избѣжать короткихъ замыканій, которыя могутъ происходить въ дурно изолированныхъ концентрическихъ проводахъ, можно протягивать каждый проводъ черезъ отдѣльную трубку. Этотъ способъ прокладки лучше, чѣмъ прокладка въ деревянныхъ рейкахъ, такъ какъ дерево часто отсырѣваетъ и ничуть не защищаетъ провода, если ихъ діэлектрическая оболочка не непроницаема для воды.

Когда кабели проходятъ черезъ стѣну, полъ или потолокъ, то ихъ вкладываютъ въ трубочки изъ фарфора, стекла эбонита или изъ прессованной бумаги, которыя защищаютъ другими трубками изъ желѣза или мѣди. Эти трубы выступаютъ надъ поломъ на 25 сант., чтобы въ нихъ не протекала вода и кабели не портились при чисткѣ пола. При скрещеніи проводовъ ихъ защищаютъ дополнительной оболочкой.

Въ приводимой ниже таблицѣ резюмированы свѣдѣнія о предосторожностяхъ, касающихся изолировки проводовъ, рекомендуемая для установки электрическаго освѣщенія.

Въ освѣтительныхъ цѣпяхъ запрещается устраивать возвратъ черезъ землю съ цѣлью уменьшить вѣроятность образованія отвѣтвленій въ землю и короткихъ замыканій. Цѣпи должны быть исключительно металлическія и должны изолироваться весьма тщательно. Однако изъ предыдущаго правила бываютъ исключенія. Такъ при употребленіи концентрическихъ кабелей внѣшней проводъ иногда соединяютъ съ землей, чтобы можно было безопасно дотрогиваться до него. При распредѣленіи по трехпроводной системѣ нейтральный проводникъ иногда соединяютъ съ землею, чтобы напряженіе въ домахъ, если одинъ изъ крайнихъ проводовъ будетъ соединенъ съ землей, не превышало 110 вольтъ.

Что касается сопротивленія изоляціи (§ 553), то требованія бываютъ очень различны. Иногда требуется, чтобы при соединеніи провода съ землей черезъ гальванометръ, сила отвѣтвленного тока не превосходила 0,0001 силы наибольшаго тока,

## У П О Т Р Е Б Л Е Н І Е.

| Названіе проводовъ,                                                                                          | Въ какомъ или гдѣ употребляется.                                          | Въ какихъ жилахъ употребляется.                                             | Въ какихъ помещенияхъ.                                           | Въ какихъ помещенияхъ.                        | Въ какихъ помещенияхъ.      | Въ какихъ помещенияхъ.                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Годая жѣдная проволока.                                                                                      | Запрещена.                                                                | На фарфоровыхъ изоляторахъ.                                                 | Запрещена.                                                       | Запрещена.                                    | Запрещена.                  | Запрещена.                                                               |
| Луженая жѣдная проволока, обмотанная бумагой или джутомъ.                                                    | Тоже.                                                                     | Тоже.                                                                       | На фарфоровыхъ изоляторахъ.                                      | Тоже.                                         | Тоже.                       | Тоже.                                                                    |
| Луженая жѣдная проволока съ оболочками изъ бумаги, каучука, бумажной ленты и пропитанного смолой джута.      | Прокладывается внутри сухихъ реекъ, внутри которыхъ циркулируетъ воздухъ. | Тоже.                                                                       | На изоляторахъ или въ рейкахъ.                                   | На фарфоровыхъ изоляторахъ.                   | На фарфоровыхъ изоляторахъ. | Внутри трубъ или укрѣпляется изолирующими или металличе-скими полосками. |
| Луженая жѣдная проволока изолированная, съ свинцовой оболочкой.                                              | Запрещена.                                                                | Между кабелями и частями, прикрѣпляющимися его, прокладывается мягкое тѣло. | На деревянныхъ планкахъ, съ прокладкой мягкихъ тѣлъ въ скрѣпахъ. | Запрещена.                                    | Тоже.                       | Запрещена.                                                               |
| Жѣдная проволока изолированная, съ свинцовой оболочкой, съ слоистой пропитанной смолой джута поверхъ свинца. | Въ металлическихъ трубахъ.                                                | Прикрѣпляется металлическими или деревянными частями.                       | Тоже.                                                            | Укрѣпляется метал-лическими лужеными частями. | Тоже.                       | Внутри трубъ или укрѣпляется изолирующими или металличе-скими полосками. |
| Изолированная кабель со свинцовой оболочкой дѣлается непо- и металлической броней.                           | Могутъ прокла- дываться непо- средствомъ,                                 | Тоже.                                                                       | Тоже.                                                            | Тоже.                                         | Тоже.                       | Тоже.                                                                    |

проходящаго по проводу. Иногда устанавливают низшія предѣлы сопротивленія изоляціи, зависящій отъ длины проложенныхъ кабелей. Таковы правила, принятыя Обществомъ Берлинскихъ центральныхъ станцій, которыя требуютъ слѣдующія сопротивленія, считая всѣ прерыватели, лампы и вообще всѣ приборы включенными въ цѣпь.

| Длина проложенныхъ проводовъ въ метрахъ. |      |          | Наименьшее сопротивленіе изоляціи въ омахъ. |
|------------------------------------------|------|----------|---------------------------------------------|
|                                          | До   | 200      | 300000                                      |
| Отъ                                      | 200  | „ 300    | 200000                                      |
| „                                        | 300  | „ 500    | 100000                                      |
| „                                        | 500  | „ 750    | 80000                                       |
| „                                        | 750  | „ 1000   | 60000                                       |
| „                                        | 1000 | „ 1500   | 40000                                       |
| „                                        | 1500 | и больше | 30000                                       |

Въ другихъ случаяхъ требуютъ наименьшаго сопротивленія въ 100000 омовъ на километръ проводовъ, причемъ сопротивленіе изоляціи каждаго прибора, взятаго въ отдѣльности, не должно быть меньше 500000 омовъ.

Въ сырыхъ помѣщеніяхъ проводники должны снабжаться оболочкой, имѣющей *подъ водой* сопротивленіе въ 300 мегомовъ на километръ.

При употребленіи для изолирующей оболочки вулканизированныхъ матеріаловъ, мѣдь слѣдуетъ вылудить, чтобы избѣжать соединенія ея съ сѣрой.

Проводники должно сращивать насколько возможно рѣже. Сращиваніе производится посредствомъ спаиванія ихъ канифолью или смолой, и тщательнаго покрытія мѣста спая изолирующимъ слоемъ. Очень часто случается, что соединенія проводовъ составляютъ слабое мѣсто установки. Если кабелъ изолированы только слоемъ бумаги, то мѣсто спая покрывается бумажной лентой, пропитанной какимъ нибудь липкимъ составомъ.

Если кабелъ изолированы каучукомъ, то на спай слѣдуетъ наложить столько слоевъ натурального и вулканизированнаго каучука, сколько ихъ находится на кабелѣ. Эти оболочки изъ лентъ склеиваются каучукомъ, раствореннымъ въ бензинѣ. Все покрывается смоляной лентой.

Отвѣтвенныя цѣпи снабжаются предохранителями, помѣщаемыми вблизи мѣста соединеній проводовъ различной толщины. Если предохранительныя проволоки помѣстить далеко отъ мѣста сращенія, то передъ предохранителями можетъ образоваться короткое замыканіе. Слѣдуетъ включать по одной предохранительной проволоки въ каждый изъ проводниковъ, прямой и обратный. Если предохранитель включенъ только въ одинъ проводникъ, то можетъ случиться, что въ двухъ цѣпяхъ, часть проводовъ которыхъ идетъ параллельно, предохранены будутъ въ одной прямой проводъ, въ другой—обратный. Если теперь два другихъ провода придутъ въ соприкосновеніе, то можетъ образоваться токъ опасной силы, чему не можетъ помѣшать ни одинъ изъ предохранителей.

Считается, что предохранитель необходимо имѣть въ каждой цѣпи, питающей больше пяти 16-свѣчныхъ лампъ накаливанія. Эти плавкія проволоки группируютъ на доскахъ, отъ которыхъ идутъ цѣпи, питающія по 5 лампъ. Когда употребляютъ переносныя лампы и гибкіе проводники, то необходимо вставлять предохранитель въ мѣстѣ соединенія гибкаго провода съ неподвижнымъ. Подвѣшенныя лампы имѣютъ, напримѣръ, предохранитель у потолка.

Свинцовыя предохранительныя проволоки должны плавиться при токи; сила котораго на 50% превосходитъ нормальную. Слѣдуетъ обозначать на предохранителяхъ силу тока, для которой они предназначены. Кромѣ того желательно, чтобы свинцовыя проволоки заключались въ оболочки, которыя можно было бы вставлять въ оправы, носящія обозначеніе, соответствующее толщинѣ свинцовой проволоки. Такимъ образомъ избѣгаютъ того, что малоопытный или небрежный рабочій замѣнитъ расплавленную проволоку другой слишкомъ толстой. Коммутаторы, прерыватели и предохранители должны устраиваться такъ, чтобы не могло образоваться постоянной вольтовой дуги между ея металлическими частями. Для этой цѣли эти части должны находиться другъ отъ друга на разстояніи, соответствующемъ напряженію тока, причемъ особыя пружины или другія приспособленія должны мѣшать подвижнымъ частямъ оставаться въ другихъ положеніяхъ, кромѣ крайнихъ.

Прерыватели, коммутаторы и предохранители дѣлаются на



несгораемыхъ подставкахъ и покрываются металлическими крышками. Въ коммутаторахъ и прерывателяхъ слѣдуетъ допускать только трущіеся контакты. Величина трущейся поверхности должна рассчитываться на плотность тока въ 0,2 ампера на кв. мил. Прерыватели для цѣпей высокаго напряженія дѣлаются всегда двойными такъ, чтобы они одновременно замыкали оба провода цѣпи. Эти прерыватели устраиваются такъ, что нельзя дотронуться до контактовъ, не разобравъ всего прибора.

Дуговые лампы закрываются шарами съ пепельницами, въ которые падаютъ отваливающіеся кусочки раскаленнаго угля. Часто требуютъ, чтобы поглощеніе свѣта шарами не превышало 25% количества свѣта, проходящаго сквозь нихъ. Если дуговые лампы питаются токами высокаго напряженія, то цѣпь слѣдуетъ изолировать отъ внѣшнихъ металлическихъ частей лампы.

При установкѣ лампъ накаливанія для укрѣпленія проводовъ часто употребляютъ люстры, бра и т. п., остающіяся отъ газоваго освѣщенія. При этомъ весьма легко могутъ образовываться отвлѣтленія въ землю. Чтобы помѣшать образованію этихъ отвлѣтленій изолируютъ эти приборы отъ газопровода кружечками изъ фибры, которые вставляются въ мѣстахъ соединеній такъ, чтобы они не препятствовали прохожденію газа.

Провода, служащіе для питанія электрической лампы, никогда не должны служить ни для ея подвѣшivanія, ни вообще для поддержки какого нибудь груза. Для этихъ цѣпей употребляютъ дополнительные металлические кабели или проволоки.

Искусственныя сопротивленія, включаемыя въ цѣпь дуговыхъ лампъ, а также и вводимыя въ цѣпь индукторовъ динамомашинъ, удаляются отъ всякаго рода воспламеняемыхъ веществъ и помѣщаются такъ, чтобы вокругъ нихъ могъ свободно циркулировать воздухъ.

Первичная цѣпь трансформатора должна быть недоступна для публики. Кромѣ того должны быть приняты мѣры, чтобы въ случаѣ контакта между первичной и вторичной цѣпью напряженіе въ послѣдней не достигло опасныхъ предѣловъ. Разстояніе между первичной и вторичной цѣпями не должно

быть меньше 1 сант. (§§ 454 и 499). Трансформаторы, помещаемые внутри жилыхъ зданій, должны заключаться въ нестораемые ящики.

Болты, помощьюъ которыхъ укрѣпляются динамомашины, должны быть изолированы отъ фундамента, чтобы уменьшить шансы сообщенія съ землей. Слѣдуетъ избѣгать устанавливать машины въ сырыхъ мѣстахъ.

Аккумуляторы располагаются на полкахъ и устанавливаются на фарфоровыхъ или стеклянныхъ изоляторахъ. При входѣ въ зданія воздушные провода должны быть защищены предохранителями и громоотводами (§§ 477 и 488). Проволоки, входящія въ зданія, проходятъ черезъ фарфоровыя трубки, оканчивающіяся снаружи загнутыми внизъ воронками, препятствующими скопленію влаги.

**762. Воздушные провода въ городахъ. Правила Board of Trade.** Когда въ городахъ по воздушнымъ проводамъ передаются токи высокаго напряженія, напримѣръ въ 1000—2000 вольтъ, то для избѣжанія несчастныхъ случаевъ слѣдуетъ принимать особыя предосторожности. Обыкновенно снабжаютъ эти провода изолирующей оболочкой и, чтобы имъ не пришлось выдерживать никакого усилія, ихъ подвѣшиваютъ на стальныхъ или бронзовыхъ канатахъ, укрѣпляемыхъ на изоляторахъ, ввинченныхъ въ столбы. Проводъ подвѣшивается къ своему канату вертикальными проволоками, располагаемыми на такихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, чтобы между двумя послѣдовательными подвѣзывающими проволоками проводъ не изгибался бы сколько нибудь замѣтно. При этихъ условіяхъ можно считать, что нагрузка распределяется равномерно по всему кабелю и вычислять ее по формуламъ, даннымъ раньше, принявъ коэффициентъ безопасности, требуемый правилами. Мы приводимъ ниже правила, установленныя англійскимъ министерствомъ торговли (*Board of Trade*), для безопасности лицъ и для охраны телеграфныхъ линій, имѣющихъ общественное значеніе. Все послѣдующее относится только къ проводамъ, которые прокладываются для нуждъ промышленности (освѣщенія, передачи энергіи и т. п.).

1. Воздушный проводъ не долженъ никогда проклады-

ваться ниже, чѣмъ на высотѣ 6 метровъ надъ землей, а при пересѣченіи улицъ ниже, чѣмъ на высотѣ 9 метровъ. Исключая случаевъ, когда проводъ упирается на подставку, прикрѣпленную къ дому, или входитъ въ него, онъ долженъ быть удаленъ отъ зданія не меньше, чѣмъ на 1,80 метра.

2. Разстояніе между столбами, по которымъ проложенъ проводъ, не должно превосходить 60 метровъ, когда линія идетъ по прямому направленію, и 45 метровъ при изгибахъ линіи.

3. Столбы для воздушныхъ линій должны строиться изъ прочныхъ матеріаловъ и должны хорошо сопротивляться усиліямъ, производимымъ вѣтромъ, изгибами линіи и неравными ея пролетами.

Проволоки и канаты, къ которымъ подвѣшивается кабель, должны укрѣпляться на изоляторахъ, помѣщенныхъ на столбахъ. Коэффициентъ безопасности при вычисленіяхъ сопротивленія долженъ быть не меньше 6 для подвѣшиваемыхъ проводовъ и не меньше 12 для поддерживающихъ канатовъ, если наибольшее давленіе вѣтра принимается равнымъ 250 килогр. на кв. метръ. Противъ скопленія снѣга не требуется принимать никакихъ дополнительныхъ мѣръ.

4. Каждый столбъ, если онъ металлическій, долженъ быть соединенъ съ землей. Столбы изъ дерева или другаго непроводящаго матеріала, должны быть снабжены громоотводами по всей длинѣ, причемъ остріе громоотвода должно быть выше столба, по крайней мѣрѣ, на 15 сант. Столбъ считается хорошо соединеннымъ съ землей, если онъ соединенъ съ водопроводомъ, идущимъ внѣ домовъ, или, гдѣ это невозможно, съ металлической массой, имѣющей поверхность равную, по крайней мѣрѣ, 0,37 кв. метра, зарытой въ сырую землю на глубину не меньше 0,92 метра, причемъ каждая соединительная проволока должна имѣть прочность и проводимость, эквивалентныя тѣмъ же качествамъ каната изъ 7 гальванизированныхъ желѣзныхъ проволокъ въ 1,6 мил. въ діаметрѣ.

5. Каждый воздушный проводъ долженъ снабжаться на концахъ громоотводами типа, утвержденнаго *Board of Trade*.

6. При пересѣченіи проводомъ улицы, уголь, составляемый между проводомъ и направленіемъ улицы, не долженъ быть меньше 60° и пролетъ долженъ быть по возможности меньше.

7. При скрещиваніи воздушнаго провода съ другими должны быть приняты предосторожности для предотвращенія контакта въ случаѣ разрыва провода или его вытягиванія.

8. Наибольшая сила тока въ воздушномъ проводѣ должна быть недостаточна для повышенія его температуры на  $17^{\circ}$  Ц. и для порчи его изоляціи, если таковая существуетъ. Должны быть приняты мѣры, чтобы цѣпь разомкнулась автоматически, если сила тока превосходить хотя бы въ продолженіи очень короткаго времени на  $25\%$  нормальную силу тока.

9. Провода, по которымъ проходятъ токи высокаго напряженія, должны имѣть непрерывную изолирующую оболочку, толщина которой должна быть не меньше 2,5 мил. Въ случаѣ, если напряженіе превосходить 2000 вольтъ, толщина изолирующаго слоя въ миллиметрахъ должна равняться числу вольтъ, раздѣленному на 800. Изолирующая оболочка должна быть снаружи предохранена отъ порчи. Если защитительная броня металлическая, то она должна быть соединена съ землей.

10. Вещество, употребленное для изоляціи провода при токахъ высокаго напряженія, не должно мѣнять своей структуры между температурами  $-12^{\circ}$  и  $+75^{\circ}$  Ц. и не должно измѣняться подѣ дѣйствіемъ окружающаго воздуха.

11. Сопротивленіе изоляціи воздушной цѣпи высокаго напряженія вмѣстѣ со всѣми приборами, включенными въ нее, должно быть таково, чтобы при соединеніи какой либо точки цѣпи съ землей сила тока потери не превосходила  $\frac{1}{30}$  ампера въ случаѣ постояннаго тока и  $\frac{1}{50}$  ампера въ случаѣ переменнаго тока. Каждая цѣпь, въ которой есть провода высокаго напряженія, должна быть снабжена указателемъ, который обнаруживалъ бы потерю, превосходящую указаные предѣлы.

12. Всякій воздушный проводъ высокаго напряженія долженъ быть подвѣшенъ къ канату изолированными проволоками, достаточно близкими другъ къ другу, чтобы проводникъ не выгибался замѣтнымъ образомъ. Поддерживающій канатъ долженъ быть укрѣпленъ на изоляторахъ, находящихся на столбахъ, такимъ образомъ, чтобы, въ случаѣ поломки изолятора, онъ не упалъ со столба.

13. Если по воздушнымъ проводамъ проходятъ перемен-

ные токи, то оба провода могутъ быть протянуты параллельно на разстояніи, не превосходящемъ 45 сантиметровъ.

14. Владѣльцы воздушныхъ проводовъ отвѣчаютъ за прочность столбовъ, которые должны имѣть особое клеймо, налагаемое *Board of Trade*.

15. За столбами, проводами и приборами, соединенными съ этими послѣдними, должны наблюдать и должны поддерживать ихъ со стороны механической и электрической владѣльцы.

16. Ни одинъ воздушный проводъ не долженъ оставаться проложеннымъ, если онъ пересталъ служить, если только онъ не долженъ начать вновь служить черезъ короткое время.

17. При прокладкѣ проводовъ должно быть обращено особое вниманіе на телеграфныя цѣпи и должны быть приняты всевозможныя предосторожности, чтобы избѣжать индукціонныхъ и другихъ дѣйствій на эти цѣпи.

18. Въ *Board of Trade* долженъ быть доставленъ планъ прокладки проводовъ. *Board of Trade* имѣетъ право потребовать такихъ измѣненій, которыя оно сочтетъ полезнымъ для защиты своихъ линій и служащихъ.

### 763. Распределеніе въ городахъ. Выборъ системы.

При составленіи проекта распределенія электрической энергіи въ городѣ встрѣчаются всѣ затрудненія, которыя только существуютъ при установкахъ электрическаго освѣщенія. Мы укажемъ здѣсь главные правила этого рода работъ. Если есть возможность выбирать систему, то первымъ вопросомъ является розысканіе способа распределенія, который слѣдуетъ принять. При этомъ розысканіи слѣдуетъ руководствоваться соображеніями, которыя мы изложили въ первой половинѣ этого тома и которыя можно резюмировать слѣдующимъ образомъ. Непосредственное распределеніе удобно, когда приходится питать пространство, на которомъ абоненты расположены близко другъ къ другу. Если же, наоборотъ, абоненты разбѣяны, или станція должна быть расположена внѣ питаемаго пространства, или же, наконецъ, когда утилизируютъ водопадъ, то предпочтительнѣе примѣнить систему не непосредственнаго питанія.

Статистика существующихъ газовыхъ заводовъ и электрическихъ станцій даетъ драгоцѣнныя указанія относительно распредѣленія абонентовъ въ городахъ. Такъ, общество электрическихъ станцій въ Берлинѣ считаетъ, что въ этомъ городѣ можно считать въ настоящее время по 1 лампѣ въ 16 свѣчей на погонный метръ канализации на главныхъ улицахъ и по  $\frac{1}{2}$  лампы—на второстепенныхъ. Абоненты этой компаніи распредѣляются слѣдующимъ образомъ: на 100 абонентовъ приходится 10 кафе и ресторановъ, 34 магазина, 21 банкъ 27 театровъ и только 8 частныхъ домовъ. Въ виду незначительнаго числа лампъ, помѣщаемыхъ у частныхъ лицъ, этого рода кліенты приносятъ обществу мало пользы.

Въ Ньюкастлѣ на 100 абонентовъ приходится 56 кафе и ресторановъ, 17 конторъ, 15 лавокъ и 12 частныхъ домовъ.

Пику считаетъ, что во Франціи, въ городѣ съ населеніемъ въ 150000 жителей, на 100 абонентовъ приходится 28 кафе и клубовъ, 21 мастерская, 27,5 магазиновъ, 7,5 конторъ и квартиръ, 16 театровъ и театральныхъ залъ.

Для сѣти, заключающей опредѣленное число лампъ, очень важно знать величину наибольшей нагрузки, т. е. наибольшее число лампъ, горящихъ одновременно въ самые длинные вечера. Это число опредѣляетъ работоспособность станціи, не считая запасныхъ машинъ. Число этихъ послѣднихъ должно рассчитываться очень широко, чтобы было возможно удовлетворять случайнымъ требованіямъ.

Данныя для рѣшенія этого вопроса можетъ дать опять-таки одинъ опытъ.

Вотъ данныя, наблюденныя въ нѣкоторыхъ городахъ:

*Отношеніе наибольшаго числа горящихъ одновременно электрическихъ лампъ къ общему числу установленныхъ лампъ.*

|                       |      |              |      |
|-----------------------|------|--------------|------|
| Кенсингтонъ (Лондонъ) | 0,40 | Бреславль    | 0,62 |
| Вѣна                  | 0,52 | Дармштадтъ   | 0,60 |
| Ньюкастль             | 0,45 | Дюссельдорфъ | 0,51 |
| Кельнъ                | 0,70 | ГанOVERь     | 0,55 |
| Берлинъ               | 0,58 | Кенигсбергъ  | 0,64 |
| Гамбургъ              | 0,58 | Мюльгаузенъ  | 0,46 |
| Бременъ               | 0,38 | Штеттинъ     | 0,61 |

Полезно еще знать для опредѣленія тарифа годовую продолжительность горѣнія каждой установленной лампы. Эта продолжительность велика въ коммерческихъ кварталахъ, и очень мала тамъ, гдѣ въ числѣ кліентовъ есть частные дома, въ которыхъ зажигаютъ только небольшую часть установленныхъ лампъ. Вотъ нѣсколько данныхъ, полученныхъ въ Лондонскихъ сѣтяхъ, о которыхъ мы говорили въ § 758.

|              |             |                |          |
|--------------|-------------|----------------|----------|
| St. James    | 935 часовъ. | House to House | 455 час. |
| Westminster  | 643 „       | Chelsea        | 350 „    |
| Metropolitan | 550 „       | Kensington     | 345 „    |

При составленіи проекта станціи надо руководствоваться еще соображеніями, высказанными въ § 740.

**764. Вычисленіе городской сѣти.** Вычислять канализацію слѣдуетъ очень широко, предвидя увеличеніе потребления. Поэтому обыкновенно сначала прямо прокладываютъ провода, по которымъ можно пропускать токъ вдвое большій, чѣмъ требуется, чтобы не пришлось мѣнять провода уже вскорѣ послѣ прокладки ихъ.

При опредѣленіи размѣровъ проводовъ въ канализаціи слѣдуетъ, какъ мы видѣли въ § 474 и слѣдующихъ, обращать вниманіе на условія экономичности и безопасности, не выходя однако изъ предѣловъ допускаемой потери напряженія. Въ дѣйствительности, въ толстыхъ проводахъ наиболѣе экономичная плотность тока обыкновенно близка къ той, которую можно допустить, не нагревая слишкомъ сильно провода, т. е. 1—2 ампера на кв. мил. поперечнаго сѣченія, смотря по природѣ изолирующей оболочки и величинѣ діаметра.

Если, дѣйствительно, вычислить по таблицѣ, приведенной въ § 757, коэффициентъ  $n$ , входящій въ выраженіе стоимости канализаціи, то найдемъ, что онъ близокъ къ 0,05 для изолированныхъ кабелей. Если считать на проценты и амортизацію—10% ( $a = 0,1$ ), удѣльное сопротивление мѣди равнымъ  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-9}$  омъ-сант., среднее число часовъ, въ продолженіи которыхъ канализація работаетъ въ теченіе года, въ 700 часовъ и, наконецъ, стоимость ваттъ-часа, доставляемаго стан-

пией, въ 0,00012 фр., то наиболѣе экономичная плотность тока будетъ:

$$\delta = \sqrt{\frac{na}{\rho tp}} = \sqrt{\frac{0,05 \cdot 0,1}{1,7 \cdot 10^{-9} \cdot 700 \cdot 0,00012}} = 187.$$

т. е. 1,87 ампера на кв. миллиметръ.

Слѣдуетъ замѣтить, что этотъ результатъ относится къ средней плотности тока, вычисленной подобно тому, какъ мы говорили въ § 476. Но наибольшій токъ значительно превосходитъ средний. Изъ этого слѣдуетъ, что правило Лорда Кельвина приводитъ къ тому, что мѣды заставляютъ работать при наибольшей плотности тока, допускаемой сохранностью канализации. Это обстоятельство удовлетворяетъ вполнѣ желаніямъ Электрическихъ Обществъ, которыя стремятся уменьшать насколько возможно вѣсъ проводовъ, чтобы сдѣлать мертвый капиталъ, затраченный на канализацію, возможно менѣе.

Наиболѣе распространенная система распределенія есть система параллельнаго соединенія приемниковъ при питаніи сѣти фидерами. Эта система примѣнима при непосредственномъ питаніи приемниковъ отъ машинъ, также какъ и при употребленіи трансформаторовъ и аккумуляторовъ. Въ послѣднемъ случаѣ фидеры питаютъ первичную сѣть. Для ясности предположимъ, что требуется освѣтить городъ отъ одной центральной станціи и предположимъ, что выбрана трехпроводная система распределенія (§ 485). Канализація состоитъ изъ распределителей, идущихъ вдоль по улицамъ, соединенныхъ между собою на перекресткахъ такъ, чтобы образовать отдѣльныя петли сѣти. Эта сѣть питается опредѣленнымъ числомъ фидеровъ, идущихъ во всѣ стороны отъ станціи и поддерживающихъ напряженіе постояннымъ въ точкахъ соединенія съ распределителями. Паденіе напряженія, допустимое вообще, равняется 1,5% въ распределителяхъ и отъ 5% до 20% въ фидерахъ. Въ очень широкихъ улицахъ и на общественныхъ площадяхъ прокладываютъ иногда двѣ распределительныя артеріи,—по одной подъ каждымъ троттуаромъ.

Зная наибольшую плотность тока, допустимую въ проводахъ (иногда 2 ампера на кв. мил.), нѣтъ никакого затрудненія вычислить распределительные провода, могущіе доставить токъ, требуемый различными вѣтвями, идущими къ абонен-



тамъ, помѣченными предварительно на планѣ города. Для этой цѣли идутъ отъ соединительнаго ящика, который считаютъ за источникъ электрической энергіи неизмѣннаго напряженія, могущій питать лампы въ участкѣ; размѣры участка вычисляютъ такимъ образомъ, чтобы паденіе напряженія въ немъ было не болѣе 1,5%, когда зажжены  $\frac{2}{3}$  лампъ, въ немъ установленныхъ (это число принимается за наибольшее число лампъ, зажигаемыхъ одновременно). Такимъ образомъ, получаютъ предѣльную потерю въ 3,3 вольта при напряженіи въ 220 вольтъ. Нейтральный проводникъ дѣлается вдвое меньшаго сѣченія, чѣмъ крайніе провода. При распредѣленіи въ 220 вольтъ участки домовъ, ограниченные такимъ образомъ, имѣютъ обыкновенно стороны въ 150—300 метровъ.

На планѣ города слѣдуетъ отмѣтить границы каждаго участка, питаемаго однимъ лучкомъ фидеровъ. Всѣ участки, однако, соединяются между собою. Остается послѣ этого вычислить питающіе провода, состоящіе изъ двухъ крайнихъ проводниковъ и изъ нейтральнаго, вдвое меньшаго сѣченія. Эти провода помѣщаются въ траншеяхъ рядомъ съ распредѣлителями, по кратчайшему пути между станціей и различными участками. Обыкновенно, чтобы можно было соединять параллельно всѣ машины, на станціи соединяють соответствующіе концы всѣхъ фидеровъ. Такъ какъ паденіе напряженія во всѣхъ фидерахъ должно быть одно и то же (отъ 5 до 20 процентовъ, не больше), то необходимо, чтобы сопротивление ихъ удовлетворяло условію

$$r = \frac{0,05 e}{i} \quad \text{или} \quad r = \frac{0,2 e}{i},$$

гдѣ  $e$  —напряженіе, при которомъ производится распредѣленіе, а  $i$ —сила тока, соответствующая горѣнію  $\frac{2}{3}$  лампъ, установленныхъ въ участкѣ. Такъ какъ вообще въ различныхъ участкахъ установлено приблизительно одинаковое число лампъ, то плотность тока въ фидерахъ будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше они отстоятъ отъ станціи.

Если вычисленія приведутъ къ плотности тока, опасной для самыхъ короткихъ фидеровъ, напримѣръ къ плотности въ 3 ампера на кв. мил., то придется увеличить ихъ сѣченіе и достигъ вычисленнаго сопротивленія, включая на станціи

послѣдовательно въ цѣль фидеровъ полосы никкелина. Всѣ эти вычисленія допускають уклоненія около 5%.

На планѣ города вычерчивають различные вычисленные провода, подписывая надъ каждымъ величину сѣченія. Чтобы отличать фидеры отъ распредѣлителей и вѣтвей, употребляютъ для ихъ вычерчиванія различныя краски. Соединительные ящики, гдѣ фидеры срачиваются съ сѣтью, тоже должны быть отличены отъ ящиковъ, въ которыхъ распредѣлители соединяются между собою.

Составляютъ таблицы, содержащія перечисленіе въ известномъ порядкѣ проводовъ, употребленныхъ въ различныхъ частяхъ сѣти, съ обозначеніемъ ихъ сѣченія, характера (полосы, мѣдные канаты, число проволокъ и т. п.) и ихъ вѣса.

При вычисленіи первичной сѣти при распредѣленіи посредствомъ трансформаторовъ слѣдуютъ пути, подобному предъидущему. Паденіе напряженія, допускаемое въ фидерахъ, въ этомъ случаѣ очень мало вслѣдствіе крайне малой силы тока, проходящаго по нимъ. Иногда, когда площадь, внутри которой распредѣляется энергія, не очень велика, паденіе напряженія бываетъ меньше 1,5% въ фидерахъ и распредѣлителяхъ вмѣстѣ.

Для выбора системы канализаціи надо руководствоваться указаніями, данными въ § 530 и слѣдующихъ.

**765. Методъ Герцога и Штарка для вычисленія сѣти.** Иногда между двумя соединительными коробками фидеровъ существуютъ нѣсколько распредѣлителей или отвѣтвленныхъ или составляющихъ замкнутыя фигуры. Чтобы вычислить силу токовъ, циркулирующихъ въ сѣти, скорѣе, чѣмъ приложеніемъ законовъ Киргофа, Герцогъ и Штаркъ примѣнили слѣдующій способъ \*) раздѣленія сѣти на участки.

Предполагають, что каждый распредѣлитель обрѣзанъ у одного изъ отвѣтвленій и что электричество, которое притекало по двумъ отрѣзкамъ или возвращалось по одному изъ нихъ, поглощается или развивается какимъ нибудь способомъ. Точки раздѣла выбираютъ такимъ образомъ, чтобы всѣ раз-

---

\*) *La Lumière Électrique*, t. 86, 10 Mai 1890.

дѣленные части сѣти оставались соединенными съ однимъ изъ фидеровъ, по которому приходитъ токъ. Считаютъ неизвѣстными силы токовъ  $\alpha$ ,  $\beta$ , и пр., идущихъ къ точкамъ раздѣла или удаляющихся отъ нихъ. Уравненія, позволяющія опредѣлить эти силы токовъ, получаютъ, выражая, что напряженіе одно и то же у обоихъ концовъ каждой секціи, т. е. паденіе напряженія отъ точки распредѣленія до точки раздѣленія одно и то же на обоихъ путяхъ, соединяющихъ эти точки. Зная силы токовъ  $\alpha$ ,  $\beta$ , и т. д., легко опредѣлить точки раздѣла на распредѣлителяхъ. Для этого достаточно идти по распредѣлителямъ до тѣхъ поръ, пока не дойдутъ до вѣтви, для которой оба тока, въ ней сходящіеся, имѣютъ положительную величину. Тогда опредѣляютъ потери напряженія, которыя въ точкахъ раздѣла будутъ наибольшими.

Величины  $\alpha$ ,  $\beta$ , и пр. позволяютъ опредѣлить наибольшія силы токовъ въ различныхъ вѣтвяхъ сѣти, являющіяся при включеніи и выключеніи приемниковъ. Дѣйствительно, эти переменныя выражаются суммой положительныхъ и отрицательныхъ членовъ. Приравнивая отрицательные члены нулю, получимъ положительный максимумъ. Максимумъ силы обратнаго тока будетъ соответствовать равенству нулю всѣхъ положительныхъ членовъ.

Чтобы сдѣлать болѣе понятнымъ способъ Герцога и Штарка, мы покажемъ здѣсь полное его приложение, сдѣланное Центуріоне \*).

Пусть А (фиг. 515) будетъ точкой, черезъ которую электрискій токъ входитъ въ замкнутую сѣть распредѣлителей, соединенныхъ между собой въ точкахъ А, В, С, D, Е.

Мы будемъ брать только одиночные провода, сопротивление которыхъ придется удвоить, чтобы перейти къ полной, двойной цѣпи. Предположимъ, что длины выражены въ метрахъ, а сѣченія въ квадратныхъ миллиметрахъ.

