

621
С 74

621, 318
С 74

СПУТНИК ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

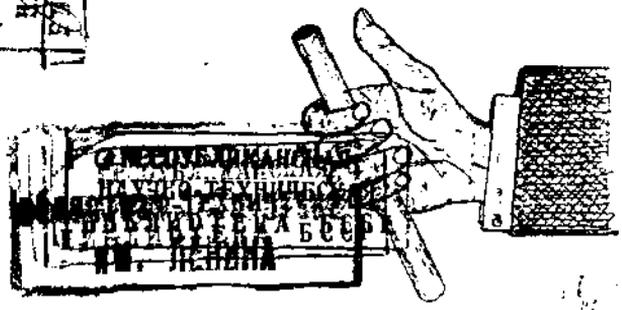
в 12 книгах, со многими рисунками, таблицами
и диаграммами.

Составлен по американским, немецким и фран-
цузским источникам под редакцией и в обработке
проф. В. А. АЛЕКСАНДРОВА

КНИГА 1-я

Общие законы электротехники и электрич. измерения

44094
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР



Ден 9 р 80
nr 96,08

С 142 рисунками в тексте

МОСКОВСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Индустриализация нашего Союза — ближайшая и притом неотложная задача текущего момента. На дело индустриализации должны быть брошены все наши силы. Без индустриализации будущее нашего Союза неопределенно... и т. д.

— Вот что приходится слышать нам всюду и ежедневно — не исключая и того, что следует подписываться на заем индустриализации...

Но слышать одно, а делать другое. Нет сомнения, что каждый из нас подпишется и на заем индустриализации и тем даст возможность построить в нашем Союзе целый ряд крупных заводов и электрических станций, которые поднимут нашу промышленность и поставят нас в независимость от иностранного капитала. На собранные, таким образом, деньги выстроят грандиознейшие сооружения для производства необходимых нам предметов, воздвигнут колоссальной мощности электростанции для выработки электричества, которое проникнет в любой город, в любую деревню, дав свет и силу для работы. Целые районы, благодаря электрификации их — возродятся в промышленном отношении!

Однако, не надо забывать, что ожидаемый расцвет промышленности должен потребовать не только денег для постройки тех или иных сооружений. Потребуются ведь и люди, которые эти сооружения должны воздвигнуть. Но и этого мало. — Потребуются еще люди для работы на этих сооружениях, а также на всех предприятиях, которые они вызовут к жизни.

Особенно же большое количество потребуется специалистов в области электротехники, как для работы на станциях, так

и, главным образом, по электрификации тех районов, которые эти станции будут обслуживать.

Ведь не трудно себе представить, что одна станция, как бы она мощна не была, не есть еще решение вопроса индустриализации страны. Только тогда этот вопрос и будет разрешен во всем объеме, когда вся энергия, вырабатываемая станциями будет использована. А это случится лишь тогда, когда будут соответствующим образом электрифицированы все заводы и фабрики, обслуживаемые этими станциями, когда электричество засияет не только в городах, но и в деревнях, когда электричеством начнут пахать, молотить, веять и т. д.

Для всего этого потребуется колоссальное количество работников, которые должны будут все это устроить и особенно таких, которые могут провести проводку, установить моторы, следить за работой машин и надлежащим состоянием установки, вести необходимый текущий ремонт и т. д.— Одним словом, нам необходимо будет подготовить и притом своевременно, громадное число электромонтеров.

Нет сомнения, что для осуществления указанной цели существующих школ и курсов безусловно не хватит, а новые создать так быстро не удастся из-за отсутствия оборудования и руководящего персонала. В то же время уже сейчас имеется большое количество молодых электромонтеров, работающих при старых—более опытных, при чем количество этих молодых электромонтеров с ростом электрификации, конечно, будет увеличиваться и им придется думать о приобретении необходимых знаний и подведении, под быть может имеющиеся уже у них практические знания, теоретических основ, которые дали бы им возможность осознать их работу и продвинуться дальше.

Единственным путем для многих из них в этом отношении может явиться книга, книга, конечно, простая, написанная доступным языком, но в то же время содержащая все новейшие достижения и вполне научная.

Сознавая безусловную нужду в подобном руководстве сам и имея целый ряд запросов в этом направлении от моих

читателей электромонтеров, я охотно пошел на предложение Издательства проредактировать и обработать применительно к нашим условиям целый ряд иностранных материалов, главным образом, американских, немецких и французских. Из иностранных авторов оказались использованными: Günther, Fürst, Krause, Otto, Hawkins, Heyck, Schimpke, Siemens & Halske, AEG, Vaillant, Möllering, Witz & Erfurt и др. Наиболее удобной была признана уже испытанная у нас форма изложения в виде вопросов и ответов, дающая возможность более отчетливо формулировать различные положения, которые без того рассыпались бы в общем тексте и не были бы так хорошо восприняты.

Особенное внимание было обращено на иллюстрационную сторону. Колоссальное количество рисунков с подробнейшими пояснениями под ними, я надеюсь, дадут возможность уяснить себе многое, что могло бы пройти мимо внимания при чтении. Получившееся, таким образом, руководство для удобства пользования разбито на 12 книг, каждая из которых получила самостоятельное значение. В целом же все руководство представляет исчерпывающий объем знаний, необходимых современному электромонтеру.

Нет сомнения, что в этом труде могут встречаться те или другие и недостатки и так или иначе недостаточно поясненные места, которые хотелось бы разяснить или дополнить. Такого рода разяснения по этой книге взяло на себя Бюро Заочного Обучения при Ломоносовском Институте (Москва, 9, Благовещенский пер., 1), в которому я и рекомендую обращаться в отдел книжной консультации.

Во всяком случае, в целях создания руководства, отвечающего действительным потребностям, я прошу всех, кто будет им пользоваться, сообщить мне (Москва, Тверская, Благовещенский пер., 1, кв. 15), какие улучшения надо в нем сделать, чем пополнить, а также непременно, поделиться своим опытом.

Проф. И. А. Александров.

ВВЕДЕНИЕ.

Все наши познания вообще и об электричестве в частности, являются результатом исследований и опытов громадного количества ученых, совершенных в течение многих веков. Эти исследования велись и ведутся с невероятным упорством и только при взаимном отношении и сотрудничестве приводят к новым открытиям и изобретениям следующим одно за другим.

Надо, однако, сказать, что знаем мы еще очень мало и возможно никогда не познаем всего. Тем не менее пытливый человеческий ум всегда будет искать и шаг за шагом проникать в тайны природы.

Исследования в области электричества установили следующие положения:

1. Природа электричества и магнетизма одна.

2. Все, что нам известно об электричестве и магнетизме является открытиями, а не изобретениями. Так, например, нельзя же сказать, что кто-нибудь изобрел полюс. Так и электричество является открытием, а не изобретением, но зато приложения его к практическим целям, являются рядом изобретений.

3. Земля наша сама обладает свойствами магнита.

Последнее доказывается тем, что земля действует на магниты совершенно так же, как один магнит действует на другой.

Магниты бывают естественными и искусственными. Как те, так и другие обладают свойством притягивать к себе железо и способностью в подвешенном состоянии принимать направление с севера на юг земли.

Путем простейших опытов можно убедиться, что магнит обладает следующими общими свойствами: 1) притягивающей силой, 2) отталкивающей силой, 3) способностью передачи своего магнетизма железу или стали, 4) полярностью или способностью располагаться с севера на юг земли, 5) способностью занимать наклонное положение при подвешивании.

Вообще говоря можно сказать, что магнетизм является частью науки об электричестве, почему и заслуживает внимательного изучения.

Слово «электричество» происходит от греческого слова «электрон» — янтарь, в котором впервые были замечены электрические явления.

Древние греки знали, что если потереть о сукно янтарь, то он получает свойство притягивать легкие тела. А ведь это свойство как раз и есть проявление электричества. Электричество, возбужденное в янтаре, здесь производит действие непосредственное. Но можно электричество, а следовательно, и его действия передавать на любые расстояния, напр., по проволоке. А для того, чтобы действия эти были длительными, следует иметь так называемый «источник электричества», который все время действовал бы, т.-е. вырабатывал электричество. Вырабатывать электричество, однако, можно лишь в том случае, если мы будем затрачивать на это энергию (как это было, напр., с янтарем, когда мы его терли).

Таким образом первое, с чем приходится встречаться в электротехнике это с энергией. Без затраты энергии невозможно выполнить никакой работы.

Поэтому энергию можно определить, как способность производить работу.

Электричество само по себе не является энергией. Но, если мы тем или иным способом заставим электричество перемещаться как бы под давлением, то в этом случае оно будет некоторой формой энергии, называемой «электрической энергией».

При затрате энергии в этой форме, электричество действует только, как среда, передающая заключающуюся в нем энергию, точно так же как, напр., пар является средой для передачи тепловой энергии угля в паровой машине, где она превращается в механическую энергию.

Обычно в электрическую энергию превращают энергию механическую пара, воды и т. п., пользуясь для такого превращения особыми машинами, называемыми «динамомашинами».

Таким образом динамомашинны являются только машинами для превращения в электрическую энергию энергии механической, которую развивают приводящие их в движение двигатели (паровые, газовые, водяные, ветряные и т. д.).

В то же время электрические моторы являются не больше не меньше, как машинами для превращения подводимой к ним по проводам электрической энергии в меха-

ническую, а электрические лампы являются приспособлениями для превращения электрической энергии в световую, при чем часть энергии, подводимая к любому потребителю теряется в проводах.

Химическая энергия может также превращаться в электрическую, напр., с помощью так называемых «гальванических элементов», но стоимость такой энергии оказывается

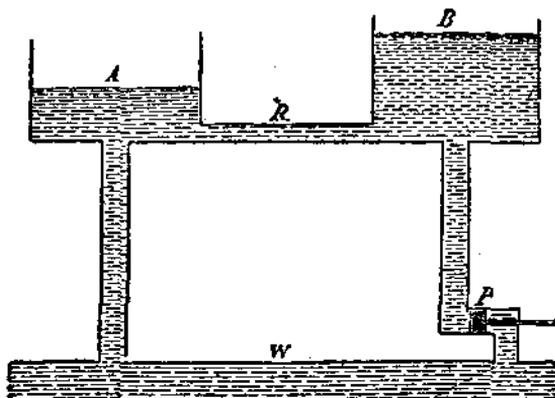


Рис. 1. Гидравлическая аналогия электрического тока. Вода в резервуарах *A* и *B* стоит на разных уровнях. До тех пор, пока сохраняется эта разность уровней воды, вода из резервуара *B* будет течь по трубке *R* в резервуар *A*. Если посредством насоса *P* поддерживать постоянный уровень в резервуаре *B*, то течение воды в трубке *R* также будет постоянным. Таким образом путем работы насоса уровень в резервуаре *B* остается постоянным, а вода все время будет течь в трубке *R*. В случае электрического тока разность давлений электричества или, как говорят потенциалов, поддерживается все время либо химически (в элементах и аккумуляторах), либо механически (путем вращения динамо-машин).

настолько высока, что ей можно пользоваться только в случае незначительного потребления, как например, для целей сигнализации, звонков и тому подобного.

Химическую энергию угля и других видов топлива нельзя непосредственно превращать в электрическую энергию, почему химическую энергию топлива сперва превращают в теплоту путем сжигания. И после того уже тепло превращается в механическую энергию в разного вида тепловых двигателях, которые, приводя в движение динамо-машины, дают нам энергию электрическую.

Сама по себе энергия не создается вновь и не исчезает.—Этот закон известен под названием закона сохранения энергии.

Энергия может только рассеиваться, т.е. превращаться в форму, которая не может быть нами использована. Так, например, значительный процент тепла уходит непроизводительно в выхлопе паровоза или с циркуляционной водой конденсатора; но общее количество энергии во вселенной все же остается постоянным и неизменным.

Таким образом, подчиняясь закону сохранения энергии, и электричество не создается вновь, но и не исчезает, хотя распределение его и может изменяться.

Согласно всего сказанного все наши электрические машины и батареи являются лишь только аппаратами для распределения электричества путем перемещения его из одного места в другое.

Электротехника как наука развилась широко сравнительно в очень небольшой промежуток времени и целый ряд самых разнообразных ее применений создал громадный спрос на разного рода электрические аппараты, производство которых составляет обширную отрасль промышленности.

Электричество имеет колоссальное значение, для передачи энергии на дальние расстояния из мест, где имеется дешевая сила (вода или дешевое топливо). Такая передача оказывается, благодаря этому особенно выгодной, тем более, что провода для передачи в случае применения высокого напряжения можно взять тонкие, а след., дешевые. На месте потребления электричество может быть использовано буквально для любых целей: освещения (взамен опасных и вредных керосина и газа), силы (в самых разнообразных применениях), отопления и т. п.

Точно также электричество находит обширную область применения при добыче металлов из руд, в откачке воды и вентиляции рудников, тяге, телефонии, телеграфии, гальванопластике, медицине и т. п., внося всюду за собой удобства, упрощая сношения и удешевляя производство. Должная индустриализация страны мыслима лишь при широкой ее электрификации. Вот почему во главу нашего строительства положена электрификация и вот почему каждому из работников уже нельзя не знать электротехники.

Электричество.

Природа и источники электричества. Что такое электричество? Этот вопрос часто задается, и до сих пор на него нельзя удовлетворительно ответить. Единственно, что мы знаем, что это есть сила, которая подчиняется хорошо известным нам законам.