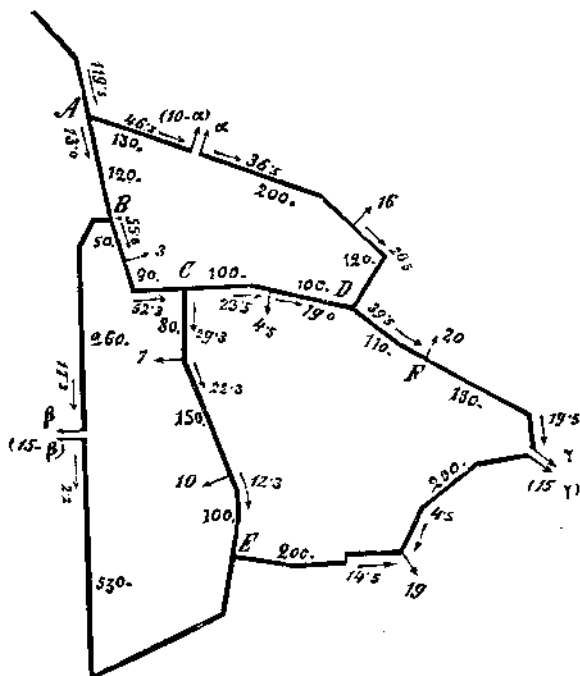
Сначала задаютъ себѣ произвольное распредѣленіе токовъ въ сѣти, на основаніи котораго выбираютъ сѣченія проводниковъ такъ, чтобы паденіе напряженія не превосходило

---

\*) *Bull. de l'Ass. des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore*, 1890.

3% полезнаго напряженія. Затѣмъ провѣряютъ это распредѣленіе по методѣ секціонированія.

Пусть  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  будутъ точки раздѣла; перпендикулярныя стрѣлки указываютъ на положеніе отвѣтвленій, питающихъ группы лампъ, а цифры около нихъ—силы токовъ, проходящихъ по этимъ отвѣтвлененіямъ.



Фиг. 515.

Такъ какъ мы выбрали для  $\alpha$  такую точку, гдѣ отвѣтвляется 10 амперъ, то мы можемъ предположить, что эти 10 амперъ состояются изъ части  $\alpha$ , идущей изъ D, и части (10— $\alpha$ ), идущей изъ A.

Точно также въ  $\beta$ , отвѣтвленный токъ въ 15 амп. составляется изъ суммы двухъ частей: одной  $\beta$ , идущей изъ B и другой (15— $\beta$ ), идущей изъ E. То же самое и для точки  $\gamma$ .

Отъ A до точки раздѣла  $\alpha$  мы можемъ вычислить потерю напряженія вдоль по двумъ путямъ A, (10— $\alpha$ ) и A, B, C, D,  $\alpha$ , и положить ихъ равными.

Такъ какъ приводимость металла и множитель 2, необходимый, чтобы принять во вниманіе обратный проводъ, входятъ въ обѣ части, то мы можемъ ихъ не писать. Кромѣ того, вмѣсто длинъ и поперечныхъ сѣченій мы прямо будемъ давать отношенія этихъ величинъ.

Допуская, что длины въ метрахъ будутъ тѣ, которыя написаны на чертежѣ и что провода имѣютъ слѣдующія сѣченія:

$$A \propto D = 50 \text{ кв. мил.}$$

$$A B C = 70 \quad " \quad "$$

$$C D F = 50 \quad " \quad "$$

$$E \gamma = 30 \quad " \quad "$$

$$B \beta E \gamma = 20 \quad " \quad "$$

$$C E = 30 \quad " \quad "$$

на протяженіи 80 первыхъ и 100 послѣднихъ метровъ, и сѣченіе въ 50 кв. мил. для 150 промежуточныхъ метровъ, для точки  $\alpha$  мы можемъ написать уравненіе:

$$2,6(10 - \alpha) = 1,71 \times \beta + 2,42 \times 3 + 3,7(7 + 10 + 19 + 15 - \gamma + 15 - \beta) + 5,7 \times 4 + 5 + 7,7(20 + \gamma) + 10,1 \times 16 \times 14,1 \times \alpha.$$

Къ точкѣ  $\beta$  мы имѣемъ отъ В два пути В,  $\beta$  и В, С, Е,  $(15 - \beta)$ , дающіе намъ уравненіе:

$$13 \times \beta = 0,71 \times 3 + 1,99(4,5 + 16 + \alpha + 20 + \gamma) + 4,65 \times 7 + 7,65 \times 10 + 10,98(19 + 15 - \gamma) + 37,48(15 - \beta).$$

Точно также для  $\gamma$ , исходя изъ С, получимъ:

$$2 \times 4,5 + 4(16 + \alpha) + 6,2 \times 20 + 12,2 \times \gamma = 2,66 \times 7 + 5,66 \times 10 + 9(15 - \beta) + 19 \times 19 + 29(15 - \gamma).$$

Рѣшая эти три уравненія, получимъ:

$$\alpha = -36,5$$

$$\beta = 17,2$$

$$\gamma = 19,5.$$

Такъ какъ отрицательная величина указываетъ на направленіе тока, обратное предположенному, то токъ  $\alpha$  идетъ отъ точки, обозначенной той же буквой.

При помощи этихъ трехъ данныхъ опредѣляется распределение токовъ. Извѣстно направленіе и силы ихъ во всѣхъ частяхъ сѣти. Величины эти надписаны на рисункѣ около стрѣлокъ параллельныхъ проводникамъ. Изъ нихъ выводятъ потери въ вольтахъ. Если эти потери или плотности токовъ окажутся слишкомъ большими въ какомъ нибудь проводникѣ, то сѣченію слѣдуетъ измѣнить соотвѣтствующимъ образомъ и вновь сдѣлать провѣрочныя вычисленія.

Но сѣть не всегда работаетъ при полной нагрузкѣ, какъ мы это предположили. Въ нѣкоторые часы дня утилизируется только нѣкоторая часть сѣти и случается, что въ то время, какъ одинъ изъ проводовъ работаетъ при полной нагрузкѣ, по сосѣдному проводу проходитъ очень слабый токъ. Слѣдовательно, нужно опредѣлить вліяніе, которое имѣютъ на всю сѣть измѣненія силы токовъ въ различныхъ ея частяхъ. Герцогъ и Штаркъ воспользовались для этой цѣли принципомъ наложенія явленій, по которому токъ, появляющійся въ какой нибудь части сѣти, вслѣдствіе одновременнаго замыканія нѣсколькихъ цѣпей, равенъ суммѣ токовъ, которые появились бы въ этой части при послѣдовательномъ замыканіи этихъ цѣпей.

Для приложенія этого принципа, возьмемъ отвѣтвление, напримѣръ въ 10 амперъ, и будемъ его устраивать послѣдовательно у различныхъ узловъ сѣти. Для cadaго изъ этихъ положеній мы получимъ въ различныхъ проводахъ определенное распределение токовъ и, чтобы знать величины силъ ихъ, мы можемъ примѣнить методъ секціонированія, описанный выше.

Мы получимъ такимъ образомъ столько системъ уравненій, сколько въ сѣти узловъ, и рѣшеніе ихъ позволитъ намъ опредѣлить силу тока, проходящаго по одному какому нибудь проводнику, когда отвѣтвление находится у одного изъ узловъ сѣти.

Затѣмъ составляютъ графическую таблицу, состоящую изъ столькохъ діаграммъ, сколько въ сѣти проводовъ.

На каждой діаграммѣ горизонтальной чертой изображаютъ сопротивленіе соотвѣтствующаго провода, а на двухъ перпендикулярахъ, возставленныхъ изъ концовъ горизонтальной пря-



Изъ этихъ величинъ выводять распредѣленіе тока, указанное полными стрѣлками.

Переноса прежнее отвѣтвленіе въ 10 амперъ въ точку Е, составляя уравненія для этого положенія и рѣшая ихъ, находимъ:

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 \\ \beta &= 1,7 \\ \gamma &= -2,5\end{aligned}$$

и распредѣленіе тока, указанное на чертежѣ пунктирными стрѣлками.

На основаніи этихъ данныхъ можно уже построить диаграмму для провода В Е.

На фиг. 517 прямая ВЕ изображаетъ сопротивление этого провода.

На перпендикулярѣ къ этой прямой, восстановленномъ въ точкѣ В, отложимъ длины В I, В II, ... В VII, пропорціональныя силамъ токовъ, которыя мы нашли въ проводахъ, обозначенныхъ на фиг. 516 цифрами I, II, ... VII, когда отвѣтвленіе находится въ В. Длины эти будемъ откладывать вверхъ или внизъ отъ прямой ВЕ, смотря по тому, будетъ-ли токъ одинаковаго направленія съ стрѣлками, которыя произвольно начерчены на проводникахъ, или противоположнаго.

На перпендикулярѣ у конца Е слѣбаемъ то же самое для случая, когда отвѣтвленіе находится въ точкѣ Е.

Соединимъ точки I I, II II, ... VII VII, полученныя такимъ образомъ, прямыми. Если заставлять отвѣтвленіе перемѣщаться по проводу, обозначенному на фиг. 516 цифрой I, отъ В къ Е, то силы токовъ въ другихъ проводникахъ въ каждый моментъ времени опредѣлятся длинами, отсѣкаемыми прямыми I I, II II, ... VII VII, на вертикальной линіи MN, перемѣщающейся, соотвѣтственно перемѣщенію отвѣтвленія по прямой ВЕ (фиг. 517).

Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно замѣтить, что отношеніе измѣненія силы одного изъ токовъ, напримѣръ  $\alpha$ , къ измѣненію сопротивленія  $r$  проводка ВЕ, между точкой В и настоящимъ положеніемъ отвѣтвленія, постоянно, т. е.

$$\frac{d\alpha}{dr} = \text{пост. величинѣ.}$$





кой дроби можетъ быть только постоянной, откуда слѣдуетъ, что линія, выражающая законъ измѣненій, будетъ прямая.

Такимъ образомъ, можно дать себѣ отчетъ объ измѣненіяхъ въ распредѣленіи тока въ сѣти, которыя производятся каждымъ новымъ отвѣтвленіемъ на проводѣ I.

Такую діаграмму строить для каждого распредѣлителя.

Итакъ методъ секціонированія даетъ возможность электрику провѣрить, насколько выбранныя сѣченія пригодны для различныхъ проводниковъ. Принципы наложенія явленій позволяетъ ему принимать во вниманіе измѣненія, производимыя въ сѣти во время производства работъ, и слѣдить, во время эксплуатаціи, за дневными и годовыми колебаніями силы тока въ различныхъ частяхъ сѣти.

**766. Приближенный методъ Крүциани.** Методъ Герцога и Штарка рядомъ съ достоинствомъ точности имѣетъ и недостатки, ограничивающіе его примѣненія. Онъ очень труденъ и не даетъ возможность замѣтить ошибку, даже очень крупную, раньше, чѣмъ всѣ вычисленія не будутъ закончены. Кромѣ того предполагается, что сѣченія кабелей извѣстны, и такъ какъ распредѣленіе тока выводится на основаніи предположенныхъ сѣченій, то случается, что по окончаніи вычисленій ихъ приходится начинать вновь для другихъ сѣченій, такъ какъ полученныя въ первыхъ плотности токовъ будутъ слишкомъ велики или слишкомъ малы.

Крүциани, инженеръ-электротехникъ компаніи *Helios*, предложилъ для вычисленія сѣтей методъ послѣдовательныхъ приближеній, гораздо болѣе скорый, чѣмъ предыдущій, и который даетъ результаты, точность которыхъ вполне достаточна для практики.

Если даны положенія и величины отвѣтвленій, которыя должны быть питаемы сѣтью кабелей, а также сѣченія проводовъ, которыми можно располагать, то всякій практикъ безъ затрудненій опредѣлитъ грубо силы токовъ, циркулирующихъ въ различныхъ сторонахъ сѣти и легко опредѣлитъ сѣченія, которыя должны быть у кабелей на этихъ сторонахъ. Эти элементы позволяютъ вычислить послѣдовательныя потери напряженія, начиная отъ точки, черезъ которую токъ входитъ,



каждой улицѣ. Слѣдовательно, потеря въ одной сторонѣ можетъ выразиться такъ:

$$V = \frac{1}{s} \Sigma li\rho.$$

Если  $l$  выражено въ метрахъ,  $s$  въ кв. миллиметрахъ, а  $i$  въ амперахъ, то, такъ какъ  $\rho$  равняется 1,66 омъ-сант., то

$$V = \frac{1}{s} \Sigma \frac{li}{60}.$$

Потеря напряженія на одинъ амперъ равняется

$$e = \frac{1}{s} \Sigma \frac{l}{60}.$$

На фигурѣ обозначены двойныя длины сторонъ сѣти, а также положенія и величины отвѣтвленій, идущихъ къ трансформаторамъ. Стрѣлки, проведенныя параллельно сторонамъ сѣти, обозначаютъ вѣроятное распредѣленіе токовъ, сила которыхъ извѣстна раньше. Задаются сѣченія проводовъ, соотвѣтствующія силамъ токовъ, и составляется слѣдующая таблица:

| Сторо-<br>ны. | $s$ | $K = \Sigma \frac{li}{60}$ | $V$  | $e$  | Потери напряженія по | Среднія,<br>округленныя<br>цифры. |
|---------------|-----|----------------------------|------|------|----------------------|-----------------------------------|
| О А           | 25  | 324                        | 13   | 0,48 | О А В                | 20,9                              |
| А В           | 16  | 127                        | 7,9  | 0,84 | О В                  | 12,3                              |
| О В           | 35  | 430                        | 12,3 | 0,48 | О С В                | 17,4                              |
| О С           | 16  | 155                        | 9,7  | 0,75 | О С D                | 10,17                             |
| С В           | 10  | 77                         | 7,7  | 1,47 | О Е D                | 15,60                             |
| С D           | 10  | 4,7                        | 0,47 | 0,47 |                      |                                   |
| О Е           | 10  | 146                        | 14,6 | 1,33 |                      |                                   |
| Е D           | 10  | 10                         | 1    | 1,00 |                      |                                   |

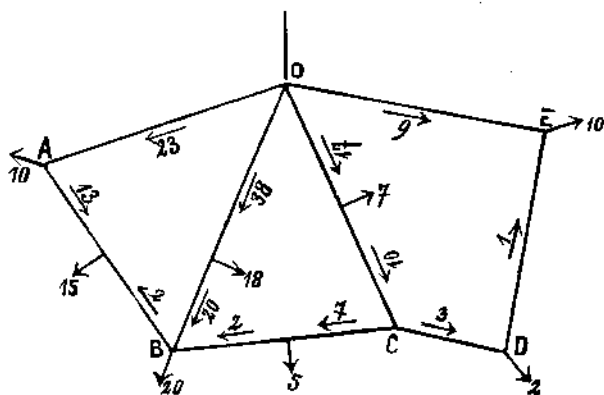
Будемъ разсматривать среднія величины потерь напряженія на различныхъ путяхъ, какъ потери, существующія при дѣйствительномъ распредѣленіи токовъ, и посмотримъ, какія поправки придется сдѣлать въ ранѣе допущенномъ распредѣленіи.

Въ вѣтви О Е, гдѣ, по предположенію, потеря должна быть въ 14,6 вольта, придется ее уменьшить на 14,6—12,5, т. е. на 2,1 вольта. Но изъ таблицы видно, что для ампера средней силы тока, потеря равняется 1,33 вольта въ О Е. Слѣдова-

тельно через нее придется пропускать число амперъ на  $\frac{2,1}{1,33}$  т. е. на 2 меньше. Отсюда слѣдуетъ, что точка раздѣла будетъ въ Е, слѣдовательно 3 ампера идутъ изъ С по направлению CD. Вся потеря на CDE будетъ слѣдовательно  $1,41 + 1 = 2,41$  вольта.

Какова должна быть сила тока въ вѣтви О С, чтобы паденіе потенциала въ ОСDE равнялось приблизительно 12,5 вольта? Остается для ОС  $12,5 - 2,41 = 10,09$  вмѣсто 9,7, какъ это было при первомъ распредѣленіи. Но потеря въ этой вѣтви на амперъ средней силы тока равняется 0,75, слѣдовательно через нее можно пропустить на  $\frac{10,0 - 9,7}{0,75}$ , т. е. на 1 амперъ больше.

Такимъ образомъ сила тока, входящаго въ ОС, будетъ равна 17 амперамъ. Такъ какъ 3 ампера проходятъ по CD, то 7 амперъ пойдутъ по СВ, такъ что эта сторона даетъ 2 ампера для питанія вѣтви В.



Фиг. 519.

Такимъ же образомъ легко повѣрить, что точка раздѣла въ петлѣ О А В есть мѣсто отвѣтвленія въ 15 амперъ и что для полученія средней величины потери отъ О до этой точки, равной 16,5, нужно, чтобы изъ О входилъ токъ силою около 23 амперъ и чтобы токъ въ 2 ампера шелъ изъ В къ той же точкѣ раздѣла. слѣдовательно въ вѣтвь О В входятъ 38 амперъ.

Распредѣленіе токовъ становится таковымъ, какое указано на фиг. 519. Это новое распредѣленіе даетъ въ О В потерю приблизительно въ 15 вольтъ, а въ О С В потерю въ 16,7 вольтъ.

Можно было бы вновь сдѣлать вычисленіе, чтобы получить среднюю потерю въ 15,8 но это не нужно и вотъ по какимъ причинамъ:

При вычисленіяхъ мы не обращали вниманія на десятыя доли ампера; никотда не извѣстно точно положеніе отвѣтственныхъ въ проектируемой сѣти; длины берутся для облегченія вычисленій въ круглыхъ цифрахъ и увеличиваются по крайней мѣрѣ на 10%, чтобы принять во вниманіе неточность плановъ и обходы, которые должны дѣлать кабели, встрѣчая какое нибудь препятствіе подъ землей, если линія подземная, и надъ ней, если линія воздушная.

При такой неточности данныхъ описанный приближенный методъ вполне достаточенъ. Кромѣ быстроты вычисленій, онъ имѣетъ передъ методомъ Герцога и Штарка то преимущество, что даетъ возможность во время самихъ вычисленій замѣтить грубую ошибку. Онъ позволяетъ сразу опредѣлить плотность тока, при которой работаютъ кабели. Наконецъ его быстрота даетъ возможность легко изучить для сѣти нѣсколько комбинацій кабелей и, слѣдовательно, выбрать наиболѣе экономичную комбинацію.

**767. Отвѣтвленія къ абонентамъ.** Послѣ изученія городской сѣти, слѣдуетъ перейти къ отвѣтвленіямъ, идущимъ къ абонентамъ.

При распредѣленіи по трехпроводной системѣ слѣдуетъ соединять абонентовъ поочередно съ той и другой цѣпью. Абоненты, у которыхъ установлено много лампъ, соединяются съ обѣими цѣпями; такимъ образомъ, уменьшаются по возможности токи въ нейтральномъ проводникѣ.

Наибольшее паденіе напряженія, допускаемое въ частныхъ установкахъ, не превосходитъ обыкновенно 2% кромѣ цѣпей, питающихъ дуговые лампы, гдѣ паденіе достигаетъ 15—20%. Силы токовъ, которыя могутъ быть допущены въ проводникахъ, проложенныхъ внутри зданій, не должны превосходить тѣхъ, которыя указаны въ таблицѣ § 474. Въ этой таблицѣ

указаны и потери напряженія на километрѣ проволокъ различныхъ діаметровъ. Видъ изоляціи проводовъ выбирается на основаніи указаній, приведенныхъ § 761.

Для регулировки паденія напряженія въ отвѣтвленныхъ цѣпяхъ внутренней сѣти, а также для облегченія прокладки и содержанія такой сѣти, существуютъ нѣкоторые правила, санкціонированныя практикой.

Прежде при прокладкѣ проводовъ дѣлали ошибку, устраивая, какъ для газа, вѣтвь отъ уличныхъ проводовъ, которая проходила черезъ всѣ этажи освѣщаемого зданія. Отъ этой вѣтви уже шли отвѣтвленія къ лампамъ. Предохранители ставились наудачу, часто въ трудно доступныхъ мѣстахъ или вблизи прерывателей, благодаря чему они находились далеко отъ мѣстъ, откуда идутъ отвѣтвленія, и гдѣ они должны были-бы находиться.

Въ настоящее время поступаютъ слѣдующимъ образомъ: Провода соединяютъ счетчикъ съ распредѣлительной доской, отъ которой идутъ цѣпи, питающія каждая группу въ 5—6 лампъ; цѣпи снабжены двойными предохранителями, расположенными на доскѣ, которыя поэтому легко всегда осмотрѣть.

Лампы соединяются съ проводами болѣе тонкими проволоками. Проводники вычисляютъ такъ, чтобы все паденіе напряженія не превосходило допущенныхъ предѣловъ.

Въ домѣ средней величины, обитаемомъ однимъ семействомъ, устраиваютъ одну доску, помѣщаемую въ rez-de-chaussée, на которой сосредоточиваютъ всѣ предохранители и откуда идутъ цѣпи, питающія 5—6 лампъ. Отдѣльные предохранители оставляютъ только при началѣ гибкихъ проводовъ, идущихъ къ лампамъ. Въ домахъ, гдѣ много квартиръ, приходится, конечно, разсматривать каждую квартиру, какъ отдѣльное жилище. Въ этомъ случаѣ въ rez-de-chaussée или подвалѣ помѣщается главная распредѣлительная доска; затѣмъ доски помѣщаются во всѣхъ этажахъ, а въ случаѣ надобности и въ отдѣльныхъ квартирахъ.

Этотъ способъ даетъ отличную гарантію безопасности и при немъ различныя цѣпи остаются совершенно независимыми, благодаря чему уменьшается число тухнущихъ лампъ при разрывѣ какого нибудь провода.

**768.** Предварительныя проекты освѣщенія желѣзнодорожныхъ станцій, заводовъ и другихъ большихъ зданій. Правила, которыми руководствуются при распредѣленіи электричества въ городахъ, примѣняются также къ частнымъ установкамъ, имѣющимъ свою генераторную станцію. Смотря по величинѣ этихъ установокъ принимаютъ систему распредѣленія переменными токами высокаго напряженія или трехпроводную систему распредѣленія постоянными токами при напряженіи въ 220 вольтъ, или систему распредѣленія по двумъ проводамъ при напряженіи въ 110 вольтъ.

Мы предположимъ, что выбрана послѣдняя система, наиболѣе распространенная.

Первое, что надо сдѣлать при составленіи проекта, это отмѣтить на планѣ число, родъ и мѣста лампъ, которыя требуется установить. Въ § 738 можно найти данныя, достаточныя для опредѣленія числа лампъ накаливанія.

Эти лампы питаются при большихъ установкахъ фидерами, идущими отъ главной распредѣлительной доски, соединенными въ выбранныхъ соответствующимъ образомъ мѣстахъ съ сѣтью, состоящей часто изъ одной петли. Точки соединеній сѣти съ фидерами, въ которыхъ поддерживается постоянная разность потенциаловъ по указаніямъ вольтметровъ, соединенныхъ съ ними тонкими проволоками, выбираются такъ, чтобы регулировать по возможности напряженіе у лампъ.

Съ сѣтью соединяются второстепенныя распредѣлительныя доски, отъ которыхъ идутъ цѣпи въ 5—6 лампъ, какъ это мы видѣли въ предыдущемъ параграфѣ. Форма, которую должны имѣть петли сѣти, зависитъ отъ мѣста, на которомъ сѣть находится. Такъ, если зданіе составляютъ прямоугольникъ, то дѣлаютъ и петлю прямоугольной.

Задаютъ себѣ съ одной стороны потерю въ фидерахъ, съ другой—потери въ сѣти и вѣтвяхъ, идущихъ къ лампамъ. На основаніи этихъ данныхъ легко опредѣлить сѣченія проводниковъ. Какъ мы видѣли въ § 766, если  $l$  обозначаетъ длину каждаго проводника въ метрахъ, удваиваемую для того, чтобы принять во вниманіе обратный проводъ,  $s$ —сѣченіе провода въ кв. миллиметрахъ, а  $v$ —потерю въ вольтахъ, то

$$v = \frac{l i}{60s};$$



откуда

$$s = \frac{l i}{60v}.$$

Если въ рядѣ проводовъ, для которыхъ

$$V = \Sigma \frac{l i}{60s},$$

плотность тока  $\frac{i}{s} = \delta$  постоянна, то потеря напряженія въ нихъ зависитъ только отъ длины.

Чтобы облегчить прокладку и не дѣлать число типовъ употребляемыхъ кабелей слишкомъ большимъ, часто для цѣпей въ 5 лампъ примѣняютъ всюду провода одинаковаго сѣченія.

Для опредѣленія этого сѣченія можно предположить, что отвѣтвленія къ лампамъ, вмѣсто того чтобы распредѣляться по всей длинѣ проводовъ, сгруппированы въ одной точкѣ, находящейся на равныхъ разстояніяхъ отъ крайнихъ отвѣтвленій.

Если напимѣръ принять  $s=2$  кв. мил.,  $v=0,5$  вольтъ, а  $i=2,5$  амперъ, то средняя двойная длина, которую могутъ имѣть цѣпи, равна

$$l = \frac{0,5 \times 60 \times 2}{2,5} = 24 \text{ метра}$$

Если допустить такую же потерю въ проволокахъ, идущихъ къ каждой лампѣ, и если ихъ сѣченіе равняется 1,5 кв. мил., то

$$l = \frac{0,5 \times 60 \times 1,5}{0,5} = 90 \text{ метровъ.}$$

Слѣдовательно эти провода позволяютъ имѣть лампы, достаточно удаленныя одна отъ другой.

Дуговыя лампы употребляются особенно для освѣщенія открытых пространствъ и большихъ помѣшеній. Задаютъ себѣ среднее освѣщеніе, которое надо получить, и по формуламъ § 738 опредѣляютъ радіусъ круга, который можетъ освѣтить одна лампа. На планѣ освѣщаемой поверхности вычерчиваютъ столько круговъ этого радіуса, сколько нужно, чтобы заполнить ее всю. Если освѣщаемая поверхность окружена бѣлыми стѣнами, которыя разбиваютъ падающій на

нихъ свѣтъ, то можно между кругами оставлять нѣкоторое пространство.

При распредѣленіи токами въ 110 вольтъ дуговья лампы соединяются попарно послѣдовательно и часто питаются особыми проводами, идущими отъ главной распредѣлительной доски, находящейся въ машинномъ помѣщеніи. Находящіяся рядомъ лампы не включаются въ одну и ту же цѣпь, чтобы въ случаѣ порчи одной изъ цѣпей пространство осталось все-таки освѣщеннымъ.

Провода вычисляются такъ, чтобы насколько возможно уменьшить добавочныя сопротивленія, помѣщаемыя на доскѣ для каждой цѣпи изъ двухъ дуговыхъ лампъ. Однако не слѣдуетъ превосходить предѣльной безопасной плотности тока (§ 474). Вычисленіе дѣлается по формулѣ

$$s = \frac{l i}{60e}.$$

Для опредѣленія діаметра проволоки, изъ которой приготовляются добавочныя сопротивленія, примѣняютъ формулу

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \rho i^2}{k \pi^2}},$$

гдѣ  $d$  есть діаметръ проволоки въ сантиметрахъ,  $\rho$ —удѣльное сопротивленіе металла въ омъ-сантиметрахъ,  $i$ —сила тока въ амперахъ и  $k$ —отношеніе числа теряемыхъ ваттъ къ поверхности (въ сантиметрахъ), необходимой для ихъ разсѣянія безъ слишкомъ сильнаго нагрѣванія проволоки. Это отношеніе часто равняется 5 кв. сант. на ваттъ, т. е.  $k=0,2$ . Зная діаметръ проволоки, легко опредѣлить ея длину по потерѣ напряженія  $v=ir$ , которая должна быть въ добавочномъ сопротивленіи.

Когда дуговья лампы должны отстоять отъ машины болѣе 300 метровъ, выгодно съ точки зрѣнія сбереженія на проводахъ составлять группы изъ нѣсколькихъ лампъ, соединенныхъ послѣдовательно, включая однако всегда сосѣднія лампы въ различныя цѣпи, чтобы помѣшать общему поту-ханію.

Мѣста проводовъ тщательно помѣчаются на планахъ освѣщаемыхъ мѣстъ, чтобы можно было опредѣлить длину кабелей.

Ее увеличиваютъ на 10—20%, принимая во вниманіе препятствія и обходы, не изображенныя на планахъ. Точно также обозначаются положенія лампъ и второстепенныхъ досокъ.

Къ плану прибавляютъ списокъ требуемыхъ проводовъ, въ которомъ даны для каждого провода длина туда и обратно, допускаемая потеря въ вольтахъ, сила тока, сѣченіе, конструкція кабеля, вѣсъ его и плотность тока. Эти элементы позволяютъ опредѣлить стоимость канализаціи.

Предварительный проектъ оканчиваютъ, вычисляя генераторную установку. Число и величину динамомашинокъ, а если надо и аккумуляторовъ, опредѣляютъ на основаніи данныхъ, приведенныхъ раньше.

**769. Условіе, заключаемое при установкѣ электрическаго освѣщенія.** Чтобы показать, какъ примѣняются правила безопасности, принятые для установокъ электрическаго освѣщенія, мы приведемъ здѣсь образецъ условій, заключаемыхъ при устройствѣ электрическаго освѣщенія въ театрахъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ должны быть приняты всевозможныя предосторожности какъ относительно безопасности отъ пожара, такъ и относительно потуханія свѣта.

*Предметъ предпріятія.* Предпріятіе состоитъ въ поставкѣ и установкѣ всѣхъ механическихъ и электрическихъ приборовъ и машинокъ необходимыхъ для освѣщенія театра N... Эти приборы и машины, детальное описаніе которыхъ находится въ слѣдующихъ параграфахъ, суть главнымъ образомъ слѣдующіе:

**А.** Два водотрубныхъ котла съ поверхностью нагрѣва въ 80 кв. метровъ, съ питательнымъ насосомъ, дымовой трубой и всѣми другими аксессуарами.

**В.** Двѣ одинаковыя паровыя машины, съ взаимно замѣняющимися частями, могущія дать каждая въ 50 индикаторныхъ силъ.

**С.** Двѣ одинаковыя динамоэлектрическія машины, съ взаимно замѣняющимися частями, каждая въ 25 киловаттовъ. Каждая динамомашина должна приводиться въ движеніе отдѣльнымъ двигателемъ непосредственно или при посредствѣ одного ремня. Угловая скорость паровыхъ двигателей и динамомашинокъ должна быть по возможности меньше.

*D.* Одна турбина съ автоматическимъ регуляторомъ скорости, могущая развить 8 полезныхъ силъ при давленіи въ 5 атмосферъ, подъ которымъ вода доставляется изъ городского водопровода. Эта турбина должна приводить въ движеніе вентиляторъ, который будетъ доставленъ лицомъ, принявшимъ на себя отопленія театра, а также динамомашину, предназначенную для освѣщенія во время репетицій.

*E.* Одна динамоэлектрическая машина въ 2 киловатта.

*F.* 862 лампы накаливанія, относительно которыхъ подробности находятся ниже.

*G.* 8 дуговыхъ лампъ, канализація и всѣ аксессуары, необходимые для дѣйствія установки.

*Котлы.* Оба котла должны быть типа трубчатыхъ или многотрубныхъ, чтобы испареніе происходило быстро. Каждый изъ нихъ долженъ имѣть поверхность нагрѣва въ 80 кв. метровъ (поверхность, находящаяся въ соприкосновеніи съ газами) и выдерживать давленіе въ 8 атмосферъ. Оба котла должны удовлетворять требованіямъ бельгійскихъ законовъ и предписаній, касающихся котловъ. Цилиндрическія тѣла котловъ должны быть снабжены оболочкой, которая уменьшала бы по возможности потерю тепла.

Котлы должны быть соединены автоматическими клапанами съ паровымъ резервуаромъ, отъ котораго идутъ трубы къ паровымъ машинамъ и къ приборамъ, служащимъ для отопленія. Эти вѣтви должны быть снабжены трубами для спуска воды въ сточные каналы и для выпуска пара въ дымовую трубу.

Предприниматель долженъ поставить питательный бакъ изъ листового желѣза, вмѣстимостью въ 5 куб. метровъ, съ указателями уровня и краномъ для выпуска воды. Въ этотъ бакъ должна поступать вода изъ приборовъ, служащихъ для отопленія, а также часть воды изъ турбины. Питательный паровой насосъ и запасной инжекторъ должны перекачивать воду изъ бака или въ оба котла сразу, или въ каждый изъ нихъ отдѣльно.

Особый кранъ долженъ позволять наполнять котлы изъ водопровода, безъ помощи насосовъ.

Дымовая труба, круглаго сѣченія, должна имѣть по крайней мѣрѣ 30 метровъ вышины надъ уровнемъ дымоходовъ.

Паропроводныя трубы должны быть желѣзныя тннутыя, покрытыя задерживающимъ тепло составомъ лучшаго качества.

Около двигателей должны быть установлены приборы, удерживающіе воду, уносимую паромъ изъ котла и происходящую, вслѣдствіе конденсаціи пара въ трубахъ, съ автоматическими кранами въ сточныя трубы.

Потребленіе топлива на индикаторную силу въ двигателяхъ должно быть опредѣлено предпринимателемъ.

*Паровыя двигатели.* Обѣ паровыя машины должны быть установлены на фундаментахъ, составляющихъ одно цѣлое съ фундаментами динамомашинъ, изолированныхъ отъ земли разными веществами, препятствующими распространенію сотрясеній.

Расширеніе въ двигателяхъ должно мѣняться посредствомъ регулятора. Каждый двигатель долженъ давать 50 индикаторныхъ силъ при давленіи въ 6 атмосферъ и при самомъ экономичномъ расширеніи. Двигатели должны производить работу на 25% больше нормальной въ случаѣ перегрузки динамомашинъ безъ того, чтобы приходилось касаться паровпускнаго крана. Ремни должны быть вычислены для этой работы. Смазываніе распредѣлительныхъ органовъ и цилиндра должно производиться при помощи пара.

Машины должны работать безъ толчковъ и безъ шума. Они должны имѣть краны, позволяющіе выпускать отработавшій паръ безразлично или въ приборы, служащіе для отопленія, или прямо въ воздухъ.

Паръ, при выходѣ изъ машинъ, долженъ проходить черезъ пріемникъ достаточной емкости для уничтоженія шума. Этотъ пріемникъ долженъ быть снабженъ автоматическимъ краномъ для спуска воды въ сточныя каналы.

Машины должны быть пригнаны со всѣми предосторожностями, принимаемыми лучшими конструкторами.

Въ случаѣ, если паровыя машины будутъ соединены съ динамомашинами непосредственно, для соединенія должны быть употреблены эластичныя муфты, подобныя муфтѣ Раффара.

*Динамомашинны въ 25 киловаттовъ.* Обѣ большія динамомашинны, съ параллельнымъ возбужденіемъ, должны давать

каждая 25 киловаттовъ при напряженіи въ 110 вольтъ. Онѣ должны быть снабжены регуляторами магнитнаго поля, достаточными для измѣненія напряженія на 10% въ ту или другую сторону отъ нормальнаго.