По тем данным, которыми мы располагаем, можно утверждать, что электричество никогда не проявляет себя без какого-либо побуждения.

Истинная природа электричества до сих пор не открыта.

Хотя электричество до сих пор является тайной, мы отлично знакомы с теми законами, которым оно подчиняется. Человечеству удалось овладеть этой силой и сделать ее своим могучим слугой. Мы умеем теперь в совершенстве и производить и использовать эту энергию.

Электрический ток.

Выражение, что электрический ток течет по проводу, является только общепринятым способом определения того обстоятельства, что пространство вокруг проволоки и она сама при прохождении через нее электрического тока находятся в ином состоянии, нежели когда через нее не проходят ток.

Чтобы легче понять явления электрического тока, последний можно сравнить с течением воды.

Сравнивая, однако, гидравлические и электрические явления следует помнить, что такого текучего вещества, как например, «электрическая жидкость» в действительности не существует. Вода обладает массой и весом, тогда как электричество не имеет ни того, ни другого.

В то же время, чтобы вызвать течение жидкости в трубе, необходима сила, а именно напор или давление для преодоления сопротивления течению со сторон трубы и самой жидкости. Провода же, по которым течет электричество пред-

ставляют тоже сопротивление большее или меньшее в зависимости от материала, из которого они сделаны. Для проводов чаще всего применяется медь, которая оказывает небольшое сопротивление.

Для того, чтобы электрический ток мог преодолеть сопротивление проводника, к нему точно также должно быть приложено давление. Такое давление называется электродвижущей силой (Э. Д. С.), а иногда на протяжении электричества, или вольтажем и вызывается разностью давлений или потенциалов между зажимами источника электричества.

Таким образом все электрические машины и батареи являются только аппаратами, имеющими целью вызвать движение электричества.

Давление (Э. Д. С.), вызывающее электрический ток, измеряется вольтами; количество протекающего в проводах электричества измеряется кулонами, а сила течения электричества амперами. Сопротивление, встречаемое током в проводнике, измеряется омами.

Вопрос: Что такое ампер?

Ответ: Ампером называется такая сила электрического тока, при которой в проводнике протекает в единицу времени вполне определенное количество электричества, а именно по 1 кулону в каждую секунду.

Вопрос: Что такое кулон?

Ответ: Кулон есть такое количество электричества, которое способно произвести вполне определенное действие, и именно, выделить при прохождении через раствор ляписа 1,1183 миллиграмма чистого серебра.

Вопрос: Что такое ом?

Ответ: Ом соответствует сопротивлению, которое встречает электрический ток при прохождении через столб ртути весом 14,4521 грамма, длиной 106,28 см при равномерном поперечном сечении в 1 кв. мм и при температуре 0° С.

Вопрос: Что такое вольт?

Ответ: Вольт называется такая электродвижущая сила, которая вызывает ток силой в один ампер в проводнике с сопротивлением в один ом.

Закон Ома.—В каждой цепи количество протекающего тока в амперах равняется Э. Д. С. в вольтах, деленной на сопротивление проводника в омах, то есть

$$\text{Сила тока } (I) = \frac{\text{Напряжение}}{\text{Сопротивление}} = \frac{\text{Вольты } (E)}{\text{Омы } (R)}$$

или, короче, заменив слова буквами, получим формулу:

$$I = \frac{E}{R} \dots \dots \dots (1),$$

- где I —сила тока в амперах,
- » E —Э. Д. С. в вольтах,
- » R —сопротивление в омах.

Из формулы (1) вытекают два следующих следствия:

$$E = IR \dots \dots \dots (2)$$

$$R = \frac{E}{I} \dots \dots \dots (3).$$

Из формулы (1) видно, что сила тока пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению. В то же время сопротивление проводника зависит от длины и диаметра его, а также его материала и именно пропорционально длине и обратно пропорционально поперечному сечению проводника.

Так как электрический ток стремится всегда идти по пути с меньшим сопротивлением, то получается возможность, что хотя бы часть электричества пойдет по тому пути, который ему не предназначен. Для предупреждения таких утечек провода, изолируют, т.-е. обматывают хлопчатобумажной пряжей или другими изоляционными материалами. Если изоляция будет недостаточна, то часть тока может утекать из провода и возвращаться к источнику тока, не выполняя полезной работы. Такое явление называется утечкой тока в том случае, когда теряется сравнительно небольшая часть тока; если же уходит почти весь ток, то нарушение изоляции видимо значительно и имеется налицо, как говорят, короткое замыкание.

Электрический ток можно подразделить на:

1. Постоянный ток, текущий всегда только в одном направлении.
2. Переменный ток, непрерывно и быстро меняющий свое направление.
3. Первичный ток, когда он исходит непосредственно от источника тока.
4. Вторичный ток, когда он исходит от какого-либо промежуточного аппарата (напр., индукционной катушки).
5. Ток низкого напряжения (имеющий напряжение между проводом и землей до 250 вольт.

6. Ток высокого напряжения (имеющий напряжения между проводом и землей свыше 250 вольт.

Ток высокого напряжения в состоянии открыть себе путь через значительное сопротивление.

Производство электрического тона. — Для равномерного течения воды в трубе необходимо соблюдение двух условий. Во-первых, необходимо гидравлическое давление, или как говорят, «напор» воды, создаваемый, напр., насосом, разностью уровней или иным путем. Кроме давления необходим еще водопровод в виде труб или канала, по которому могла бы течь вода, так как в противном случае течение невозможно, казов бы ни был напор. Открыв кран или плотину, мы тем открываем необходимый путь и вода приходит в движение.

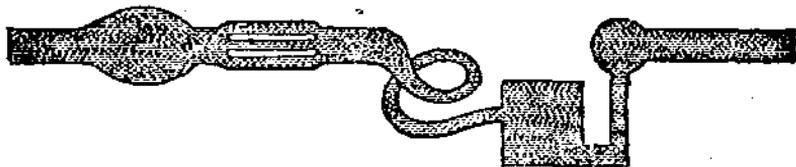


Рис. 2. Гидравлическая аналогия электрического тона. — Если через систему сосудов различной формы, простой или сложной, как показано на рисунке, протекает в каждую секунду 10 литров воды, то очевидно, что через каждый из сосудов проходит также 10 литров воды в секунду. Это вытекает из того факта, что вода является не сжимаемой жидкостью и обладает одинаковой плотностью во всей системе. В больших сечениях вода движется медленнее, и движется быстрее через меньшие сечения. Таким образом количество воды, протекающей через какую-либо часть системы не зависит от поперечного сечения этой части, если только эти части соединены друг за другом (последовательно). Те же самые условия существуют и при электрическом токе. Если по замкнутой цепи протекает непрерывный электрический ток, то через каждое ее поперечное сечение протекает одинаковое количество электричества в секунду. Отсюда вытекает закон, что сила непрерывного тока в цепи одинакова во всех ее частях.

Для производства электрического тока также необходимо соблюдение двух весьма сходных с предыдущим случаем условий. Необходимо постоянное электрическое давление, известное под различными названиями «электродвижущей силы», «разности потенциалов», «вольтажа», «напряжения» электричества и необходим еще также для перемещения электричества и путь в виде проводников — обычно из металлической проволоки. Разрыв этого пути действует совершенно так же, как и закрытие крана в приведенном выше случае с водою. И только после того, как этот разрыв будет восстановлен путем замыкания пути, по которому перемещается электричество (напр., выключателем), течение электричества восстанавливается.

Необходимая электродвижущая сила или вольтаж получается тремя способами:

1. Химически,
2. Механически.
3. Термически.

В первом случае берут два различных металла, как напр., медь и цинк, называемые электродами, и погружают их в возбуждающую жидкость, напр., раствор серной кислоты, называемую электролит.

Если зажимы этих двух электродов соединить между собой проволокой или другим проводником, то начинается химическая реакция, в результате которой на концах электродов получается «напор» электричества, вызывающий электрический ток, идущий во внешней цепи (в проволоке) от меди к цинку и в цепи внутренней (в банке) от цинка к меди. Такое приспособление называется гальваническим элементом,

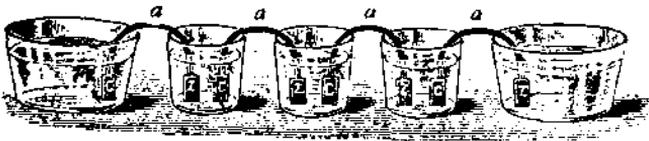


Рис. 3. Элементы Вольта. Пластины С и Z состоят из металлов: пластина С из меди, а пластина Z из цинка. Пластины помещены в стеклянные сосуды, в которые налита обыкновенная соленая вода. В каждом из сосудов, исключая двух крайних, медная пластина соединяется с цинковой в следующем сосуде. Этот ряд заканчивается медной пластиной в крайнем левом сосуде и цинковой пластиной в крайнем правом сосуде. Такое устройство батареи почти в точности совпадает с устройством современных батарей первичных элементов.

а соединение двух или более таких элементов образует батарею. Электрод (зажим) элемента, от которого идет электрический ток во внешнюю цепь (в данном случае медь) называют положительным или плюсовым полюсом и обозначают знаком +, а другой электрод (зажим) — отрицательным или минусовым полюсом, который обозначают знаком (—).

Элемент называется первичным или вторичным в зависимости от того, производит ли он ток сам или же сперва его надо «зарядить», пропуская через него ток от постороннего источника, после чего только он отдает ток в цепь.

В случае получения электродвижущей силы механическим путем, пользуются особыми машинами, называемыми «динамо». В машинах этих изолированная проволока наматывается на железный сердечник и вращается какой-либо посторонней механической силой перед магнитами, в результате чего обра-

зуется электродвижущая сила. И в том и в другом случае, однако, электричество не производится, так как оно всегда существует, но оно только приводится в движение путем создания электрического давления или электродвижущей силы.

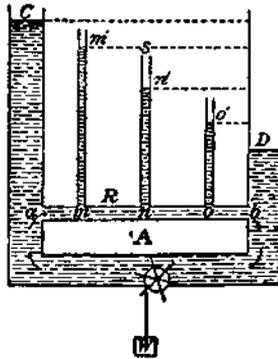


Рис. 4.

Рис. 4. Гидравлическая аналогия падения потенциала в электрической цепи.

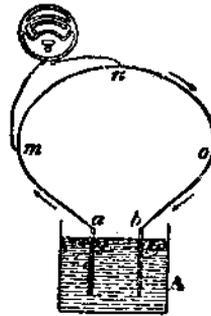


Рис. 5.

Рис. 5. Способ включения вольтметра для определения разности потенциалов между двумя точками *m* и *n* электрической цепи.

Электродвижущая сила, получаемая по третьему способу образуется под действием тепла, в месте спая двух разнородных металлов. Получаемая таким способом электродвижущая сила очень слаба и пользование ею на практике, благодаря этому, ничтожно.

Падение напряжения в электрической цепи.—Между любыми двумя точками провода, по которому протекает электрический ток, существует разность электрических давлений или, как говорят, разность потенциалов.

Например, в электрической цепи, представленной на рисунке 5, потенциал в точке *a* выше, чем в точке *m*, а в точке *m* выше, чем в точке *n* и так далее, совершенно так же, напр., как в водопроводных трубах, представленных на рисунке 4. На последнем рисунке гидростатическое давление в точке *a* больше, чем в точке *m*, а в этой точке выше, чем в *n* и т. д. Падение давления воды между *m* и *n* (рис. 4) измеряется высотой столба воды *n's*.

Для того, чтобы измерить падения электрического потенциала между *m* и *n* (рис. 5) к этим точкам присоединяют вольтметр так, как показано на рисунке. Показание вольтметра дает разность потенциалов между точками *m* и *n* в вольтах,

если только его собственная токопроводимость настолько велика, что не отражается на разности потенциалов между точками m и n при включении его между ними, т.-е., если протекающий через вольтметр ток ничтожен сравнительно с током в проводе, соединяющем точки m и n .

Первичные элементы.

Батареей часто неправильно называют электрический элемент рис. 6. В действительности же батарея состоит из двух или более электрических элементов, соединенных вместе в одну систему.

Существующие многочисленные типы первичных элементов можно подразделить на две группы: 1) в зависимости от их назначения и 2) в зависимости от их конструкции и химических реакций.

По своему назначению элементы подразделяются на элементы для постоянно разомкнутых цепей и на предназначенные для работы в постоянно замкнутых цепях.

Элементы для постоянно разомкнутых цепей применяются в цепях электрических звонков, телефонов и т. п., где они работают с перерывами и в течение коротких промежутков времени. Если таким элементам дать работать более продолжительное время, то они быстро ослабевают (поляризуются), но, однако, после непродолжительного покоя, быстро восстанавливаются.

Элементы для постоянно замкнутых цепей могут непрерывно работать, не ослабевая продолжительное время. Элементы эти применяются, главным образом, в телеграфных цепях.

В зависимости от конструкции и химических реакций элементы подразделяются на элементы с одной и двумя жидкостями.

Вопрос: Как устроен первичный элемент?

Ответ: Первичный элемент состоит из сосуда с жидкостью, в которую погружены две пластинки из различных металлов.