Динамомашинны должны быть въ состояніи доставлять токъ на 25% превосходящій нормальный, безъ того чтобы температура арматуры послѣ 6 часовъ работы превзошла болѣе чѣмъ на 60° температуру окружающаго воздуха. Эта граница принята съ цѣлью имѣть возможность, въ случаѣ порчи одной изъ группъ машинъ, питать строго необходимое число лампъ въ театрѣ отъ второй группы.

У каждого щеткодержателя должны быть по крайней мѣрѣ двѣ щетки. Во время нормальнаго хода машинъ на коллекторѣ не должно быть видимыхъ искръ. Для каждой динамомашинны долженъ быть поставленъ запасный коллекторъ и два комплекта щетокъ.

Динамомашинны должны быть снабжены приспособленіями для регулированія натяженія ремней во время хода.

Должны быть поставлены непромокаемые чехлы для покрытія машинъ во время закрытія театра.

Комбинированная отдача паровыхъ двигателей и динамомашинъ не должна быть меньше 75%, т. е. каждая динамомашинна должна давать по крайней мѣрѣ  $37\frac{1}{2}$  полезныхъ электрическихъ силъ на 50 индикаторныхъ силъ двигателя.

Гарантированныя отдачи машинъ и потребление топлива должны сохранять свои величины даже въ томъ случаѣ, если доставляемое количество энергіи отличается отъ нормальнаго на 25% въ ту или другую сторону.

*Турбина.* Турбина должна давать 8 полезныхъ силъ при давленіи въ 5 атмосферъ. Автоматическій регуляторъ не долженъ давать скорости мѣняться болѣе чѣмъ на 6%, каковы бы ни были измѣненія нагрузки.

Потребленіе воды для 8 силъ турбиной не должно превосходить 60 куб. метровъ въ часъ.

Турбина должна имѣть шкивъ для соединенія съ вентиляторомъ.

*Динамомашинна въ 2 киловатта.* Динамомашинна въ 2 киловатта должна непосредственно приводиться въ движеніе

турбиной, для чего послѣдняя должна быть соединена съ первой муфтой Раффара. Обѣ машины должны быть установлены на общемъ фундаментѣ, изолированномъ отъ земли мягкими веществами.

Динамомашинна должна имѣть параллельное возбужденіе и должна быть снабжена регуляторомъ магнитнаго поля, достаточнымъ для измѣненія напряженія на 10% въ ту или другую сторону отъ нормальнаго (т. е. отъ 110 вольтъ).

*Распределительная доска въ машинномъ помѣщеніи.* Всѣ соединенія позади доски должны быть легко доступны.

Доска, мраморная или аспидная, должна имѣть двѣ главныя распределительныя полосы, которыя черезъ три амперметра можно было бы соединять съ тремя динамомашинами и отъ которыхъ шли бы вѣтви къ лампамъ. Измѣрительные приборы должны быть помѣщены такъ, чтобы на нихъ не дѣйствовали токи, проходящіе по проводникамъ, проложеннымъ по доскѣ.

Предохранители и прерыватели, помѣщаемые у началъ отвѣтвленій, должны быть двойные.

Для каждой динамомашинны долженъ имѣться отдѣльный вольтметръ. Указатель земнаго сообщенія и вольтметръ со звонкомъ долженъ быть одинъ для всей установки.

Особое приспособленіе должно препятствовать включенію динамомашинны въ сѣть, пока она не будетъ возбуждена.

Соединеніе лампъ съ доской должно быть слѣлано такъ, чтобы въ случаѣ порчи одной изъ группъ машинъ, механикъ могъ бы простымъ поворотомъ коммутатора потушить всѣ лампы, горѣніе которыхъ не необходимо. Освѣщеніе сцены и зрительной залы при этомъ должно оставаться неизмѣннымъ; для освѣщенія же остальныхъ мѣстъ должно оставаться только строго необходимое число лампъ.

Особая цѣпь, идущая отъ доски, должна позволять зажигать двѣ лампы въ рампѣ и пять въ оркестрѣ во время репетицій. На распределительной доскѣ должны находиться также прерыватели отъ всѣхъ дуговыхъ лампъ, кромѣ установленныхъ на сценѣ. Каждая группа изъ двухъ лампъ должна быть снабжена индикаторомъ и переменнымъ сопротивленіемъ.

*Театральный коммутаторъ (jeu d'orgue).* Къ театральному коммутатору сходятся всѣ цѣпи изъ валы и со сцены, служащія для свѣтовыхъ эффектовъ. Эти цѣпи должны быть присоединены черезъ посредство двухполюсныхъ прерывателей и двухполюсныхъ предохранителей. Число вѣтвей должно быть достаточно, чтобы было возможно сосредоточить на коммутаторѣ всѣ предохранители сцены, удовлетворяя все-таки условіямъ установки этихъ приборовъ.

Свѣтъ лампъ, находящихся въ залѣ, лампъ каждой кулисы, лампъ софитовъ и рампы, а также всѣхъ остальныхъ лампъ, служащихъ для освѣщенія сцены, надо имѣть возможность градуировать при помощи реостатовъ, расположенныхъ у коммутатора и снабженныхъ достаточнымъ числомъ контактовъ, чтобы напряженіе можно было мѣнять по  $\frac{1}{2}$  вольта отъ 110 до 100 вольтъ, по 1 вольту отъ 100 до 90 и по 2 вольта отъ 90 до полного потуханія лампъ.

Рукоятки реостатовъ надо имѣть возможность сцеплять во всякомъ числѣ, чтобы при помощи одной рукоятки управлять нѣсколькими реостатами.

Реостаты должны быть заключены въ разборный ящикъ изъ листового желѣза, въ которомъ должны быть продѣланы отверстія. Они должны находиться по крайней мѣрѣ на разстояніи 30 сант. отъ всякихъ воспламеняющихся предметовъ и должны быть легко доступны для починокъ. Проволоки, изъ которыхъ состоятъ реостаты, должны быть вычислены такъ, чтобы ихъ температура не превышала болѣе чѣмъ на 40° Ц. окружающую температуру, когда по нимъ проходитъ наибольшій токъ.

У коммутатора долженъ находиться вольтметръ, указывающій напряженіе въ питающихъ проводахъ, который можно было бы соединять со всякой изъ группъ лампъ.

Система вызововъ должна позволять сообщаться съ машиннымъ помещеніемъ.

Всѣ приборы на коммутаторѣ должны быть расположены такъ, чтобы ими было легко управлять одному человѣку, причемъ онъ долженъ стоять такъ, чтобы видѣть сценическіе эффекты, которые онъ производитъ.

*Проводники.* Проводники должны быть изъ луженой мѣди,



удѣльное сопротивленіе которой должно равняться 1,616 микрамъ—сант. при 0° Ц., а плотность 8,9. Они должны быть покрыты слоемъ чистаго каучука, слоемъ вулканизированнаго каучука, лентой, пропитанной кремнеземомъ, и слоемъ манильскаго джута, тоже пропитаннаго кремнеземомъ. Каучукъ для изоляціи долженъ выдерживать температуру въ 132° Ц. въ теченіе часа въ сухой банѣ, а температуру въ 160° Ц. во влажной банѣ въ теченіе 3-хъ часовъ.

Провода, идущіе къ подвижнымъ лампамъ на сценѣ, должны быть еще обшиты кожей.

Въ мѣстахъ, недоступныхъ для публики, кабели, до которыхъ нельзя достать рукой, могутъ быть натянуты на фарфоровыхъ изоляторахъ. Эти изоляторы должны отстоять другъ отъ друга на 50 сант. по направленію кабеля. Кабели же, идущіе отъ разноименныхъ полюсовъ, должны отстоять другъ отъ друга на 15 сант.

Въ остальныхъ мѣстахъ кабели должны быть проложены въ рейкахъ. Провода, идущіе отъ разноименныхъ полюсовъ, должны отстоять не менѣе 15 мил. другъ отъ друга.

Для неподвижныхъ проводовъ, помѣщаемыхъ внутри изолирующихъ, непроницаемыхъ и негоряемыхъ прокладокъ, можно удовольствоваться меньшимъ изолирующимъ слоемъ.

Наибольшія плотности тока, допускаемыя въ проводахъ, должны быть слѣдующія:

4 амп. на кв. мил. для проволоки съ сѣченіемъ меньше 5 кв. мил.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|---|---|
| 3 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | 15         | " | " |
| 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | 100        | " | " |
| 1 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | больше 100 | " | " |

При вычисленіи проводовъ для лампъ накаливанія считается по 4 ватта на свѣчу.

Запрещается употреблять проволоки, сѣченіе которыхъ меньше 1½ кв. мил. Провода, сѣченіе которыхъ больше 3 кв. мил., должны быть сплетены изъ нѣсколькихъ проволокъ.

Цѣны дуговыхъ лампъ должны вычисляться для токовъ вдвое болѣе сильныхъ, чѣмъ нормальные.

Сращиваніе проводовъ должно дѣлаться очень прочно. Мѣста соединеній не должны быть проницаемы для воды и

изоляция ихъ должна быть такова же, какъ изоляція проводовъ. Паяніе надо производить безъ кислотъ. Штенселя для передвижныхъ лампъ на сценѣ, т. е. для софитовъ, кулисъ и прожекторовъ, должны быть закрыты и помѣщены такимъ образомъ, чтобы искры, происходящія при выниманіи штенселя, не могли зажечь чего нибудь.

Провода, проходящіе сквозь стѣны, потолки и полъ, должны быть защищены трубками изъ изолирующаго, негоряемаго матеріала. Эти трубки на верхней поверхности пола должны быть закрыты желѣзными трубками, возвышающимися на 10 сант.

Въ мѣстахъ скрещенія проводовъ, идущихъ отъ различныхъ полюсовъ генераторовъ, въ мѣстахъ встрѣчи проводовъ съ металлическими трубами, провода должны быть защищены слоемъ твердаго, негоряемаго вещества по крайней мѣрѣ въ 5 мил. толщины.

При скрещеніи электрическихъ проводовъ съ паропроводами между ними должно быть оставлено пространство въ 15 сант.

*Плавкіе предохранители.* При началѣ каждой вѣтви, по которой проходитъ болѣе 5 амперъ, долженъ быть помѣщенъ двойной предохранитель.

Оправы и крышки предохранителей должны быть негоряемы.

Предохранители должны быть сгруппированы на второстепенныхъ доскахъ, помѣщенныхъ въ доступныхъ мѣстахъ. Эти доски должны закрываться крышками, запираемыми замками одного типа.

Предохранители должны быть отмѣчены номеромъ, которымъ отмѣчается также въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и защищаемый ими проводъ. На нихъ должны быть также отмѣчены нормальныя силы токовъ, для которыхъ они предназначены.

Плавкія свинцовыя проволоки можно употреблять только при томъ условіи, что онѣ будутъ припаиваться къ оправѣ. Кредпочтительно употреблять олово и неокисляемые сплавы. Плавкія пластинки для токовъ больше 15 амперъ должны состояться изъ пучковъ несоприкасающихся проволокъ.

*Коммутаторы и прерыватели.* Коммутаторы и прерыватели для токовъ больше 10 амперъ должны быть двухполюсные. Поверхности контактовъ должны быть рассчитаны такъ, чтобы на кв. мил. приходилась  $\frac{1}{5}$  ампера.

Прерыватели должны имѣть несгораемые подставки и крышки. Они должны быть быстродействующими. Разстоянія между металлическими частями должны препятствовать образованію постоянныхъ дугъ. Прерыватели должны быть размѣщены въ фойе, буфетахъ и переднихъ, чтобы можно было тушить половину лампъ во время хода пьесы.

*Лампы накаливанія и дуговая лампы.* Передвижныя лампы накаливанія не допускаются нигдѣ, кромѣ сцены, гдѣ соединенія для нихъ должны быть сдѣланы со всѣми предосторожностями, предписанными выше.

Лампы должны быть укрѣплены на прочныхъ люстрахъ, бра и т. п.

Поставка лампъ, считая запасъ въ 25%, составляетъ часть предпріятія. Предприниматель долженъ поставить лишнихъ 10% ламповыхъ шаровъ и 25% плавкихъ пробокъ и пластинъ.

Предприниматель долженъ также доставить и установить кулисы, софиты и рампу. Всѣ эти предметы должны быть закрыты металлическими сѣтками, чтобы помѣшать лампамъ прикасаться къ окружающимъ предметамъ.

Для производства сценическихъ эффектовъ на рампѣ должны быть установлены лампы бѣлыя, зеленныя и красныя.

Дуговые лампы, предназначенныя для сцены, должны быть заключены въ закрытые прожекторы, позволяющіе быстро направлять свѣтовой пучекъ по различнымъ направленіямъ. На пути лучей надо имѣть возможность ставить красныя и зеленныя стекла.

Добавочныя сопротивленія для этихъ лампъ должны быть помѣщены у театрального коммутатора. Подвѣшенныя дуговые лампы должны быть снабжены опаловыми шарами въ сѣткахъ и пепельницами. Фонари и столбы для дуговыхъ лампъ составляютъ часть предпріятія.

*Изоляція установки и потеря напряженія.* Сопротивленіе изоляціи всей электрической сѣти, включая машины, провода,

лампы и другіе приборы, черезъ которые проходить токъ, должно быть не меньше 5000 омъ.

Потеря напряженія между динамомашинами и лампами накаливанія не должна превосходить 3 вольтъ.

*Общія условія.* Ст. I. Предприниматель принимаетъ на себя поставку всѣхъ аксессуаровъ для машинъ и для канализаціи, не поименованныхъ въ настоящемъ условіи, но необходимыхъ для дѣйствія установки, включая сюда фундаменты для машинъ и кладку для котловъ. Всѣ приборы должны быть установлены и готовы къ работѣ.

Ст. II. Предприниматель принимаетъ на себя всѣ работы и всю поставку.

Ст. III. Предприниматель гарантируетъ въ продолженіи двухъ лѣтъ все поставленное и всѣ работы, исключая лампъ накаливанія, углей для дуговыхъ лампъ и щетокъ для динамомашинъ, покупать которыя городъ можетъ гдѣ пожелаетъ.

Всѣ недостаточно хорошія части поставки должны быть замѣнены новыми на счетъ предпринимателя во все время, пока продолжается гарантія, въ теченіе 15 дней послѣ заявленія, послѣ чего замѣна будетъ сдѣлана городомъ тоже на счетъ предпринимателя.

Предприниматель долженъ составить комплектъ служащихъ при установкѣ и долженъ слѣдить за ней такъ, чтобы онъ могъ принять на себя всю отвѣтственность, безъ всякаго за то вознагражденія отъ города.

Ст. IV. Предприниматель долженъ приложить при своихъ условіяхъ слѣдующее:

А. Подробную смѣту.

В. Подробные планы и чертежи машинъ, служащихъ для производства электрической энергіи, съ ихъ фундаментами.

С. Копію плановъ освѣщенныхъ мѣстъ, а также путей проводовъ, ихъ сѣченій и нормальныхъ силъ токовъ, которые будутъ проходить по нимъ. На планѣ предохранители и провода должны быть означены нумерами.

Д. Образцы кабелей, прерывателей, предохранителей, изоляторовъ и другихъ аксессуаровъ, которые будутъ употреблены при установкѣ освѣщенія.

Е. Рисунки бра, люстръ, столбовъ и т. п., которые онъ долженъ поставить.

Ст. V. Предприниматель долженъ указать на систему, имя конструктора и мѣсто завода, на которомъ строятся всѣ поставляемые имъ приборы, образцовъ которыхъ онъ не доставить.

Ст. VI. Исключая котельнаго и машиннаго зданія, всѣ работы, требуемыя для электрической установки, должны быть произведены предпринимателемъ на свой счетъ. Онъ долженъ также произвести поправки всѣхъ порчъ, вызванныхъ устройствомъ установки.

Ст. VII. Если городъ признаетъ нужнымъ уменьшить или увеличить работы и поставку, то предприниматель долженъ подчиниться его требованіямъ. Въ первомъ случаѣ будетъ вычтена сумма, слѣдующая по смѣтѣ, во второмъ—заранѣе будетъ письменно установлена сумма.

Ст. VIII. Согласіе, образцы и планы должны быть представлены старшему инженеру не позже . . . числа . . . мѣсяца.

Ст. IX. Зданія, включая подвалы для установки машинъ и котловъ, будутъ предоставлены предпринимателю не позже . . . числа . . . мѣсяца.

Городъ передаетъ предпринимателю, черезъ мѣсяцъ послѣ заключенія условія, всѣ люстры и т. п., необходимыя для установки лампъ въ зрительномъ залѣ и фойе, всѣ же остальные приборы для установки лампъ должны быть доставлены предпринимателемъ.

Ст. X. Работы должны быть исполнены закончены черезъ пять мѣсяцевъ послѣ заключенія условія, подъ страхомъ штрафа въ 100 фр. за каждый просроченный день.

Ст. XI. Городъ оставляетъ за собой право свободного выбора предпринимателя.

Ст. XII. Желаящіе принять предпріятіе на себя должны внести въ городскую кассу залогъ въ 6000 фр., и квитанція объ взносѣ должна быть предоставлена вмѣстѣ съ согласіемъ.

Въ случаѣ не заключенія условія залогъ долженъ быть возвращенъ не позже трехъ мѣсяцевъ послѣ взноса безъ всякихъ процентовъ.

Ст. XIII. Временная пріемка установки будетъ произведена въ теченіе трехъ мѣсяцевъ послѣ окончанія ея. Уплата за предпріятіе, исключая суммы залога, будетъ произведена немедленно послѣ пріемки. Залогъ будетъ возвращенъ по окончаніи срока гарантіи, когда будетъ произведена и окончательная пріемка.

Ст. XIV. Въ случаѣ недоразумѣній каждая сторона выбираетъ посредника. Если посредники не сойдутся, то они должны выбрать третье лицо, которое бы рѣшило согласіе. Въ случаѣ, если согласіе не состоится, дѣло передается Президенту Торговаго суда. Рѣшеніе суда посредниковъ не подлежитъ апелляціи.

Ст. XV. Копіи плановъ, нужныхъ для изученія установки, будутъ выдаваться желающимъ по уплатѣ суммы въ . . . . .

Ст. XVI. Согласія на условія должны быть написаны на французскомъ языкѣ. Иностранцы должны указать мѣстожительство въ Бельгіи.

---

# ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГІЯ.

---

770. Законы электрометаллургіи\*). Подъ именемъ электрометаллургіи мы будемъ подразумѣвать совокупность электрическихъ способовъ добычи и обработки металловъ.

Эти процессы, ограничившіеся долгое время одной гальванопластикой, начали развиваться съ того времени, какъ въ видѣ динамомашинъ явился дешевый источникъ электрической энергіи. Горныя страны, изобилующія водопадами, находятся въ особенно хорошихъ условіяхъ и настанетъ навѣрное день, когда онѣ будутъ въ состояніи обходиться безъ угля и обрабатывать посредствомъ электричества большую часть имѣющихся въ нихъ минераловъ.

Способы электрометаллургической обработки раздѣляются на два класса: по способамъ, принадлежащимъ къ первому классу и составляющимъ электрометаллургію мокрымъ путемъ, металлы обрабатываются въ видѣ соляныхъ растворовъ. Въ способахъ втораго класса, составляющихъ электрометаллургію

---

\*) Н. Ponthière, *L'Electrochimie et l'electrometallurgie*. Louvain, Peeters-Ruelens, 1886.

А. Minet, *Application de l'électricité à la chimie. La Lumière Electrique* 1889.

Gore, *The electrolytic separation of metals*. London, 1890.

Н. Fontaine. *Traité d'Electrolyse*. Paris, 1892.

сухимъ путемъ, пользуются электричествомъ для производства тепла и иногда для электролиза.

Электролитическое разложеніе, служащее основаніемъ большинства способовъ обработки, къ изученію которыхъ мы приступаемъ, подчиняться во-первыхъ законамъ *Фарадея и Беккерелла*, устанавливающимъ пропорціональность между количествами вещества, вступающаго въ реакціи и силою тока (§ 121). Законы эти могутъ быть выражены слѣдующимъ образомъ:

1. Вѣсовые количества разложенныхъ однимъ кулономъ электролитовъ пропорціональны молекулярнымъ вѣсамъ этихъ электролитовъ, если въ формулу, выражающую составъ вещества, входитъ только одинъ эквивалентъ электроотрицательнаго элемента.

Вмѣсто того, чтобы употреблять химическіе формулы  $\text{Ca Cl}^2$ ,  $\text{Fe}^2 \text{Cl}^2$  и т. п., для вычисленія слѣдуетъ принимать формулы электролитическія  $\text{Ca}^{\frac{1}{2}} \text{Cl}$ ,  $\text{Fe}^{\frac{1}{2}} \text{Cl}$  и т. д. При этомъ, если выражать количество каждаго элемента его химическимъ эквивалентомъ въ миллиграммахъ и если принять во вниманіе дробные коэффиціенты, то полученная сумма для всякаго электролита будетъ равна вѣсовому количеству, разложенному 96,3 кулонами. Если пользоваться атомными вѣсами, то для двухатомныхъ тѣлъ слѣдуетъ брать только половинный вѣсъ.

II. Законъ *Джоуля* гласитъ, что въ ваннѣ въ секунду развивается количество тепла, равное сопротивленію ванны, умноженному на квадратъ силы проходящаго черезъ нее тока.

III. Законъ *Кельвина (Томсона)*, опредѣляющій наименьшую электродвижущую силу, необходимую для электролиза, состоитъ въ слѣдующемъ:

Наименьшая электродвижущая сила пропорціональна теплотѣ образованія соединенія, при условіи введенія въ формулу состава одного эквивалента электроотрицательнаго элемента. Въ § 289 мы видѣли, что приложеніе этого закона подвергается нѣкоторымъ ограниченіямъ.

Если назвать черезъ  $c$  число калорій (гр.-град.) теплоты образованія электролитическаго эквивалента, вѣсъ котораго выраженъ въ миллиграммахъ, то электродвижущая сила выразится въ вольтахъ слѣдующимъ образомъ:

$$e = 0,043c.$$



IV. *Законъ Спрэга*, дополняющій предыдущій, гласитъ, что если смѣшано нѣсколько электролитовъ, то первымъ разлагается тотъ, теплота образованія котораго наименьшая.

Такъ разложеніе хлористаго хрома между нерастворимыми электродами, если разность потенціаловъ у электродовъ растетъ прогрессивно, даетъ на катодѣ сначала водородъ, потомъ окисъ хрома, потомъ закисъ хрома и наконецъ металлическій хромъ. Очень распространено мнѣніе, что соль разлагается на металлъ и кислотный радикалъ и что выдѣляющійся металлъ вступаетъ въ побочныя реакціи съ жидкостями и газами, окружающими катодъ. Но въ дѣйствительности различныя послѣдовательно выдѣляющіяся вещества соотвѣтствуютъ возрастающимъ электродвигательнымъ силамъ. Металлическій хромъ начинаетъ выдѣляться только тогда, когда разность потенціаловъ у электродовъ достигнетъ опредѣленной величины.

Однако при одновременномъ электролизѣ нѣсколькихъ тѣлъ происходятъ побочныя реакціи. Такъ разложеніе раствора сѣрнокислаго цинка требуетъ электродвижущей силы больше 1,5 вольта, при которой электролизуется вода. Поэтому оба разложенія идутъ одновременно, но болѣе легко возстановляемое тѣло, металлическая соль, разлагается въ большемъ количествѣ. Электролизъ воды не только вызываетъ совершенно лишнюю трату энергіи, но появляющійся водородъ дѣйствуетъ на металлическую соль и дѣлаетъ то, что осаждающійся на катодѣ металлъ становится чернымъ и порошкообразнымъ.

Плотность тока, т. е. отношеніе силы тока къ поверхности катода, принимается часто во вниманіе для опредѣленія условій, при которыхъ идетъ электролизъ. Плотность тока зависитъ отъ разности напряженій на электродахъ, отъ обратной электродвижущей силы въ ваннѣ, а также и отъ размѣровъ ванны. Поэтому понятіе о плотности тока позволяетъ однимъ числомъ выразить совокупность разныхъ признаковъ.

## ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ МОКРЫМЪ ПУТЕМЪ.

**771. Классификація.** Всѣ процессы, принадлежащіе къ классу электрометаллургіи мокрымъ путемъ, по результатамъ,

къ достиженію которыхъ стремятся, раздѣляются на четыре категоріи:

1. *Гальванопластика*, имѣющая цѣлью воспроизведеніе моделей.

2. *Образованіе металлическихъ отложеній*, служащихъ для приданія твердости или неизмѣяемости металлическимъ или инымъ предметамъ.

3. *Раффинировка (очистка) металловъ*.

4. *Обработка минераловъ*.

Съ другой точки зрѣнія электролитическіе процессы характеризуются употребленіемъ растворимыхъ и нерастворимыхъ анодовъ. Примѣромъ процессовъ перваго рода можетъ служить переносъ мѣди, происходящій между мѣдными электродами, погруженными въ растворъ мѣднаго купороса, черезъ который проходитъ токъ. Электролизъ этого же раствора помощью угольнаго или платиноваго электрода даетъ примѣръ процесса втораго рода.

Эти два рода процессовъ различаются количествомъ расходуемой энергіи: процессы перваго рода, позволяющіе утилизировать энергію растворенія анода въ электролизуемомъ растворѣ, требуютъ гораздо меньшаго расхода, чѣмъ процессы втораго рода.

Возьмемъ, напримѣръ, электролизъ мѣднаго купороса. Разложеніе соли требуетъ 28,4 калоріи (градусъ-граммъ) на эквивалентъ (милигр.), что соотвѣтствуетъ количеству энергіи въ 1,07 киловаттъ-часа на килограммъ выдѣленнаго металла. Когда анодъ нерастворимъ, то для разложенія электролита нужно затратить вышеуказанную работу, да еще работу, превращающуюся въ тепло по закону Джоуля.

Если, наоборотъ, анодомъ служитъ чистая мѣдь, то раствореніе этого металла въ кислотѣ, выдѣляемой при электролизѣ, даетъ всѣ 28,4 калори на эквивалентъ, такъ что энергія расходуется только на нагрѣваніе по закону Джоуля. Если анодомъ служитъ какое нибудь изъ сѣрнистыхъ соединений мѣди, то металлъ растворялся бы въ освобождающейся сѣрной кислотѣ, а сѣра осаждалась бы. Совокупность химическихъ реакцій ограничилась бы восстановленіемъ металла изъ соединенія, поглощающимъ 5,1 калорій на эквивалентъ.

При всѣхъ мокрыхъ процессахъ можно слѣдить очень хорошо за ходомъ операціи и можно градуировать токъ такимъ образомъ, что металлическія осажденія будутъ получаться вполне однородными. Когда въ ваннѣ находится смѣсь нѣсколькихъ солей, то получить на катодѣ чистый продуктъ тѣмъ легче, чѣмъ больше количество соли, изъ которой желаютъ возстановить металлъ и чѣмъ ея электродвижущая сила разложенія меньше сравнительно съ силами другихъ солей, находящихся въ ваннѣ. Обратное тоже справедливо, что даетъ возможность осаждать въ видѣ смѣсей или даже сплавовъ металлы, растворенные въ одинаковыхъ количествахъ, если ихъ теплоты образованія мало различаются другъ отъ друга.

**772. Диффузія въ ваннахъ. Плотность тока.** Электролизъ металлическаго соединенія вызываетъ измѣненія въ составѣ ванны вблизи электродовъ. Однородность состава поддерживается диффузіей, но составъ стремится обѣдниться около катода и обогатиться около растворимаго анода. Диффузія точно также стремится помѣшать застаиванію на днѣ ванны обогащеннаго раствора, при чемъ обѣдненная жидкость подымается на поверхность. Результатомъ такого раздѣленія жидкости на слой явилось бы неравномѣрное распредѣленіе плотности и неравномѣрное осажденіе. Кромѣ того, когда металлическій электродъ находится такимъ образомъ въ соприкосновеніи съ двумя слоями жидкости различной концентраціи, то на немъ происходитъ побочный электролизъ и часть, погруженная въ болѣе слабый растворъ, разѣдается, а на части, погруженной въ концентрированный растворъ, осаждается слой металла.

Обѣдненіе ванны по сосѣдству съ катодомъ способствуетъ разложенію примѣсей, находящихся въ электролитѣ, и слѣдовательно загрязненію отлагающагося металла. Иногда концентрація раствора вблизи вызываетъ осажденіе на этотъ электродъ кристалловъ соли. Поэтому выбираютъ растворы, въ когорыхъ диффузія происходила бы возможно лучше и въ случаѣ нужды помогаютъ ей, нагревая растворъ или заставляя жидкость циркулировать внутри ванны. Подогреваніе уменьшаетъ кромѣ того и сопротивленіе ванны.

Нѣкоторые соляные растворы, какъ напримѣръ растворъ мѣднаго купороса, требуютъ подкисленія для того, чтобы они давали однородные осадки. Но свободная кислота дѣйствуетъ тогда въ болѣе или менѣе сильной степени на металлъ, осаждающійся на катодѣ.

Плотность тока имѣетъ громадное вліяніе на характеръ отложенія. Если плотность мала, то отложенный металлъ получаетъ кристаллическое строеніе. При средней плотности тока отложеніе имѣетъ строенія литаго металла.

Наконецъ, если плотность тока слишкомъ велика, то на катодѣ отлагается металлъ въ видѣ черного порошка. На краяхъ электродовъ, гдѣ плотность часто гораздо больше, металлъ можетъ принять видъ комочковъ, слабо приставшихъ къ катоду.

Очень большая плотность тока можетъ помѣшать очень легко окисляемому металлу подвергнуться дѣйствию ванны. Это происходитъ при электролизѣ солей калия при помощи небольшого ртутнаго катода. Щелочной металлъ благодаря большой плотности тока не подвергается дѣйствию электролита и образуетъ съ ртутью амальгаму.

Въ помѣщаемой ниже таблицѣ приведены по *Gore* величины плотностей токовъ и разностей потенциаловъ для электролиза нѣкоторыхъ солей:

| Электролизуемая соль.                                 | Число амперъ на кв. дециметръ катода. | Разность потенциаловъ у электродовъ. |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Мѣдный купоросъ . . . . .                             | 1,2—1,7                               | 0,7                                  |
| Синеродистая мѣдь . . . . .                           | 0,6                                   | 3,0                                  |
| Синеродистое серебро . . . . .                        | 0,5                                   | 1,0                                  |
| Синеродистое золото . . . . .                         | 0,1                                   | 4,0                                  |
| Двойная сѣрноокислая соль никкеля и аммонія . . . . . | 0,3—0,6                               | 2—3                                  |

Мини допускаетъ какъ общее правило, что плотность тока должна быть пропорціональна отношенію электрохимическаго эквивалента къ плотности отложеннаго электроположитель-

наго элемента. Такъ какъ наилучшій осадокъ мѣди получается при плотности тока въ 1 амперъ на кв. дециметръ катода, то поверхность этого электрода на единицу силы тока должна равняться 0,63 кв. дец. для никкеля; 0,67 кв. дец. для жельза; 1,27 кв. дец. для цинка; 1,3 кв. дец. для платины; 1,44 кв. дец. для золота и 2,9 кв. дец. для серебра. Это правило можетъ дать первоначальное указаніе относительно плотности тока, но оно имѣетъ тотъ недостатокъ, что въ немъ не принимается во вниманіе способность электролизуемой соли къ диффузіи.

### ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА.

**773. Цѣль.** Гальванопластика, изобрѣтенная Якоби, служить для воспроизведенія моделей посредствомъ осажденія металловъ на форму, снятую съ воспроизводимого предмета. Форма служитъ катодомъ, анодомъ же служитъ часто пластинка осаждаемаго металла. Въ этомъ случаѣ операція сводится къ переносу металла съ одного электрода на другой и расходъ электрической энергіи становится минимальнымъ.

Гальванопластика оказываетъ большія услуги художественной промышленности, позволяя получать мѣдныя воспроизведенія предметовъ искусства. Такъ какъ вся операція производится безъ нагреванія, то контуры предмета передаются съ гораздо большей точностью, чѣмъ при снятіи формъ посредствомъ расплавленныхъ веществъ.

Между наиболѣе распространенными примѣненіями гальванопластики надо назвать *электротипію*, позволяющую получать мѣдныя доски съ гравюръ на деревѣ. Этотъ процессъ, при помощи котораго съ одной гравюры на деревѣ можно снять большое число клише, значительно уменьшилъ стоимость иллюстрированныхъ изданій, выходящихъ въ большомъ числѣ экземпляровъ.

**774. Формы.** Формы или приготовляются изъ сплава Дарсе, на которомъ оттискъ предмета дѣлается при температурѣ 50—100° Ц., или изъ пластичныхъ веществъ, каковы гипсъ, воскъ, стеаринъ, желатинъ и др. Но чаще всего употребляютъ

гуттаперчу, размягчаемую въ горячей водѣ и прижимаемую къ модели.

Можно также расплавлять ее, прибавивъ сначала къ ней какое нибудь вещество, понижающее температуру ея плавленія. Кромѣ металлическихъ сплавовъ всѣ перечисленные нами вещества суть изоляторы. Ихъ дѣлають проводящими, покрывая ихъ поверхность при помощи щетки графитовымъ порошкомъ. Если у модели есть очень тонкія детали, то на нее осаждаютъ проводящій слой сѣрнистаго серебра, помѣщая модель въ растворъ азотнокислаго серебра и пропуская сквозь растворъ струю сѣрнистаго водорода.

Для воспроизведенія такихъ моделей, какъ статуи, барельефы и т. п., форму составляютъ изъ нѣсколькихъ частей, которыя потомъ собирають.

**775. Ходъ операціи.** Приготовленная форма помѣщается въ электролитическую ванну, напримѣръ въ растворъ мѣднаго купороса, если надо осадить мѣдь. Чтобы получить хорошее плотное осажденіе, однородной толщины, точно воспроизводящее форму, нужно выполнить различныя условія.

Растворъ, подкисленный десятой частью сѣрной кислоты, обогащается мѣднымъ купоросомъ до насыщенія. Часто прибавляютъ въ растворъ весьма небольшое количество желатина, чтобы увеличить твердость и прочность отложенія, которое можетъ достигъ плотности 8,9, т. е. большей, чѣмъ плотность литой мѣди.

Форма и анодъ изъ мѣди или нерастворимаго металла должны быть помѣщены соотвѣтственнымъ образомъ одинъ относительно другого. Если разстояніе между ними значительно отличается въ различныхъ точкахъ покрываемой металломъ поверхности, то наиболѣе близкія части покрываются толстымъ, зернистымъ слоемъ мѣди, тогда какъ на болѣе удаленныхъ частяхъ осаждается только очень тонкій слой. Чтобы ослабить это явленіе помѣщаютъ анодъ на сравнительно большомъ разстояніи отъ формы и мѣняютъ отъ времени до времени ея положеніе.