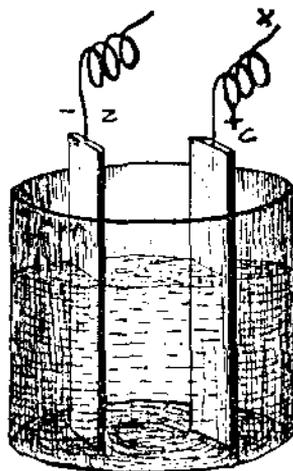


Рис. 6. Простейший первичный элемент.—Он состоит из двух различных металлических пластин, например, медной и цинковой, погруженных в электролит (напр., раствор серной кислоты) или другую возбуждающую жидкость налитую в банку.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР

7004

Служб. электропонт. — 1
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР
КНИГОХРАНИТЕЛЬНАЯ РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА БССР

В элементе с одной жидкостью обе пластинки погружены в ту же самую жидкость. В элементах с двумя жидкостями каждая пластинка погружена в различные растворы. Один из этих растворов наливается в пористый сосуд, который погружается во второй раствор.

Вопрос: Как называются пластинки элемента?

Ответ: Электродами.

Вопрос: Как называется жидкость элемента?

Ответ: Электролитом или возбудителем.

Действие первичного элемента.

Обращаясь к рисунку 7 можно уяснить себе устройство и действие первичного элемента.

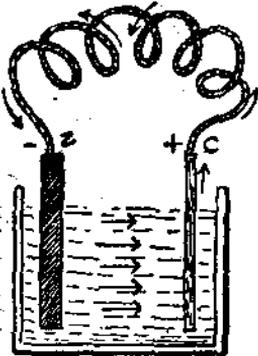


Рис. 7. Простейший первичный элемент с замкнутой цепью, стрелки показывают направление тока.

В стеклянный стакан или банку наливают слегка подкисленную серной кислотой воду. В этот раствор погружают две чистых металлических пластинки, одну цинковую *Z* и другую медную *C*. Таков элемент может давать непрерывный электрический ток в проволоке, соединяющей обе эти пластинки. При протекании тока можно заметить, что цинк будет разрушаться. Разрушение цинка вызывает возникновение электродвижущей силы, необходимой для поддержания тока идущего через элемент и соединительную проволоку. Таким образом элемент служит как бы «химической топкой», топливом для которой служит цинк.

Вопрос: Чем отличаются положительная пластина первичного элемента от отрицательной?

Ответ: Пластина, сильнее подвергающаяся разрушению электролита, называется отрицательной, тогда как другая положительной.

Химическая реакция.—Химические изменения или реакция, происходящая в простейшем элементе, состоящем из медного и цинкового электродов и электролита в виде раствора серной кислоты, протекает следующим образом. Когда при соединении друг с другом двух электродов возникает электрический ток, серная кислота начинает действовать на цинковую пластинку и образует сернистый цинк. Образование этого нового вещества сопровождается выделением некоторого количества газа (водорода), содержащегося в серной кислоте, который появляется в виде пузырьков в большом

количестве на отрицательном цинковом, нежели на положительном медном электроде.

Все время, пока происходит превращение металлического цинка в сернистый цинк из серной кислоты продолжает выделяться водород.

Часть этих пузырьков водорода поднимается на поверхность электролита и улетучивается в воздух, но большая часть их переносится на поверхность медного электрода, которая постепенно покрывается водородной пленкой.

Отчасти вследствие уменьшения поверхности медного электрода, соприкасающейся с электролитом от оседающих на нем пузырьков газа и отчасти вследствие того, что водород при соприкосновении с медью стремится вызвать электрический ток в обратном направлении, электродвижущая сила элемента уменьшается или, как говорят, элемент поляризуется. Поляризацию можно устранить или путем перемешивания электролита, или встряхиванием элемента, чтобы помочь пузырькам газа оторваться от поверхности медного электрода и уйти в атмосферу, поднявшись на поверхность электролита. Однако, такие средства оказывают только кратковременное действие, поляризация быстро возобновляется и снова требуется или новое перемешивание или встряхивание. Такие элементы для практических целей оказываются непригодны.

Когда серная кислота действует на цинковый электрод и вызывает образование сернистого цинка, затрачивается некоторая работа, которая частью превращается в полезную электрическую энергию, а частью—в бесполезное тепло, нагревающее электролит и потому теряющееся для практических целей.

Вопрос: Что произойдет в простейшем элементе, если его электроды вне жидкости не будут соединены между собой?

Ответ: До тех пор, пока электроды не соединены между собой и цинк не разъедается кислотой, а остается чистым, никакого химического действия или реакции в элементе не происходит.

Вопрос: Что произойдет в простейшем элементе, если его электроды вне жидкости соединить между собой?

Ответ: Если электроды будут соединены между собой вне жидкости проволокой, то электрический ток от меди потечет к цинку вне элемента, а внутри элемента потечет в обратную сторону, то-есть от цинка к меди через электролит.

Таким образом нарушается равновесие элемента и серная кислота начинает растворять цинк. Растворение цинка и действие элемента будут продолжаться до тех пор, пока цинк или кислота не израсходуются.

Действие поляризации:— Пузырьки водорода отлагающиеся на пластине элемента понижают силу тока элемента, вследствие того, что:

1) увеличивают сопротивление цепи, так как водород дурной проводник электричества;

2) возбуждают противоположно направленную электродвижущую силу вследствие соприкосновения их с пластиной.

Особенно сильно водород действует в момент своего образования, когда вызывает значительную разность потенциалов, которая и посылает довольно значительный ток в направлении, противоположном основному току элемента. Поэтому весьма важно, по возможности, уничтожить поляризацию; в противном случае, ток, даваемый элементом, не будет достаточно силен и равномерен.

Способы деполяризации.—Способов уничтожения поляризации (деполяризации) предложено много, но все их можно подразделить на три группы:

1. Химические способы:

а) путем окисления водорода двуххромистым камнем или азотной кислотой;

в) путем замены водорода другим веществом, не развивающим противозлектродвижущей силы поляризации. Так, например, в элементе Даниэля взамен водорода отлагается на положительном электроде медь из медного купороса.

2. Электрохимические способы.

3. Механические способы.

Последние два способа применяются чрезвычайно редко.

Простейший элемент состоит из цинка и меди и раствора серной кислоты. В таком элементе не принято никаких мер для предотвращения поляризации и потому он быстро поляризуется, почему его можно применять лишь для постоянно разомкнутых цепей.

Вещества, добавляемые при химическом способе устранения поляризации, обладают большим сродством с водородом и соединяются с ним, предупреждая таким образом покрытие пластин пузырьками газа.

Вопрос: Что такое деполяризатор?

Ответ: Химическое вещество, для устранения поляризации в элементах, соединяющееся с водородом.

Применяемые для предупреждения поляризации химические вещества бывают твердыми и жидкими. Оттого-то появилось несколько типов элементов. Одни из них с одной жидкостью, в которой одновременно содержится и кислота и деполяризатор, тогда как другие—с двумя жидкостями.

В элементе с двумя жидкостями, цинк погружен в одну из них, обычно раствор серной кислоты, которая растворяет его, тогда как другая пластина помещается в деполяризующую жидкость, которая, разлагаясь, поглощает водород и предупреждает тем поляризацию.

В элементах для постоянно разомкнутых цепей происходит довольно слабая поляризация, так как эти цепи замыкаются на короткий промежуток времени. Поэтому такие элементы, при работе с перерывами, способны давать сильный ток.

В элементах для постоянно замкнутых цепей поляризация предупреждается химической реакцией, почему они развивают постоянную и равномерную энергию до израсходования химических веществ.

Требования, предъявляемые к элементам.—Хороший элемент должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Его электродвижущая сила должна быть возможно большей и постоянной.

2. Внутреннее сопротивление элемента должно быть небольшим.

3. Всякая реакция в элементе должна прекращаться при размыкании цепи.

4. Элемент должен давать равномерный ток, что возможно лишь при отсутствии поляризации и не быстром истощении.

5. Элемент должен требовать возможно меньшего ухода и не выделять неприятных или вредных газов.

6. Элемент должен быть дешевым и долговечным.

Элементы с одной и двумя жидкостями.—Различие между элементами с одной и двумя жидкостями было объяснено выше. Одножидкостный элемент Вольта, состоящий из цинковой и медной пластин погруженных в раствор серной кислоты, представляет тип простейшего элемента.

В элементах с двумя жидкостями, один электрод (цинк) погружается в возбуждающую жидкость, обычно раствор серной кислоты, тогда как другой погружается в деполяризатор. Деполяризатор разлагается водородом, соединяющимся с ним, чем и предупреждается поляризация.

В некоторых элементах обе жидкости разделяются пористой перегородкой из неглазурованной глины, которая допу-

скает только очень медленное смешение жидкостей, но не препятствует прохождению через нее водорода и электричества.

Полная деполяризация в элементах с одной жидкостью обычно достигается добавлением твердого деполяризатора, как например, окиси марганца, окиси меди или перекиси свинца, соприкасающихся с угольным электродом. Однако, такие элементы скорее относятся к типу элементов с двумя жидкостями.

Ниже приводится описание нескольких типов элементов.

Элемент Лекланше.—Этот элемент был предложен французом Лекланше и явился первым элементом, в котором была применена нашатырная соль. Элемент изображен на рисунке 8. Этот элемент обычно применяется для электри-

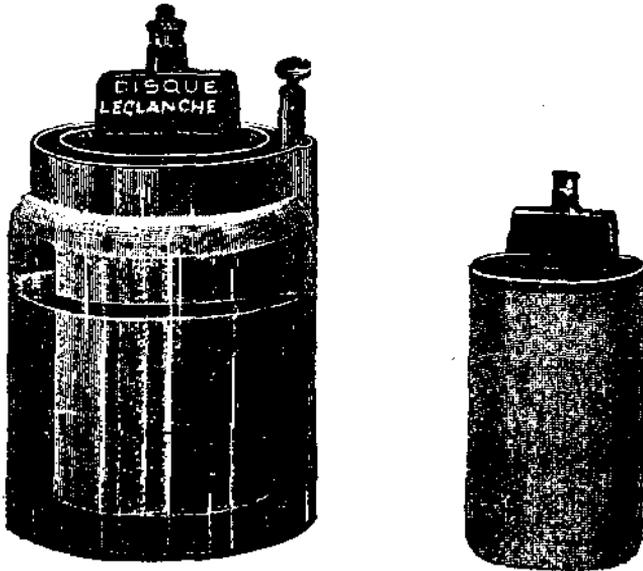


рис. 8 и 9. Элемент Лекланше. — Этот очень распространенный элемент является образцом элемента с одной жидкостью и твердым деполяризатором, окружающим отрицательный электрод (обычно угольный, тогда как положительный — цинковый). Жидкостью служит раствор нашатыря. В типе элемента с пористым стеклом (рис. 9) уголь помещается внутри пористого стакана и окружается смесью толченого угля и перекиси марганца, которая сверху закрывается крышкой с небольшими отверстиями для пропускания воздуха и газов. Деполяризатор поглощает незначительное количество водорода, получающегося за непродолжительное время, иначе происходит поляризация. Таким образом этот элемент пригоден для постоянно разомкнутых цепей и дает сильный ток только при короткой работе с перерывами. Цинк растворяется только при работе элемента. Эти элементы — особенно применимы для электрических звонков и требуют мало ухода. При испарении электролита доливают водой, а цинк заменяют, в случае надобности новым. Электродвижущая сила около 1,48 вольта, а внутреннее сопротивление около 4 ом.

ческих звонков. Главным его достоинством является то, что он очень долговечен и не требует почти никакого ухода.

Элемент Лекланше состоит из двух сосудов, наружного стеклянного, в котором помещается цинковый прутки и куда наливают раствор нашатыря. Во внутреннем сосуде из пористой глины помещается угольная пластина и вслед затем он заполняется смесью перекиси марганца и толченого газового или ретортного угля. При соединении между собой цинкового прутка с угольной пластиной возникает электрический ток, вследствие следующей реакции: цинк окисляется кислородом перекиси марганца и вслед затем превращается в хлористый цинк под действием нашатыря.

После того, как элемент проработает несколько часов кислород перекиси марганца истощается и сила элемента понижается. Если же электролиту дать немного постоять, то марганец воспринимает свежий кислород из воздуха и снова восстанавливается.

Примерно, через 18 месяцев работы приходится заменять нашатырь свежим и ставить новый цинковый прутки. Если же обнаружится неисправность пористого стакана, то лучше его заменить новым, не пытаясь починить.

Элемент Лекланше собирается следующим образом:

1. Вкладут в банку 175 грамм нашатыря, наливают воду до $\frac{2}{3}$ высоты, и перемешивают.

2. Помещают в раствор пористый стакан и если надо добавляют воду так, чтобы она не доходила на 40 мм. до верхней кромки пористого стакана.

3. Ставят на место цинковый прутки и дают элементу постоять часов 12, чтобы жидкость могла проникнуть через пористый стакан. Уровень электролита от этого понизится до $\frac{2}{3}$ высоты банки. После того элемент готов к работе. По мере понижения уровня жидкости от испарения добавлять воду.

Элементы Лекланше пригодны для постоянно разомкнутых цепей и получили громадное применение для электрических звонков.

Недостатки их следующие:

1. Быстро поляризуются.

2. Обладают большим сопротивлением вследствие применения пористого стакана.

3. Содержат небольшое количество электролита, уровень которого при испарении быстро падает.

4. Цинк особенно сильно разъедается на поверхности жидкости и потому прутки ломается, когда его нижняя часть далеко еще не израсходована.



Рис. 10. Элемент Гренэ.— Электроды угольный и цинковый. Цинковая пластинка укреплена к стержню между двумя угольными пластинами, и не касается их. При бездействии элемента цинк вынимает из раствора, поднимая его стержень, иначе кислота разъедает его. Электродвижущая сила этого элемента в начале 2 вольта. Элемент этот дает сильный ток в течение короткого времени, но жидкость скоро исхождает, что можно заметить по переходу цвета раствора из оранжевого в темно-красный. Такой раствор заменяют свежим. Цинк должен быть хорошо амальгамированным. Это хороший элемент для лабораторных работ. Для составления электролита берут 75 грамм мелко истолченного двуххромового калия и 0,9 литра кипяченой воды. Жидкость помещают стеклянной палочкой и по охлаждению прибавляют медленно, помешивая 75 гр. серной кислоты. Электролит можно также приготовить из 100 гр. двуххромового натрия, 1,4 литра кипяченой воды и 75 гр. серной кислоты.

Двуххромистый элемент Гренэ. — В элементе, представленном на рисунке 10, положительным электродом служит цинк, а отрицательным уголь. Электролит представляет раствор двуххромовокислого калия в смеси серной кислоты и воды.

Элемент состоит из стеклянной банки, в которую наливается электролит. В элементе имеются три пластинки, из них цинковая помещается в середине, а две угольных по бокам. Угольные пластинки присоединяются к одному общему зажиму, образуя таким образом большую поверхность, а цинковая пластинка соединяется с зажимом наверху латунного прута, к которому она прикрепляется. Прут можно передвигать в отверстии крышки, поднимая цинк при бездействии элемента и опуская его для работы, чем достигается экономия цинка и электролита.

Электродвижущая сила элемента Гренэ около 2 вольт.

Элемент Даниэля.—Это очень распространенный элемент. Он также состоит из двух сосудов, внутреннего простого, в который наливается электролит, состоящий из раствора серной кислоты или раствора сернистого цинка, и наружного сосуда, содержащего насыщенный раствор медного купороса.

Во внутренний электролит погружен цинковый кружок, а в наружный электролит тонкая пластинка из листовой меди. Иногда устройство несколько видоизменяется, а именно наружный сосуд делается медным и служит медной пластинкой. В него наливается раствор медного купороса, тогда как раствор сернистого цинка и цинковый прут помещаются, как и раньше, в простом стакане.

В элементе Даниэля происходит следующая реакция:

Цинк растворяется в растворе кислоты, образуя сернистый цинк и освобождая водород. Свободный водород проходит через стенки пористого стакана, но когда достигает раствора медного купороса, то вытесняет из него некоторое количество меди, а сам соединяется с этим раствором, образуя серную кислоту. Освободившаяся медь отлагается на поверхности медной пластины. Таким образом избегается поляризация и достигается практически постоянная сила тока.

Если вместо кислотного раствора пользуются раствором сернистого цинка, то происходит ряд сходных реакций, за исключением того, что вместо водорода выделяется цинк.

Элемент Даниэля особенно применяется в гальванопластике, электрографии и на телеграфах. Электродвижущая сила его 1,079 вольт.

Изготовление элемента Даниэля.—Простейший элемент Даниэля представлен на рисунке 11 и его не трудно сделать самому следующим образом: наружный сосуд *A* представляет стеклянную банку, в которую наливается раствор из 1 части серной кислоты на 12—20 частей воды и помещается цинковый пруток *B*.

Внутри банки ставят пористый стакан *C* с тонкой медной пластиной *D* и в него наливается раствор медного купороса.

Лучше всего брать цинк типа принятого для элементов Лекланше, его легко очищать и он служит дольше и обходится дешевле цинковых пластинок. Пористый стакан верхней и нижней частью погружают в расплавленный парафин для того, чтобы несколько уменьшить поверхность, через которую просачивается жидкость. В стакан кладут кристаллы медного купороса, как показано на рисунке.

При смешивании воды и серной кислоты надо медленно лить кислоту в воду, но не наоборот, — во избежание разбрызгивания и ожогов. Иногда пользуются сер-

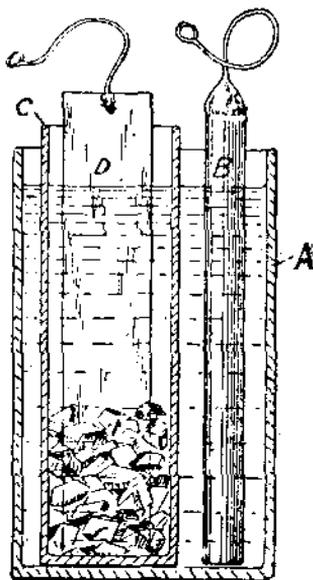


Рис. 11. Простейший элемент Даниэля для постоянно-замкнутых цепей. — Для того, чтобы поддерживать ток неопределенно продолжительное время, необходимо только подсыпать в элемент кристаллов медного купороса и зажать цинк. Изображенный на рисунке элемент можно сделать самому, руководствуясь наставлением данным в тексте.

нисто-кислым цинком, который уменьшает раз'едание цинкового прута,

Такой элемент может служить неделями. Если элемент ослабевает, то во внутренний стакан доливают серной кислоты и добавляют кристаллов медного купороса.

Сухие элементы.—Часто требуется устанавливать элементы в таких местах, где они подвергаются значительным сотрясениям, вибрации и качке, как например, на автомобилях, в вагонах и судах. Обыкновенные элементы не годны для этих целей, вследствие распыливания электролита и тогда приходится прибегать к так называемым сухим элементам.

Сухой элемент состоит из двух электродов, обычно цинка и угля и полужидкого электролита. Отрицательный электрод представляет цинковый стакан, открытый сверху, который выстилает внутри несколькими слоями пропускной бумаги или другим поглощающим материалом.

Положительный электрод представляет собою угольный прут, помещаемый в центре стакана. Пространство между электродами заполняется углем, толченым коксом и перекисью марганца, смешанными с поглощающим материалом. Эта смесь смачивается жидкостью, — обычно раствором нашатыря. Верхняя часть элемента закрывается крышкой для предупреждения утечки и испарения жидкости. К каждому электроду присоединяется зажим, а каждый элемент помещается в картонную коробку, предохраняющую цинк от соприкосновения с цинком другого элемента. После того элементы собираются в батарею.

Уход и использование сухих элементов.—Для достижения лучших результатов надо руководствоваться следующим наставлением:

1. При замене сухих или иных элементов их никогда не следует соединять последовательно в количестве большем, чем то требуется для достижения нужного напряжения, так как это вызывает более сильный ток. Увеличение же силы тока сокращает срок службы батареи.

2. При установке сухих элементов в местах, где они могут подвергнуться вибрации, не следует пользоваться толстыми одножильными проводами, так как они иногда перетираются.

3. Бумажная обклейка элементов должна быть всегда сухой, так как она служит изоляцией. При намазании изоляции, ток будет утекать из одного элемента в другой и нарушится правильность работы батареи.

4. Бездействие вредно влияет на сухие элементы, вызывая необходимость их замены в течение 60 дней. Ослабление элементов происходит вследствие испарения жидкости. Замерзание, высокая температура, а также вибрации ослабляют заливку, отчего усиливается испарение.

5. Ослабшие элементы можно несколько усилить, сняв с них наружную оболочку, и пробив небольшое отверстие в цинковом стакане. После этого их ставят в слабый раствор нашатыря, который просачивается внутрь и смачивает элемент. Однако, такой прием можно рекомендовать только в крайних случаях.

6. Средний вольтаж свежего сухого элемента около 1,5 вольта, тогда как даваемая им сила тока колеблется от 2,5 до 50 ампер в зависимости от его размеров.

7. Сухой свежий элемент при испытании должен давать ток не ниже гарантированного. Время изготовления элементов и выпуска их в продажу имеет большое значение, так как свежие элементы много действительнее.

8. Сухие элементы испытывают амперметром. Испытание надо делать очень быстро, так как сопротивление амперметра настолько не велико, что практически коротко замыкает элемент.

Для испытания элементов вольтметром не пользуются, так как когда элементы не дают тока, их напряжение остается почти постоянным и совершенно ослабший элемент все-таки дает почти нормальное напряжение. Если амперметра не имеется, то силу тока батареи можно испытать, отняв один из проводов и касаясь им другого зажима. Интенсивность получающейся при этом искры показывает состояние элемента или батареи.

Уход за элементами.—Элементы требуют за собой некоторого постоянного, но очень несложного ухода. В уходе за ними следует руководствоваться следующим наставлением:

1. Для сохранности элементов и батарей необходимо содержать их в безупрочнейшей чистоте, которая имеет громадное значение. Цинковые и медные пластины при каждой возможности тщательно прочищают, а цинк после очистки следует натирать небольшим количеством ртути (амальгамировать, стр. 28). Такое натирание ртутью предупреждает местные реакции. Пористые стаканы при разборке элемента надо ставить часа на четыре—пять в чистую воду, после чего их следует тщательно протереть и высушить.

2. Зажимы батарей тщательно отскабливают до блеска для достижения плотного и чистого контакта с проводами и устранения таким образом повышения сопротивления цепи.

3. Ясно, что положительные и отрицательные пластины никогда не должны касаться друг друга. Расстояние между ними должно равняться от 4 до 12 мм. Если элементы не имеют пористых стаканов, то надо периодически проверять их состояние.

Испарение воды вызывает повышение крепости электролита отчего на стенках банок, смачивавшихся вначале раствором, отлагаются кристаллы, особенно многочисленны, когда раствор приближается к состоянию насыщения. Пространство между этими кристаллами и стенками банки действует, как капиллярные трубки, поднимающие кверху значительное количество жидкости, которая испаряется и отлагает новые кристаллы. Наконец, кристаллы могут распространяться через край банки на ее наружную поверхность, образуя род сифона, вытягивающего жидкость наружу.

Амальгамирование цинка. — Амальгамирование цинка ртутью имеет целью механическое предупреждение местных реакций (внутри цинка), вызываемых содержащимися в нем примесями, которые при соприкосновении их с электролитом образуют так называемые гальванические пары, ослабляющие действие элемента. Амальгамирование ведет к некоторому повышению напряжения элемента.

Для амальгамирования цинка, его предварительно погружают в раствор серной кислоты, очищающей его поверхность. Затем на поверхность цинка наливают немного ртути, которую растирают тряпочкой и затем оставляют на некоторое время в покое, положив в тарелку во избежание потери стекающего избытка ртути.

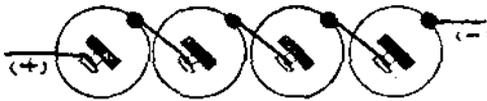


Рис. 12. Схема последовательного соединения элементов. — Здесь четыре элемента соединены параллельно. Если напряжение каждого элемента 1,5 вольт, то напряжение между + и - клеммами батарей будет равняться произведению из напряжения одного элемента на их количество. Напряжение этих четырех элементов будет — 6 вольт.

один элемент соединяют с отрицательным полюсом другого, как показано на рисунке 12, вследствие чего напряжения отдельных элементов суммируются.

Так, если соединить последовательно четыре элемента с напряжением $1\frac{1}{2}$ вольта каждый, то общее напряжение батарей будет 6 вольт.

Составление батарей.

— Элементы соединяются тремя способами: 1) последовательно, 2) параллельно и 3) смешанно.

Последовательное соединение заключается в том, что положительный полюс

На рисунке 13 представлено параллельное соединение элементов. Оно производится путем соединения между собой с одной стороны всех положительных зажимов, а с другой всех отрицательных.

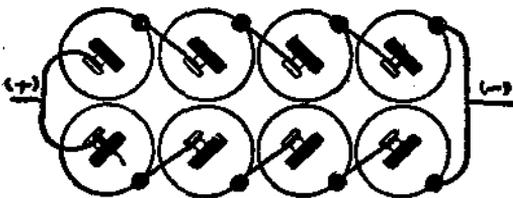


При параллельном соединении складывается сила тока или ампераж отдельных элементов, при чем общая сила тока получаемая от батареи равняется сумме сил токов, получаемых от отдельных элементов, при общем напряжении батареи равном напряжению одного из элементов.

Рис. 13. Схема параллельного соединения элементов.— При таком соединении напряжение батареи будет одинаково с напряжением отдельного элемента, но сила тока батареи окажется равной силе тока отдельного элемента, помноженной на их число. Так, если каждый элемент даст 1,5 вольт и 2 ампера, то при таком соединении батарея будет давать $2 \times 4 = 8$ ампер, при общем напряжении 1,5 вольт.

Например, при параллельном соединении 4 элементов по 2,5 ампера получится батарея силой в 10 ампер.

Смешанное соединение (рис. 14) состоит из нескольких групп, последовательно соединенных элементов, при чем группы



соединены между собой параллельно. При смешанном соединении напряжение каждой из последовательно соединенных групп должно быть одинаково, так как в противном случае появятся противоположные (уравновешивающие) токи и батарея ослабнет. Поэтому необходимо, чтобы группы состояли из одинакового количества элементов.