Для воспроизведенія такихъ предметовъ, какъ, напримѣръ, статуи, аноду придаютъ видъ такъ сказать металлическаго

скелета, вполне охватываемого формой, но не прикасающагося къ ней. При этомъ нельзя пользоваться растворимымъ анодомъ, такъ какъ его нельзя было бы замѣнить. Скелеты, которые прежде употреблялъ Ленуаръ, дѣлались изъ платиновой проволоки. Они требовали значительныхъ расходовъ, такъ какъ значительный капиталъ иммобилизировался въ теченіе операцій, которыя длятся недѣли, и такъ какъ не всегда возможно извлечь изъ получаемыхъ предметовъ всѣ части скелета. Планта придумалъ готовить скелеты изъ свинцовыхъ листовъ и именно при этихъ опытахъ имъ было сдѣлано наблюдение надъ существованіемъ значительной электродвижущей силы поляризаціи, вызываемой анодомъ, послужившее исходнымъ пунктомъ для изобрѣтенія аккумуляторовъ.

Такъ какъ скелетъ помѣщается внутри формы, то въ послѣдней, раньше чѣмъ помѣщать ее въ ванну, продѣлываютъ нѣсколько отверстій, черезъ которыя циркулируетъ жидкость. Циркуляція можетъ поддерживаться перемѣшиваніемъ, благодаря чему чаще возобновляется жидкость, находящаяся по сосѣдству съ электродами и постепенно обѣдняющаяся. Внутри ванны въ снабженныхъ отверстиями сосудахъ помѣщаются кристаллы мѣднаго купороса.

Мы обратили уже вниманіе на вліяніе плотности тока на характеръ отложенія. При гальванопластическихъ операціяхъ слѣдуетъ допускать при началѣ осажденія слабую плотность, около 0,3 ампера на кв. дециметръ поверхности катода, чтобы осажденный слой точно воспроизводилъ форму.

По образованіи перваго слоя, уже нѣтъ никакихъ препятствій постепенно увеличивать плотность, чтобы уменьшить продолжительность операціи. Когда отложившійся слой достигнетъ достаточной толщины, форму вынимаютъ изъ ванны. Чтобы сдѣлать болѣе прочнымъ гальванопластическій снимокъ, внутри его заливаютъ какимъ нибудь легкоплавнымъ металломъ, напримѣръ латунью. Съ цѣлью улучшить видъ внѣшней поверхности, на нее отлагаютъ тончайшій слой электролитическаго олова и, нагрѣвая затѣмъ предметъ въ муфельной печи, получаютъ на его поверхности слой бронзы.

При изготовленіи электротипическихъ клише и другихъ подобныхъ предметовъ, осаждаемый слой можетъ быть довольно

тонокъ. Клише дѣлають прочными, наливая съ задней стороны металлъ болѣе легкоплавкій, чѣмъ мѣдь, какъ напримѣръ типографскій металлъ.

**776. Приборы.** Якоби открылъ гальванопластику, замѣтивъ, что слой мѣди, осаждающійся на катодѣ элемента Даниэля, даетъ точный снимокъ съ этого электрода. Поэтому въ продолженіе долгаго времени для гальванопластическихъ операцій употребляли исключительно большіе элементы съ мѣднымъ купоросомъ, положительный электродъ которыхъ составляли формы, предназначенныя для осажденія металла. Эти формы погружались въ растворъ мѣднаго купороса, насыщеніе котораго поддерживалось кристаллами этой соли. Въ растворъ погружали пористые сосуды съ водою, подкисленной сѣрной кислотой, и пластинками амальгамированнаго цинка. Достаточно соединить съ цинкомъ оконечности проволоки, на которыхъ висятъ формы, чтобы вызвать токъ, а слѣдовательно и осажденіе металла.

Въ настоящее время гальванопласты употребляютъ особые элементы, термоэлектрическія батареи и динамомашины, если въ ихъ распоряженіи нѣтъ канализаціи электрической энергіи, которая позволила бы имъ обойтись вполне безъ генераторовъ электричества и употреблять только аккумуляторы, соединяемые при зарядженіи послѣдовательно, а при разрядѣ такъ, чтобы получить напряженіе, нужное для успѣха электролитической операціи.

Объ экономичности динамомашинокъ сравнительно съ элементомъ можно судить по слѣдующему факту, наблюденному на заводѣ Кристофль и К<sup>о</sup> (въ Парижѣ): полученіе количества электричества, необходимаго для отложенія 1 килогр. серебра, обходилось при употребленіи батарей 3,87 франка, тогда какъ при употребленіи машины Грамма это же количество электричества обходится 0,94 франка.

Ванны могутъ соединяться съ машиной послѣдовательно или параллельно. При послѣднемъ способѣ соединенія ванны остаются вполне независимыми; но такъ какъ часто употребляются очень сильныя токи, то приходится употреблять очень дорогіе и трудно перемѣщаемые провода.



При способахъ, основанныхъ на употребленіи растворимыхъ анодовъ, выгодно комбинировать оба способа соединенія и соединять послѣдовательно группы ваннъ, соединенныхъ между собою параллельно. Слѣдующее вычисленіе покажетъ преимущества этого способа соединенія. Предположимъ для простоты, что электродвигательная сила поляризаціи ничтожна, и назовемъ черезъ  $r$  внутреннее сопротивление каждой ванны, а черезъ  $i$ —силу тока, доставляемаго источникомъ электричества. Въ одной ваннѣ въ секунду осаждается  $ki$  металла, гдѣ  $k$ —электрохимическій эквивалентъ мѣди. На это осажденіе расходуется количество энергіи, равное  $ri^2$ , и отдача будетъ  $\frac{ki}{i^2r} = \frac{k}{ir}$ .

Если вмѣсто одной соединить четыре одинаковыхъ ванны, по двѣ параллельно, то общее сопротивление остается прежнимъ, а также и расходуемое количество энергіи. Въ каждой изъ ваннъ количество осажденного металла будетъ равняться только половинѣ осажденного въ первомъ случаѣ, но такъ какъ всѣхъ ваннъ четыре, то всего осадитъ  $2ki$ , т. е. отдача удвоится. Если соединить девять ваннъ, по три параллельно, то отдача утроится и т. д.

Этотъ фактъ ничуть не противорѣчитъ принципу сохраненія энергіи, такъ какъ переносъ мѣди съ анода на катодъ, происходя въ горизонтальномъ направленіи, не требуетъ никакой затраты работы. Однако слѣдуетъ замѣтить, что мертвый капиталъ увеличивается вмѣстѣ съ числомъ ваннъ.

### ОСАЖДЕНІЕ МЕТАЛЛОВЪ.

777.—При помощи электролитическихъ операцій катодъ, которымъ обыкновенно служитъ предметъ изъ какого нибудь малопрочнаго вещества, напримѣръ гипса, покрывается металлическимъ слоемъ, предназначеннымъ или для защиты предмета отъ вліянія атмосфернаго воздуха, или для приданія ему болѣе красиваго вида. Очень распространено осажденіе неокисляемыхъ металловъ съ цѣлью предохраненія отъ вліянія воздуха предметовъ изъ обыкновенныхъ металловъ.

Разсматриваемые нами процессы часто смѣшиваются съ гальванопластическими.

Чтобы осажденный слой получился хорошимъ—необходимо, чтобы покрываемая поверхность обладала весьма однородной проводимостью. Для этой цѣли она должна быть тщательно вычищена, на ней не должно находиться ни малѣйшихъ слѣдовъ окисей или жирныхъ веществъ, подобныхъ оставляемымъ пальцами.

Окиси отмываются въ ваннѣ изъ воды, подкисленной  $\frac{1}{10}$  сѣрной кислоты для желѣза и его производныхъ и азотной кислотой для мѣди и ея сплавовъ. Жиръ отмывается въ щелочной ваннѣ. При обработкѣ только что приготовленныхъ предметовъ часто довольствуются только полировкой ихъ наждакомъ, за которой слѣдуетъ погруженіе въ содовую ванну и полосканіе въ чистой водѣ. Послѣ окончанія этихъ операций до предмета уже не слѣдуетъ касаться руками.

Что касается расположенія электродовъ, ваннъ и хода операція, то тутъ примѣнимо все, что сказано въ главѣ о гальванопластикѣ.

**778. Серебрение.** Въ настоящее время гальваническое серебрение получило очень широкое распространеніе. По *Bouilhet*, во всемъ свѣтѣ ежегодно электролитически осаждается 125 тоннъ серебра, представляющихъ стоимость приблизительно въ 25 милліоновъ франковъ.

Послѣ очистки отъ окисей и жировъ и промывки, мѣдные и латунные предметы, которые желаютъ высеребрить, помѣщаются въ ванны, содержащія растворимые аноды изъ серебра. Ванны, извѣстныя подъ именемъ ваннъ Руолза, содержатъ двойную синеродистую соль калия и серебра, получаемую осажденіемъ азотнокислаго серебра синеродистымъ калиемъ и прибавленіемъ избытка этого послѣдняго такъ, чтобы вновь произошло раствореніе осадка и чтобы растворъ получилъ щелочную реакцію. Ваны должна содержать около 30 граммовъ серебра на литръ. Поверхность анодовъ должна быть равна поверхности покрываемыхъ предметовъ, плотность же тока должна равняться  $\frac{1}{2}$  ампера на кв. дециметръ.

О толщинѣ осадившагося слоя судятъ по количеству элек-

тричества, прошедшаго черезъ ванну или посредствомъ взвѣшиванія.

По вынутіи изъ ванны предметы подвергаются чисткѣ круглой металлической щеткой, затѣмъ полировка оканчивается стальными полировальными инструментами. Металлу придаютъ иногда видъ стараго серебра, проводя по его поверхности кисточкой, смоченной растворомъ сульфогидрата аммоніа болѣе или менѣе разведеннымъ, смотря по требуемому оттѣнку.

**779. Золоченіе.** Для золоченія употребляютъ тоже ванны двойныхъ синеродистыхъ солей, содержащія меньше 2 граммовъ золота на литръ.

Плотность тока не должна превосходить 0,8 ампера на квадрат. дециметръ поверхности катода.

Иногда при золоченіи небольшихъ предметовъ ведутъ операцію при температурѣ въ  $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$  Ц., употребляя нерастворимыя аноды изъ платины. Цвѣтъ осадка можно мѣнять отъ блѣдно-желтаго до краснаго, увеличивая плотность тока. Осадки зеленого или краснаго золота получаютъ при употребленіи въ качествѣ анодовъ сплавовъ золота съ серебромъ или золота съ мѣдью.

**780. Покрытіе мѣдью.** Покрытіе мѣдью примѣняется для приданія изящнаго вида предметамъ изъ желѣза, чугуна, гипса, свинца, цинка и для защиты ихъ отъ дѣйствія атмосфернаго воздуха.

Точно также покрываются мѣдью желѣзные предметы, которые предназначаются для золоченія и серебрения, такъ какъ желѣзо разлагаетъ растворы, служащіе для серебрения и золоченія.

Составъ мѣдныхъ ваннъ мѣняется въ зависимости отъ свойствъ покрываемыхъ предметовъ. Часто употребляютъ двойную синеродистую соль калия и мѣди. Годуэнъ рекомендуетъ для покрытія мѣдью желѣза растворъ двойной шавелекислой соли мѣди и аммонія съ избыткомъ шавелевой кислоты и съ мѣднымъ анодомъ. Операція начинается въ такой ваннѣ, а оканчивается въ ваннѣ изъ кислаго раствора мѣднаго купороса, стоящей гораздо дешевле.

Удри защищаетъ желѣзо отъ дѣйствія сѣрной кислоты, содержащейся въ ваннѣ изъ мѣднаго купороса, покрывая его муміей или лакомъ и дѣлая поверхность проводящей посредствомъ натиранія графитовымъ порошкомъ. Затѣмъ осажденіе ведется въ ваннѣ изъ мѣднаго купороса.

**781. Никкелированіе.** Никкелированіе, придающее обыкновеннымъ предметамъ очень красивый видъ и большую неизмѣняемость и получившее благодаря этому широкое распространеніе, производится при помощи анодовъ изъ чистаго никкеля въ ваннѣ, содержащей двойную сѣрнокислую соль никкеля и аммонія. Плотность раствора должна приблизительно равняться 1,06.

Необходимо поддерживать нейтральность ванны, въ чемъ убѣждаются частыми испытаніями посредствомъ реагирующихъ бумажекъ. Ванну обыкновенно нагреваютъ до температуры въ 40° Ц. Цинковые предметы можно никкелировать только послѣ предварительнаго покрытія мѣдью или же послѣ легкой амальгамации предмета, погруженіемъ въ ртутный растворъ.

**782. Кобальтированіе.** Слой кобальта имѣетъ болѣе бѣлый цвѣтъ, чѣмъ слой никкеля. Онъ получается, по С. Томпсону, въ ваннѣ, составленной слѣдующимъ образомъ: готовится растворъ, содержащій  $\frac{1}{8}$  хлористаго или сѣрнокислаго кобальта и смѣшивается съ растворомъ  $\frac{1}{16}$  сѣрнокислой магнезій. Смѣсь разводится равнымъ объемомъ воды и элекролизуется съ кобальтовымъ анодомъ.

**783. Платинированіе.** Для полученія слоя платины, иридія или палладія С. Томпсонъ рекомендуетъ ванну, нагреваемую до 60°—90° Ц., содержащую 2 части хлористой соли осаждаемаго металла, 16 частей борно-кислаго натрія, 16 частей углекислаго натрія, 2 части аммоніевой соли и 150 частей воды. Содержаніе платины въ ваннѣ нельзя поддерживать платиновымъ анодомъ вслѣдствіе нерастворимости этого металла. Поэтому жидкость быстро бѣднѣетъ, вслѣдствіе чего портится и отложеніе.

Для поддержанія состава ванны Валь придумалъ примѣнить

растворимость гидрата платины въ щелочахъ и кислотахъ (поташъ, шавелевая кислота, фосфорная кислота). Ванна готовится напримѣръ изъ 50 граммовъ сироповидной фосфорной кислоты (плотн. = 1,7), изъ 12—15 гр. гидрата платины и 1 килогр. дистиллированной воды. Раствореніе происходитъ при 100° Ц. Прибавляя во время операціи гидратъ платины, поддерживаютъ составъ ванны. Анодъ употребляютъ угольный или платиновый. Предметы изъ никкеля, желѣза и цинка должны предварительно покрываться мѣдью.

**784. Гальваническое гравированіе.** Если покрыть нѣкоторыя части мѣдныхъ электродовъ мѣдныхъ ваннъ изолирующимъ лакомъ, то эти части не подвергаются дѣйствию электролиза, который разъѣдаетъ непокрытыя части анода и осаждаетъ мѣдь на непокрытыхъ частяхъ катода.

На этомъ основанъ способъ гравированія въ глубину или рельефнаго. Такъ, чтобы получить доску съ рельефной гравюрой, достаточно покрыть ее изолирующимъ лакомъ, выцарапать на ней желаемый рисунокъ и помѣстить доску въ качествѣ катода въ ванну. Другое приложеніе—это дамаскированіе металловъ. Если соединить мѣдную доску, съ выгравированной вглубь по предыдущему способу гравюрой и еще покрытую изолирующимъ лакомъ, съ катодомъ въ серебряной ваннѣ, то серебро начнетъ осаждаться въ углубленіяхъ и на доскѣ получится инкрустированный рисунокъ.

## РАФФИНИРОВКА МЕТАЛЛОВЪ.

**785.** — Прежде чѣмъ приступить къ описанію способовъ раффиновки металловъ и электролитической обработки минераловъ, совокупность которыхъ иногда называютъ *электрометаллургіей* въ тѣсномъ смыслѣ слова, припомнимъ вкратцѣ, въ чемъ состоитъ обыкновенная металлургія мѣди и другихъ металловъ, къ которымъ съ наибольшимъ успѣхомъ примѣнены мокрые электрометаллургическіе способы.

Эта металлургія состоитъ въ рядѣ обжиганій въ отражательныхъ печахъ, имѣющихъ цѣлю окислить минералы и удалить летучія вещества, въ особенности сѣру. За каждымъ обжи-

ганиемъ слѣдуетъ плавленіе, посредствомъ котораго удаляютъ шлаки и тѣмъ очищаютъ мѣдь отъ металлоидовъ и металловъ, съ которыми она была въ соединеніи. Содержаніе чистой мѣди въ обрабатываемой массѣ увеличивается послѣ каждой операціи, но все медленно и медленно. Такъ, первая плавка увеличиваетъ содержаніе мѣди съ 10% до 60%, тогда какъ послѣдней очисткой удаляется только нѣсколько сотыхъ частей примѣсей. Такъ какъ потребление топлива при всѣхъ этихъ операціяхъ и потеря мѣди остаются почти постоянными, то стоимость металла быстро растетъ при уменьшеніи количества примѣсей.

Электрическая рафинировка имѣетъ цѣлью извлекать чистую мѣдь изъ продажныхъ сортовъ мѣди.

Изъ этой мѣди отливаютъ пластины, которыя служатъ анодами въ ваннахъ изъ сѣрнокислой мѣди, катодомъ въ которыхъ служатъ тонкія пластинки уже очищенной мѣди. Металлъ переносится съ одного электрода на другой, а примѣси или падаютъ въ видѣ грязи на дно электролитическаго бака, или остаются въ растворѣ. По этому способу получаютъ мѣдь очень чистую, которая, благодаря своей высокой электропроводности, имѣетъ гораздо большую цѣнность, чѣмъ обыкновенная мѣдь. Кромѣ того изъ осадка можно извлечь самыя небольшія количества драгоцѣнныхъ металловъ, которыя имѣются въ обыкновенной продажной мѣди.

Рафинируемые сорта мѣди содержатъ обыкновенно не меньше 96% чистой мѣди. Какъ примѣси входятъ сѣра, мышьякъ, сурьма, висмутъ, платина, золото, серебро, олово, желѣзо, кадмій, кобальтъ, цинкъ, алюминій и т. п. Въ подкисленномъ растворѣ мѣднаго купороса, цинкъ, желѣзо, кадмій, кобальтъ, а также и болѣе положительные металлы растворяются во время электролиза \*). Сурьма, висмутъ, олово и кремній растворяются не вполне; уголь, золото, платина и сѣра вовсе нерастворимы и цѣликомъ переходятъ въ осадокъ. При присутствіи въ анодѣ желѣза и марганца образуются желѣзные и марганцовыя соли, которыя на катодѣ превращаются въ соли закиси, поглощая часть энергіи тока.

---

\*) Gore, *The Electrolytic separation of metals*. London, 1890.

Желѣзо начинаетъ отлагаться только тогда, когда это превращеніе будетъ полное. На катодѣ изъ постороннихъ тѣлъ легче всего восстанавлиются мышьякъ, сурьма и висмутъ и поэтому слѣдуетъ допускать тѣмъ меньшую плотность тока, чѣмъ больше содержаніе въ анодѣ этихъ тѣлъ. По истеченіи болѣе или менѣе продолжительнаго промежутка времени электролитъ насыщается примѣсями до такой степени, что послѣднія начинаютъ восстанавливаться, тогда растворъ слѣдуетъ возобновить.

Такъ какъ электродвижущая сила поляризаціи въ ваннахъ мала, то выгодно, какъ мы видѣли въ § 776, уменьшать плотность тока съ цѣлью уменьшить расходъ энергіи. Но зато по мѣрѣ уменьшенія плотности тока увеличивается мертвый капиталъ для даннаго производства въ видѣ земли, матерьяла и мѣди. Слѣдовательно, существуетъ наивыгоднѣйшая плотность тока, которая будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ дороже стоитъ энергія и чѣмъ богаче рафинируемая мѣдь примѣсями, особенно мышьякомъ, сурьмой и висмутомъ. На заводахъ, имѣющихъ дешевую двигательную силу и перерабатывающихъ аноды съ 98% содержаніемъ мѣди, не заключающіе поименованныхъ примѣсей, плотность тока идетъ до 1 ампера на кв. дециметръ катодовъ. Въ нѣкоторыхъ же случаяхъ приходится спускаться до  $\frac{1}{10}$  этой величины. Расходъ энергіи мѣняется на различныхъ существующихъ заводахъ отъ 170 до 470 ваттъ-часовъ на килограммъ мѣди. Занимаемая поверхность мѣняется между 0,6 и 3 кв. метрами на тонну рафинируемой ежегодно мѣди.

Электродвижущая сила генераторовъ должна быть достаточна, чтобы не пришлось дѣлать ванны слишкомъ большими, а провода слишкомъ толстыми. Обыкновенно соединяють 60—120 ваннъ послѣдовательно для производства 1 тонны въ 24 часа. Динамомашинны употребляютъ съ параллельнымъ возбужденіемъ, чтобы можно было регулировать магнитное поле и избѣжать переменъ полярности отъ дѣйствія обратной электродвигательной силы. Машины должны давать отъ 0,3 до 0,5 вольтъ на каждую включенную послѣдовательно ванну. Машины строятся такъ, чтобы онѣ могли выдерживать непрерывную работу днемъ и ночью безъ перерыва. Баки дѣлаются деревянными и обиваются изнутри свинцовыми листами,

спаянными водородной паяльной трубкой. Въ каждомъ бакѣ часто помѣщаютъ по 8 анодовъ, отлитыхъ съ выступами, которыми они опираются на края бака и по 9 катодовъ, подвѣшенныхъ въ жидкости посредствомъ мѣдныхъ полосокъ, прикрѣпленныхъ къ стержнямъ, опирающимся тоже на края. Аноды дѣлаются толще къ верху, гдѣ, какъ мы видѣли, разѣданіе идетъ быстрѣе. Каждый анодъ вѣситъ отъ 10 до 15 килогр., такъ что обращеніе съ ними не представляетъ никакихъ затрудненій.

Подкисленный мѣдный растворъ, плотностью отъ 1,12 до 1,19, нагревается зимой паромъ до температуры 20—25° Ц. Въ бакахъ устанавливаютъ циркуляцію жидкости, чтобы поддерживать однородность ея состава. Для этой цѣли иногда баки разставляютъ уступами, соединяя ихъ сифонами. Жидкость изъ нижняго бака поднимается инжекторомъ до уровня верхняго бака. Можно также брать сифонами жидкость независимо со дна каждаго бака, какъ это дѣлается въ батареяхъ (§ 277), причемъ однородность состава различныхъ ваннъ при этомъ будетъ больше.

За электродами наблюдаютъ, чтобы помѣшать образованію короткихъ замыканій частицами, отпадающими отъ анодовъ вслѣдствіе неравномѣрности разѣданія ихъ. Для предупрежденія этого рода случаевъ между электродами оставляютъ пространство по крайней мѣрѣ въ 5 сантиметровъ. Черезъ извѣстные промежутки времени загрязненный растворъ въ ваннахъ замѣняютъ новымъ и собираютъ грязь, осѣвшую на дно. Грязь эту высушиваютъ и извлекаютъ изъ нея золото и серебро обыкновенными способами. Какъ средство очистки ванны Тофернъ примѣняетъ вдуваніе въ растворъ, находящійся въ нижней ваннѣ каскада, струю воздуха, которая окисляетъ часть желѣза и другихъ примѣсей и осаждаетъ ихъ. По даннымъ Гора, для рафинировки 30 тоннъ мѣди въ недѣлю, при плотности тока въ 1 амперъ на кв. дециметръ катодовъ, необходимо иммобилизовать 400 тоннъ мѣди, что, считая по 1250 фр. за тонну, представляетъ капиталъ въ 500000 фр., къ которому слѣдуетъ прибавить 250000 на матеріалъ, зданіе и т. п. Персоналъ такого завода состоитъ человекъ изъ двадцати рабочихъ и одного химика. Заводъ требуетъ двигатель-



ной силы около 200 силъ. Раффинированіе килограмма металла обходится въ среднемъ около 0,10 франковъ.

Между заводами, первыми, примѣнившими электролитическое раффинированіе мѣди, назовемъ *Nord-Deutsche Affinerie* въ Гамбургѣ, производящій въ день 2,5 тонны чистой мѣди и добывающій изъ осадковъ въ ваннахъ въ годъ около 1000 килогр. золота. Въ настоящее время почти всѣ главнѣйшіе мѣдные заводы примѣняютъ у себя электролитическое раффинированіе \*).

**786. Способъ Эльмора.** Эльморъ примѣняетъ электролитическое осажденіе мѣди для непосредственной фабрикаціи мѣдныхъ трубъ, замѣчательнаго качества, неимѣющихъ продольнаго шва. Для своей фабрикаціи Эльморъ употребляетъ вращающіеся цилиндрическіе катоды, располагаемые между плоскими анодами. Неподвижные агатовые ролики катятся по катодамъ, уплотняютъ осаждающійся металлъ и увеличиваютъ его прочность. Въ качествѣ отрицательныхъ электродовъ Эльморъ употребляетъ трубы изъ полированной стали, которыя можно отдѣлить отъ осажденного металла, благодаря неравенству сжатія обоихъ металловъ при погруженіи въ холодную воду. Первый слой отложенія получаютъ въ синеродистой ваннѣ, не дѣйствующей на катодъ. Затѣмъ операцію продолжаютъ въ ваннѣ изъ мѣднаго купороса.

Трубы, приготовленныя по способу Эльмора, могутъ выдерживать грузъ въ 50 кил. на кв. мил., удлинясь только на 7%.

Мѣдныя доски получаютъ, разрѣзая вдоль трубы большаго діаметра и выпрямляя ихъ. Проволоки готовятъ, разрѣзая трубы по винтовой линіи, отжигая полученныя ленты и протаскивая ихъ черезъ волочильни.

**787. Раффинированіе свинца.** Кейтъ предложилъ раффинировать свинецъ въ растворѣ сѣрноокислаго свинца въ уксуснокисломъ натрѣ. Это раффинированіе не улучшаетъ

\*) Въ Россіи, насколько извѣстно, электрическая очистка мѣди еще мало примѣняется. Изъ заводовъ, введшихъ ее у себя, пока извѣстны заводъ бр. Сименсъ въ Кедабегѣ (Кавказъ), заводъ Николаева въ Нижнемъ-Новгородѣ, очищающій мѣдь изъ сплавовъ и ломовъ, и Богословскіе заводы на Уралѣ.

Прим. Пер.

качества металла, такъ какъ присутствіе незначительныхъ количествъ постороннихъ металловъ придаетъ свинцу упругость, весьма полезную во многихъ случаяхъ (§ 534); но подобная обработка даетъ возможность извлечь изъ свинца такіе металлы, какъ золото, серебро, мышьякъ и сурьма, остающиеся въ видѣ осадка подѣ анодомъ изъ нечистаго свинца. Этотъ осадокъ обрабатывается въ тиглѣ съ бурой и азотно-кислымъ натромъ. Цинкъ и желѣзо, находящіеся въ свинцѣ, остаются въ растворѣ.

### ОБРАБОТКА МИНЕРАЛОВЪ.

**788.**—Извлеченіе металловъ изъ содержащихъ ихъ минераловъ электролитическимъ путемъ служило въ послѣдніе годы предметомъ весьма интересныхъ изслѣдованій. Подобная обработка минераловъ особенно выгодна тамъ, гдѣ природныя силы позволяютъ получать электрическую энергію за очень дешевую цѣну, что часто случается въ странахъ, богатыхъ минералами, но бѣдныхъ топливомъ.

Первые опыты надъ электролитической обработкой принадлежатъ Беккерелю, который въ 1854 году предложилъ извлекать серебро изъ сереброносныхъ минераловъ, превращая ихъ въ хлористыя соединенія, растворяя въ концентрированномъ растворѣ хлористаго натрія и дѣйствуя на нихъ токомъ, получаемымъ въ самихъ ваннахъ при погруженіи въ нихъ цинковыхъ пластинокъ (§ 776). Серебро отлагается при этомъ на катодахъ изъ угля или свинца.

Подобные процессы, конечно, могутъ быть примѣнимы только тогда, когда электродвижущая сила разложенія соли меньше, чѣмъ электродвижущая сила гальванической пары цинкъ-хлористый натрій-свинецъ.

Нѣсколько разъ пытались примѣнить подобные же способы обработки, состоящіе въ томъ, что минералы растворяютъ въ водѣ, послѣ предварительнаго перевода ихъ въ сѣрнокислыя соли посредствомъ обжиганія или въ хлористыя посредствомъ обработки чистой хлористоводородной кислотой, и электролизуютъ ихъ токомъ, доставляемымъ динамомашиной. При этомъ пользуются нерастворимыми анодами изъ угля или свинца.

При всѣхъ этихъ процессахъ появляется болѣе или менѣе значительная электродвижущая сила поляризаціи, вызывающая часто слишкомъ большую трату энергіи, особенно когда электродвижущая сила поляризаціи больше 1,5 вольта и вода ванны начинаетъ разлагаться. Въ этомъ случаѣ тратится бесполезно большое количество работы и, кромѣ того, газообразные продукты разложенія воды препятствуютъ получению хорошихъ осадковъ.

Однако Алекс. Ваттъ утверждаетъ, что онъ получилъ отличныя отложенія цинка, электролизуя уксуснокислую соль этого металла. Окиси или окисленные посредствомъ обжиганія минералы растворяются въ продажной уксусной кислотѣ. Сви-нецъ и желѣзо удаляются при помощи сѣрнистаго водорода, и затѣмъ жидкость электролизуется съ угольными анодами.

Блазъ и Міестъ взяли въ 1882 году привилегію на очень остроумный способъ обработки, примѣнимый къ сѣрнистымъ минераламъ, позволяющій избѣжать упомянутаго затрудненія. Изобрѣтатели замѣтили, что сѣрнистыя соединенія металловъ вообще обладаютъ достаточной электропроводностью и что ихъ можно употреблять въ качествѣ анодовъ въ растворѣ соли возстановляемаго металла, причемъ ванна служитъ только путемъ, по которому совершается переносъ металла съ анода на катодъ. Сѣра, появляющаяся при разложеніи сѣрнистаго минерала, падаетъ въ видѣ грязи на дно ванны. Если такимъ образомъ обрабатывать сѣрнистыя соединенія мѣди, то электродвижущая сила разложенія равняется только 0,22 вольта, вмѣсто 1,22 вольта, необходимыхъ для разложенія купороса при угольномъ анодѣ. Слѣдовательно, способъ Блаза и Міеста позволяетъ уменьшить расходъ двигательной силы и избѣжать разложенія воды.

Способъ этотъ усовершенствованъ Марчезе, примѣнившимъ его на различныхъ заводахъ въ Италіи.

**789. Обработка сѣрнистыхъ мѣдныхъ рудъ.** Способъ Марчезе примѣненъ въ *Sestri-Levante* (Италія) къ обработкѣ мѣднаго колдечана съ змѣвиковою пустою породой, смѣшанныхъ съ желѣзными пиритами, среднее содержаніе мѣди въ которыхъ доходитъ до 15%.

Сѣрнистые минералы плавятся въ шахтной печи и затѣмъ изъ нихъ отливаются въ чугунныхъ формахъ пластины, служащія въ качествѣ анодовъ. Пластины эти, обладающія достаточной электропроводностью, сообщаются съ внешней цѣпью черезъ посредство мѣдныхъ полосокъ, залитыхъ въ аноды при отливкѣ. Роштейны содержатъ около 35% мѣди, 38% желѣза и 27% сѣры.

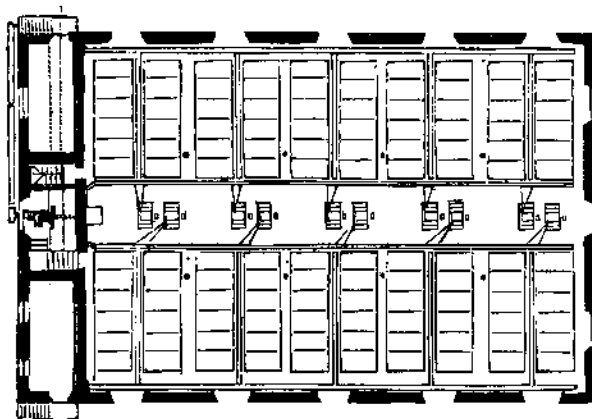
Для приготовленія электролитической ванны богатые мѣдью минералы обжигаютъ въ многотажныхъ отражательныхъ печахъ и обрабатываютъ продукты обжиганія въ свинцовыхъ сосудахъ большой поверхности, разведенной сѣрной кислотой.

Обжиганіе въ отражательныхъ печахъ должно вестись такъ, чтобы получить окиси, а не сѣрнокислыя соли, съ цѣлью насколько возможно удалить изъ ванны желѣзо, окиси котораго не растворимы въ разведенной сѣрной кислотѣ. Растворъ мѣднаго купороса, содержащій и желѣзный купоросъ, наливается въ электролитическія ванны, катодами въ которыхъ служатъ тонкіе листы чистой мѣди, заключенные для избѣжанія гнѣтія въ деревянныя рамки. Присутствіе въ роштейнахъ желѣзныхъ пиристовъ требуетъ большихъ предосторожностей при веденіи операціи, чтобы желѣзо не осаждалось на катодѣ вмѣстѣ съ мѣдью.

Сѣрнистое желѣзо разлагается и желѣзо въ ваннѣ переходитъ въ сѣрнокислую окись желѣза, которая стремится превратиться на катодѣ въ сѣрнокислую закись желѣза и желѣзо.

Многочисленные опыты показали, что отложенія мѣди бываютъ блестящими и чистыми до тѣхъ поръ, пока въ ваннѣ остается около 0,5% мѣди. Это условіе можно выполнить, вызывая постоянную циркуляцію жидкости между электролитическими баками и соединенными съ ними свинцовыми бассейнами, въ которыхъ сѣрнокислая закись желѣза растворяетъ известное количество мѣди. Растворъ по деревянному желобу притекаетъ къ бакамъ, расположеннымъ уступами по шести штукъ (фиг. 520). Пройдя черезъ баки, растворъ центробѣжными помпами перекачивается въ бассейны, въ которыхъ происходитъ раствореніе. Отъ времени до времени растворъ надо возобновлять, такъ какъ съ теченіемъ времени онъ насыщается сѣрнокислой закисью желѣза и въ этомъ состояніи не растворяетъ больше мѣди.

Токъ доставляется двадцатью машинами Сименса съ параллельнымъ возбужденіемъ, чтобы не происходило перемѣнъ полярности индукторовъ. Каждая динамомашина питаетъ 12 баковъ, соединенныхъ послѣдовательно, и осаждаетъ ежедневно 100 килогр. мѣди, доставляя 250 амперъ при напряженіи 10 вольтъ у зажимовъ. Разность потенціаловъ у зажимовъ



Фиг. 520.

каждаго электролитическаго бака будетъ слѣдовательно меньше 1 вольта. Электродвижущая сила поляризаціи слаба: она равняется приблизительно 0,45 вольтамъ.

На основаніи приведенныхъ данныхъ, расходъ энергіи равняется:

$$\frac{10 \cdot 250 \cdot 24}{100} = 600 \text{ ваттъ-часовъ на килограммъ мѣди.}$$

Если предположить, что эта энергія развивается паровыми машинами, потребляющими 1 килогр. угля на лошадь-часъ, и динамомашинами съ промышленной отдачей въ 90%, то потребление топлива будетъ:

$$\frac{600}{736} \times \frac{100}{90} = 0,91 \text{ килогр.}$$

Обработка сѣрнистыхъ соединений обыкновеннымъ способомъ требуетъ около 3 килогр. угля, т. е. втрое больше, чѣмъ электролитическимъ способомъ, который позволяетъ, вдобавокъ, пользоваться силами природы. Зато при электролитической обработкѣ получается больше отбросовъ, чѣмъ при обыкно-

венной, вслѣдствіе распадаенія электролизуемыхъ роштейновъ. Считаютъ, что въ ванну падаетъ отъ 10 до 50% всего количества обрабатываемыхъ роштейновъ, что загрязняетъ растворъ и ухудшаетъ качества отложенія. Кромѣ того трудно извлечь драгоцѣнные металлы, содержащіеся въ отбросахъ.