Рис. 14. Схема смешанного соединения элементов.— Элементы в обеих группах соединены последовательно и эти две группы соединены между собой параллельно. Напряжение батареи равняется напряжению одного элемента помноженному на число элементов в группе, а сила тока батареи — силе тока одного элемента, помноженной на число групп. Такое соединение допустимо только при элементах одинакового напряжения. Если одну группу составить из новых, а другую из старых элементов, то ток потечет (рис. 15) из более сильной группы через более слабую, пока напряжения их не сравняются. Таким образом потеряется энергия более сильной группы элементов.

Напряжение смешанно соединенной батареи равно напряжению отдельного

элемента, помноженному на их число в группе, а ампераж батареи равняется амперажу одного элемента, помноженному на число групп.

На рисунке 15 представлен пример неправильного смешанного включения элементов. Если замкнуть внешнюю цепь, то шесть элементов дадут большую электродвижущую силу, нежели четыре элемента, отчего ток из них пойдет в группу из четырех элементов, при чем напряжение группы из шести элементов сравняется с напряжением группы из четырех эле-

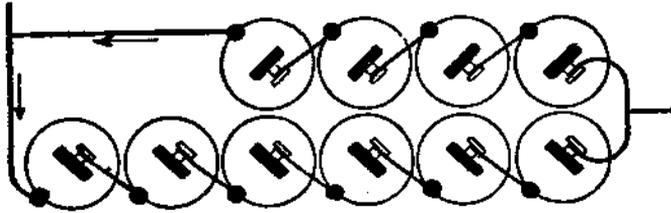


Рис. 15. Схема неправильного соединения элементов.—Напряжение тока 6 элементов одной группы больше напряжения четырех элементов другой группы. Поэтому ток пойдет на первой через вторую пока напряжение шести элементов не сравняется с напряжением четырех элементов.

ментов. Такое положение можно исправить, введя в точке соединения двух отрицательных зажимов переключатель так, чтобы одновременно можно было пользоваться только одной группой элементов.

Проводники и изоляторы.

Все тела резко отличаются друг от друга своей способностью проводить электрический ток. Если в медный провод, по которому протекает ток включить кусок стекла или воска,

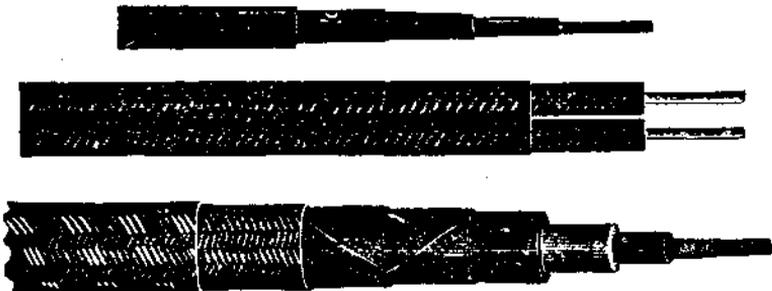


Рис. 16, 17 и 18. Изолированные провода. Рис. 16—одинарный провод. Рис. 17—двойной провод. Рис. 18, автомобильный провод высокого напряжения.

то течение тока прекратится. Это показывает, что медь и стекло обладают различными свойствами в смысле проводимости электрического тока.

Тела, которые легко пропускают через себя электрический ток называют проводниками. Те же тела, которые не пропускают через себя тока, называют изоляторами. В природе не существует таких веществ, которые были бы абсолютными проводниками или изоляторами.

В нижеследующей таблице приводится ряд веществ, обладающих различными способностями проводить электрический ток, при чем в начале таблицы помещены проводники, а в конце изоляторы, то есть эти вещества расположены в порядке их убывающей проводимости.

Таблица проводников и изоляторов.

Хорошие проводники (металлы и их сплавы).

(Серебро
Медь
Алюминий
Цинк
Латунь (в зависимости от состава)
Платина
Железо
Никель
Олово
Свинец
Нейзильбер (меди 2 части, цинка 1 часть, никеля 1 часть)
Платиноид (нейзильбера 49 ч., тунгстена 1 часть)
Антимоний
Ртуть
Висмут

Полупроводники

(Ретортный уголь и кокс
Углерод
Кислотные растворы
Морская вода
Щелочные растворы
Металлические руды
Живые и растительные вещества
Влажная земля

Дурные проводники	Вода чистая Лен Хлопок Красное дерево Сосна Розовое дерево Мрамор	} сухие
Непроводники или изоляторы	Масла Фарфор Сухая кожа Сухая бумага Шерсть Шелк Сургуч Сера Резина Гуттаперча Шеллак Эбонит Слюда Парафин Стекло (в зависимости от состава) Сухой воздух	

Худшие проводники, как например, платина и железо при одной и той же нагрузке, сильнее подвергаются нагреванию, нежели хорошие проводники, как например, золото и медь.

Электрическая нагрузка, которая только незначительно повышает температуру одного проводника, может довести другой до раскаленного состояния и расплавить третий.

Изоляторы.—Выражение «изолятор» имеет два значения. В одном случае оно обозначает изолирующий материал, вещество или среду, а в другом—специальной формы предмет из изоляционного материала, как например, стекла или фарфора, служащий в качестве опор для проводов. Ни одно из тел не обладает способностью абсолютно задерживать электрический ток, но многие из них обладают этой способностью в достаточной для практических целей степени. Хороший изоляционный материал должен обладать следующими свойствами:

1. Высокой проводимостью магнитных силовых линий.
2. Высоким сопротивлением пробиванию.

3. Механической прочностью.

4. Высоким диэлектрическим или изоляционным сопротивлением.

5. Специальными свойствами в зависимости от способа использования.

Магнитная проницаемость является весьма важным, но трудно достижимым свойством. Высокое сопротивление про-

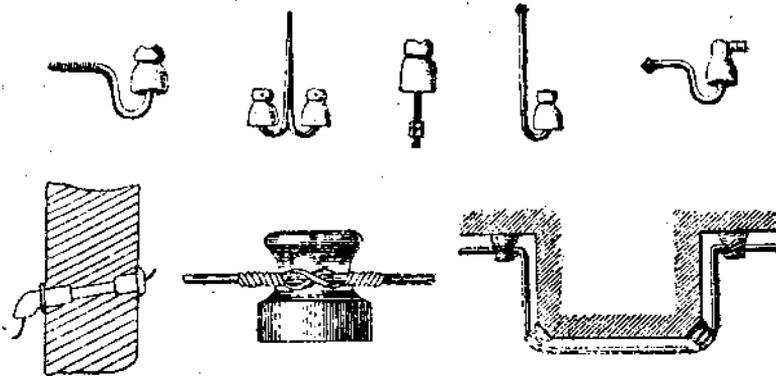


Рис. 19. Нормальные фарфоровые изоляторы.—Втулка и воронка для ввода провода снаружи в здание, при проходе провода через стены, посередине ролика, к которому подвешиваются провода, справа ролики для подкладывания при огибании углов.

биванию зависит не только от напряжения тока, но также и от механической прочности и в известной степени от изоляционного сопротивления.

Пропитка изоляции. — Пропитываются обычно изоляторы из волокнистых веществ. Пропитка увеличивает их сопротивление, делает их водонепроницаемыми и термостойкими.

Если провода или кабели прокладываются под водой, то их всегда пропитывают такими составами, так как они препятствуют проникновению воды и повреждению изоляции.

Вода, как проводник.—Вода или водяной пар являются проводниками, но значительно худшими, нежели металлы. В атмосфере всегда содержится некоторое количество водяных паров, которые понижают ее изолирующее свойство. Лучший изолятор становится неудовлетворительным, если его поверхность покрыта влагой, т. к. ток из провода может утекать через воду.

Земля является отличным проводником электрического тока, отчего провода приходится очень тщательно изолировать от нее, чтобы не получилось утечки тока. Соединение проводов с землей называется заземлением или по-просту «землей».

Передача электрической энергии.—Точная природа электричества до сих пор неизвестна, но законы, которым она подчиняется, известны нам так же хорошо, как и законы силы тяжести, хотя мы не знаем сущности самой силы тяжести. Электричество, хотя и не является каким-либо веществом, но требует затраты энергии для своего перемещения. Хотя электричество не является ни газом, ни жидкостью, тем не менее свойства его очень сходны со свойствами последней и потому принято говорить, что оно течет по проводнику. Это выражение не значит, что в проводнике существует какое-либо движение вещества, в точности подобное течению воды в трубе, тем не менее это выражение вполне характеризует происходящие явления.

Влияние тепла.—На проводимость тел влияет их температура. Проводимость металлов с повышением температуры уменьшается, но у других тел, и в особенности у жидкостей, она увеличивается. Некоторые вещества в твердом состоянии являются изоляторами, а в расплавленном виде проводниками.

Стекло, доведенное до красного каления становится проводником, а сургуч, смола, янтарь, шеллак и сера при нагревании становятся проводниками.

Тепловое действие тока.—Проходящий по проводнику электрический ток не вызывает большого изменения его температуры до тех пор, пока поперечное сечение провода достаточно для свободного протекания по нему тока. Если же сечение провода уменьшит или увеличит, количество проходящего через него электричества или, иначе говоря, изменит отношение количества электричества к сечению проводника, то при увеличении его можно заметить нагревание провода, которое будет тем больше, чем большее количество проходит через провод электричества и чем меньше поперечное сечение провода, служащее для его прохождения.

Тепловое действие тока в разных металлах различно и зависит от их проводимости.

Сопротивление и проводимость.

Сопротивлением какого-либо вещества называется его свойство противодействовать прохождению через него тока.

Электрику-практику приходится иметь дело с измерением электрического сопротивления, электродвижущей силы и силы тока путем сравнения с определенными величинами, взятыми за единицу. Способы сравнения могут быть, конечно, разные для каждого случая.

Сила тока, вызываемая определенной электродвижущей силой, зависит от сопротивления проводника. Поэтому два сопротивления можно сравнивать между собой, определяя, как каждое из них влияет на изменение силы тока в цепи.

Примечание. Течение электричества может происходить только в том случае, если на концах цепи существует разность давлений или потенциалов электричества, точно так же как вода может течь по трубе только при наличии давления или разности уровней. Одинаковое электрическое давление или напряжение не всегда вызывает электрический ток одинаковой силы, точно так же как одно и то же давление воды не всегда вызывает течение одинакового объема или количества воды. Количество электричества или воды в обоих случаях зависит не только от величины приложенного давления, но и от сопротивления провода течению электричества и от сопротивления трубы при перемещении по ней воды.

Проводимость металлов и жидкостей. Металлы вообще являются хорошими проводниками, так как их сопротивление мало, но металлические проволоки не должны быть ни слишком толстыми, ни слишком длинными, так как их сопротивление от этого может стать большим и чрезмерно уменьшить силу тока, протекающего по ним. Электродит батареи нельзя считать таким же хорошим проводником, как металлы.

Разные жидкости обладают различными сопротивлениями. Химически чистая вода является непроводником.

Растворенные в воде соли являются хорошими проводниками, так же как и кислотные растворы, тогда как крепкая серная кислота является дурным проводником. Газы являются дурными проводниками.

Закон электрического сопротивления.— Сопротивление всякой электрической цепи можно подразделить на:

1. Сопротивление самих проводов и
2. Сопротивление места соприкосновения проводов в зажимах (контактах).

Сопротивление контактов зависит от плотности их соприкосновения между собой и чистоты (загрязнения, окисления), от чего ток легче или труднее переходит из одного проводника в другой.

Законы сопротивления проводов следующие:

1. Сопротивление проволочного проводника пропорционально его длине.

Если сопротивление одного километра проволоки равно 8 омам, то сопротивление 2 километров будет 16 ом.

2. Сопротивление проволочного проводника обратно пропорционально площади его поперечного сечения, а потому в круглых проводах будет обратно пропорционально квадрату их диаметров.

Толщина обычной телеграфной проволоки около 4 мм. Такой же провод с вдвое меньшим диаметром, но той же длины обладает сопротивлением в 4 раза большим. Провод же вдвое большей толщины, но той же длины проводит в 4 раза лучше, т. к. его сопротивление вчетверо меньше.

3. Сопротивление проволочного проводника данной длины и данной толщины зависит еще от материала, из которого он сделан.

4. Сопротивление проводника зависит от его температуры (большинство металлических проводников при повышении температуры свое сопротивление увеличивают, а растворы и уголь—уменьшают).

Вот почему за единицу сопротивления следует взять сопротивление проводника из определенного материала, имеющего вполне определенные размеры (длину и сечение) и при определенной температуре. За единицу сопротивления условился взять такое сопротивление, которое равновелико сопротивлению столба ртути с длиной 106,28 см при площади поперечного сечения в 1 кв. мм и при температуре в 0° С. Единицу эту назвали 1 ом, а миллионную долю ее 1 микром. Для того же, чтобы судить о способности проводников лучше или хуже проводить ток, определяют сопротивление отрезков их в 1 метр при площади сечения в 1 кв. мм при температуре в 15° С и называют эту величину удельным сопротивлением данного проводника.

Действие тепла на сопротивление проводников.—Другим весьма важным обстоятельством, от которого зависит сопро-

тивление проводника, является изменение его сопротивления при изменении температуры. Сопротивление различных металлов обычно возрастает при увеличении температуры, но при том не в одинаковой степени.