Когда растворъ становится слишкомъ богатъ желѣзнымъ купоросомъ, то его подвергаютъ электролизу въ бакахъ, содержащихъ желѣзные аноды и наконецъ растворъ переливаютъ въ сосуды, содержащіе желѣзный ломъ, осаждающій послѣдніе слѣды мѣди. Остатки отъ анодовъ смѣшиваются съ минералами, продукты обжиганія которыхъ даютъ въ свинцовыхъ камерахъ сѣрную кислоту. Часть этой послѣдней употребляется для приготовленія электролита.

Въ концѣ концовъ описанный процессъ даетъ: 1) чистую мѣдь, получаемую съ небольшою потерей металла и при затратахъ очень небольшого количества топлива, 2) сѣрную кислоту и 3) желѣзный купоросъ.

Мы остановились на этомъ процессѣ нѣсколько подробнѣе, хотя онъ еще находится въ фазѣ развитія, чтобы указать тѣ трудности, которыя встрѣчаются на практикѣ при металлургической обработкѣ, теоретически очень простой. Дѣйствительно, составъ мѣдноносныхъ минераловъ далеко не постояненъ и это непостоянство требуетъ непрерывнаго измѣненія въ способѣ обработки и вызываетъ затрудненія, преодолѣть которыя можетъ помочь только долгій опытъ.

## СУХІЕ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКІЕ ПРОЦЕССЫ.

**790. Цѣль.** Электрометаллургическіе мокрые процессы имѣютъ многія неудобства. Приходится допускать только очень малую плотность тока изъ боязни, чтобы не начались побочныя реакціи, могущія испортить осаждаемый металлъ. Отсюда необходимость употреблять большія ванны, чтобы получить желаемое полезное дѣйствіе. Электролитъ долженъ быть выбранъ съ большою тщательностью и за нимъ надо тщательно слѣдить во время хода операціи, чтобы онъ не дѣйствовалъ на осаждаемый продуктъ. Наконецъ возстановленіе мокрымъ путемъ непримѣнимо въ случаѣ металловъ, обладающихъ большимъ химическимъ сродствомъ съ кислородомъ.

Если возможно расплавить обрабатываемый материал и придать ему достаточную проводимость, чтобы онъ пропускалъ очень сильныя токи, то восстановление металла можно вести сухимъ путемъ между угольными электродами. Теплота, выделяемая токомъ, помогаетъ тогда его электролитическому дѣйствию и совокупность этихъ агентовъ обладаетъ такою способностью къ разложенію, что ей не можетъ сопротивляться ни одно сложное соединеніе. Примѣненіе этихъ способовъ позволило сдѣлать громадныя успѣхи въ металлургіи минераловъ, не восстанавливаемыхъ углемъ. Таковыя соединенія щелочныя, щелочно-земельныя и земельныя, электроположительные элементы которыхъ образуютъ съ кислородомъ соединенія, выделяющія больше тепла, чѣмъ окисленіе угля, и которыя, по принципу наибольшей работы, не отдають его послѣднему. Электролизъ сухимъ путемъ не подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ электролизъ мокрымъ путемъ. Тутъ не приходится заботиться о реакціяхъ растворителя на продукты отложенія и плотность тока ограничивается только проводимостью электродовъ, что даетъ болѣе простора веденію операціи.

Дороговизна употребленія электрической энергіи для нагрѣванія и въ качествѣ восстановителя съ перваго взгляда повидимому ограничиваетъ его примѣненіе только тѣми металлами, для которыхъ уголь не годится. Дѣйствительно, только 0,8 энергіи топлива, сжигаемаго подъ паровымъ котломъ, утилизируются во внѣшней цѣпи дивамашины. Но не слѣдуетъ терять изъ виду, что и въ металлургическихъ печахъ значительная часть тепла, выделяемаго топливомъ, идетъ на нагрѣваніе самой печи и самого топлива и что вслѣдствіе значительныхъ размѣровъ употребляемыхъ приборовъ потеря тепла черезъ лучеиспусканіе очень велика.

Наоборотъ voltaическая энергія можетъ быть концентрирована въ весьма небольшомъ пространствѣ и почти цѣлкомъ израсходована для преслѣдуемой цѣли. Кромѣ того восстановление происходитъ въ теченіе одной операціи, тогда какъ металлургія нѣкоторыхъ металловъ требуетъ переплавокъ, на которыя тратится очень много топлива (§§ 785, 789). Наконецъ пользованіе водопадами значительно уменьшаетъ сто-

имость электрической энергии и позволяет обрабатывать минералы въ странахъ, гдѣ угля нѣтъ.

Эти соображенія показываютъ, что не невозможно, чтобы сухіе электрометаллургическіе процессы были примѣнены и для обыкновенныхъ металловъ. До настоящаго времени примѣненіе ихъ ограничивается почти исключительно производствомъ алюминія. Мы рассмотримъ здѣсь способъ добычи его, заимствуя свѣдѣнія, какъ мы уже дѣлали не разъ, изъ статей Рипара въ *Lumière Electrique* и въ монографіи объ алюминіѣ, напечатанной Минне въ томъ же журналѣ.

**791. Общія свѣдѣнія относительно алюминія и его примѣненій.** Алюминій, вѣроятно самый распространенный изъ металловъ, входящихъ въ составъ земной коры, обладаетъ такими свойствами, что онъ могъ получить названіе желѣза будущаго.

Его малая плотность (2,67) и крѣпость (20 кил. на кв. мил.) дѣлаютъ его, при равномъ вѣсѣ, столь же крѣпкимъ, какъ сталь. Его электропроводность, равная половинѣ электропроводности мѣди, заставляетъ предпочитать его этому послѣднему металлу, когда вопросъ вѣса играетъ главную роль. Его неизмѣняемость подѣ дѣйствіемъ атмосферическихъ условій и его пластичность въ соединеніи съ другими качествами дѣлаютъ его незамѣнимымъ для приготовленія точныхъ инструментовъ. Наконецъ, его безвредность и блестящій бѣлый цвѣтъ дѣлаютъ его пригоднымъ для многочисленныхъ домашнихъ и художественныхъ цѣлей.

Однако вслѣдствіе своей дорогой цѣны онъ до сихъ поръ мало употребляется въ чистомъ видѣ. Но зато сплавы его употребляются очень часто или непосредственно, или при металлургіи другихъ металловъ.

Алюминій въ соединеніи съ желѣзомъ, цинкомъ и мѣдью даетъ постоянные сплавы, обладающіе замѣчательными свойствами.

Сплавы алюминія съ мѣдью извѣстны подѣ именемъ алюминіевой бронзы. При сплавленіи въ тиглѣ мѣди съ 10% алюминія происходитъ реакція съ сильнымъ выдѣленіемъ тепла, вызывающимъ окончательное соединеніе металловъ.



Получаемый продукт имѣетъ видъ золота, отлично полируется и не теряетъ блеска подъ дѣйствіемъ воздуха. Кромѣ того на этотъ сплавъ не дѣйствуютъ ни сѣрнистые газы, ни слабыя и жирныя кислоты, ни мыло, ни морская вода. Сплавъ сохраняетъ эти свойства до тѣхъ поръ, пока содержаніе алюминія не будетъ меньше 5%. Однако усадка алюминіевой бронзы достаточно велика, она достигаетъ 2% для десяти проценной бронзы.

Съ точки зрѣнія механическихъ свойствъ алюминіевыя бронзы съ небольшою примѣсью кремнія, подобныя получаемымъ по способу Коульса, который будетъ описанъ ниже, значительно мѣняютъ свои свойства въ зависимости отъ состава. Бронза, содержащая 10% алюминія и 1—2% кремнія, мало тягуча; она выдерживаетъ нагрузку въ 80 килогр. на кв. мил., причѣмъ ея удлиненіе достигаетъ 5%.

Если содержаніе кремнія остается ниже, т. е. 1%, содержаніе же алюминія падаетъ до 2,25%, металлъ выдерживаетъ нагрузку только въ 20 кил. на кв. мил., но зато онъ становится очень тягучимъ. Его удлиненіе передъ разрывомъ доходитъ до 60%. Между этими крайними предѣлами, можно получить рядъ продуктовъ съ желаемыми механическими свойствами. Всѣ сорта алюминіевой бронзы отливаются и обрабатываются очень хорошо.

Предѣлъ упругости алюминіевой латуни, содержащей 3—4% алюминія и 40% цинка, достигаетъ  $\frac{1}{2}$  разрывающаго груза, который близокъ къ 50 кил. на кв. мил.

Алюминіевое серебро, содержащее 95% алюминія и 5% серебра имѣетъ видъ чистаго серебра, но оно легче и тверже послѣдняго. В. Ланглей нашель, что сплавъ изъ 90 частей алюминія и 10 частей титана обладаетъ упругостью закаленной стали, оставаясь въ то же время болѣе легкоплавкимъ и ковкимъ.

Наконецъ соединеніе, получившее наибольшее распространеніе, это ферро-алюминій,—сплавъ, богатый желѣзомъ и алюминіемъ, который легко получить при помощи одной операціи и который служитъ посредникомъ для сплавленія небольшихъ количествъ алюминія съ желѣзомъ.

Прибавка около тысячной доли алюминія къ желѣзу и его

соединеніями съ углеродомъ (чугуну, стали) понижаетъ температуру плавленія этихъ тѣлъ и придаетъ имъ тягучесть и однородность, что позволяетъ получать чистыя отливки безъ пузырей и т. п.

Роль алюминія въ желѣзѣ сложна; повидимому тутъ происходитъ соединеніе, которое, какъ и всѣ сплавы, обладаетъ низшей температурой плавленія, чѣмъ образующіе его металлы. Но кромѣ того алюминій, подобно кремнію и марганцу, но только въ болѣе высокой степени, обладаетъ свойствомъ поглощать кислородъ, находящійся въ желѣзѣ въ видѣ воздуха, окиси углерода или металлическихъ окисловъ и очищать металлъ, образуя алюминіевые шлаки, которые выплываютъ на поверхность.

Возможно, что это соединеніе вноситъ въ тигель, въ которомъ идетъ плавленіе, количество тепла, достаточное для поддержанія жидкаго состоянія во время отливки.

Прибавляя въ графитовые тигли съ желѣзомъ отъ 0,0005 до 0,0014 алюминія въ видѣ ферро-алюминія, и нагревая тигли въ отражательныхъ печахъ, Эстбергу удалось понизить температуру плавленія металла съ 1700° Ц. до 1400° Ц. и получить однородную расплавленную массу, замѣчательно текучую, которую можно лить въ формы самаго сложнаго вида. Получаемое такимъ образомъ желѣзо, которое изобрѣтатель называлъ *желѣзо митисъ*, сваривается и обрабатывается, какъ обыкновенное желѣзо. Крѣпость его тоже одинакова съ крѣпостью обыкновеннаго желѣза, отъ котораго онъ отличается только однороднымъ зернистымъ строеніемъ.

Прибавленіе ферро-алюминія въ разливныя приспособленія для стали, получаемой различными способами (Бессемера, Мартена, тигельную), препятствуетъ выростанію металла, очищаетъ его и придаетъ ему значительную однородность и прочность, въ то же время позволяя получать изъ стали отличныя отливки, что дѣлаетъ сталь пригодной для многихъ новыхъ цѣлей, напримѣръ для отливки остововъ динамомашинъ.

Количество прибавляемаго алюминія мѣняется въ зависимости отъ состава ваннъ, но никогда не удаляется значительно отъ 0,001. Ферро-алюминій раньше введенія въ различныя приспособленія нагревается и перемѣшивается желѣзными кочергами.

Наконецъ подобная обработка значительно улучшаетъ чугуны и обладаетъ свойствомъ превращать бѣлый чугунъ въ сѣрый. Она увеличиваетъ поперечное сопротивленіе матеріала, позволяетъ ему лучше выдерживать удары, уменьшаетъ усадку, что облегчаетъ отливку, и дѣлаетъ зерна мелкими и правильными. При помощи этого продукта американцамъ удалось получить роскошныя декоративныя чугунныя отливки, которыми, между прочимъ, украшаются привозимыя изъ Америки камины.

Изъ алюминіевыхъ минераловъ самые чистые, *корунды*, или кристаллическій алюминій (электролитическая формула  $Al^{2/3}O$ ), *бокситъ*, или гидратъ алюминія, и *криолитъ* или двойная фтористая соль алюминія и натрія (электролитическая формула  $Al^{2/3}Fl, Na Fl$ ).

При электрометаллургической обработкѣ минералы плавятся или подѣ дѣйствіемъ одного тока, или подѣ дѣйствіемъ тепла, получаемого отъ сгоранія угля и доставляемого токомъ. Тепловыя и электролитическія дѣйствія тока комбинируются затѣмъ для раздѣленія элементовъ, причемъ алюминій или оставляютъ чистымъ, или соединяютъ съ металломъ, который долженъ составить основаніе богатаго алюминіемъ сплава.

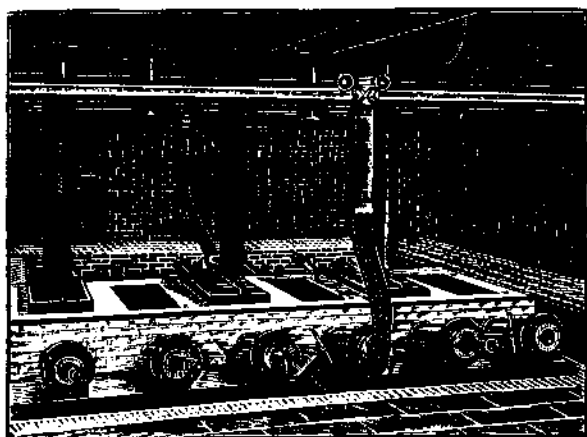
**792. Способъ Коульса.** Способъ Коульса, примѣняемый въ Англіи въ *Stoke-on-Trent*, гдѣ уголь стоитъ только 5—6 фр. за тонну, основанъ на примѣненіи совмѣстнаго дѣйствія вольтаическаго тепла и восстанавливающей способности угля къ разложенію боксита.

Операція ведется въ рядѣ четырехугольныхъ печей изъ огнеупорной глины (фиг. 521). Очаги этихъ печей въ  $1,70 \times 0,80 \times 0,50$  метра снабжены внутри огнеупорной, малопроводящей одеждой, получаемой смачиваніемъ древеснаго угля известковымъ молокомъ. Верхнія отверстія запираются металлическими крышками съ огнеупорной оправой, въ которыхъ продѣланы отверстія для выхода газовъ.

Каждый очагъ имѣетъ два боковые чугунные тубулуса, въ которыхъ скользятъ пучки, состоящіе изъ 9 угольныхъ стержней въ 65 мил. въ діаметрѣ. Оба пучка, наклоненные подѣ угломъ въ  $30^\circ$ , могутъ сближаться или раздвигаться при по-

мощи винтовъ, концы которыхъ видны въ передней части фигуры. Угли соединены между собою металлическими головными частями, въ которыя они залиты, и сообщаются съ мѣдными кабелями, получающими токъ отъ мѣдныхъ рельсъ, по которымъ катятся повозочки, поддерживающія кабели. Одновременно работаетъ не болѣе одной печи.

Токъ доставляется сильной динамомашиной въ 300 киловаттъ (5000 амперъ  $\times$  60 вольтъ), приводимой въ движеніе черезъ посредство пеньковыхъ канатовъ паровымъ двигателемъ въ 600 силъ, снабженнымъ, съ цѣлью противодѣйство-



Фиг. 521.

вать толчкамъ, вызываемымъ быстрыми измѣненіями тока, достигающимъ 8000 амперъ, маховикомъ въ 30 тоннъ. Когда сила тока превзойдетъ 8000 амперъ, предохранители плавятся и размыкаютъ цѣпь.

При всѣхъ сухихъ электрометаллургическихъ операціяхъ, въ которыхъ происходятъ внезапныя измѣненія силы тока, съ точки зрѣнія лучшей утилизаціи и лучшаго сохраненія машинъ было бы полезно соединять параллельно съ динамомашиной батареи аккумуляторовъ. Это примѣненіе аккумуляторовъ, которое мы уже видѣли въ § 504 и § 618, позволяетъ развивать мгновенные токи, сила которыхъ значительно пре-

восходить доставляемую машиной, такъ что послѣдняя можетъ идти ровнымъ ходомъ при условіяхъ наилучшей отдачи.

Передъ началомъ операціи готовятъ набойку пода изъ смоченаго известковымъ молокомъ угля, двигаютъ электродъ до соприкосновенія и въ середину помѣщаютъ ящикъ изъ листового желѣза, который тоже обкладываютъ углемъ. Затѣмъ ящикъ вынимаютъ и насыпаютъ въ приготовленную такимъ образомъ камеру смѣсь боксита, угля и мѣди или желѣза, смотря по тому, желаютъ-ли получить купро-алюминій (богатая бронза) или ферро-алюминій. Смѣсь покрываютъ слоемъ угля и закрываютъ печь, тщательно примазывая крышку.

Затѣмъ пучки углей соединяютъ съ динамомашиной и постепенно раздвигаютъ ихъ по мѣрѣ того, какъ масса плавится. Подъ дѣйствіемъ сильнаго жара, а также и благодаря возстановляющей способности угля, минераль разлагается и металлъ съ небольшимъ количествомъ кремнія соединяется съ мѣдью или желѣзомъ, находящимся въ ней.

Операція длится полтора часа и требуетъ тока, сила котораго доходитъ до 5000 амперъ.

Газообразные продукты разложенія выходятъ вмѣстѣ съ глиноземомъ черезъ отверстія въ крышкѣ и сгораютъ блестящимъ пламенемъ. При прекращеніи тока слѣдуетъ выдвинуть электроды, чтобы они не были залиты въ печи во время охлажденія.

Послѣ окончанія операціи извлекаютъ слитокъ бѣлаго, хрупкаго металла, содержащаго 18—30% алюминія. Этотъ металлъ переплавляютъ въ тигляхъ или въ отражательныхъ печахъ съ такимъ количествомъ мѣди, чтобы получились продажные сплавы золотого цвѣта. Чтобы судить о качествѣ этихъ сплавовъ, берутъ пробы при вторичномъ плавленіи и подвергаютъ ихъ механическимъ испытаніямъ.

Шлаки, извлекаемые изъ печей Коульса, состоятъ изъ смѣси сплава и угля. Ихъ ломаютъ и перемишиваютъ съ обрабатываемымъ минераломъ.

Производство килограмма купро-алюминія требуетъ 45 электрическихъ силъ-часовъ, производство 1 килогр. ферро-алюминія требуетъ 65 силъ-часовъ. Не слѣдуетъ готовить оба сплава въ одной и той же печи, чтобы желѣзо не за-

грязняло купро-алюминія, или чтобы ферро-алюминій не былъ бы измѣненъ мѣдью.

Въ печахъ, изображенныхъ на фиг. 521, приходилось ждать, пока слитокъ охладѣетъ въ тиглѣ, раньше чѣмъ извлекать его. Въ настоящее время устраиваютъ печи съ отверстіемъ для выхода металла, закрываемымъ угольной пробкой, такъ что можно освобождать тигель немедленно послѣ окончанія операціи, что позволяетъ вновь приготовить набойку, не теряя времени.



Фиг. 522.

Кромптонъ придумалъ печь, изображенную на фиг. 522, въ которой можно предварительно нагрѣвать обрабатываемые матеріалы посредствомъ газовой паяльной трубки А В съ цѣлю экономизировать voltaическое тепло.

По способу Коульса обработка минераловъ идетъ съ перерывами. Но очень желательно имѣть печь, которая работала бы непрерывно, чтобы не приходилось каждый разъ вновь нагрѣвать кладку печи и чтобы можно было увеличить производство. Мы познакомимся дальше съ попытками, сдѣланными въ этомъ направленіи.

**793. Электролизъ расплавленныхъ алюминіевыхъ соединений. Способъ Мине.** Въ способъ Коульса не пользуются возстановляющимъ дѣйствіемъ тока, какъ при обыкновенномъ электролизѣ, при которомъ металлъ отлагается на катодѣ. Кромѣ того довольно трудно различать, какая часть результата принадлежитъ тепловымъ, а какая электролитическимъ дѣйствіямъ тока, когда получаемый продуктъ не есть чистый металлъ.

Мине, занявшемуся вновь способомъ, испробованнымъ уже раньше, хотя и безуспѣшно, Сентъ-Клеръ Девиломъ въ эпоху, когда генераторы электричества были неудовлетворительны, удалось добыть алюминій, электролизуя между угольными электродами расплавленные соединенія этого металла.

Ванна состоитъ изъ кріолита, плавящагося при  $900^{\circ}$  Ц., если къ нему прибавить 60% хлористаго натрія. Смѣсь начинаетъ улетучиваться только при  $1100^{\circ}$ , такъ что поддерживая температуру близкую къ  $1000^{\circ}$  Ц., можно быть увѣреннымъ, что потеря отъ возгонки будетъ не велика. Смѣсь помѣщаютъ въ четырехугольный чугунный бакъ, вмазанный въ огнеупорную печь и обложенный внутри угольными пластинами, служащими катодомъ. Аноды подвѣшиваются внутри смѣси. Это параллельныя призмы изъ искусственнаго угля. Подъ бакомъ помѣщается тигель, въ который стекаетъ алюминій. Тигель имѣетъ отверстіе для выхода металла. Смѣсь доводится до температуры плавленія нагреваніемъ очагомъ. Теплота, развиваемая токомъ, достаточна уже потомъ для поддержанія жидкаго состоянія электролита. Этотъ послѣдній разлагается и алюминій, собирающійся въ жидкомъ видѣ около катода, падаетъ каплями въ тигель. За операціей легко слѣдить благодаря прозрачности расплавленной соли.

Нельзя поддерживать ванну прибавкой чистаго кріолита, такъ какъ по мѣрѣ возстановленія алюминія ванна все болѣе и болѣе обогащается фтористымъ натромъ и въ концѣ концовъ на катодѣ начинаетъ отлагаться натрій. Мине избѣгаетъ этого, прибавляя въ ванну бокситъ или смѣсь боксита съ фтористымъ алюминіемъ.

Разность потенціаловъ, которую необходимо получить у электродовъ, равняется

$$v = e + ri,$$

гдѣ  $e$ —электродвижущая сила разложенія соли, равная приблизительно 2 вольтамъ, а  $r$ —сопротивленіе ванны.

Разность потенціаловъ не должна сильно превосходить 4,35 вольтъ, въ противномъ случаѣ начинаетъ разлагаться фтористый натрій, преобладающій въ ваннѣ.

Мѣняя температуру электролита между 900 и  $1000^{\circ}$ , Мине нашелъ, что коэффиціентъ измѣненія сопротивленія въ зависимости отъ температуры опредѣляется слѣдующей формулой:

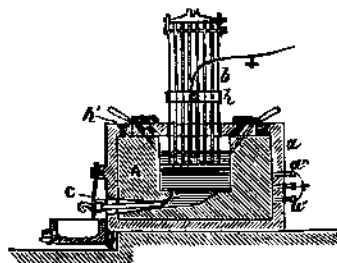
$$r = \alpha - \beta t = 0,0143 - 0,000011t.$$

Плотность тока достигаетъ 50 амперъ на кв. дециметръ катодовъ. Она ограничивается только проводимостью электродовъ, которымъ придаютъ большое сѣченіе.

Электрохимическій эквивалентъ алюминія равняется 0,095 миллигр. Наблюдаемое осажденіе при употребленіи угольныхъ катодовъ мѣняется отъ 0,55 до 0,60 этой цифры. Когда алюминій предназначенъ для приготовленія сплавовъ, то нѣтъ никакихъ препятствій употреблять катоды тоже изъ сплава. Въ этомъ случаѣ алюминій легче стекаетъ съ электродовъ и не подвергается столь долгое время дѣйствию фтора, находящагося въ ваннѣ въ свободномъ состояніи.

Слѣдующій способъ, примѣняющій тоже электролизъ расплавленной массы, какъ и способъ Коульса, предназначенъ для непосредственнаго приготовленія богатыхъ алюминіемъ сплавовъ.

**794. Способъ Геру.** Способъ Геру примѣненъ въ Нейгаузенѣ на заводѣ, пользующемся энергіей Рейнскаго водопада, дающаго 1500 силъ. Электрическая печь состоитъ изъ чугунаго ящика *a* (фиг. 523), снабженнаго внутри огнеупорной, но проводящей одеждой *A* изъ угольныхъ брикетовъ. Печь



Фиг. 523.

запирается графитовой пластиной *h'*, снабженной двумя боковыми отверстіями *n*, черезъ которыя вводятъ обрабатываемый матеріалъ, и однимъ центральнымъ, квадратной формы, черезъ которое проходитъ одинъ электродъ, состоящій изъ нѣсколькихъ угольныхъ пластинъ *b*, соединенныхъ металлической рамкой. Отверстіе для выпуска *c*, запираемое угольнымъ тампономъ, позволяетъ выпускать расплавленный металлъ въ форму, катящуюся по рельсамъ.

Угольная одежда *A* сообщается черезъ чугунный ящикъ и нѣсколько зажимовъ *a'* съ отрицательнымъ зажимомъ динамомашинъ. Угольные пластины, сообщающіяся съ положи-



тельнымъ полюсомъ, подвѣшены на блокѣ и перемѣщаются регулирующимъ механизмомъ, играющимъ ту же роль, что и регулирующий механизмъ въ послѣдовательныхъ дуговыхъ лампахъ (§ 713).

Для этой цѣли на блокъ дѣйствуетъ небольшая динамомашинна, въ которую токъ идетъ черезъ амперметръ-регуляторъ. Смотря по тому, проходить-ли черезъ печь слишкомъ сильный или слишкомъ слабый токъ, динамомашинна подымаетъ или опускаетъ пластины.

Главный токъ доставляется двумя сильными 24-хъ полюсными машинами Броуна, дающими каждая 30 вольтъ и 14000 амперъ. Онѣ возбуждаются особой машиной въ 65 вольтъ и 3000 амперъ. Токъ къ печамъ приводится по гибкимъ кабелямъ, толщиной въ руку. Обѣ большія машины приводятся во вращеніе со скоростью 225 оборотовъ въ минуту, непосредственно турбинами Жонваля въ 600 силъ. Динамомашинна-возбудитель приводится во вращеніе турбиной въ 300 силъ.

Передъ началомъ операциі на дно печи кладутъ въ кузочкахъ мѣдь, предназначенную для сплава съ алюминіемъ. Положительный электродъ приводятъ въ соприкосновеніе съ этимъ металлическимъ слоемъ, начинающимъ плавиться подъ дѣйствіемъ тока, проходящаго отъ подвижныхъ пластинъ къ проводящей одеждѣ. Затѣмъ черезъ отверстіе *n* сыплютъ бокситъ, который плавится подъ дѣйствіемъ voltaической теплоты и становится проводящимъ. Такимъ образомъ, какъ это видно на рисункѣ, получается ванна, состоящая изъ нижняго слоя мѣди и верхняго слоя расплавленного минерала, въ которомъ перемѣщаются положительные угли. Подъ совмѣстнымъ дѣйствіемъ угля и электролиза, минералъ разлагается, алюминій соединяется съ мѣдью, образующей часть катода, кислородъ переходитъ къ верхнимъ углямъ и образуетъ окись углерода, выходящую изъ печи въ видѣ пламени, становящаяся блестящимъ бѣлымъ вслѣдствіе присутствія уносимыхъ частицъ алюминія. Въ результатѣ получается бронза, содержащая 25—30% алюминія.

Такая печь даетъ возможность получить въ день 300 килогр. алюминія, соединенныхъ съ тройнымъ или четвернымъ количествомъ мѣди. Печь работаетъ въ продолженіи цѣлыхъ мѣся-

цевъ безъ остановки. По даннымъ изобрѣтателя этого способа, килограммъ алюминія, находящагося въ бронзѣ, обходится только въ 3,50 фр. Такимъ же образомъ можно готовить и ферро-алюминій.

Способъ Геру былъ измѣненъ въ Нейгаузенѣ Килиани, съ цѣлью получить почти чистый алюминій. На дно печи кладутъ слой графита, служащаго катодомъ. Анодъ состоитъ изъ пластины угольного аггломерата, которому сообщается непрерывное вращательное движеніе вокругъ вертикальной оси, такъ чтобы онъ перемѣшивалъ ванну. Кріолитъ, служащій для полученія алюминія, плавятъ постепенно, приближая анодъ ко дну печи и затѣмъ удаляя его. При помощи печи въ 0,60 метр. діаметромъ и 0,60 метр. глубиной, получаютъ 20 килогр. алюминія въ сутки, при расходѣ 50 силъ-часовъ, на килогр. алюминія. Разность потенциаловъ у печи мѣняется отъ 20 до 25 вольтъ.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПАЯНІЕ.

**795. Способъ Томсона.** Между различными приложеніями электричества къ обработкѣ металловъ электрическое паяніе, изобрѣтенное недавно, получило важное значеніе.

Спаиваемые по способу Э. Томсона предметы, металлическія полосы или проволоки, суживаются и опиливаются въ мѣстахъ, которыя надо соединить; затѣмъ эти предметы зажимаютъ въ тискахъ и особая пружина сдавлиываетъ соединяемыя части. Затѣмъ черезъ тиски пропускаютъ въ спаиваемые предметы довольно сильный токъ. Сопротивленіе, вызываемое не совершеннымъ контактомъ между соединенными частями, вызываетъ ихъ накаливаніе до-бѣла. Въ этотъ моментъ прерывается токъ и части остаются прочно соединенными. Если онѣ желѣзныя, то полезно вновь нагрѣть мѣста соединенія и проковать ихъ. Тогда металлъ вновь получитъ свою упругость. Послѣ свариванія на мѣстѣ соединенія остается кольцо расплавленнаго металла, которое удаляютъ напилькомъ.

Э. Томсонъ употребляетъ для сварки переменные токи. Эти токи могутъ доставляться трансформаторомъ, первичная цѣпь котораго изъ тонкой проволоки соединена съ альтерна-

торомъ, тогда какъ вторичная, состоящая только изъ одного оборота пучка толстыхъ проводовъ, соединена съ тисками. Силу вторичнаго тока регулируютъ при помощи искусственныхъ сопротивленій, вводимыхъ въ первичную цѣпь.

Одна изъ машинъ, употребляемыхъ Э. Томсономъ, даетъ 600 вольтъ и 20 амперъ при 1800 оборотахъ въ минуту. Вторичная цѣпь трансформатора даетъ только 1 вольтъ, но сила тока достигаетъ 10000 амперъ, что позволяетъ спаивать мѣдныя полосы до 11 мил. въ діаметрѣ. Для свариванія предметовъ малаго діаметра, изобрѣтатель пользуется также токомъ, доставляемымъ непосредственно самовозбуждающейся машиной переменнаго тока, арматура которой имѣетъ обмотку изъ толстой проволоки.

Способъ Томсона годится для свариванія электрическихъ проводовъ и трубъ. Онъ позволяетъ починять поломанные предметы, напримѣръ инструменты, валы машинъ и т. п. Кромѣ того онъ примѣнимъ для свариванія металловъ различнаго сорта и различныхъ качествъ. Если по способу Томсона паяются металлическія кольца или звѣнья цѣпи, то току, отвѣтвляющемуся черезъ цѣльную часть, мѣшаютъ достичь слишкомъ большой силы, заставляя его производить магнитныя явленія, которыя увеличиваютъ кажущееся сопротивленіе, встрѣчаемое токомъ. Томсонъ примѣнилъ свой способъ для склепыванія желѣзныхъ листовъ, накаливая до-бѣла заклепки, уже вставленные на мѣстѣ, что позволяетъ сдѣлать головку при помощи самаго малаго давленія.

По даннымъ, сообщеннымъ Брамвеллемъ Лондонскому Королевскому Обществу, по способу Томсона, можно спаять желѣзную круглую полосу въ 29 мил. въ діаметрѣ, въ теченіе 2,25 минутъ, тогда какъ мѣстные кузнецы дѣлаютъ такую сварку не меньше, какъ 4,25 минутъ. Если назвать черезъ 1 сопротивленіе полосы растяженію, то сопротивленіе электрической сварки будетъ 0,92, а обыкновенный—0,89. Стоимость электрической сварки считается въ 0,22 фр.; сюда входятъ—0,06 фр. рабочій трудъ и 0,16 фр. двигательная сила\*).

\*) Въ послѣднее время свариваніе по способу Томсона примѣняютъ для соединенія между собою рельсъ на электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ.

*Прим. перев.*

**796. Способъ Бенардоса и Говарда.** Въ 1881 году Бенардосъ придумалъ примѣнить теплоту, развиваемую вольтовой дугой, къ спаиванію свинца. Затѣмъ онъ распространилъ этотъ способъ и на прочіе металлы. Спаиваемыя части помещаются рядомъ на чугунномъ столѣ, соединенномъ съ однимъ изъ полюсовъ машины или батареи аккумуляторовъ. Угольный стержень, сообщающійся при помощи гибкаго провода съ другимъ полюсомъ источника электричества, приводится въ соприкосновеніе съ спаиваемымъ мѣстомъ и затѣмъ нѣсколько удаляется, чтобы между нимъ и предметомъ появилась вольтова дуга, теплота которой заставляетъ плавиться металлъ и вызываетъ соединеніе соприкасающихся частей. Окисленія избѣгаютъ, насыпая поверхъ спаиваемыхъ частей кремнистый флюсъ, который защищаетъ расплавленный металлъ отъ доступа воздуха.

Описанный способъ позволяетъ спаивать два желѣзныхъ листа ихъ краями. Для этой цѣли загибаютъ ихъ и наполняютъ образующееся между ними пространство желѣзными опилками, которыя плавятъ, образуя дугу между мѣстомъ соединенія и угольнымъ стержнемъ. Если листы поставлены вертикально, то опилки поддерживаютъ угольной полусвѣчкой. Для того, чтобы продѣлать въ желѣзномъ листѣ отверстіе, достаточно соединить его съ генераторомъ и образовать дугу, между точкой въ которой должно быть сдѣлано отверстіе, и угольнымъ стержнемъ. Металлъ плавится и, если продолжительность дуги достаточна, въ желѣзѣ образуется отверстіе.

Для склепыванія продыравленныхъ такимъ образомъ листовъ, достаточно ввести въ отверстіе металлическій стержень и расплавить его концы, которые такимъ образомъ образуютъ головки. Можно также наполнить отверстіе стружками металла и расплавить ихъ помощью дуги.

Бенардосъ употребляетъ аккумуляторы, которые всегда находятся въ соединеніи съ электрическимъ генераторомъ; энергія котораго такимъ образомъ собирается до момента утилизациі. Этимъ способомъ избѣгаютъ толчковъ въ машинѣ, которые непременно будутъ, если обходиться безъ аккумуляторовъ.

Разсмотримъ тѣ возраженія, которыя можетъ вызвать способъ Бенардоса.