Изменение сопротивления 1 ома проводника при изменении температуры на 1° С называют температурным коэффициентом этого проводника. Величина эта характеризует чувствительность изменений сопротивления проводников по отношению к изменениям температуры. В том случае, если сопротивление проводника при повышении температуры увеличивается, его температурный коэффициент называют положительным (+), а если уменьшается, то отрицательным (—).

Проводимость цепей и материалов.— Необходимо различать между собой проводимость цепей и проводимость материалов.

Проводимостью цепи называют величину, обратную ее сопротивлению. Проводимостью материала называют отношение (выражаемое в процентах) его проводимости к проводимости нормального материала — чаще всего химически чистой меди или ртути, которая принимается за единицу, т.-е. за 100 процентов.

Пример: Цепь состоит из батареи с сопротивлением в 2 ома, соединенной последовательно с двумя сопротивлениями в 10 и 5 ом. Какова проводимость цепи?

Решение: Так как все части цепи соединены последовательно, то сопротивление будет равно сумме отдельных сопротивлений. Откуда

$$\text{Сопротивление} = 2 + 10 + 5 = 17 \text{ ом.}$$

$$\text{Поэтому проводимость цепи будет} = \frac{1}{17} = 0,058.$$

Удельные проводимости.— Числа, выражающие относительную способность различных материалов проводить электрический ток называются удельной или относительной проводимостью. Если мы примем удельную проводимость серебра за 100, то удельная проводимость чистой меди будет 96.

Удельное сопротивление вещества есть понятие обратное понятию удельной проводимости. Удельное сопротивление металла обычно выражается в миллионных долях ома и равняется сопротивлению одного кубического сантиметра.

В нижеследующей таблице приводятся данные для различных металлов:

Материалы.	Удельное сопротивление в омах.	Удельная проводимость.	Температурные коэффициенты.
Серебро	0,01492 при 0° C	67,02	+ 0,00377
Медь проводниковая .	0,0175 » 15° C	57	+ 0,00388
Алюминий	0,02665 » »	37,52	+ 0,00435
Железо (мягкое) . . .	0,09636 » 0° C	10,38	+ 0,0068
Свинец	0,19465 » »	5,14	+ 0,00887
Нейзильбер	0,29982 » »	3,33	+ 0,00037
Ртуть (жидкая) . . .	0,939793 » »	1,063	+ 0,00072
Угли ламповые . . .	39 (при 15° C)	0,025641	- 0,00052
Раствор серной кислоты (плотн. 1,21) .	8300 (при 18° C)	0,0001205	- 0,015
Раствор нашатыря (насыщ.)	25500 (при 18° C)	0,00004	- 0,015
Раствор цинк-купороса (тоже)	26600 (при 10° C)	0,0000039	- 0,029

Электродвижущая сила и сила тока. Ту причину, которая обуславливает возникновение и перемещение электричества в цепи называют электродвижущей силой, а количество электричества, перемещаемое в цепи под действием электродвижущей силы в единицу времени называют силой тока.

За единицу силы тока принимают такую, которая способна произвести какое-либо определенное действие. Так, например, за единицу силы тока, называемую 1 ампер приняли такую, которая способна при прохождении через раствор ляписа (азотно-кислого серебра) выделить в 1 сек. 1,1183 миллиграмма чистого серебра (миллиграмм есть одна тысячная доля грамма).

За единицу электродвижущей силы (1 вольт) приняли такую, которая способна в проводнике с сопротивлением в 1 ом поддерживать силу тока в 1 ампер. Часть электродвижущей силы, преодолевающая часть сопротивления цепи носит название напряжения электричества.

Закон ома.—Сила тока, возникающая в цепи под влиянием электродвижущей силы будет тем больше, чем больше элек-

тродвижущая сила и чем меньше сопротивление цепи. Вот почему можно написать, что $J = \frac{E}{R}$. В этом и состоит закон Ома, где E —электродвижущая сила, и R —сопротивление.

Разветвление цепи.—Если цепь разветвляется, как показано на рис. 20 на две ветви в точке A , которые соединяются затем вместе в точке B , то и ток, идущий от батареи, будет разделяться: часть его пойдет по одной ветви, а часть по другой.

Силы токов, заходящие в первую ветвь разветвления будут пропорциональны проводимостям этих ветвей или, что то же, обратно пропорциональны сопротивлениям их.

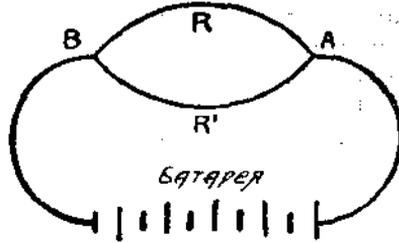


Рис. 20. Разделение тока в двух параллельных проводах.

Закон этот справедлив для любого числа проводов, включенных между точками A и B .

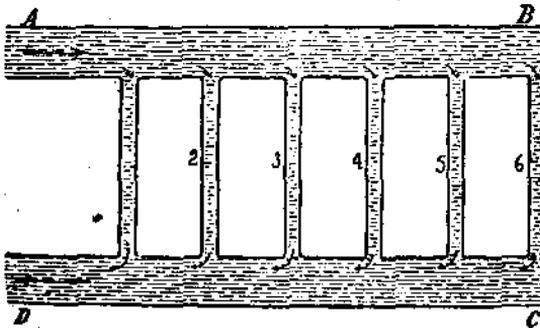


Рис. 21. Гидравлическая аналогия разветвления тока.— В системе труб, изображенной на рисунке, вода из трубы AB течет в трубу CD через шесть вертикальных труб от 1 до 6, при чем наибольшее количество воды идет через ту трубу, которая представляет меньшее сопротивление. Если трубы 1 и 6 имели бы одинаковые размеры, то через них протекало бы одинаковое количество воды. Отсюда следует, что сопротивление, встречаемое водой, уменьшается с увеличением числа соединительных труб между трубами AB и CD . Те же условия существуют и в электрической цепи. Чем больше число параллельных соединений, соответствующих трубам 1—6, тем будет меньше встречаемое током общее сопротивление этой цепи.

Пример: Допустим, на рисунке 20 сопротивление $R = 10$ омам, а $R' = 20$ омам. Сила тока в проводе R будет так относиться к силе тока в проводе R' как $\frac{1}{10}$ относится к $\frac{1}{20}$ или как 20 : 10, т.-е. как 2 к 3. Таким образом $\frac{2}{3}$ всего тока направится через R , а $\frac{1}{3}$ через R' . Общее сопротивление обоих проводов между A и B будет меньше сопротивления каждого провода, так как общая проводимость их равняется сумме их проводимостей.

Если сопротивление $R = 10$ омам и $R' = 20$ омам, то общая их проводимость будет

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20},$$

а общее сопротивление будет обратной величиной, равной $\frac{20}{3}$ ом или $6\frac{2}{3}$ ом.

В большинстве случаев сопротивление различных ветвей мало различается друг от друга, благодаря чему значительно облегчается расчет. Возьмем, например, две ветви по 100 ом сопротивления каждая и найдем их общее сопротивление.

Решение: $\frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{100}$. Обратная величина от $\frac{2}{100}$ будет $\frac{100}{2} = 50$ ом, или другими словами, общее сопротивление равняется половине сопротивления каждой ветви, благодаря чему по каждой из них потечет половина всей силы тока.

При трех ветвях одинакового сопротивления полное сопротивление будет равняться $\frac{1}{3}$, при четырех ветвях $\frac{1}{4}$, при 100 ветвях $\frac{1}{100}$ сопротивления каждой ветви.

Если, например, сопротивление лампы накаливания в горячем состоянии равняется 180 омам, то общее сопротивление 100 штук их при параллельном включении будет $\frac{180}{100} = 1,8$ ома.

Если электродвижущая сила равняется допустим 110 вольтам, то согласно закону Ома, сила тока, потребная для 100 ламп будет

$$\frac{110}{1,8} = 61,11 \text{ ампера,}$$

что дает для каждой лампы силу тока в

$$\frac{110}{180} = 0,61 \text{ ампера или, что то же } \frac{61,11}{100} = 0,61 \text{ ампера.}$$

В случае, если имеются только две ветви, но разного сопротивления, то для определения их общего сопротивления можно поступить след. образом:

Помножить сопротивления их друг на друга и разделить это произведение на сумму этих сопротивлений, т.-е.

$$\text{Общее сопротивление двух ветвей} = \frac{R \times R'}{R + R'}$$

Допустим снова, что $R = 10$, а $R' = 20$ омам, тогда общее сопротивление их будет

$$= \frac{10 \times 20}{10 + 20} = \frac{200}{30} = 6\frac{2}{3} \text{ ома.}$$

Этот закон относится только к двум ветвям.

Пример: Ток силой 42 ампера протекает по трем параллельным проводникам с сопротивлением в 5, 10 и 20 ом. Найти силу тока в каждом проводнике.

Решение: Общее сопротивление всего разветвления

$$R = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{4}{20} + \frac{2}{20} + \frac{1}{20} = \frac{7}{20}.$$

Таким образом получается, что из 7 частей тока 4 потекут по первому проводу, 2 по второму и 1 по третьему.

Так как вся сила тока 42 ампера, то

по 1-му проводу потечет $\frac{4}{7}$ от 42 = 24 ампера

» 2-му » » $\frac{2}{7}$ » 42 = 12 »

» 3-му » » $\frac{1}{7}$ » 42 = 6 »

Электрическая и механическая энергия.

Производство электричества в сущности является превращением одного вида энергии в электрическую—обычно механической или химической. Такое превращение производится в особых машинах, называемых динамо-машинами или в гальванических элементах.

Надо помнить, что электричество представляет собою нечто реальное, хотя и не вполне еще изученное. Хотя нельзя еще сказать, что такое электричество материя или энергия, тем не менее, так как оно способно производить работу, то его принято рассматривать, как энергию.

Вопрос: Что такое энергия?

Ответ: Энергией называется способность производить работу.

Примером энергии может служить находящийся под давлением пар, натянутая пружина, готовая в каждый момент изменить свою форму, вода, находящаяся в поднятом баке и способная произвести работу. Все это примеры потенциальной энергии. Энергия же, проявляемая во время движения носит название кинетической энергии.

Вопрос: Что такое материя?

Ответ: Материей называется все то, что занимает некоторое пространство и не позволяет другой материи занять это же пространство одновременно с ней.

Вопрос: Как называется мельчайшее количество материи?

Ответ: Атомом.

Атомом называется частица материи, которую нельзя разделить или изменить ее формы механическими средствами, воздействием тепла или холода или какой-либо иной, известной нам силой. Атом, хотя и чрезвычайно мал, тем не менее обладает определенными размерами и массой.

Вопрос: Что такое молекула?

Ответ: Частица материи, состоящая из двух или более атомов.

Вопрос: Каковы свойства этих мельчайших частиц?

Ответ: Они находятся в непрерывном колебательном движении невероятной скорости.

Вопрос: Зачем нужно знать, что такое энергия и материя?

Ответ: Потому что, как говорилось выше, электричество проявляется в виде энергии.

Вопрос: Какая разница между электричеством и магнетизмом?

Ответ: Природа и того и другого до сих пор неизвестны. Однако, между ними существует некоторая разница. Для того, чтобы поддерживать течение электричества, требуется затрата энергии. Для поддержания магнетизма такой затраты энергии не требуется. Электрический ток всегда вызывает вокруг провода несущего ток магнитное поле. но

магнетизм сам по себе не в состоянии производить электрической энергии.

Вопрос: Для каких целей механики пользуются электричеством?

Ответ: Для передачи силы. Электричество в этом случае соответствует трансмиссионным ремням, валам и т. п. и является средой передающей и распределяющей работу.

Вопрос: Что такое работа?

Ответ: Работой называется преодоление сопротивления на некотором расстоянии.

Как вода, текущая от высшего к низшему уровню, производит работу, точно также производит работу и электричество.

Вопрос: Чем измеряется работа?

Ответ: Килограммо-метрами.

Вопрос: Что такое килограммо-метр?

Ответ: Количество работы, затрачиваемое на подъем одного килограмма на высоту в один метр или равнозначущая ей работа, преодолевающая сопротивление в один килограмм на расстоянии одного метра.

Вопрос: Какой единицей измеряется электрическая работа?

Ответ: Джоулем.

Джоуль равняется работе, выполняемой в одну секунду в цепи, с сопротивлением в один ом, электрическим током силой в один ампер при напряжении в один вольт.

Ампер-час и кулон.—Один литр воды может вытекать из сосуда в продолжении как одной секунды, так и одного часа, оставаясь все же одним литром. Точно также данное количество электрического тока может протекать по проводу в течение одной секунды или одного часа. Количество электричества, доставляемое 1 ампером в 1 час носит название 1 ампер-часа, а 1 ампером в 1 секунду—1 ампер секунды или кулона.

Ампер является единицей скорости течения электричества. Таким образом количество электричества в кулонах равно силе тока в амперах \times время в секундах или иначе выражаясь:

$$\text{кулоны} \doteq \text{амперы} \times \text{секунды.}$$

Таким образом

$$\begin{aligned} 10 \text{ кулонов} &= 2 \text{ ампера} \times 5 \text{ секунд} \\ \text{»} \quad \text{»} &= 10 \text{ ампер} \times 1 \text{ секунду} \\ \text{»} \quad \text{»} &= 1 \text{ ампер} \times 10 \text{ секунд и т. д.} \end{aligned}$$

Один ампер-час равновелик 3600 кулонов. Конечно, 3600 кулонов электричества можно получить в любой промежуток времени. Этот промежуток времени зависит от скорости течения электрического тока или от его силы, выраженной в амперах.

Например, 2 ампера в течение $\frac{1}{2}$ часа или 4 ампера в течение часа составляют одинаково один ампер-час или 3600 кулонов.

Таким образом кулон является мерой абсолютного количества электричества, а ампер—мерой количества электричества, протекающего в единицу времени, т.-е. в одну секунду.

Мощность и работа. — Мощностью называется величина, характеризующая скорость выполнения определенной работы. У механиков мощность обычно выражается числом килограммометров работы, выполненных в одну минуту, то-есть

$$\text{Мощность} = \frac{\text{килограмм-метры}}{\text{минуты}}$$

Мощность, действующая в течение определенного времени производит работу.

Вопрос: Чем измеряется механическая работа?

Ответ: Лошадиной силой.

Вопрос: Что такое лошадиная сила?

Ответ: 75 килограмм-метров в секунду.

Эту единицу мощности установил Джеймс Уатт. Мощность в 1 лошадиную силу, примерно, равна мощности, развиваемой хорошей ломовой лошастью и применялась Уаттом для измерения мощности паровых машин.

Одна лошадиная сила = 4500 килограмм-метрам в минуту = 75 килограмм-метрам в секунду = 270000 килограмм-метрам в час.

Вопрос: Что такое лошадиная сила в час?

Ответ: Работа, выполненная одной лошадиной силой в течении часа.

Вопрос: Чем измеряется электрическая мощность?

Ответ: Ваттами.

Вопрос: Что такое ватт?

Ответ: Это мощность, развиваемая током силой в один ампер при напряжении в один вольт. Один ватт = один ампер \times один вольт. Один ватт равняется одному джоулю в секунду.

Вопрос: Что такое киловатт?

Ответ: Тысяча ватт.

Ватт и Ватт-час.—В электротехнике измеряют не только силу тока и время, единицами которых являются соответственно ампер и час, но также и напряжение, единицей которого является вольт. В электрических измерениях приходится считаться также и с общим количеством затраченной энергии, которое не только зависит от силы тока, но также и от напряжения, под которым он течет.

Для таких измерений применяется другая единица, которая равняется произведению из единицы силы тока на единицу напряжения, называемая вольт-ампер или ватт.

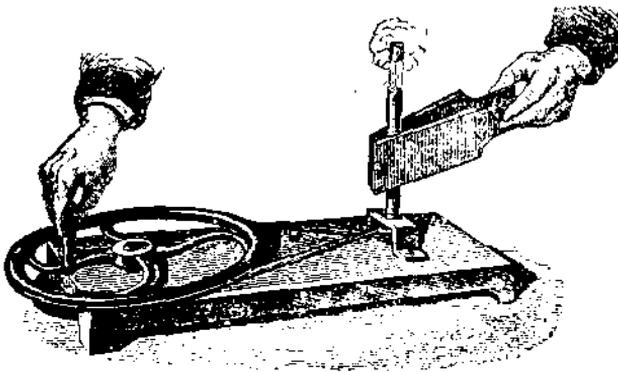


Рис. 22. Опыт Тиндаля, подтверждающий развитие при трении тепла. Медная трубка длиной около 180 мм. и диаметром около 20 мм. укреплена на оси малого колеса. Эта трубка приводится во вращение вместе со своим колесом веревкой, идущей вокруг большого колеса. Трубку можно вращать с различными скоростями. Трубка на три четверти наливается водой и закупоривается пробкой. При производстве опыта трубка зажимается между двумя деревянными планками, большое колесо вращают рукой. Вода от трения трубки о планки нагревается и достигает точки кипения. Образовавшийся пар выжимает пробку, которая довольно высоко вылетает вверх.

Ватт-час представляет количество работы, произведенное электрическим током силой в 1 ампер при напряжении в один вольт в течение одного часа.

Пример: Две лампы накаливания, из которых одна берет пол-ампера при напряжении 100 вольт и другая один ампер при напряжении в 50 вольт, затрачивают одинаковое количество энергии или 50 ватт. Помножив эту энергию на время, получим затрату энергии в ватт-часах.

Таким образом ватт является полной и точной единицей измерения и применим ко всем случаям расходования электрической энергии.

Один ватт электрической энергии соответствует $\frac{1}{736}$ лошадиной силы механической энергии. Таким образом, если лампа или мотор затрачивают количество энергии равное $\frac{1}{736}$ лошадиной силы в час, то можно сказать, что они затрачивают один ватт-час.

Механический эквивалент тепла. — Известный английский физик Джеймс Прескотт Джоуль затратил более 40 лет, чтобы установить связь между количеством тепла и количеством

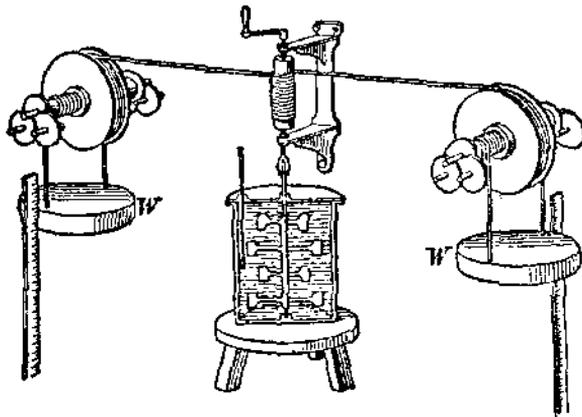


Рис. 23. Опыт Джоуля по определению механического эквивалента тепла состоит в том, что в сосуде вращается колесо под действием падающего груза W . Количество работы, выполняемой силой тяжести при падении груза W с высоты l равняется произведению из его веса W на путь l . Если груз опускается медленно и равномерно, то вся эта работа расходуется на преодоление сопротивления воды движению колеса с лопастями. Таким образом энергия поглощается вредным сопротивлением воды. Джоуль измерил получающееся при этом повышение температуры воды и нашел из ряда опытов, что для повышения температуры одного грамма на 1°C требуется 427 граммометров работы.

механической работы. Он установил закон, известный под его именем, определяющий зависимость между теплом, силой и напряжением тока в электрической цепи и временем.

Вопрос: Что такое тепло?

Ответ: Вид энергии.

Тепло происходит от колебания молекул материи. Энергия, затрачиваемая на это колебание молекул, превращается в тепло.

Вопрос: Чем измеряется тепло?

Ответ: Калориями.

Вопрос: Что такое малая калория?

Ответ: Количество тепла, потребное для повышения температуры 1 грамма химически чистой воды на один градус Цельсия. Большая калория соответствует теплу, которое надо сообщить 1 килограмму воды для повышения его температуры на 1° Цельсия.

Вопрос: Что такое механический эквивалент тепла?

Ответ: Количество килограммо-метров механической энергии, развиваемых одной калорией тепла.

Исследования Джауля в период 1843—50 гг. показали, что один килограммо-метр механической работы эквивалентен (т. е. соответствует) $\frac{1}{427}$ калориям тепла.

Электрическая лошадиная сила. — Для того, чтобы иметь возможность определить мощность генератора или мотора в лошадиных силах, необходимо знать зависимость между ваттами и килограммо-метрами. Один ватт эквивалентен одному джаулю в секунду или 60 джаулям в минуту.

Так как одна лошадиная сила = 4500 килограммо-метрам в минуту, то электрический эквивалент лошадиной силы будет

$$4500 : 6,1 = 736 \text{ ватт.}$$

или

$$\frac{736}{1000} = 0,736 \text{ киловатт (KW),}$$

имея в виду, что под словом 1 киловатт надо разуметь 1000 ватт.

Наоборот, один киловатт электрической энергии эквивалентен

$$1000 : 0,736 = 1,36 \text{ лошадиной силы.}$$

Фарад. — Меру емкости, содержащую один литр воды называют литром. Емкость проводника, содержащего заряд в один кулон при напряжении в один вольт называют фарадом. Может показаться странным, что существует одна единица количества электричества и другая единица емкости электричества, тогда как в отношении воды существует только одна единица-литр, которым измеряют и количество воды и емкость сосуда. Происходит это потому, что электричество нельзя в этом отношении сравнивать с жидкостями, которые не сжимаемы, а скорее приходится сравнивать с газом.

Мера в один литр может содержать и один литр газа и десять литров, так как количество его зависит от давления, под которым он находится. Таким образом, проводник данного размера может содержать различное количество кулонов в зависимости от электрического давления, или напряжения.

Фарад слишком велик для практических измерений, а потому пользуются одной миллионной фарада или микрофарадом.

Действия электрического тока.

Не зная в точности, что такое электрический ток, мы все же можем судить о нем по его проявлениям или действиям, которые во многих отношениях сходны с действиями, производимыми гидравлическими потоками. Наиболее важные из действий электрического тока следующие:

1. Тепловое.
2. Механическое и
3. Химическое.

1. **Тепловое действие тока.**—Провод, по которому протекает электрический ток нагревается. Повышение температуры может быть больше или меньше в зависимости от условий данного случая, но нагревание все же всегда происходит.

2. **Механическое действие тока.**—Пространство вокруг проводника при прохождении электрического тока становится магнитным полем. Свободно подвешенная в этом поле магнитная стрелка приходит в движение, занимающее всегда определенное положение, а магнитные материалы (железо, чугун, сталь и т. п. становятся магнитами).

3. **Химическое действие тока.**—Если проводником является какая-нибудь жидкость или кислотный раствор, называемый электролитом, то последний, при прохождении через него электрического тока разлагается.

Если бы было возможно иметь цепь, не представляющую никакого сопротивления, то некоторое количество электричества, будучи приведенным в движение двигалось бы бесконечно долго, точно так же, как катящийся по замкнутому рельсовому пути вагон, никогда не остановился бы, если бы не было трения.

Находящееся в движении тело останавливается трением, превращающим энергию движения в тепло. Точно так же движение электричества в цепи задерживается ее сопротивлением, так же превращающим его энергию движения в тепло.

Если зажимы батарей соединить между собой толстой проволокой небольшого сопротивления, то большая часть тепла будет возникать внутри батарей. Если же зажимы соединить тонкой проволокой большого сопротивления, проволока эта нагреется, тогда как батарея останется сравнительно холодной.

Для исследования образования тепла в цепи, Джауль и Ленц пользовались аппаратом, где два толстых провода соединялись тонкой проволокой, помещенной в стеклянном сосуде, наполненном спиртом, в котором помещался термометр. Джауль нашел, что количество развивающихся в проводнике тепловых единиц пропорционально:

- 1) его сопротивлению,
- 2) квадрату силы тока и
- 3) продолжительности прохождения тока.

По закону Джауля количество тепла, развиваемого в проводе электрическим током, прямо пропорционально сопротивлению провода, продолжительности прохождения тока и квадрату силы тока.

Общее число калорий H , выделяемых током в течение промежутка времени в t секунд определяется по следующей формуле:

$$H = E \times I \times t \times 0,24 \dots \dots$$

где E —разность потенциалов между двумя точками провода.

Пример: В цепи при падении напряжения в ней 12 вольт, протекает ток силой 10 ампер. Сколько тепла развивается в ней в течение 5 минут?

Подставляя эти числа в предыдущее уравнение имеем

$$12 \times 10 \times (60 \times 5) \times 0,24 = 8640 \text{ калорий.}$$

Так как согласно закона Ома падение напряжения $= I \times R$, то подставляя в предыдущее уравнение IR вместо E получим

$$H = I^2 R \times t \times 0,24.$$

Использование электрического тепла.—При передаче тока на расстояние весьма желательно, уменьшить потери энергии на нагревание проводов. Поэтому необходимо пользоваться медными проводами соответствующего сечения. При установке в здании проводов электрического освещения противопожарные правила требуют, чтобы они были определенного сечения

и пролаживались соответствующими способами, так как в противном случае можно опасаться возникновения пожаров.

Однако, электрическим током часто пользуются и для производства тепла. Концы углей дуговых ламп и нити лампочек накаливания, как только через них протекает ток, мгновенно накаляются. Спирали из нейзильберовой или другой проволоки, обладающей высоким сопротивлением, сильно нагреваются от прохождения через них электрического тока. На этом явлении основывается устройство различных электрических нагревательных приборов для изготовления пицци, отопления и пр.

Магнитное действие тока.—Протекающий по проволоке электрический ток вызывает образование вокруг нее магнитного поля. Поле сильнее вблизи проволоки и постепенно ослабляется по мере удаления от нее. Присутствие такого поля можно доказать различными опытами, которые приводятся в главе о магнетизме.

Химическое действие тока.—Было обнаружено, что электрический ток обладает свойством разлагать воду на ее составные химические элементы, на кислород и водород.

Электролиз.—Электролизом называется процесс разложения жидкостей путем пропуска через нее электрического

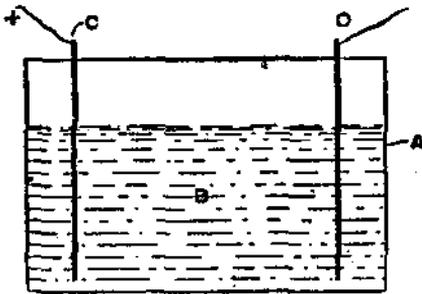


Рис. 24. Электрический элемент. — *A* — банка, *B* — электролит, *C* — положительный электрод или анод, *D* — отрицательный электрод или катод.