Металлъ плавится на поверхности, отъ которой начинается вольтова дуга. Однако, повидимому, металлъ въ этомъ мѣстѣ не перегораетъ, такъ какъ его улечиваніе, вызываемое высокой температурой, образуетъ вокругъ расплавленной массы восстанавливающую атмосферу, защищающую поверхность отъ дѣйствія кислорода воздуха. Тѣмъ не менѣе строеніе металла, подвергавшагося дѣйствію такого тепла, становится кристаллическимъ. Кромѣ того высокая температура можетъ вызвать выростаніе металла, а выходъ заключенныхъ газовъ дѣлаетъ металлъ губчатымъ.

Противъ этихъ двухъ недостатковъ, кристаллическаго строенія и пористости, можно употребить два средства. Проковка еще горячаго металла возвращаетъ ему первоначальное строеніе. Накаливаніе до-красна и медленное охлажденіе, исправляютъ жесткость, вызванную плавленіемъ и проковкой.

Достаточно-ли эти средства? Отвѣтъ на этотъ вопросъ можетъ дать лишь опытъ.

Способъ Бенардоса былъ испытанъ въ различныхъ странахъ. Во Франціи этотъ способъ хотя и попалъ въ руки опытныхъ инженеровъ, но не далъ повидимому рѣшительныхъ результатовъ, такъ какъ тамъ дальше опытовъ не пошли. Въ Россіи примѣненія его ограничиваются починкой поломанныхъ предметовъ и приготовленіемъ небольшихъ металлическихъ сосудовъ и бочекъ\*).

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ англійская фирма *Lloyd and Lloyd*, въ *Combs Wood (Birmingham)* приобрѣла привилегію на примѣненіе способа для приготвленія желѣзныхъ сосудовъ для тормазовъ Вестингоуза. Послѣ долгихъ опытовъ, этой фирмѣ, одной изъ самыхъ большихъ въ мірѣ изъ занимающихся приготвленіемъ желѣзныхъ трубъ, не только удалось приготовить по способу Бенардоса резервуары Вестингоуза, но и производить различныя другія работы. Этимъ успѣхомъ въ значительной степени фирма обязана инженеру Говарду,

\*) Въ настоящее время способъ Бенардоса въ Россіи примѣняютъ многія желѣзнодорожныя мастерскія и машиностроительныя заводы для починки частей машинъ напр. паровозовъ и т. п. *Прим. перев.*

служившему въ этой фирмѣ, который понялъ, насколько важно уменьшить до минимума плавленіе спаиваемыхъ частей. Для этой цѣли онъ заставилъ рабочихъ, работающихъ углемъ, проводить имъ быстро по нагрѣваемой поверхности, чтобы распредѣлить voltaическое тепло въ массѣ, достаточной для избѣжанія слишкомъ сильной концентраціи тепла. Кромѣ того онъ устроилъ особые приборы для приданія углю быстро поступательнаго движенія. Такимъ образомъ слои въ глубину металла постепенно доводятся до желаемой температуры. Однако все-таки для приложеній этого способа есть границы, ибо такъ какъ тепло проходить снаружи внутрь, то существуетъ толщина, глубже которой тепло не проникаетъ безъ замѣтной порчи поверхности.

Для толстыхъ предметовъ Говардъ придумалъ употреблять нѣсколько дугъ одновременно, съ цѣлью дѣйствовать на металлъ съ различныхъ сторонъ и достичь скорѣе желаемой общей температуры.

Благодаря этимъ двумъ приспособленіямъ, быстрому перемѣщенію дуги и одновременному употребленію нѣсколькихъ дугъ, въ *Combs Wood*'ѣ получили такіе результаты, которые доказываютъ, что успѣхъ способа очень часто зависитъ отъ деталей его примѣненія.

Установка для паянія въ *Combs Wood*'ѣ состоитъ изъ паровой компаундъ-машины въ 150 силъ, приводящей въ движеніе три динамомашинны Кромптона, развивающія соотвѣтственно 150, 200 и 300 амперъ при напряженіи 140—150 вольтъ. Быстрое образованіе и прекращеніе дугъ вызывало бы толчки въ генераторахъ, поэтому на заводѣ установлена батарея аккумуляторовъ, соединенная параллельно съ динамомашинной, удовлетворяющей измѣнчивымъ требованіямъ тока.

Батарея очень велика. Она состоитъ изъ 1800 элементовъ Бенардоса, всѣяшихъ каждый вмѣстѣ съ кислотой 31 килогр. Эти элементы, типа Планте, состоятъ изъ пластинъ, приготовленныхъ изъ свинцовыхъ полосокъ, поочередно прямыхъ и амфевидныхъ, впаянныхъ въ свинцовую же рамку. Впаяваніе ведется тоже по способу Бенардоса; оно и дало ему идею паянія вольтовой дугой. Такимъ образомъ средство оказалось

важнѣе цѣли. Элементы работаютъ при слабой плотности тока, не больше 1 ампера на килограммъ пластинъ, что гарантируетъ ихъ сохранность при весьма различныхъ режимахъ, при которыхъ имъ приходится дѣйствовать. Несмотря на употребленіе аккумуляторовъ, динамомашинъ Кромптона даютъ въ этомъ случаѣ гораздо болѣе искръ, чѣмъ когда ихъ примѣняютъ для освѣщенія.

Отъ батареи аккумуляторовъ идутъ два ряда проводовъ, которые проходятъ въ паяльную мастерскую, сосѣдную съ механической.

Эта мастерская раздѣлена на нѣсколько частей, снабженныхъ каждая наковальней и паяльными приборами. Каждую такую часть отдѣляютъ отъ остальныхъ экранами, чтобы лучи дугъ не вредили зрѣнію рабочихъ.

Паяющіе рабочіе сами защищаютъ свои глаза очками изъ рубиноватаго стекла и ручными экранами, изъ красного стекла, защищающими лицо отъ актиническихъ лучей. Рука, держащая угледержатель, тоже защищается экраномъ.

Эти предосторожности необходимы, такъ какъ дуги въ 300—500 амперъ производятъ на глаза и на эпидерму дѣйствіе, подобное дѣйствию солнечныхъ лучей въ тропическихъ странахъ. Такія дуги производятъ на кожѣ воспаленіе, извѣстное подъ именемъ солнечнаго удара. Поэтому уже можно судить, какъ они дѣйствуютъ на оптическій нервъ. Даже косые лучи причиняютъ боль въ глазахъ.

Разсматриваемая черезъ красное стекло эти сильныя дуги представляютъ изъ себя замѣчательно красивое явленіе. Собственно дуга, длина которой мѣняется отъ 5 до 10 сант., имѣетъ форму накаленной, почти прямой, струи, въ 1 сант. въ діаметрѣ. Вокругъ нея возвышается снопъ пламени, образующагося вслѣдствіе сгоранія улетучивающагося желѣза и угля. Сосѣдніе освѣщенные предметы пріобрѣтаютъ фіолетовую окраску.

Стараются производить насколько возможно болѣе длинныя дуги, чтобы можно было распредѣлять тепло на большемъ протяженіи, такъ какъ длинныя дуги перемѣщаются легче не разрываясь.

Положительные проводы, идущіе отъ аккумуляторовъ, сое-

динены съ наковальнями, на которыя кладутся спаиваемые предметы. Отрицательные проводы приводятъ токъ къ углямъ, причемъ онъ предварительно проходитъ черезъ реостаты, образованные желѣзными полосами, навитыми винтомъ. Мѣняя число этихъ полосъ, градуируютъ силу тока въ зависимости отъ величины спаиваемыхъ предметовъ. Эти сопротивленія необходимы еще для того, чтобы не происходили замыканія динамомашинъ на себя.

Угли накаляются послѣ нѣсколько минутъ работы. Ихъ замѣняютъ новыми, а старые кладутъ въ воду.

Вотъ нѣкоторыя изъ операций, которыя дѣлаются въ *Combs Wood*. Слѣдуетъ замѣтить, что каждая операция требуетъ особаго навыка, а иногда и особаго инструмента. Мы познакомимся дальше съ нѣкоторыми изъ употребляемыхъ приспособленій.

1. Заводъ въ *Combs Wood*'ѣ, специальность котораго состоитъ въ приготовленіи желѣзныхъ трубъ, примѣнилъ паяніе главнымъ образомъ къ этой цѣли.

Трубы готовятъ изъ свертываемыхъ полосъ и свариваются по длинѣ. Для діаметровъ, достигающихъ 25—30 сант., эта операція очень трудна, если ее производить обыкновеннымъ способомъ и до послѣдняго времени ее замѣняли склепываніемъ.

Говарду удалось примѣнить электрическое свариваніе слѣдующимъ образомъ. Уголь, помѣщаемый надъ положенными одинъ на другой краями, укрѣпленъ въ рукояткѣ, приводимой въ вращательное и поступательное движеніе электрическимъ двигателемъ, такъ чтобы дуга лизала поверхность 4 сант. на 10 сантиметровъ. Когда температура накаливанія будетъ достигнута, нагрѣтая часть надѣвается на цилиндрическую наковальню и молотъ, приводимый въ движеніе тоже электродвигателемъ, проковываетъ соединяемые края. Такимъ образомъ можно сваривать очень длинныя трубы по частямъ въ 10 сант.

2. Резервуары для сжатого воздуха системы Вестинггауза суть цилиндры въ 25 сант. въ діаметръ и 60 сант. длиной съ двумя припаянными днами.

Операція состоитъ изъ производства продольнаго спая цилиндра описаннымъ выше способомъ и припайванія выпуск-



лыхъ днищъ. Прежде обѣ эти операціи дѣлались исключительно при помощи газовыхъ паяльныхъ трубокъ. Несмотря на то, что этотъ способъ даетъ удовлетворительные результаты, фирма предпочитаетъ электрическій способъ паянія. Причина этого предпочтенія двойная. Газовое паяніе требуетъ спеціальныхъ рабочихъ, которымъ приходится платить очень дорого, тогда какъ электрическое паяніе производится обыкновенными рабочими. Кромѣ того газовая трубка должна горѣть непрерывно, тогда какъ электрическая дуга тушится немедленно послѣ окончанія нагрѣванія.

3. Очень часто совершаемая въ *Combs Wood*'ѣ операція— есть припаиваніе шеекъ и боковыхъ подтрубокъ къ трубамъ.

Для трубъ, діаметръ которыхъ не слишкомъ великъ, припаиваніе шеекъ производится одной дугой. Для трубъ большаго діаметра поступаютъ иначе. Труба съ нагнанной шейкой, помѣщается на токарный станокъ и приводится во вращеніе, въ продолженіи котораго двѣ или три дуги, производимыя неподвижными углями, поддерживаются у мѣста соединенія. Для трубы въ 6 мил. толщины и 13 сант. въ діаметрѣ нагрѣваніе тремя дугами длится около 5 минутъ. Затѣмъ къ внутренности конца трубы при помощи рычага прижимаютъ роликъ. Этого давленія достаточно для производства спайки.

Припаиваніе бокового подтрубка дѣлается, вырѣзая при помощи дуги въ трубѣ соотвѣтствующее отверстіе. Края отверстія приподымаются молоткомъ и сближаются съ соотвѣтствующими краями припаиваемой трубки. Затѣмъ края спаиваются и проковываются.

На заводѣ дѣлаютъ весьма сложныя работы этого рода, между прочимъ желѣзные змѣевикъ внутри цилиндровъ изъ того же металла, имѣющіе множество спаевъ, которые другимъ способомъ почти невозможно сдѣлать.

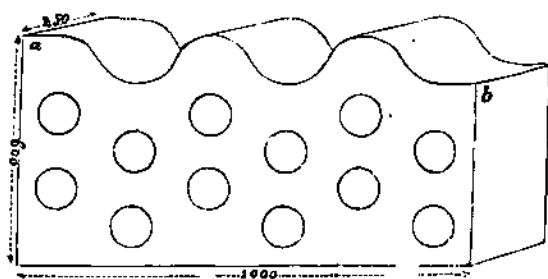
Дуга есть источникъ тепла, занимающій очень небольшой объемъ, который можно провести всюду, куда не войдетъ ни одинъ другой источникъ тепла.

4. Одна изъ самыхъ интересныхъ операцій есть впаиваніе трубъ въ коробки многотрубныхъ котловъ Милля.

Задача состоитъ въ припайкѣ къ стальной штампованной

коробкѣ въ 12 мил. толщиною, крышки съ отверстіями, въ которыя вставляются трубы.

Послѣ штамповки коробки, края, какъ *ab* (фиг. 524), представляютъ трещины. Щели увеличиваютъ дугой и наливаютъ туда металлъ, расплавленный тѣмъ же способомъ. Проковку производятъ послѣ каждой операціи, чтобы дать металлу надлежащее строеніе. Затѣмъ припаиваютъ крышку съ отверстіями сегментами, нагреваемыми дугами и затѣмъ проковываемыми. Послѣ накаливанія до-красна коробки испытуются подъ гидравлическимъ прессомъ.



Фиг. 524.

5. Когда спаиваемые предметы имѣютъ толщину въ 25 мил. уже невозможно нагревать металлъ дугой, приложенной снаружи. Тогда дѣлаютъ особое соединеніе. Соединяемые края срѣзаются наискось и пустоту наполняютъ металломъ, расплавляемымъ дугой. Очевидно, что, несмотря на проковку, прибавленный металлъ не будетъ имѣть тѣхъ же свойствъ, что обрабатываемый металлъ; но возможно утолщеніемъ мѣста соединенія компенсировать недостатокъ качествъ.

## ДОБАВЛЕНИЕ.

### Электрическая отливка и электрическое уплотненіе металлическихъ отливокъ по способу Н. Г. Славянова.

Кромѣ способа Бенардоса электрической обработки металловъ, существуетъ еще другой способъ, изобрѣтенный горнымъ инженеромъ Славяновымъ, въ которомъ тоже примѣняется вольтова дуга. Существенное отличіе способа Славянова отъ способа Бенардоса заключается въ томъ, что при работахъ по первому способу въ качествѣ одного электрода употребляется не угольный стержень, а стержень изъ того же металла, который подвергается обработкѣ. Тотъ стержень и служить матерьяломъ для отливки, такъ какъ подъ дѣйствіемъ тока онъ быстро плавится и по каплямъ стекаетъ внизъ. Для того, чтобы расплавленный металлъ растекался, необходимо предварительно заформовать обрабатываемую часть металлическаго предмета. Формовка дѣлается или изъ кокса, или изъ кварцеваго песка. Стекающій съ расплавленнаго стержня металлъ постепенно заполняетъ образованную такимъ образомъ форму. Діаметръ стержня, употребляемаго въ качествѣ электрода, зависитъ отъ силы рабочаго тока. Его слѣдуетъ считать такъ, чтобы на каждые 8 амперъ приходилось по 1 кв. мил. сѣченія стержня. Другой электродъ можетъ имѣть, понятно, любую форму и имъ вообще служить обрабатываемый металлическій предметъ. Подъ дѣйствіемъ вольтовой дуги оба электрода быстро плавятся и расплавленный металлъ стержня смѣшивается съ металломъ обрабатываемаго предмета. Вслѣдствіе быстраго плавленія стержня длина дуги быстро увеличивается, такъ что, если электроды не сближать,

то дуга быстро прекратится. Сближать электроды отъ руки, какъ это дѣлается при работѣ по способу Бенардоса, гдѣ уголь сгораетъ медленно, очень трудно и потому приходится устраивать приспособленіе для автоматическаго регулированія дуги. Приборъ, устроенный для этой цѣли инженеромъ Славяновымъ и носящій названіе „*Электрическаго плавильника*“, представляетъ изъ себя не что иное, какъ дифференціальный регуляторъ вольтовой дуги (§ 715), отличающійся отъ употребляемыхъ для освѣщенія только тѣмъ, что онъ предназначается для очень сильныхъ токовъ (до 800 амперъ и больше), отчего всѣ его обмотки сдѣланы изъ достаточно толстыхъ проводовъ. Въ такомъ плавильникѣ, понятно, имѣется только одинъ электродъ, стержень изъ расплавляемаго металла, роль же втораго, нижняго электрода играетъ обрабатываемый предметъ. Такъ какъ вѣсъ такого плавильника достаточно великъ, то его подвѣшиваютъ на особомъ блокѣ надъ обрабатываемымъ предметомъ, который предварительно долженъ быть подогрѣтъ.

Автоматическое регулированіе дуги даетъ возможность пользоваться токомъ прямо отъ динамомашинъ, не прибѣгая къ помощи дорого стоящихъ батарей аккумуляторовъ, если, конечно, машина можетъ дать токъ требуемой силы и если ее вращаетъ достаточно сильная паровая машина, снабженная вдобавокъ хорошимъ регуляторомъ.

По способу Славянова можно производить самыя разнообразныя работы, такъ можно производить:

1) Заливаніе пустотъ въ металлическихъ вещахъ, напримѣръ раковинъ въ чугунныхъ и мѣдныхъ отливкахъ, непроварокъ въ желѣзныхъ вещахъ, пузырей и пр. въ стальныхъ предметахъ, а также случайно пробитыхъ, ненужныхъ отверстій въ какихъ угодно металлическихъ вещахъ.

2) Заливаніе трещинъ въ металлическихъ вещахъ.

3) Сливаніе другъ съ другомъ двухъ частей одной сломанной вещи или двухъ вещей.

4) Приливаніе отломанныхъ частей у металлическихъ предметовъ, напримѣръ зубцовъ у колесъ и пр., а также недостающихъ частей, невышедшихъ, напримѣръ, при неудачныхъ отливкахъ.

5) Исправленіе изношенныхъ поверхностей, напримѣръ внутреннихъ частей цилиндровъ, шиберовъ, шеекъ осей и т. п.

6) Наливаніе слоя металла на металлическій предметъ для разныхъ цѣлей, напримѣръ для уменьшенія коэффициента тренія, для предохраненія отъ окисленія, для уменьшенія изнашиванія и т. д.

7) Обращеніе твердаго чугуна въ мягкій въ желаемомъ мѣстѣ.

8) Отливка цѣлыхъ предметовъ небольшихъ размѣровъ.

9) Отливка большихъ количествъ металла въ случаѣ, когда отливка обыкновенными способами невозможна.

Кромѣ перечисленныхъ работъ можно, конечно, производить еще многія другія. Результаты, достигаемые при производствѣ работъ по описываемому способу, бываютъ вообще весьма удовлетворительные и въ настоящее время способъ Славянова примѣняется на многихъ заводахъ и во многихъ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ.

Въ самое послѣднее время Славяновъ примѣнилъ свой плавильникъ еще къ уплотненію металлическихъ отливокъ, получаемыхъ обыкновеннымъ путемъ.

При обыкновенной отливкѣ, когда расплавленный металлъ выливается въ форму, то наверху его образуется корка, такъ какъ застываніе начнется съ верхней поверхности, а въ массѣ отлитого металла образуются такъ называемыя песочины или шлаковины, т. е. пустоты небольшого размѣра, наполненныя шлаками, золой или вообще посторонними землистыми веществами, и пузыри или раковины, т. е. пустоты округленной формы, наполненныя газами. Особенно велики бываютъ эти литейные пороки въ отливкахъ изъ желѣза и стали, въ чугунѣ и бронзѣ они меньше. Въ болванкахъ, отлитыхъ безъ уплотненія, эти пустоты и воронки занимаютъ объемъ, приблизительно равный  $\frac{1}{3}$  объема всей болванки, и дѣлаютъ ее негодной, вслѣдствіе неоднородности. Эту часть приходится срубить и отбрасывать, а слѣдовательно отливать большія болванки невозможно. Для уничтоженія или уменьшенія этихъ пороковъ въ литейной technikѣ примѣняются различные способы. Наболѣе извѣстны изъ нихъ химическій и механический способъ уплотненія отливокъ. Первый изъ

нихъ заключается въ томъ, что къ отливаемому металлу прибавляются такіа вещества (металлургическіе реагенты), которые, вступая въ реакцію съ выделяющимися газами, образуютъ съ ними плотныя соединенія. Понятно, что пузыри при этомъ не образуются и увеличивается количество плотнаго металла. Для желѣза и стали металлургическими реагентами служатъ кремнистые сплавы чугуна (ферросилицій) и сплавъ ализоминія съ желѣзомъ (ферроаллюминій) или чистый аллюминій. Эти вещества отнимаютъ отъ газовъ, выделяющихся при отливкѣ и состоящихъ главнымъ образомъ изъ окиси углерода, кислородъ и образуютъ съ нимъ твердыя вещества (окислы кремнія и аллюминія). Если же уплотняющихъ реагентовъ было прибавлено слишкомъ много, то избытокъ ихъ сплавляется съ металлами и онъ получается худшаго качества. Въ болванкахъ, отлитыхъ и уплотненныхъ химическимъ путемъ, раковинъ и пузырей нѣтъ, но зато усадочная воронка, происходящая вслѣдствіе сжатія массы металла при охлажденіи, гораздо длиннѣе и негодной будетъ уже около половины объема болванки. Существуетъ еще другой способъ, механическій, для уплотненія, примѣняемый только при отливки стальныхъ болванокъ. Онъ состоитъ въ томъ, что металлъ немедленно послѣ отливки его въ очень прочный толстостѣнный чугунный сосудъ (изложницу) подвергается сильному давленію съ верхней поверхности помощью сильнаго пресса. Обработанная такимъ образомъ сталь получается безъ газовыхъ пузырей, что объясняется просачиваніемъ газовыхъ пузырей наружу сквозь застывшую кору металла, подъ вліяніемъ сильнаго давленія. Однако, прессованіе жидкой стали не освобождаетъ ее отъ усадочныхъ пустотъ, оно измѣняетъ лишь ихъ форму и мѣстонахожденія; усадочная пустота получается сигарообразной формы и образуется въ самой серединѣ болванки. Отливку приходится дѣлить пополамъ для возможности употребленія. Отсюда ясно, что примѣняемые способы уплотненія металлическихъ отливокъ не вполне удовлетворяютъ своему назначенію и единственная причина неплотности отливокъ, именно преждевременное застываніе ихъ верхней поверхности, этими способами не устраняется. Чтобы устранить ее, надо нагрѣвать верхнюю поверхность отлитой массы до

температуры плавленія, т. е. поддерживать ее въ жидкомъ состояніи, пока нижняя часть не застынетъ. Подогрѣваніе это можно производить, очевидно, различными способами, но всѣ они, или трудно примѣнимы и не экономичны, или ухудшаютъ качество металла. Существуетъ единственный способъ подогрѣванія поверхности отливокъ, не имѣющій недостатковъ,— это способъ электрическій, придуманный Славяновымъ и примѣненный имъ впервые на Пермскихъ пушечныхъ заводахъ. Этотъ способъ электрическаго уплотненія металлическихъ отливокъ заключается въ томъ, что отлитый въ форму металлъ, раньше чѣмъ онъ начнетъ застывать и пока онъ еще, слѣдовательно, совершенно жидокъ, подогрѣваютъ въ верхней его части при помощи вольтовой дуги и тѣмъ не даютъ ему застывать сверху. Тогда металлъ застываетъ постепенно снизу вверхъ и всѣ газы, выдѣляющіеся изъ массы металла, имѣютъ свободный выходъ черезъ жидкую верхнюю поверхность, вслѣдствіе чего въ массѣ металла не образуется при застываніи пустотъ и получается сплошная плотная отливка. Электрическое уплотненіе производится при помощи вольтовой дуги, электродами которой служатъ: положительнымъ — поверхность уплотняемой массы, а отрицательнымъ — стальной или угольный стержень, проходящій черезъ желѣзный листъ, покрывающій форму и препятствующій слишкомъ большой потерѣ тепла отъ лучеиспусканія.

Плавильникомъ водятъ по поверхности, такъ что застываніе идетъ снизу. Со шлаками при этомъ получается только очень тонкій верхній слой (всего 8%—15% общей высоты).

Такимъ способомъ можно отливать болванки вѣсомъ до 700 пудовъ, что при другомъ способѣ невозможно. Для уплотненія употребляется токъ въ 800 амперъ при 70 вольтахъ. Уплотненіе длится отъ 3 до 8 часовъ. Всѣ произведенные до сихъ поръ опыты дали удовлетворительные результаты, а потому надо думать, что примѣнять этотъ способъ будутъ въ самыхъ широкихъ размѣрахъ, такъ какъ преимущества его передъ другими существующими способами весьма очевидны.

*М. Шателень.*

# Алфавитный указатель.

## НОМЕРА ПАРАГРАФОВЪ.

### А.

Адеръ, микрофонъ—669; электромагнитный телефонъ—666.

Айртонъ и Перри, измѣреніе коэффициентовъ самоиндукціи—269; фотометрическія измѣренія, основанныя на употребленіи двойковогнутой чечевицы—726; воздушныя дороги—625.

Айртонъ и Семпнеръ, способъ измѣренія количествъ энергіи, развиваемыхъ переменными токами—246.

Аккумуляторы: аксессуары—301; со свинцовыми электродами—295; Коммелена и Демазиора—294; постоянныя аккумуляторовъ—292; опредѣленіе—291; плотность тока—306; срокъ службы—310; электроды—304; электролитъ—303; примѣненіе къ распределенію электрической энергіи—504; признаки конца заряда и разряда—307; газовыя батареи—298; свинцово-никелевыя аккумуляторы—308; отдача—292, 306 и 309; измѣненія электродвигательной силы—306.

Алюминій и его сплавы, способы приготовления—792, 793, 794; свойства и примѣненія—791.

Альтернаторы, соединеніе—441; различіе между разными системами—443; регулированіе альтернаторовъ соединенныхъ параллельно—442; случай простой синусоидальной функціи—437; классификація—420; токи Фуко и гистерезисъ—424; описаніе—

325; испытанія—439; возбужденіе индукторовъ—423; многофазныя—448; проектированіе—447; работоспособность—438; регулированіе напряженія—444; измѣненія электродвижущей силы, опредѣленіе—436.

Амперметры—216; вѣсы Лорда Кельвина—220; Дебре и Карпантье—217; градуированіе—363; Гуммеля—218; Вестона—219.

Амперъ, опредѣленіе—161, 797; гипотеза о магнетизмѣ—180; законъ дѣйствія тока на магнитный полюсъ—124.

Аноды, опредѣленіе—121.

Аннунциаторъ—677.

Арматуры—311, 312; кольцевая для альтернаторовъ—422; кольцевая пост. тока—318; дисковая для альтернаторовъ—420; дисковая пост. тока—337; съ замкнутой пѣльей—320; съ разомкнутою пѣльей—319; внутреннее сопротивленіе—330; барабанная для альтернаторовъ—421; барабанная пост. тока—332; амперъ-обороты—353; вычисленіе—417, 447, 576; классификація—317, 420; проводники—395; критическое обозрѣніе—331, 335, 339; зубчатые—394; сердечники—392; температура—361, 395; скорость—397.

Ару, вычисленіе машины со смѣшаннымъ возбужденіемъ—363.

Ару и Таминъ, аккумуляторъ—297.

Аронъ, электрическій счетчикъ—512, 513.



## В.

Банка лейденская—89.  
 Бансептъ, аккумуляторъ—295.  
 Барбара, таблицы для вычисления натяжений воздушныхъ линий—521.  
 Барловъ, колесо 146, 173.  
 Беккерель, законы термоэлектрическихъ дѣйствій—261; законы управляющіе электрометаллургіей—770; законы электролиза—121; дифференциальный термометръ—265; обработка среброносныхъ минераловъ—788.  
 Белль, Радиофонъ—675; телефонъ электромагнитный—664.  
 Беннетъ, фониическій трансляторъ—683.  
 Бентли-Найтъ, система подземныхъ проводовъ для трамваевъ—620;  
 Бенардосъ, электрическая пайка—796.  
 Бергманъ, система прокладки проводовъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ—531, 761.  
 Берлинъ, центральныя электрическія станціи—743.  
 Бернштейнъ, лампа накаливанія—704.  
 Бертъ, Борель и К°, электрическіе кабели для подземной канализаціи—540.  
 Блавье, способъ опредѣленія мѣста порчи изолировки на длинной телефонной линіи—561.  
 Блондель диффузионные шары—736.  
 Блондло и Кюри, методъ опредѣленія количества энергіи расходуемой въ первичной цѣпи трансформатора—465.  
 Влэкъ—Микрофонъ—670.  
 Влэзъ и Міестъ, обработка сѣрнистыхъ минераловъ—788.  
 Водо, Многократный телеграфъ—658.  
 Вольцманъ, Діэлектрическія постоянныя—98.  
 Борггардтъ, электростатическая машина съ трениемъ—99.  
 Брешъ, динамомашинъ—410; регуляторъ для вольтовой дуги—719.  
 Броунъ, арматура—894; двигатель съ вращающимся магнитнымъ потокомъ—587.  
 Бунзенъ, элементъ—281; фото-метръ—728.  
 Бушаръ и Келлогъ, сложныя многократныя коммутаторныя доски

для центральныхъ телефонныхъ станцій—692.

Бюффе, элементъ—285.

## В.

Ваддель-Энтцъ, аккумуляторъ—294.  
 Валь, динамомашинъ, устройство—399.  
 Вальтенгофенъ, выраженіе для намагничиванія—59.  
 Ванъ-Рисселбергъ, одновременное телеграфированіе и телефонированіе—682.  
 Ванъ-Влотенъ, стоимость тяги аккумуляторами—631.  
 Варлеасъ, станція—746.  
 Варлей, система подводной телеграфіи—660.  
 Варнонъ, элементъ—284.  
 Ваттъ (Алекс.), обработка цинка—788.  
 Ваттъ, единица—161.  
 Ваттметръ—242; Сименса—243; Циперновскаго—245.  
 Веберъ, гипотеза относительно магнетизма—39; инклинометръ—174; фотометръ—734; единица—797.  
 Веркоръ Гарвуръ, эталонъ свѣта—725.  
 Вестингоузъ, альтернаторъ—432; лампа накаливанія—702; система распределенія—495, 749, 760, 761; трансформаторъ—457.  
 Вестонъ, амперметръ—219; вольтметръ—229.  
 Вибраторъ, электрическій—201.  
 Вильсонъ и Госкинсъ, коммутаторная доска для телефонныхъ станцій—691.  
 Вильде-Сименсъ, дисковая арматура—420.  
 Викторія, лампа накаливанія—699.  
 Вимсхуретъ, машина—101.  
 Витстонъ, мостикъ—117, 235; телеграфъ—657.  
 Віоль, единица силы свѣта—725.  
 Возбужденіе индукторовъ альтернаторовъ—423; динамомашинныя постоянного тока—842; двигателей—669.  
 Возвратъ черезъ землю—478.  
 Вольта, элементъ—273.  
 Вольтаметръ—229; градуированіе—864.  
 Вольтъ, единица—161, 797.  
 Волны электрическія, ихъ рас-

пространеніе въ средѣ—201.

Восприимчивость магнитная—52, 158.

Вызовы—676.

Вращеніе электромагнитное—143; подъ дѣйствіемъ индуктированныхъ токовъ—191.

Вращеніе плоскости поляризаціи свѣта въ магнитномъ полѣ—156.

## Г.

Гатенъ, аккумуляторы—299.

Гадо, аккумуляторъ—299; стоймость животной тяги—630; электрической тяги посредствомъ аккумуляторовъ—631; система электрической тяги посредствомъ аккумуляторовъ—629.

Гальванометръ съ подвижнымъ магнитомъ—212; разрядъ конденсатора черезъ шунтированный гальванометръ—179; Дебре и д'Арсонваль—214; Томсона—137; Тангенсъ-Гальванометръ, его теорія—136; крутильный—Сименса—213; дифференціальный—215; промышленные—216; ихъ примѣненіе къ измѣренію разности потенциаловъ—228.

Гальванопластика, группировка приборовъ—776; цѣль—773; производство операціи—775; формы—774.

Ганцъ, альтернаторъ—431; синхроничные двигатели—579; регулировка напряженія альтернаторовъ—444; система распределенія энергіи посредствомъ трансформаторовъ—496, 497; трансформаторы—456.

Гасснеръ, элементъ—285.

Гаусманъ, опредѣленіе потерь отъ токовъ Фуко и гистерезиса въ арматурахъ—374.

Гауссъ, теорема—20; единица—797.

Гейльманъ, электровозъ—627.

Гельмгольцъ, поправка закона Томсона—289; законъ индукціи—166.

Генри, единица—191, 797.

Геру, способъ приготовленія сплавовъ алюминія—794.

Гейфнеръ-Альтенекъ, динамометръ—366; единица силы свѣта—725.

Герцогъ и Штаркъ, вычисленіе свѣта; способъ секционирования—765.

Герцъ, телефонный приемникъ—672.

Герцъ, опыты надъ электрическими гучами—201.

Гинниксъ, микрофонъ—671.

Гистерезисъ—57, 62, 175; въ динамомашинкахъ—326, 424; въ сердечникахъ электромагнитовъ—189; измѣреніе потери въ трансформаторахъ—467; способъ отдѣльнаго опредѣленія потерь отъ токовъ Фуко и гистерезиса—373, 374.

Говардъ, электрическая пайка—706.

Говелль и Кромптовъ, аккумуляторъ—295.

Годуэнъ, ванна для покрытія мѣдью—285.

Гоесть, наимыгоднѣйшее положеніе центральной станціи—489.

Голардъ, система распределенія помощью трансформаторовъ—495; трансформаторы—455.

Гонкинсонъ, магнитная цѣпь—153; желѣзная дорога изъ Лондона въ Стоквелль—627; изъ Бессбрука въ Ньюри—609; измѣреніе магнитной проницаемости—259; способы изслѣдованія динамомашинъ—369; многопроводная система, распределеніе—485; теорія динамомашинъ—349.

Горгамъ и Дрекъ, аккумуляторы—299, 301.

Госкисъ и Вильсонъ, коммутаторныя доски для центральныхъ телефонныхъ станцій—691.

Гравюра гальваническая—784.

Граммъ, альтернаторъ—429; динамомашинна постояннаго тока—401; арматуры—320, 422; регуляторъ вольтовой дуги—718.

Гриволась, оправка для ламп накаливанія—704.

Грове, газовый элементъ—293.

Громотоводъ—81, 478, 644.

Гротгусъ, гипотеза относительно электролиза—122.

Гуммель, амперметръ—213.

Гуттаперча—527.

Гюентъ и Леблянь, способъ получения многофазныхъ токовъ—588.

## Д.

Давленіе электростатическое—77; на поверхности—30.

Даниель, элементъ эталонъ—207.

Д'Арсонваль, электромагнитный телефонъ—666.

Д'Арсонваль и Дебре, гальванометръ—214.

Дс-Бастъ, вычисленіе динамома-

шины—417; трансформатора—472.

Де-Вейдликъ, доказательство закона Лапласа—126; замѣтка о коэффициентѣ самоиндукціи—451.

Дежонгъ, микрофонъ—669.  
Деландъ и Шаперонъ, элементъ—286.

Деполаризаторъ—274.

Депрэ, способъ пускающій въ ходъ электродвигателей съ независимымъ возбужденіемъ, приводящимъ въ движеніе свой возбудитель—591; характеристики—375; опыты съ передачей энергии—595.

Депрэ и Карпантъе, амперметръ—217.

Д'Арсонваль, гальванометръ—214.

Дерозъ, динамомашинна—408; последовательная обмотка арматуры—329; арматура дисковая—338.

Дженкинъ, Айртонъ и Перри, электрическія воздушныя дороги—625.

Джильбертъ, единица—797.

Джонстонъ, система подземной канализации—535, 536.

Джонсонъ и Филиппсъ, масляные изоляторы—518.

Джоуль, явленіе Джоуля—119; законы электрометаллургіи—770.

Диамагнетизмъ, опредѣленіе—51.

Динамомашинны, опредѣленія и предварительныя свѣдѣнія—311; съ токомъ постояннаго направленія—385; постояннаго тока приближенное вычисленіе электродвигательной силы и энергии—341; магнитная цѣпь—349; построение—387; описаніе—401; практическія данныя для проектов—416; испытанія—360; арматуры—317; способы соединенія—386; способы возбужденія: само-возбужденіе—344; индукторы со сложнымъ возбужденіемъ—347; индукторы помѣщенные въ отъѣвленіи—346; индукторы соединенные последовательно—345; независимое возбужденіе—343; магнито-электрическія машины—342; проектъ—412, 417; регулированіе тока—348; альтернаторы—420.

Динамометръ передаточный—360; опредѣленіе энергіи, которую онъ поглощаетъ—369.

Динъ, опредѣленіе—5.

Диплексъ, Эдисона—654.

Дискъ, Фарадея—173; безконечно тонкій дискъ равномерно заряжен-

ный—31.

Діаграмма потенціаловъ въ коллекторѣ динамомашинны; способъ опредѣленія Мордея—821.

Діэлектрикъ, опредѣленіе—83; измѣреніе его сопротивленія—288; діэлектрическая постоянная—93; роль—95.

Діелефи, электрическая станція—746.

Добровольскій, автоматическій предохранитель—477; двигатели съ вращающимися индуктирующимъ потокомъ—587, 588.

Дорсетъ, система подземной канализации—533.

Дрэкъ и Горамъ, аккумуляторъ—299, 301.

Дуга Вольтова—706.

Дуплексъ, дифференціальный—652; п. и помощи мостика Уитсона—653; на подводныхъ линіяхъ—662.

Дюлаз, динамомашинна—404; столбы—751.

Дѣятель, количество и масса дѣятеля—9.

## Е.

Единицы производныя—2; электромагнитныя—159; электростатическія—160; основныя—1; магнитныя—158; механическія—4, 5; практическія—161, 162; преобразование—163.

Емкость поляризации—272; измѣренія—159; аккумулятора—306; сравненіе дѣйствія емкости и самоиндукціи—197; электростатическая—82; эталонъ—208; измѣреніе—241; вліяніе емкости въ цѣпи съ переменными токами—197, 199; на телеграфныхъ линіяхъ—631; на телефонныхъ линіяхъ—679.

Е. Р. S. Аккумуляторъ—299.

## Ж.

Жакентъ, опредѣленіе потери, происходящей отъ боковой инструкціи въ кабеляхъ, по которымъ проходятъ переменные токи—525.

Жаспаръ, динамомашинна—405; регуляторъ вольтовой дуги—717.

Желѣзная дорога изъ Бессбрука въ Цюрихъ—609; изъ Лондона въ Сток-вель—627; городскія—626.

Женева, центральная станція—745.

Жераръ (Эрикъ), приборъ для опредѣленія напряженія магнитнаго поля—248; электрометр—69, 226; регистраторъ—223; дифференціальный гальванометръ Денре и д'Арсонваля—215; способъ локализациі мѣста порчи кабеля—559; способъ опредѣленія количества энергіи, поглощаемой динамометромъ—369.

Жиру, фотометрический эталонъ—725.

Жюльенъ, аккумуляторы—304; система электрической тяги посредствомъ аккумуляторовъ—629.

## З

Звонокъ, поляризованный—676; простой—644.

Зебекъ, явленіе—259.

Золоченіе—779.

## И

Измѣренія единицъ—4; приложенія—8; величины—4, 5, 158, 159, 160.

Изоляторы—518.

Изолирующія вещества. Опредѣленіе—67.

Изоляція канализаціи—558; измѣреніе сопротивленія порчи: способъ Пикю—554; помощью вольтметра—550; указатель земного сообщенія—554; локализациі мѣста порчи: способъ петли—558; методъ Жерара—559; методъ плавкихъ предохранителей—558; Изоляція динамомашинъ—400.

Иммишъ, приспособленіе для измѣренія вращенія электродвигателей—574.

Инклинометръ Вебера—174.

Инкрустація гальваническ.—784.

Индукція—164; примѣненіе къ абсолютнымъ измѣреніямъ сопротивленій—231; къ измѣренію напряженія магнитнаго поля—174, 249; коэффициентъ индукціи, измѣренія—158; въ металлическихъ массахъ—187; въ проводникѣ подвижномъ въ однородномъ полѣ—172; силовой потокъ, производящій индукцію—170; электродвигательная сила—170; законъ Ленца—165; общій законъ—166; магнитная индукція—60, 797; способы измѣренія магнитной проницаемости—250, 251, 252; взаимная индукція двухъ

цѣпей—183; двухъ неподвижныхъ цѣпей—184; коэффициентъ взаимной индукціи двухъ листовъ—46; коэффициентъ взаимной индукціи (выраженіе)—186; измѣненіе его по способу Каре-Фостера—258; количество индуктированнаго электричества—171, 185; вращеніе похъ дѣйствіемъ индуктированныхъ токовъ—191.

Индукторы динамомашинъ, вычисленіе—414, 447, 575; конструкція—388; опредѣленіе—311; форма—387; способъ возбужденія—342, 423, 569.

Интесивность намагничиванія—40; безконечнаго цилиндра—55; изотропной сферы—53; кольца вращенія—54; зависимость отъ намагничивающей силы—57.

Испытательныя проволоки—483.

## К

Кавелки, самонипущій телеграфъ—651.

Кажущееся сопротивленіе цѣпи—180.

Колледеръ-Веберъ, система подземной канализаціи—533.

Калло, элементъ—279.

Калориметръ Карлюкю,—231. Роты—246, 465.

Канализація электрическая. Воздушная: вычисленіе натяженія воздушнаго провода—520; проводники—519; постройка воздушной линіи—523; вліяніе температуры на натяженіе воздушнаго провода—521; проектированіе воздушной линіи—522; правила Board of Trade—762; столбы—518; съ предохранительной оболочкой: случай переменныхъ токовъ—525; общія свѣдѣнія—524; вещества, употребляемыя для изоляціи кабелей—526; кабели для сильныхъ токовъ—530. Типы подземной канализаціи: голые провода подъ землей, различные системы—542; броневые провода; кабели Берту, Бореля и К<sup>о</sup>—570; Сименса—339; канализація Эдисона—537, 538; провода Ферратти—541; канализація съ протянутыми кабелями; кабели—534; распределительные провода—536; предохранительные каналы—533; соединенія—535; прятаніе кабелей—535. Подводныя линіи: общія свѣдѣнія—549; погруженіе ка-

- белей — 550; устройство кабелей — 527; порча и починка кабелей — 522. Воздушныя телеграфныя линіи — 518. Подземныя телеграфныя линіи: общія свѣдѣнія — 543; линіи нѣмецкія и бельгійскія — 545; линіи французскія — 544; соединенія — 546; стоимость — 547; соединеніе воздушныхъ линій съ подземными — 548. Телефонныя линіи — воздушныя — 680; кабели — 681; теоретическія соображенія — 679.
- Каппъ, альтернаторъ — 430; стоимость электрической тяги при подземной канализаціи — 633; формула — 59; способъ испытанія динамомашинъ — 371; магнитное сопротивленіе — 153; система распределенія энергіи посредствомъ трансформаторовъ — 498. теорія динамомашинъ — 356; графическая теорія трансформаторовъ — 461.
- Кардью, калориметръ — 221; предохранительное приспособленіе для избѣжанія высокихъ напряженій во вторичной цѣпи трансформатора — 409; способъ испытанія динамомашинъ — 470.
- Каре-Фостеръ, способъ измѣренія коэффициентовъ взаимной индукціи — 253.
- Карпантье и Дебре, амперметръ — 217.
- Карпантье и Кламонъ, термоэлектрическая батарея — 267.
- Карсель — 725.
- Катодъ, опредѣленіе — 121.
- Катушка индукціонная — 450; съ прерывистымъ первичнымъ токомъ — 451; реагирующая — 446; намагничивающая для динамомашинъ — 389.
- Каучукъ — 526.
- Квадрантъ, единица — 161.
- Квадруплексъ, Эдисона — 655.
- Келли и Стэнли, двигатели съ періодическимъ индуцирующимъ токомъ — 584.
- Келлогъ и Бухардъ, коммутаторныя доски для центральныхъ телефонныхъ станцій — 692.
- Кельвинъ (Лордъ), вѣсы — 220; явленіе — 260; абсолютный электрометръ 86, 225; квадрантный — 69, 91, 226; электродвигательная сила поляризаціи — 128; гальванометры — 137; законъ электрометаллургіи — 770; законъ термоэлектрическій — 261; способъ измѣренія угловъ 50; мостикъ — 226; термоэлектрическая способность — 237; решенишерь — 100; правило для вычисленія сѣченія проводовъ — 476, 476; сифонный отгѣтчикъ — 661; система подводной телеграфіи — 660.
- Кельнъ, электрическая станція — 748.
- Кенпели, опытное опредѣленіе напряженія проводовъ токовъ — 474.
- Кенсингтонъ (Лондонъ), электрическая станція — 744.
- Кевтъ, приспособленіе для уничтоженія возможности образованія токовъ высокаго напряженія во вторичныхъ цѣпяхъ трансформаторовъ — 496.
- Кильяни, способъ приготовленія алюминія — 794.
- Кингдонъ, альтернаторъ — 434.
- Кингъ, система распределенія энергіи помощью аккумуляторовъ — 509.
- Киргофъ, законы — 115; ихъ примѣненіе къ магнитной цѣпи — 153.
- Кислота хромовая — элементы съ хромовой кислотой — 382.
- Кламонъ и Карпантье, термоэлектрическая батарея — 267.
- Кларкъ и Бюро, лампа-солнце — 722.
- Кларкъ, эталонъ — электродвигательныя силы — 207.
- Кабалятирование — 782.
- Коэффициентъ въ законѣ Кулона — 94; величина его — 160.
- Коэффициентъ намагничиванія, опредѣленіе — 52; измѣреніе — 158.
- Коэффициентъ взаимной индукціи двухъ цѣпей — 132; листовъ — 46; измѣренія — 158; выраженіе — 186; измѣреніе по методу Каре-Фастера — 258.
- Коэффициентъ магнитной восприимчивости — 52; измѣренія — 158.
- Коэффициентъ самоиндукціи: опредѣленіе — 133, 152; выраженіе — 152, 190; измѣреніе — 255, 256, 257.
- Коэффициентъ магнитной проницаемости — 61; измѣреніе — 158.
- Колесо Барлова — 146, 173.
- Количество агента — 9, 10; электричество — 72, 109, 176, 182; измѣренія — 159, 160; эталоны — 206; индуцированнаго электричества — 171, 185; магнетизма — 34.
- Коллекторъ динамомашинъ — 313, 398.
- Кольраушъ, измѣреніе сопротивленіе электролитовъ — 239.

Коммеленъ и Демажуръ, аккумуляторъ—294.

Коммутаторъ динамомашины—313; выпрямитель—314; телеграфные коммутаторы—644.

Конденсаторъ съ предохранительнымъ кольцомъ—85; остаточный зарядъ—96; цилиндрический—87; рядъ въ гальванометръ съ шунтомъ—179; опредѣленіе—83; употребленіе въ качествѣ телеграфнаго приемника—672; плоскій—84; сферическ.—83.

Контакты послѣдовательные. Законъ—106.

Коульсъ, способъ фабрикаціи сплавовъ алюминія—792.

Кривыя характеристическія—375, 440; кривыя реакціи арматуры—370; кривыя тока динамомашины—358; магнетизма машины—350; различные ихъ формы—354; механическія кривыя двигателей—573.

Кромптонъ, способъ приготовленія сплавовъ алюминія—722; система подземной канализаціи—542; Говеле аккумуляторъ—295.

Кросби, стоимость электрической тяги съ помощью воздушной проволоки—632.

Круто, лампа накаливанія—700.

Крудцани, способъ вычисленія городскихъ линий—766.

Крюгеръ, элементъ—280.

Кулонъ, коэффициентъ его закона—94, 160; законъ—72; теорема—76; единица измѣренія 161.

Куинлигамъ, электромагнитный предохранитель—477.

Кюри и Блондло, методъ опредѣленія первичной работоспособности трансформаторовъ—465.

## Л.

Ламейеръ, динамомашины—387.

Лампы накаливанія, приготовленіе—695; лампа Берштейна—704; Круто—700; Эдисонъ—697; Сяль—701; Свастъ—698; Викторія—699; измѣреніе степени пустоты—625; способы питанія и срокъ службы—696; оправа Гриволаса—708; оптическая отдача—781; распределеніе свѣта—705; патронъ Вестингауза—702; накаливаніе въ воздухѣ—723.

Лампы дуговая, классификація—

711; примененіе переменныхъ токовъ—709; изслѣдованіе дуги—707; приготовленіе углей—710; сила свѣта и оптическая отдача—786; явленіе дуги—706; регуляторы—712; добавочное сопротивленіе—716; кажущееся сопротивленіе—708; лампы безъ механизма—721.

Ланжеръ и Мондъ, газовый элементъ—293.

Лапласъ, законъ дѣйствія элемента тока на полюсъ—126.

Лебланъ, приспособленіе для выпрямленія переменныхъ токовъ—562; Лебланъ и Потенъ—способъ полученія многофазныхъ токовъ—588.

Лейденская банка—89.

Лекланше, элементъ—284.

Лехеръ, опыты надъ электрической радіаціей—201.

Ле Шателье, пирометръ—266.

Линевъ, система подземныхъ проводовъ—622, 624.

Липманъ, капиллярный электрометръ—227.

Липпенсъ, звонокъ—644.

Лоджъ, конденсація паровъ—104; громоотводы—478.

Лоранъ-Сели, аккумуляторъ—299.

Луксъ, опредѣленіе—725.

Люминесценція—694.

## М.

Магазины сопротивленій—204.

Магнетизмъ—32; влияние температуры—63; количество магнетизма—34.

Магниты, дѣйствія земли—88; искусственные магниты—47; опредѣленіе—82; опредѣленіе магнитнаго момента—48; элементарные—40; подъёмная сила—56; гипотеза о магнитахъ—39, 64, 130; истинная длина—37; однородные магниты—42.

Магнитный листъ, опредѣленіе—43; взаимная энергія двухъ листовъ—46; энергія листа въ полѣ—45; работоспособность—опредѣленіе—43; измѣренія—158.

Магнитная или соленоидальная нить—41.

Магнитная проницаемость, коэффициентъ—60; измѣреніе—158; жельза и чугуна—62; измѣреніе магнитометромъ—253; индукціонные методы—

250, 251, 252; методъ основанный на притяженіи — 254; измѣненія проницаемости сердечника трансформатора — 462.

Магнитный моментъ — 37; опредѣленіе — 48; измѣренія — 153.

Магнитный меридіанъ — 83.

Магнитноэлектрическія машины — 311; сравненіе ихъ съ динамомашинами — 342.

Магнитное наклоненіе — 38.

Магнитометръ — 48; измѣреніе проницаемости — 253.

Магнитное сопротивленіе — 153.

Максвелль, электрическая энергія — 202; методы измѣренія коэффициентовъ самоиндукціи — 255, 256; правило пробочника — 124; законы электромагнитныхъ дѣйствій — 181; направленіе электродвигательной силы индукціи — 167.

Манчестеръ, динамомашинна — 387; проектированіе — 417.

Марчезе, обработка сѣрнистыхъ минераловъ — 789.

Маскаръ, электрометръ — 226.

Масса, агента — 9; полюса — 34.

Междужелѣзное пространство дипомашинъ — 891; граница — 837.

Мейдингъ, элементъ — 280.

Меллонъ и Нобили, термоэлектрическая батарея — 264.

Меритенсъ, альтернаторъ — 428.

Мериттъ и Ріанъ, способъ изслѣдованія трансформаторовъ — 466.

Меркадье, электромагнитный телефонъ — 666.

Микрофонъ Адера — 669; Блэка — 670; Дежонга — 669; Эдисона — 671; Юса — 667; Гиннингса — 671; качества которыми онъ долженъ обладать — 668.

Мине, плотность тока дающая хорошия электролитическія отложенія — 772; способъ получения алюминія и его сплавовъ — 793.

Міестъ и Блэсъ, обработка сѣрнистыхъ минераловъ — 788.

Мо, единица — 797.

Моментъ вращенія электродвигателя. Выраженіе — 566.

Мондъ и Ланжеръ, готовый элементъ — 293.

Моннье, система распредѣленія энергіи помощью аккумуляторовъ — 507.

Монто, аккумуляторъ — 297.

Мордей, альтернаторъ — 427; син-

хроничный электродвигатель — 580; обмотка многополюсной арматуры — 32; соединеніе альтернаторовъ — 448; способъ отдѣленія потерь отъ токовъ Фука или отъ потерь гистерезиса — 373; діаграмма потенциаловъ на коллекторѣ — 321; выпрямленіе переменныхъ токовъ — 582.

Морзе, телеграфъ — 637.

Морелли, способъ опредѣленія работоспособности трансформатора — 465.

Мостикъ, съ градуированной проволокой — 236; Кольрауша — 239; Томсона — 237; Витстона — 235; теорія — 117.

Муфта Раффара — 399.

Моллеръ формула — 59.

Мѣдью покрываніе — 780.

## Н.

Намагничиваніе. Измѣреніе коэффициента намагничиванія — 158; коэффициентъ намагничиванія — 52; магнитное насыщеніе — 39; поперечное намагничиваніе проводника — 155; работа намагничиванія — 61, 175.

Направленіе поля, опредѣленіе — 11.

Напряженіе поля — 11; магнитнаго измѣренія — 36; способъ измѣренія основанный на индукціи — 174, 249; измѣреніе посредствомъ качаній — 247; электромагнитнымъ методомъ — 248.

Нигритъ — 529.

Никкелированіе — 781.

Нобили и Меллонъ, термоэлектрическая батарея — 264.

Ное и Рибекъ, термоэлектрическая батарея — 268.

Нью-Йоркъ, электрическая станція Эдисона — 742.

## О.

Обкладка конденсатора, опредѣленіе — 83.

Обмотка смѣшанная въ динамомашиннахъ: графическое опредѣленіе — 383; способъ опредѣленія помощью вычисленія — 358; двойная обмотка для постояннаго тока — 384; двойная для машинъ гиперкомпануль — 384; двойная для поддержанія постояннаго

напряженія при различныхъ скоростяхъ—384; параллельная обмотка въ многополюсныхъ арматурахъ—327, 332; послѣдовательная въ многополюсныхъ арматурахъ—329; первичная обмотка трансформатора—471; вторичная—470.

Обратимость альтернаторовъ—577; динамомашина пост. тока—564.

Оаокеритъ—558.

Оконить—529.

Омъ, законъ—108; единица—161, 797; легальный—208; истинный—208.

Остаточный магнетизмъ—39.

Острия, ихъ свойства—79.

Ось магнитная намагниченнаго стержня—87.

Отдача аккумуляторовъ—292, 303, 309; альтернаторовъ—439; динамомашины—360, 366, 380; электродвигателей—587; элементовъ—271; трансформаторовъ—463; телеграфовъ—659; электрическихъ передачъ энергій—590; оптическая отдача лампъ накаливанія—735; другихъ источниковъ—737.

Отложения металлическія. Электролитическое образованіе—777.

Оттапливаніе тока токомъ—194.

Ошибка абсолютная и ошибка относительная, границы измѣренія—210.

## II.

Палазь, сила свѣта дуговыхъ лампъ постоянного тока и количество энергій ими потребляемое—736.

Пары вольтанческія—123; стоимость энергій, доставляемой вольтанческими парами—290.

Паралелограмъ Витстона—117.

Парижъ, электрическія станціи—741.

Параффияъ—528.

Патерсонъ, телефонный кабель—681.

Пачинотти, арматура—394.

Паяніе электрическое, способъ Бенардоса—796; Говарда—796; Томсона—795.

Пельтье, явленіе—120, 259.

Передача механической энергій, примѣненіе—596; къ горному дѣлу—597; развитіе—595; помощью переменныхъ токовъ—592; проектированіе—594; различныя системы—600; теорія—590.

Перемѣщеніе электричества въ діэлектрикѣ—95.

Періодъ измѣняющагося тока—111, 176.

Перреръ, гальваническая батарея—237.

Песчетто, аккумуляторы—299.

Пикарь, система одновременнаго телеграфированія и телефонированія—686.

Пикку, опредѣленіе сопротивленія порчи изоляціи—555; указатель земного сообщенія—554; полное сопротивленіе изоляціи съѣти—553.

Пиперъ, динамомашинка—406, 598; регуляторъ вольтовой дуги—720; реостатъ для пусканія двигателей въ ходъ—548.

Пиранни, способъ измѣренія коэффиціентовъ самоиндукціи—256.

Пирометръ Ле Шателье—266.

Пляте, аккумуляторы—296.

Платинированіе—783.

Плотность кубическая—9; тока—272; въ аккумуляторахъ—805; для электролитическихъ отложений—772; поверхностная—9.

Поверхности равнаго потенциала (уровни)—13.

Поворотъ щетокъ, опредѣленіе—322; о щеткахъ динамомашины—398; о щеткахъ двигателей—565; вліяніе измѣненія формы поля—342; вліяніе самоиндукціи индуктированныхъ обмотокъ—323.

Поггендорфъ, способъ измѣренія угловъ—50.

Поле магнитное, опредѣленіе—36; производимое безконечнымъ прямолинейнымъ токомъ—125; кольцевой катушкой—142; электромагнитномъ—151; соленоидомъ—140; равновѣсіе тѣла въ магнитномъ полѣ—65; измѣреніе напряженія поля—247, 248, 249; измѣненіе свойства тѣла въ магнитномъ полѣ—156; дѣйствія на магнитъ—37; дѣйствія на элементъ тока—127.

Поле силовое, случай двухъ дѣйствующихъ массъ—16; случай одной дѣйствующей массы—14; опредѣленіе—11; равномерное поле—16.

Поле электрическое, опредѣленіе—11.

Поллакъ, аккумуляторъ—299.

Полюса магнитные—158; магнитовъ—82; масса полюса—34; единица полюса—85.



Полюсные наконечники у динамомашины—390.

Поляризация свѣта въ магнитномъ полѣ—156; элементовъ—272; способы ея уничтоженія—274.

Понселе, единица—5, 161.

Потенціалъ, общая теорія—72; электрическій потенциалъ—73; проводники въ равновѣсїи—74; земли—75; магнитный—86; электрической цѣпи—130; измѣреніе разностей потенциаловъ гальванометромъ—228; абсолютнымъ электрометромъ—225; квадратнымъ электрометромъ—226; измѣреніе потенциала—92.

Порча телеграфныхъ линий—560, опредѣленіе мѣста контакта между двумя проволоками—562; недостатка изоляціи 561; перерыва—563.

Постоянная времени цѣпи, опредѣленіе 176.

Постоянство дѣйствія динамомашины—379.

Постоянныя аккумуляторы—292.

Постоянныя элемента—275.

Постоянный магнетизмъ—39.

Потокъ противоѣдущій въ динамомашинахъ—351; теряемый потокъ въ динамо, вычисленіе его—355; коэффициентъ утечки—396; поперечные потоки въ динамо—351; ихъ выраженіе—353.

Потомье, способъ починки лампъ накалыванія—705.

Потье, сопротивление проводника для переменныхъ токовъ—190.

Предохранители—477.

Преобразование обмотокъ динамомашины—415; единицъ—163.

Присѣ, сѣченіе предохранительныхъ проволокъ—477; термофонъ—678.

Притяженіе магнитное—34, 154; электрическое—72.

Проводники, намагничиваніе—155; электростатическая емкость—82; электрическія цѣпи, возвратъ черезъ землю—473; опредѣленіе—67; наэлектризованныя цѣпи—74, 90; сопротивление 109; сѣченіе проводниковъ: условіе экономичности. Правило Томсона—475, 476; условія безопасности—484; самоиндукція въ цилиндрическомъ проводникѣ—190.

Проводимость электрическая, опредѣленіе—109, единица—797.

## Р.

Работа намагничиванія—61, 175; перемѣщеніе цѣпи подѣ дѣйствіемъ полюса—129; электрическаго тока—113, 177, 182; элемента тока подѣ дѣйствіемъ полюса—128.

Работоспособность альтернаторовъ—438; периодическихъ токовъ—182; постоянныхъ токовъ—118; динамомашины—341; электродвигателей—566; батарей—271; листа—43, 158; измѣреніе электрич. работоспособности, периодическаго тока—244; постоянного—242; измѣреніе механической работоспособности—360; трансформаторовъ—464, 465.

Радиофонъ—675.

Разрядъ кондуктивный—108; конвенціонный—102; дивергентный—104; разрядъ конденсатора въ гальванометръ съ шунтомъ—179; мгновенный разрядъ его измѣреніе—139; колебательный—200.

Распределеніе механической энергіи—589, 593; различныя приложенія—599; распределеніе на заводахъ—598.

Распространеніе электрической энергіи—202; электрическихъ сигналовъ по линиямъ—636.

Раффартъ—муфта—899.

Раффинировка мѣди—785, 786; свинца—787.

Реакція арматуры—224, 351; вычисленіе уменьшеннаго потока—352; кривыя—376; опредѣленіе—372.

Ребицекъ и Ное, термоэлектрическая батарея—263.

Регистрація отклоненія: способъ Риншара—222; Жерара—223; Фролика—224.

Регулированіе разности потенциаловъ въ динамомашинахъ при помощи смѣшанной обмотки—347; напряженія альтернаторовъ—444, 445; вторичнаго напряженія трансформаторовъ—468, 494; скорости электродвигателей—571, 572; силы тока динамомашины пост. тока—348; силы вторичнаго тока трансформаторовъ—494; производительности альтернаторовъ—445, 446.

Регуляторы вольтовой дуги, условія, которыя должны быть выполнены—712; питаніе и добавочное со-

противленіе — 716; регуляторы постоянной силы тока — 713; постоянного напряжения — 114; дифференциальные — 715; Жаспара — 717; Грамма — 718. Бреша — 719; Пипера — 720.

Резонаторъ электрическій — 201.

Релэй, способъ измѣренія коэффициента самоиндукціи — 255.

Резла, телеграфное — 640; поляризующее — 641; фолическое — 684.

Рѣкалесценція — 63.

Реконпаунтъ, аккумуляторъ — 299; приспособленіе для измѣненія направленія вращенія двигателей — 574; механическія передачи движенія въ вагонахъ трамваевъ — 605.

Ренаръ, элементъ — 283.

Рено, безконечная цѣпь — 604.

Ренъе, аккумуляторъ — 302.

Репленшеръ Томсона — 100.

Рехневскій, динамомашинна — 407.

Римъ, электрическія станции — 747.

Ришаръ, регистрирующіе приборы — 222.

Ріанъ и Мериттъ, способъ исследования трансформаторовъ — 456; потери отъ гистерезиса — 467.

Ровландъ, способъ измѣренія магнитной проницаемости — 251.

Ройти, калориметръ — 246.

Румкорфъ, индукціонная катушка — 451.

Румфордъ, фотометръ — 729.

Руодцъ, ванна для серебрения — 778.

Руссо, средняя сферическая сила свѣта — 732; фотометръ — 731.

## С.

Самовозбужденіе динамомашинъ — 344; условия — 357; недостатокъ возбужденія — 344.

Самоиндукція — 133, 164; коэффициентъ — 133, 161, 170; сравненіе дѣйствія самоиндукціи и емкости — 197; самоиндукція въ массѣ проводника — 190; въ цѣпи изъ линейныхъ проводниковъ — 176, 180; эталонъ — 209; измѣренія — 255, 256, 257; дѣйствіе самоиндукціи въ цѣпи, содержащей емкость, по которой проходятъ переменныя токи — 199.

Sardinia Street (Лондонъ), электрическая станція — 750.

Сванъ, лампы накаливанія — 698.

Свинбурнъ, изслѣдованіе динамомашинъ — 368; вычисленіе трансфор-

маторовъ — 469; трансформаторъ — 459; пользованіе трансформаторами — 500.

Свѣча (candle) — 725.

Свѣча децимальная — 725, 797.

Секомъ — 161.

Селлоуъ, аккумуляторъ — 209.

Семпнеръ и Айртонъ, способъ измѣренія энергіи переменныхъ токовъ — 246.

Серебрение — 778.

Сила свѣта источника. Опредѣленіе — 724; средняя сферическая — 730, 731, 732.

Сила тока измѣренія — 159; дѣйствующая — 182; способъ измѣренія — 211; средняя — 182.

Сила центральная — 9; коэрцитивная — 39, 57; электродинамическая — 132; электромагнитная — 124; намагничивающая — 39; магнитодвигательная — 53, 797; ньютонская — 9; подъемная — 56, 154.

Силовой потокъ — 18; магнитный, его измѣренія — 158; потокъ производящій индукцію — 170; единица — 797.

Силовые линіи, опредѣленіе — 13; число — 24.

Силь, лампа накаливанія — 701.

Сименсъ, альтернаторъ — 425; кабель — 539; телефонный кабель — 681; динамомашинна — 403; электродинамометръ — 141; крутильный гальванометръ — 213; арматуры — 332, 421; магнитозлектрич. машина — 315; контакты для трамваевъ — 611; регуляторъ напряженія — 437; поляризованное резъ — 741; многопроводная система распределенія — 480; система распределенія аккумуляторами — 508; электромагнитный телефонъ — 666; трамвай въ Будапештѣ — 621; въ Франкфуртѣ — 610; ваттметръ — 243.

Siphon recorder — 661.

Склоненіе магнитное — 38.

Скорость. арматуръ — 397; вліяніе скорости динамомашинъ на форму ихъ характеристики — 377; регулирование скорости двигателей — 571, 572.

Славяновъ, электрическая отливка уплотненіе — добавленіе перевод.

Снайерсъ, сѣщеніе — 399.

Соединеніе динамомашинъ — 386, 441.

Соединеніе проводовъ, различныя системы — 535.

Соленойдъ — 150, 154.

Сопротивленіе, электрическое —

109; кажущееся вольтовой дуги—708; дѣль—180; магазины сопротивленій—204; классификація—290; сопротивленіе проводовъ перемѣнными токами—190; телеграфныхъ электромагнитовъ—642; измѣренія—150; дѣль динамомашинъ—378; способъ измѣренія—231; сопротивленіе для сильныхъ токовъ—205; удѣльное—109; магнитное—153.

Составъ Календера—529.

Сохраненіе энергіи—6.

Спираль, электродвигатели для трамваевъ—605; обмотка ихъ индукторовъ для измѣненія направленія вращенія—574; законъ электрометаллургіи—770; трамвай въ Ричмондѣ—615.

Станціи электрическія, правила для устройства—740; въ Женевѣ—754; въ Лондонѣ—750, 744; Нью-Йоркѣ—742; Діелефи—746; Кельвѣ—778; Парижѣ—741; Берлинѣ—743; Римѣ—747.

Степень каленія опредѣленіе—726.

Степень освѣщенія, вычисленіе, измѣреніе и изображеніе—733, 734; опредѣленіе—724; практическія данныя—738; единица—738.

Стелла, электрическая лампа для рудниковъ—756.

Стойки у динамомашинъ и ихъ конструкція—399.

Строеніе магнитовъ, гипотеза—39.

Стенки и Келли, двигатель съ періодическимъ потокомъ—584.

Сфера однородная, дѣйствіе на вѣшнюю точку—28; на внутреннюю—29.

Слой сферическій однородный, дѣйствіе на вѣшнюю точку—27; дѣйствіе на внутреннюю точку—26.

Сдѣленіе Снайерса—399.

Счетчики электрическіе. Арона—512, 513; Ферранти—514; Эдисона—511; Фраже—517; Шалленбергера—516; Томсона—515.

Сѣти электрическія—488; телеграфныя—646; городскія для освѣщенія—764, 765, 766.

## Т.

Тамия и Ариу, аккумуляторъ—297.

Телеграфія, опредѣленіе—635; пороча телеграфныхъ линий—560; воз-

душныя линіи—518; подводныя—949; подземныя—543; распространеніе сигналовъ—636; отдача различныхъ системъ—659; система Морзе—649, 644, 643, 645, 648, 639, 638, 640, 641, 646, 42, 647, 647; усовершенствованныя системы: пишущіе приборы—651; классификаціи—650; основныя на комбинаціяхъ токовъ: дуплексъ Эдисона—654; дуплексъ дифференціальный—652; дуплексъ при помощи мостика Витстона—653; квадруплексъ Эдисона—655; основанныя на механическихъ комбинаціяхъ: Бодо—658; Юза—656; Витстона—657; одновременное телеграфированіе и телефонированіе: способъ Ванъ Риссельберга—682; Пикара—686; подводная телеграфія: сифонный отмычикъ—661; система Томсона и Варлея—660; дуплексная передача—662.

Телефонія, вызовъ—676, центральныя станціи—687; коммутаторъ швейцарскій—688; коммутаторныя доски—697, 692; дѣль—33; конденсаторы приемники—672; распространеніе телефонія—693; линіи: кабели—681; теоретическія соображенія—679; воздушныя линіи—680; станціи—678; радиотелефонъ—675; химическій приемникъ Эдисона—674; батарейный телефонъ: примѣненіе индукционныхъ катушекъ—668; микрофонъ Адера—669; Бизка—670; Дежонга—669; Эдисона—671; Юза—667; Гиннингса—671; качества хорошаго микрофона—667; электромагнитные телефоны; наилучшія условія передачи и приема—665; телефонъ Адера—665; Белль—664; Д'Арсонваля—664; Меркадье—664; часы—664; Сименса—664; одновременное телеграфированіе и телеграфированіе: способъ Ванъ Риссельберга—682; система Пикара—686; термофонъ Пирса—673.

Температура динамомашинъ—389, 395; нейтральная—250.

Теплота удѣльная электричества—261.

Термофонъ—673.

Термометръ дифференціальный—Беккереля—265.

Термоэлектричество, явленіе Зеебека—259; явленіе Томсона—260; Целоте—259; законы термоэлектрическихъ явленій—261; термоэлектрическія батареи—270; описаніе ихъ—263;

примѣненія—269; термоэлектрическая способность—262.

Тесла, альтернаторъ съ большимъ числомъ перемѣтъ направленія тока—485; приспособленіе для полученія большаго числа перемѣтъ—451; опыты съ большимъ числомъ перемѣтъ—694; способъ полученія двухфазныхъ токовъ—588.

Тиндаль, способъ опредѣленія оптической отдачи—757.

Токъ электрическій—113; взаимное дѣйствіе токовъ—148; дѣйствіе на магнитъ—124; особенности переменныхъ токовъ—196; круговой токъ—136; токъ Фуко—188, 189, 424; плотность—272; развѣтвленный токъ: примѣненіе законовъ Кирхгофа—116, 178; химическое дѣйствіе—121; физиологическое дѣйствіе переменныхъ токовъ—462; энергія тока вообще—118; энергія его въ случаѣ съ разнородными проводниками—120; въ случаѣ съ однородными проводниками—118; въ магнитномъ полѣ—181; внутренняя энергія—133; относительная энергія двухъ токовъ—182; эталонъ силы тока—206; токъ доставляемый динамомашиной, когда электродвигательная сила не есть простая синусоидальная функція времени—437; индукторъ—164; арматура—164; сила измѣренія—130, 159; средняя дѣйствующая сила тока—182; перемѣтный періодъ—111, 112, 176; явленія сопровождающія распространеніе тока—196; реакція въ цѣпи, черезъ которую проходятъ токъ—129; прямолинейный беззаконный токъ—125, 135; постоянный режимъ—111; отталкиваніе токомъ—194; вращеніе, съ помощью магнита—144; вращеніе, причиненное измѣненіемъ направленія—147; вращеніе подъ дѣйствіемъ индуктированныхъ токовъ—191; измѣняющіеся токи въ сердечникахъ электромагнитовъ—189.

Томпсонъ Сильванусъ, условіе самовозбужденія динамомашины—357; выраженіе для намагничиванія—58.

Томсенъ, оптическая отдача—737.

Томсонъ, Э. Угольные щетки для двигателей—574; счетчикъ—515; перемѣщенія подъ дѣйствіемъ переменныхъ токовъ—194; приспособленіе для избѣжанія образованія высокихъ на-

пряженій во вторичныхъ цѣпяхъ трансформаторовъ—499; динамомашина—411; электродвигатель съ періодическимъ токомъ—383; трамвайный двигатель—665; громоотводъ—478; электрическое пламя—785; трахпроводная система распределенія—486; вагоны для трамвая—603, 613.

Тормазъ, примѣненіе динамомашины какъ тормоза при изслѣдованіи машинъ—637.

Трамвай въ Будапештѣ—621; Франкфуртъ—610; Нордфлитъ—622; Ричмондъ—615.

Трансляторы телеграфные—640; фошическій—683.

Трансформаторы, постоянного тока—502, 576; переменнаго тока—450, 453, 455; примѣненіе при распределеніи—494; испытаніе—463; предосторожности—454, 499; пользование—496; проектированіе—469, 472; регулированіе вторичной разности потенциаловъ—468; алгебраическая теорія—460; графическая теорія—461.

Троттеръ, диффузионные шары—736.

Трубка силъ, 17, 19, 21, 24.

Тюрп, многополюсная барабанная арматура—334.

Тяга электрическая, общія—свѣдѣнія—601; способы употребленія двигателей—602, способы передачи движенія—603, 604, 605, 606; стоимость животной тяги—630; аккумуляторной—631; при подземномъ кабелѣ—633; при воздушномъ—632; на электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ—634; количество энергіи потребляемое трамваями—618; системы тяги—607; системы съ токомъ постоянной силы: способы соединенія вагоновъ съ проводомъ—608; воздушные провода, ихъ вліяніе на телефоны—616; соединенія Сименса—610, 611; Шорта—614; Томсонъ-Густавъ—613; Ваяль-Денеле—612; провода на уровнѣ пути—609, 627; провода подземные—619; система Бейтлі-Найта—620; Сименса—621; Ливева—622, 624; путь въ Нордфлитъ—623; проектированіе тяги: выборъ машинъ—618; усиліе тяги—617; тяга аккумуляторами—628, 629.

Тюдоръ, аккумуляторъ—299.

Тэтъ, законъ касающійся термоэлектричества—231.

## У.

Угли для ламп, приготовление—710.

Углы, измерение углов—50.

Уголь поворота шетокъ въ динамомашинѣ—814, 322.

Уголь фазъ альтернатора—437.

## Ф.

Фарада, определение—161.

Фарадей, дискъ—173; электростатическіе опыты—70; объясненіе электромагнитныхъ перемѣщеній—150; законы электролиза—121; законы электрометаллургіи—777; поляризация—156; электродвигательная сила индукціи—168; работа перемѣщенія тока въ магнитномъ—184.

Фарадей Прокторъ, модель стекляннаго сосуда для лампъ накаливания—697.

Фейнъ, указатель напряженія—692.

Фельтенъ и Гильомъ, телефонный кабель—681.

Феррарисъ, вращеніе подлѣйствию индуктированныхъ токовъ—191.

Ферранти, альтернаторы—426; электрический счетчикъ—513; проводники—541; явленіе Ферранти—199; плавкія проволоки для цѣпей высокаго напряженія—499; способъ утилизации трансформаторовъ—500; трансформаторы—458.

Ферро-магнетизмъ, определение—51.

Фидеры, распределеніе посредствомъ фидеровъ—488; примѣненіе—490; мѣсто соединенія съ стѣною—491.

Флемингъ, приборъ для обнаруженія періодическихъ токовъ—197; правило трехъ пальцевъ—127, 168.

Фонографъ, Эдисона—663.

Фоксганъ, способъ изслѣдованія динамомашинъ—370; электрическая передача энергіи—597.

Фортенъ-Германъ, кабель—542.

Форбсъ, вычисленіе коэффициента, утѣчка въ динамомашинѣ—355.

Форъ, аккумуляторъ—298.

Фотомеръ, Буззена—728; Фуко—727; Руссо—731; Румфорда—729; Веберъ—734.

Фотометрія, примѣненія—738; вычисленіе, измереніе и представленіе степени освѣщенія—733, 734; фотометрическіе эталоны—725; средняя сферическая сила свѣта—730, 731, 732; фотометрическіе методы—726; фотомеры—727, 731, 734; принципъ—224.

Фраже, электрическія счетчики—517.

Фредхуръ, диффузіонныя шары—736.

Фрелихъ, регистраторъ—224; формула—58; теорія динамомашинъ—358.

Фритче, дисковая арматура—340.

Фуко, токи—189; токи въ сердечникѣ и обмоткѣ арматуры—325; точки въ альтернаторахъ—424; потеря энергіи на токи Фуко—189; фотомеры—727.

## Х.

Характеристики, альтернаторовъ—440; динамомашинъ постояннаго тока съ независимымъ возбужденіемъ—881; съ параллельнымъ возбужденіемъ—382; съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ—375; механическія для двигателей—573.

Холль, явленіе—157.

## Ц.

Центурионе, численное приложеніе метода секционирования Герцога и Штарка—765.

Цѣпи, постоянная времени электрической цѣпи—176; электрическая разнородная цѣпь: примѣненіе закона Ома—113; кажущееся сопротивленіе электрической цѣпи—118; магнитная, приложеніе къ ней законовъ Кирхгофа—153.

## Ш.

Шалленбергеръ, электрическія счетчики—516; способъ полученія двухфазныхъ токовъ—588; вращеніе подлѣйствию индуктированныхъ токовъ—199.

Шанеронъ и Делаландъ, элементъ—213.

Шаръ, газовый элементъ—213.

Шортъ, трамвайный электродвигатель—606; контактъ съ воздушной линіей—614.

Штаркъ и Герцогъ. вычисленіе электрическихъ сѣтей—765.

Шуккертъ, многофазный альтернаторъ—449; двигатели съ вращающимся полемъ—588.

Шунтъ—188.

Шупъ, электролитъ—студень для аккумуляторовъ—303.

### Щ.

Щетки, для динамомашииъ. Устройство ихъ—398.

### Э.

Эбонитъ—526.

Эвенсъ, передача посредствомъ тренія—399.

Эдельманъ, электрометръ—226.

Эдисонъ, электрическій счетчикъ—511; предохранители—477; диплексъ—654; динамомашина—402; обмотка барабанныхъ арматуръ—333; электродвигатель въ трамваяхъ—605; лампы накаливанія—607; микрофонъ—671; явленіе Эдисона—696; квадруплексъ—655; химическій телефонный приемникъ—674; системы канализаціи подземной—537, 538.

Эйкмейеръ, динамомашины—387; барабанная арматура—336.

Экстра-токи—164.

Электричество, опредѣленіе—66; распредѣленіе на поверхности проводниковъ—71; количество—459.

Электрическія искры, ихъ дѣйствія—104.

Электрическое освѣщеніе, условія установки электрическаго освѣщенія—769; въ кафе и магазинахъ, группахъ домовъ—753; на станціяхъ и заводахъ—752; шахтахъ—756; въ театрахъ—753, 754; подъздахъ—755; городахъ—751; лампы съ вольтовой дугой—706; лампы накаливанія—695; лампы съ накаливаніемъ въ воздухѣ—723; стоимость—759; стоимость приборовъ—757; стоимость установокъ—757; полученіе свѣтовыхъ радіацій—694; прозектъ освѣщенія вокзала, завода или другого значительнаго строенія—768; прозектъ распредѣленія въ городахъ—763; спеціальныя качества—739; правила для установокъ—761, 764.

Электризація черезъ вліяніе—8; треніемъ—66.

Электрическій экранъ—80.

Электродвигательная сила, химическая—107; контакта—97; поляризаціи—123; аккумуляторовъ—306, альтернаторовъ—436; динамомашины (приближенное вычисленіе)—841; элементовъ—289; изобрѣненія—159; индукціи—106; правила для опредѣленія эл. дѣ. силы индукціи Фарадея, Флеминга—168; Максвелла—167, мѣсто-нахожденія—169; дѣйствующая—182; эталоны—207; средняя—162; термическая—167.

Электродвигатели съ постояннымъ токомъ: уголъ поворота щетокъ—565; вычисленіе работоспособности и пары—566; механическія характеристики—573; сравненіе отдачи машины, когда она дѣйствуетъ какъ генераторъ и какъ двигатель—568; испытаніе—567; двигатели со сложнымъ возбужденіемъ—572; двигатели съ параллельнымъ возбужденіемъ—571; съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ—569; прозектъ, устройство—575; отдача—567; обратимость динамомашины—564; робастъ для пуска въ ходъ—570; системы, примѣняемыя для измѣненія работоспособности на направленія движенія—574; трансформаторы постоянного тока—576; пережѣннаго тока: двигатели съ постояннымъ магнитнымъ потокомъ или синхроничные—577; ихъ графическое изученіе—578; двигатель Гавца—579; система Мордея—580; двигатели съ періодическимъ индуктирующимъ потокомъ; двигатели съ пластинчатыми индукторами—581; система Эзлю Томсона—583; системы Мордея и Леблана—582; системы Стэнли и Келли—584; двигатели съ вращающимся потокомъ, общія свѣдѣнія—585; теоретическій двигатель—586; полученіе многофазныхъ токовъ—588; система двигателей Броуна, Добровольскаго и Шукерта—587, 588.

Электродинамометры—141, 220.

Электроды, опредѣленіе—121; электроды аккумуляторовъ—304.

Электролизъ, сохраненіе энергіи—123; опредѣленіе и законъ—121.

Электролиты, опредѣленіе—121; электролиты аккумуляторовъ—303; измѣреніе ихъ сопротивленія помощью мостика Кольрауша—233.

Электромагниты, вычисленіе—

163; поле ими образованное — 151; определение — 151; энергия — 152; формы и устройство — 154; электромагниты съ изменяющимися токами — 185; телеграфные электромагниты — 642.

Электрометръ, абсолютный — 86, 226; квадратный, теория — 91; капиллярный Липмана — 227; Маскара — 226; Томсона — 69; Эдельмана — 226; измерение разностей потенциалов — 226.

Электрометаллургия, законы ею управляющие — 770; мокрым путем, разделение — 771; действие диффузии ванн, плотность тока — 772. образование металлических отложений — 777; гальванопластика — 778; рафинировка металлов — 785; обработка минералов — 788; сухим путем: фабрикация алюминия и его сплавов, способ Коулса — 792; Кромитона — 792; Геру — 794; способ Минэ — 798.

Электроскоп — 69.

Электротипия 773.

Электрофоръ — 98.

Электрофорные машины — 100.

Электрохимический эквивалент — 121.

Элементы гидроэлектрические первичные, выборъ веществъ — 275; перегородки и сосуды — 276; постоянные — 276; стоимость доставляемой ими энергии — 290; элементы: съ хромовой кислотой — 282; съ азотной кислотой — 281; съ водной окисью железа — 285; съ окисью мѣди — 286; съ полезными побочными продуктами — 287, 288; съ перекисью марганца — 284; съ мѣднымъ купоросомъ — 278; Вольта — 278; электролитъ сила — 289; соединение — 270, 277; измерение внутренняго сопротивления — 240; поляризация — 272, 274; работоспособность и отдача — 271; вторичные — 291; термоэлектрические — 268; описание — 264; употребленіе — 269.

Элементы вольтанческіе — 123, 272; ихъ группировка — 277.

Элементы соответствующіе — 78.

Эльморъ, способъ фабрикаціи мѣдныхъ трубокъ — 786.

Энергія, затрачиваемая въ электро-

магнитахъ — 152; въ электризованныхъ проводникахъ — 90; въ наэлектризованныхъ токахъ; общее выраженіе — 118; въ случаѣ разнороднаго проводника — 120; однороднаго — 119; въ случаѣ тока въ магнитномъ полѣ — 131; въ электрическомъ полѣ, его распространение — 202; энергія, доставляемая вольтанческими парами, ея стоимость — 290; внутренняя энергія тока — 133; потенциальная — 25; принципъ сохранения энергіи — 6; относительная энергія двухъ токовъ — 132; двухъ листовъ — 46; листка въ полѣ — 45; тарифъ электрической энергіи, добываемой на городскихъ станціяхъ; сравненіе съ другими источниками свѣта — 760.

Эргъ, опредѣленіе — 5.

Эрикзонъ, аккумуляторъ — 299, 303; альтернаторъ — 433, 449.

Эрштедтъ, открытія дѣйствія тока на магнитъ — 124; единица — 797.

Эссонъ, амперы-обороты арматуры — 395; необходимыя условія для уничтоженія искръ подъ щетками динамомашины — 353; допускаемое нагреваніе въ различныхъ частяхъ динамомашины — 359, 395.

Эталонъ емкости — 208; электродвигательной силы — 207; сопротивленія — 203; силы тока и количества — 206; самоиндукціи — 209; фотометрические — 725.

## Ю.

Юзь, микрофонъ — 667; антииндукционная система — 679; телеграфный аппаратъ — 56.

Юингъ. Гипотеза о магнетизмѣ — 64; гистерезисъ — 57; измереніе потерь отъ гистерезиса — 46,

## Я.

Яблочковъ, электрическія свѣчи — 721.

Явление Джоуля — 119; Пельтье — 120, 259. Зебека — 529; Томсона — 210.

Якорь, магнита — 47.

Яркость источника свѣта. Опредѣленіе — 724.

## Оглавление II тома.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

#### Проводники.

Стран.

|                                                                                                                                                                                                                      |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| §§ 473. Электрическія цѣпи. Возвратъ черезъ землю. Классификація.—474. Сѣченіе проводниковъ. Условіе безопасности.—475. Условіе экономичности. Правило Кельвина.—476. Случай, когда сила тока не постоянна . . . . . | 1 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

#### Предохранительные приборы для канализаціи.

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| §§ 477. Предохранители.—478. Громоотводы . . . . . | 10 |
|----------------------------------------------------|----|

#### Системы прямого распределенія электрической энергіи.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| §§ 479. Задача распределенія.—480. Распределеніе помощью послѣдовательнаго соединенія.—481. Распределеніе посредствомъ параллельнаго соединенія.—482. Проводка петлей.—483. Распределеніе посредствомъ сѣти и питающихъ проводовъ.—484. Смѣшанныя системы распределенія.—485. Многопроводныя системы распределенія.—486. Уравнитель напряженія Э. Томсона.—487. Система Сименса.—488. Электрическія сѣти.—489. Наиболѣе выгодное положеніе электрической станціи.—490. Способы употребленія питающихъ проводовъ. Регулированіе полезнаго напряженія.—491. Положеніе точекъ соединенія питающихъ проводовъ съ сѣтью.—492. Измѣненія производства электрической энергіи . . | 17 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### Системы косвеннаго распределенія электрической энергіи.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| §§ 493. Примѣненіе высокихъ напряженій.—494. Употребленіе трансформаторовъ переменнаго тока.—495. Послѣдовательное соединеніе трансформаторовъ.—496. Параллельное соединеніе трансформаторовъ.—497. Регуляторъ Ганца и К.—498. Регуляторъ Каппа.—499. Мѣры предосторожности.—500. Различныя способы пользованія трансформаторами при ихъ параллельномъ соединеніи. |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Отдельные трансформаторы.—501. Группировка трансформаторов на вспомогательных станциях.—502. Употребление вращающихся трансформаторов.—503. Распределение при помощи многофазных токов.—504. Применение аккумуляторов для распределения энергии. 505. Употребление аккумуляторов на частных установках.—506. Другія системы пользования аккумуляторами.—507. Система Мовье.—508. Система Сименса и Гальске.—509. Система Кинга . . . . . | 44 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### Электрические счетчики.

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| §§ 510. Цѣль.—511. Счетчикъ Эдисона.—512. Счетчикъ Арона.—513. Счетчикъ Арона для трехфазныхъ токовъ.—514. Счетчикъ Ферранти.—515. Счетчикъ Э. Томсона.—516. Счетчикъ Шалленбергера.—517. Счетчикъ Фраже . . . . . | 70 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КАНАЛИЗАЦІЯ.

#### Воздушныя линіи.

|                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| §§ 518. Столбы и подставки.—519. Проводники.—520. Вычисленіе натяженія воздушнаго провода.—521. Вліяніе измѣненій температуры на проволоку.—522. Проектированіе воздушной линіи.—523. Постройка воздушной линіи . . . . . | 79 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### Канализація съ защитными оболочками.

|                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| §§ 524. Общія свѣдѣнія.—525. Проводы для переменныхъ токовъ.—526. Вещества, употребляемые для изолировки кабелей. Каучукъ.—527. Гуттаперча. Приготовленіе подводныхъ кабелей.—528. Парафинъ. Смола.—529. Различныя изоляторы . . . . . | 99 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

#### Канализація для сильныхъ токовъ.

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 530. Воздушныя кабели.—531. Прокладка кабелей и проволоки внутри зданий. Деревянные рейки и трубы Бергмана.—532. Подземная канализація . . . . . | 112 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Типы канализаціи съ проводами, прятными по трубамъ.

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 533. Трубы.—534. Кабели.—535. Протягиваніе кабелей. Соединенія.—536. Распределительные провода . . . . . | 115 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Системы электрической канализаціи изъ броневыхъ проводовъ.

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 537. Канализація Эдисона (1-я система).—538. Канализація Эдисона (2-я система).—539. Кабели Сименса.—540. Кабели Берту, Бореля и К°.—541. Проводники Ферранти . . . . . | 122 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Системы подземных голых проводниковъ.

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| §§ 542. Различныя системы . . . . . | 129 |
|-------------------------------------|-----|

## Подземныя телеграфныя линіи.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 543. Общія свѣдѣнія.—544. Французскія линіи.—545. Германскія и Бельгійскія подземныя линіи.—546. Соединенія кабелей.—547. Сравнительная стоимость воздушныхъ телеграфныхъ линій и подземныхъ съ гуттаперчевой изолировкой. Примѣненіе другихъ изолирующихъ веществъ.—548. Соединеніе воздушныхъ линій съ подземными кабелями . . . . . | 131 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Подводныя линіи.

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 549. Общія свѣдѣнія.—550. Погруженіе кабелей.—551. Испытанія во время погруженія кабеля.—552. Порча погруженного кабеля. Починка . . . . . | 138 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Изоляція канализаціи.

|                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 553. Сопротивленіе изоляціи.—554. Указатели сообщенія съ землей.—555. Измѣреніе сопротивленія порчи.—556. Примѣненіе вольтметра.—557. Опредѣленіе мѣста порчи изолировки.—558. Опредѣленіе мѣста порчи.—559. Способъ Жерара . . . . . | 144 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Особыя испытанія телеграфныхъ линій.

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 560. Предметъ испытаній.—561. Порча изоляціи въ длинной линіи.—562. Сопротивленіе между двумя линіями.—563. Разрывъ линіи . . . . . | 158 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.

## Теорія электродвигателей постояннаго тока.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 564. Обратимость динамомашинъ постояннаго тока.—565. Поворотъ щетокъ.—566. Расчетъ работоспособности и движущей пары, развиваемой электродвигателемъ.—567. Отдача электродвигателя.—568. Сравненіе величинъ отдачи машины, работающей какъ генераторъ и какъ двигатель . . . . . | 157 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Различные способы возбужденія электродвигателей постояннаго тона.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 569. Двигатели съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ.—570. Реостатъ для пуска въ ходъ двигателя.—571. Двигатели съ параллельнымъ возбужденіемъ.—572. Электродвигатели со смѣшаннымъ возбужденіемъ.—573. Механическія характеристики электродвигателей.—574. Системы, употребляемыя для уменьшенія работоспособности двигателей и измѣненія направленія ихъ вращенія. | 166 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Постройка электродвигателей постоянного тока.

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| §§ 575. Проектирование электрического двигателя . . . . . | 176 |
|-----------------------------------------------------------|-----|

## Трансформаторы постоянного тока.

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| §§ 576. Различные системы . . . . . | 178 |
|-------------------------------------|-----|

## Синхроничные двигатели.

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 577. Общая свѣдѣнія.—578. Графическое изслѣдованіе синхроничныхъ двигателей.—579. Двигатель Ганца.—580. Система Морди . . . . . | 179 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Однофазные асинхронные двигатели.

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 581. Двигатели съ пластивчатыми индукторами.—582. Система Стенли и Келли.—583. Система Э. Томсона. 584. Двигатель Броуна . . . . . | 189 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Многофазные синхроничные двигатели.

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 585. Общая свойства.—586. Теоретическій двигатель.—587. Различные типы двигателей . . . . . | 197 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Многофазные асинхронные двигатели.

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 588. Теорія. Типы Тесла, Леблона, Гутена, Добровольскаго, Броуна и Сименса . . . . . | 202 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|

ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДѢЛЕНІЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГІИ.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 589. Общая соображенія.—590. Теорія передачи энергіи отъ генераторной динамомашинны къ приѣмной машинѣ.—591. Различные способы возбужденія индукторовъ при передачѣ энергіи помощью двухъ динамомашиныхъ.—592. Примѣненіе машинъ пере-мѣннаго тока. 593. Распределеніе механической энергіи . . . . . | 213 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Примѣненія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 594. Проектирование.—595. Постепенное распространеніе передачи двигательной силы посредствомъ электричества.—596. Промышленные примѣненія.—597. Примѣненія къ горному дѣлу.—598. Электрическое распределеніе на заводахъ.—599. Различные примѣненія.—600. Различные способы передачи механической энергіи . . . . . | 223 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА.

## Общая свѣдѣнія.

- §§ 601. Общая соображенія.—602. Способы употребленія двигателей.—603. Способы передачи.—604. Система двойного уменьшенія скорости.—605. Система простого уменьшенія скорости.—606. Система безъ уменьшенія скорости.—607. Системы тяги . . . . . 247

## Электрическая тяга съ помощью неподвижныхъ генераторовъ.

- §§ 608. Способы соединенія вагоновъ съ генераторами . . . . . 263

## Примѣненіе проводовъ, уложенныхъ на уровнѣ пути.

- §§ 609. Подъѣздной путь изъ Бессобрука въ Ньюри . . . . . 265

## Примѣненіе воздушныхъ проводовъ.

- §§ 610. Трамвай изъ Франкфурта въ Оффенбахъ — 611. Другіе способы Сименса и Гальске брать токъ отъ воздушныхъ проводовъ.—612. Трамвай, въ которыхъ токъ отъ воздушныхъ проводовъ берется посредствомъ катящихся роликовъ. Система Ванъ-Депеле.—613. Вагонъ Томсона-Гаустона.—614. Контактъ Шорта.—615. Трамвай въ Ричмондѣ.—616. Дѣйствіе на телефоны : . . . . . 267

## Элементы проектированія электрической тяги.

- §§ 617. Усиліе тяги.—618. Количество энергіи, поглощаемое электрическими трамваями. Выборъ динамомашинъ и паровыхъ машинъ . . . . . 278

## Употребленіе подземныхъ проводовъ.

- §§ 619. Общая соображенія.—620. Подземный путь Бентли-Найта.—621. Трамвай съ подземнымъ путемъ Сименса и Гальске въ Будапештѣ.—622. Путь Линена . . . . . 288

## Различныя системы.

- §§ 623. Подземный путь въ Нордфлитѣ.—624. Трамвай съ магнитнымъ рельсомъ Линена.—625. Воздушныя дороги.—626. Городскія электрическія дороги.—627. Электрическая тяга на City and South-London Railway 627 bis.—Кокомотивъ Гейльмана . . . . . 293

## Тяга посредствомъ аккумуляторовъ.

- §§ 628. Исслѣдованіе техническихъ условій.—629. Различныя системы . . . . . 302

## Стоимость электрической тяги.

|                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 630. Животная тяга. — 631. Тяга посредствомъ аккумуляторовъ. — 632. Стоимость электрической тяги при воздушныхъ проводахъ. — 633. Стоимость электрической тяги при подземныхъ проводахъ. — 634. Стоимость тяги на электрическихъ желѣзныхъ дорогахъ . . . . . | 807 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ТЕЛЕГРАФИЯ.

## Теорія.

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 635. Опреѣленія. — 636. Распространеніе электрическихъ сигналовъ въ линіи . . . . . | 817 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Телеграфная система Морзе.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 637. Передатчикъ. — 638. Приемный аппаратъ. — 639. Слуховой аппаратъ. — 640. Реле. — 641. Поляризованныя реле. — 642. Сопротивленіе телеграфныхъ магнитовъ. — 643. Употребляемые въ телеграфіи генераторы. — 644. Вспомогательные приборы. Коммутаторы. Гальваноскопы. Звонки. Громоотводы. — 645. Устройство телеграфныхъ станцій. — 646. Телеграфная сѣть. Системы прямого и непрямого сообщенія. — 647. Передача постояннымъ токомъ. — 648. Способъ испытаній при помощи получаемыхъ токовъ. — 649. Достоинства и недостатки системы Морзе . . . . . | 321 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Усовершенствованныя телеграфныя системы.

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 650. Классификація. — 651. Автографическіе аппараты . . . . . | 340 |
|------------------------------------------------------------------|-----|

## Телеграфныя системы, основанныя на комбинаціи токовъ.

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 652. Дифференціальный дуплексъ. — 653. Дуплексъ, основанный на примѣненіи мостика Витстона. — 654. Дуплексъ Эдисона. — 655. Квадруплексъ Эдисона . . . . . | 342 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Телеграфныя системы, основанныя на механическихъ комбинаціяхъ.

|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§. 656. Телеграфъ Юза. — 657. Телеграфъ Витстона съ автоматической передачей. — 658. Многократныя телеграфныя аппараты. — 659. Отдача различныхъ телеграфныхъ системъ. Общія соображенія . . . . . | 347 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Подводная телеграфія.

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 660. Телеграфная система Томсона и Варлея. — 661. Сифонный отмѣтчикъ (Siphon recorder). — 662. Дуплексъ. Передача на подводныхъ линіяхъ . . . . . | 361 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ТЕЛЕФОНИЯ.

## Электромагнитные телефоны.

- §§ 663. Цѣль. Принципы акустики.—664. Электромагнитный телефонъ Велли.—665. Лучшія условія передачи и пріема.—666. Различныя формы электромагнитныхъ телефоновъ. Телефоны Сименса, Алера, д'Арсонваля. Телефоны въ видѣ карманныхъ часовъ. Телефоны Меркадье . . . . . 366

## Батарейные телефоны или микрофоны.

- §§ 667. Микрофоны Юза.—668. Качества хорошаго телефоннаго передатчика. Примѣненіе индукціонной катушки.—669. Передатчики съ угольными палочками. Микрофоны Алера и Дежонга.—670. Микрофонъ Блэка.—671. Микрофоны Эдисона и Гюннигса. . 373

## Различные аппараты.

- §§ 672. Приѣмникъ-конденсаторъ.—673. Термофонъ Приса.—674. Химическій пріемникъ.—675. Радиофонъ . . . . . 381

## Телефонные вызовы и телефонныя станціи.

- §§ 676. Вызовы.—677. Аннунціаторъ.—678. Телефонная станція . 384

## Телефонныя линіи.

- §§ 679. Теоретическія соображенія. — 690. Воздушныя линіи. — 681. Телефонныя кабели . . . . . 387

## Совмѣстное телеграфированіе и телефонированіе.

- §§ 682. Система Ванъ-Риссельберга.—683. Случай нѣсколькихъ телефонныхъ линій.—684. Фоническое реле.—685. Примѣненіе опсанной системы.—686. Система Пьера Шивара . . . . . 394

## Центральныя станціи.

- §§ 687. Центральная станція.—688. Система Швейцарскихъ коммутаторовъ. — 689. Спрингъ-Джэкъ. — 690. Коммутаторная доска Штандартъ для двойныхъ проводовъ. — 691. Многократныя коммутаторныя доски. — 692. Сложныя многократныя коммутаторныя доски.—693. Распространеніе телефоновъ . . . . . 401

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВѢЩЕНІЕ.

## Лампы накаливанія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 694. Образованіе свѣтовыхъ радіацій. Опыты Тесла. — 695. Фабрикація лампъ накаливанія. — 696. Способъ питанія лампъ накаливанія и продолжительность ихъ службы. — 697. Лампа Эдисона. — 698. Лампа Свана. — 699. Лампа Викторія. — 700. Лампа Круто. — 701. Лампа Сила. — 702. Патронъ Вестинггауса. — 703. Патронъ Гриволаса. — 704. Лампа Бернштейна. — 705. Починка лампъ накаливанія. Способъ Потонье . . . . . | 410 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Лампы съ вольтовой дугой.

|                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 706. Явленіе вольтовой дуги. — 707. Вольтова дуга. — 708. Кажущееся сопротивленіе вольтовой дуги. — 709. Примѣненіе переменныхъ токовъ. — 710. Приготовленіе искусственныхъ углей. — 11. Классификація лампъ съ вольтовой дугой . . . . . | 483 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Регуляторы вольтовой дуги.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 712. Условія, которымъ должны удовлетворять регуляторы. — 713. Регуляторы постоянной силы тока. — 714. Регуляторы постоянной разности потенциаловъ. — 715. Дифференціальные регуляторы. — 716. Питаніе регуляторовъ. Добавочныя сопротивленія. — 717. Регуляторъ Жаспара. — 718. Регуляторъ Грамма. — 719. Лампа Бреша. 720. Дифференціальная лампа Пипера . . . . . | 441 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Дуговые лампы безъ механизма.

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| §§ 721. Свѣча Яблочкова. — 722. Солнечная лампа . . . . . | 458 |
|-----------------------------------------------------------|-----|

## Лампы накаливанія въ воздухѣ.

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| § 723. Описаніе . . . . . | 460 |
|---------------------------|-----|

## Фотометрія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 724. Основанія фотометріи. — 725. Фотометрическія единицы. — 726. Методы фотометрическихъ измѣреній. — 727. Фотометръ Фуко. 728. Фотометръ Бунзена. — 729. Фотометръ Румфорда. — 730. Средняя сферическая сила свѣта. — 731. Фотометръ Руссо. — 732. Опредѣленіе средней сферической силы свѣта — 733. Кривыя освѣщенія. — 734. Фотометръ Вебера . . . . . | 461 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Отдача электрическихъ лампъ.

|                                                                                                                           |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| §§ 735. Лампы накаливанія. — 736. Лампы съ вольтовой дугой. — 737. Сравненіе свѣтовой отдачи различныхъ источниковъ. Спо- |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| собы Тиндала и Томсона.—738. Освѣщеніе открытыхъ мѣстъ и закрытыхъ помѣщеній. Практическія данныя.—739. Особые качества электрическаго освѣщенія . . . . . | 486 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Электрическія станціи

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 740. Общія правила устройства электрическихъ станцій.—741. Электрическія станціи въ Парижѣ.—742. Станція Эдисона въ Нью-Йоркѣ.—743. Центральная станція въ Берлинѣ.—744. Станція Kensington (въ Лондонѣ).—745. Центральная станція въ Женевѣ.—746. Стан. въ Dieulefit и Warléas.—747. Электрическая станція въ Римѣ.—748. Электрическая станція въ Кёльнѣ.—749. Распределение Вестингауза.—750. Станція на Sardinia Street въ Лондонѣ . . . . . | 504 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Различныя примѣненія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 751. Общественное освѣщеніе городовъ.—752. Освѣщеніе желѣзнодорожныхъ станцій и заводовъ.—753. Освѣщеніе театровъ, ресторановъ, магазиновъ. Освѣщеніе частныхъ домовъ.—754. Особенности театральныхъ установокъ.—755. Освѣщеніе поѣздовъ.—756. Освѣщеніе рудниковъ . . . . . | 541 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Стоимость электрическаго освѣщенія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 757. Стоимость приборовъ и ихъ установка.—758. Даныя относительно распределения электричества въ городахъ.—759. Стоимость электрическаго освѣщенія.—760. Тарифы электрической энергии, доставляемой городскими станціями. Сравненіе съ другими способами освѣщенія . . . . . | 556 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Составленіе проектовъ освѣщенія.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 761. Правила для установки электрическаго освѣщенія.—762. Воздушные проводы въ городахъ. Правила Board of Trade.—763. Распределение въ городахъ. Выборъ системы.—764. Вычисленіе городской сѣти.—765. Методы Герцога и Штарка для вычисленія сѣти.—766. Приближенный методъ Круціани.—767. Отвѣтвленія къ абонентамъ.—768. Проекты освѣщенія желѣзнодорожныхъ станцій, заводовъ и другихъ большихъ зданій.—769. Условіе, заключаемое при установкѣ электрическаго освѣщенія . . . . . | 571 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Электрометаллургія.

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| § 770. Законы электрометаллургіи . . . . . | 614 |
|--------------------------------------------|-----|

### Электрометаллургія мокрымъ путемъ.

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| §§ 771. Классификація.—772. Диффузія въ ваннахъ, плотность тока . . . . . | 616 |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|



## Гальванопластика.

§§ 778. Цѣль.—774. Формы.—775. Ходъ операций.—776. Приборы. 620

## Осажденіе металловъ.

§§ 777. Общія соображенія.—778. Серебрение.—779. Золоченіе.—  
780. Покрытіе мѣдью.—781. Никкелированіе.—782. Кобальтирова-  
ніе.—783. Платинированіе.—784. Гальванопластическое гравиро-  
ваніе . . . . . 624

## Рафинировка металловъ.

§§ 785. Общія соображенія.—687. Способъ Эльмора.—787. Раф-  
финированіе свинца . . . . . 628

## Обработка минераловъ.

§§ 788. Общія соображенія.—789. Обработка сѣрнистыхъ мѣдныхъ  
рудъ . . . . . 635

## Сухіе электрометаллургическіе процессы.

§§ 790. Цѣль.—791. Общія свѣдѣнія относительно алюминія и  
его примѣненій.—792. Способъ Коульса.—793. Электролизъ рас-  
плавленныхъ алюминіевыхъ соединений.—794. Способъ Геру . . 637

## Электрическое паяніе.

§§ 795. Способъ Томсона.—796. Способъ Вернаркса и Говарда. 649

## Добавленіе.

Электрическая отливка и уплотненіе металловъ по способу  
Славянова . . . . . 658  
Алфавитный указатель . . . . .