тока. Сосуд, в котором помещается жидкость, называется электролитическим элементом. На рис. 24 представлен такой элемент, который представляет стеклянную банку *A*, заполненную электролизуемой жидкостью *B*. Ток вступает через положительный электрод *C*, который называют анодом, проходит через жидкость и выходит через

отрицательный электрод или катод *D*.

Проходящий через жидкость ток вызывает распадение молекул на их составные атомы кислорода и водорода. Первые образуют пузырьки газа на аноде, а последние на катоде.

Если ток проходит через раствор медного купороса между платиновыми электродами, то при разложении жидкости атомы меди отлагаются на катоде, тогда как с анода поднимаются пузырьки кислорода, а в растворе образуется серная

кислота, которая становится все крепче и крепче по мере отложения меди на катоде. Если, однако, вместо платинового взять медный катод, то серная кислота не будет образовываться, а на аноде не будут отлагаться пузырьки кислорода. В этом случае на катоде будет отлагаться медь, и такое же количество ее будет растворяться с анода, благодаря чему первоначальный состав жидкости будет оставаться неизменным.

Чтобы объяснить перенос электричества и материи через электролит Гротгусом была высказана гипотеза (предположение), что если через жидкость пропускать электрический ток,

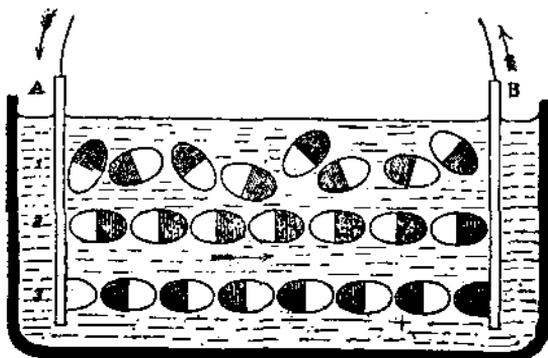


Рис. 25. Теория электролиза Гротгуса.

то молекулы ее сами по себе образуют многочисленные цепи, как показано на рис. 25. При этом одинаковые атомы каждой молекулы направляются в одну сторону к аноду, тогда как другие атомы поворачиваются к катоду. Обмен атомами происходит в направлении движения тока. Таким образом свободные атомы появляются на электродах.

Гальваностегия. — Гальваностегией называется процесс отложения путем электролиза на поверхности какого-либо металла тонкого слоя другого металла (обычно более ценного). Электрический ток берется от батареи или иного источника постоянного тока. Положительный полюс батареи присоединяется к пруту, положенному поперек бака, в который налит раствор металлической соли.

К этому пруту подвешиваются аноды, золото, серебро, медь или другие металлы, которыми покрывают другой металл. Отрицательный полюс батареи соединяют с другим прутком, положенным также поперек ванны, в котором подвешиваются гальванизируемые предметы.

Гальванопластика.—Этим процессом пользуются для получения медных копий с различных рельефных предметов, например, при изготовлении клише с типографского шрифта, копий с моделей, монет, скульптур и прочего. Сперва с оригинала снимают восковую форму, поверхность которой покрывают графитом, чтобы сделать ее проводящей, так как воск является дурным проводником электричества. На подготовленную таким образом форму электрическим путем отлагают металл, отчего на всей подготовленной к тому поверхности образуется тонкий металлический слой.

Отложившийся слой снимают, помещая форму в горячую воду, где воск расплавляется. Затем на получившийся оттиск наплавляют легкоплавкий металл, чтобы придать ему достаточную прочность.

Магнетизм.

В древности магнитами называли некоторые железные руды, обладавшие свойством притягивать небольшие кусочки

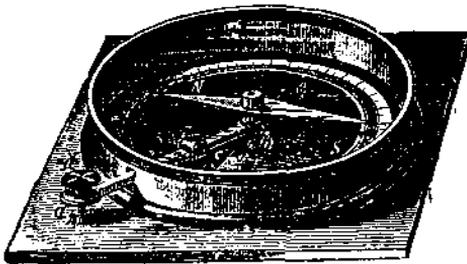


Рис. 26. Обыкновенный компас.—Он состоит из магнитной стрелки, подвешенной на стальном острие, укрепленном в медном дну коробки. Коробка медная закрыта сверху стеклом и в ней помещается подразделенная на градусы шкала, на которой буквы *N, O, S и W* обозначают главные страны света, север, восток, юг и запад. При нажатии на кнопку *a* рычаг *b* приподнимает стрелку и прижимает ее к стеклу, делая ее несвободной (при переноске).

железа. Позднее открыли, что если свободно подвесить продолговатые куски такой руды, то они занимают в горизонтальной плоскости определенное положение относительно стран света и одним концом своим указывают на север, а другим на юг. Вследствие таких свойств магнит называли иногда путеводным камнем.

Вопрос: Какого рода бывает магнетизм?

Ответ: Существуют два рода магнетизма: одного рода магнетизм стремится повернуть конец бруска на север, а магнетизм другого рода повернуть противоположный конец бруска к югу.

Вопрос: Какая часть магнитного бруска обладает наибольшим магнетизмом?

Ответ: Концы бруска, называемые полюсами.

Вопрос: Как определяется магнетизм по магнитному бруску?

Ответ: Наиболее сильный магнетизм, наблюдаемый на концах, по мере приближения к середине магнита постепенно падает, при чем на середине магнита не замечается никаких магнитных явлений.

Вопрос: Как называются магнитные полюса?

Ответ: Один из них, обращенный к северу, называется северным, а другой противоположный ему — южным.

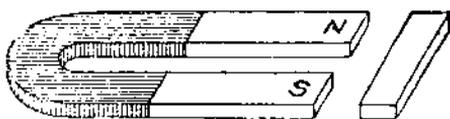


Рис. 27 и 28. Брусковый и подковообразный магниты и якорь.—Эти магниты называются постоянными в отличие от электромагнитов. Подковообразный магнит притягивает сильнее, так как одновременно действуют оба его полюса. Для предупреждения потери магнетизма поперек концов подковообразного магнита кладется якорь из мягкого железа.

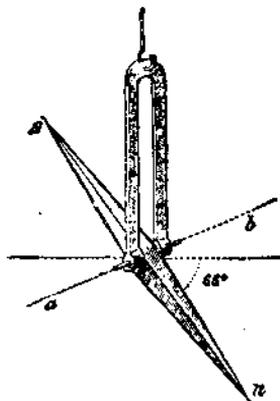
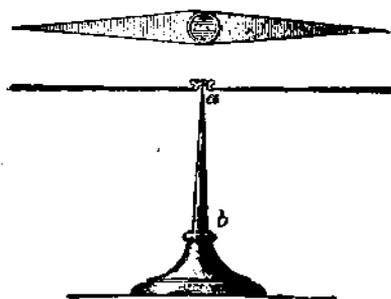


Рис. 29 и 30. Горизонтальная и вертикальная магнитные стрелки. Магнитная стрелка представляет небольшой магнитный брусок, подвешенный на оси так, что он может свободно вращаться в вертикальной или горизонтальной плоскости. Тип магнитной стрелки, представленный на рис. 29, служит для указания магнитного меридиана. Стрелка вращается на вертикальной оси *ab*. На рис. 30, стрелка поворачивается вокруг горизонтальной оси *ab*. Подобная стрелка показывает угол наклона земного магнетизма, т.е. угол, составленный направлением действия земного магнетизма с горизонтальной плоскостью, так как силовые линии земного магнетизма не везде горизонтальны. В северном полушарии наклонен книзу *N* полюс стрелки, а в южном — *S* полюс. При измерении наклона магнитной стрелки ее предварительно устанавливают в плоскости земного меридиана.



Рис. 31. Магнитные полюса.—Если магнитный брусок опустить в железные опилки и затем поднять, как показано на рисунке, то оказывается, что опилки пристанут к его обоим концам, но не к середине. Концы бруска называются полюсами магнита.

та положить кусок картона и также насыпать опилок, которые расположатся по кривым линиям, показанным на рисунке 34. В направлении этих же линий будет располагаться всякий

Северный полюс называют иногда положительным полюсом (+) и обозначают буквой *N*. Южный полюс называют отрицательным (—) и обозначают буквой *S*.

Магнитное поле. — Если магнитный брусок накрыть куском картона и посыпать последний мелкими железными опилками, то они сами собой расположатся по кривым линиям, как бы выходящим из полюсов. Лучше всего этот опыт удастся при легком встряхивании картона.

То же получится, если на



Рис. 32. Плохо намагниченный магнит.—Хорошо намагниченный магнит имеет только два полюса. Однако, возможно путем соответствующего намагничивания получить магнит более чем с двумя полюсами, но невозможно никак получить магнит с одним только полюсом. Если магнит с более чем двумя полюсами опустить в железные опилки, то они пристанут в других местах, помимо его концов.

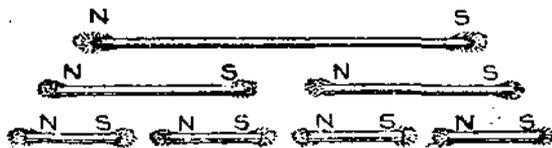


Рис. 33. Деление магнита на несколько частей. Если магнитный брусок разломить пополам, то каждая половина будет полным магнитом с *N* и *S* полюсами. Такое деление можно повторять бесконечно с тем же результатом. Этим подтверждается справедливость молекулярной теории магнетизма, на основании которой молекулы магнита сами по себе являются магнитами и располагаются в ряды противоположными концами друг к другу.

кусочек железа, подвешенный на нити за середину. Линии эти называются магнитными силовыми линиями или просто силовыми линиями, а пространство, окружающее магнит, в котором заметно действие магнита, называют магнитным полем.

Влияние магнита, вообще говоря, безгранично и распространяется во всех направлениях. Однако, видимые проявле-

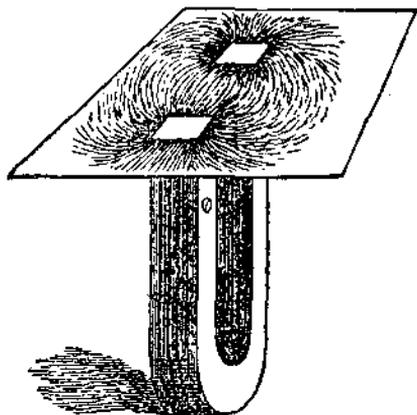


Рис. 34.

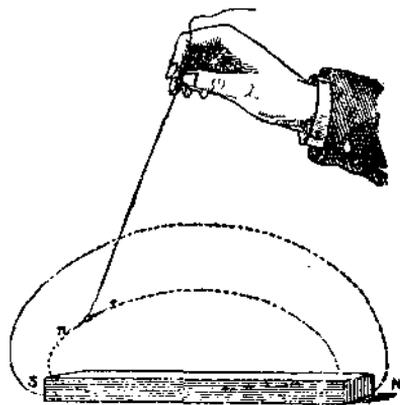


Рис. 35.

Рис. 34. Пространство, в котором действуют магнитные силы, называется магнитным полем. Пространство это можно представить графически, поместив поверх магнита кусок картона, посыпав картон железными опилками и встряхнув их. Каждая частичка опилок под действием магнитной индукции станет временным магнитом и расположится подобно компасной стрелке в направлении силовых линий магнитного поля.

Рис. 35. Определение направления магнитных силовых линий подвешенной стрелкой.—Если небольшую магнитную стрелку подвесить на нитке и поднести близко к магниту, то она займет определенное положение в зависимости от близости к ней полюсов. Направление, принятое магнитной стрелкой, называется направлением магнитной силы в этой точке. Если подвешенную стрелку двигать в направлении к полюсу, то она опишет кривую линию, которая будет идти от одного полюса к другому. Таким образом можно проследить ряд таких линий. Пространство, занимаемое этими линиями, называется магнитным полем.

ния магнетизма ограничиваются сравнительно небольшим пространством, зависящим от чувствительности имеющих в нашем распоряжении приборов.

Магнитная сила.—Магнитной силой называется та сила, с которой один магнит притягивает к себе другой магнит, или кусок железа, а также стали. Сила эта зависит от расстояния, и действует сильнее вблизи магнита, при чем:

1. Одноименные полюса магнитов отталкивают друг друга, а разноименные притягиваются.

2. Сила, действующая между магнитными полюсами, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, т.-е., если

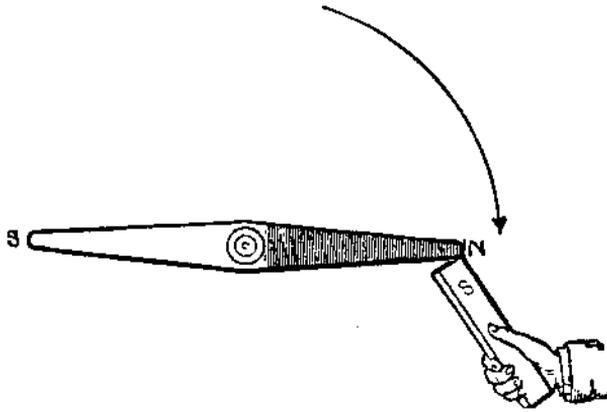


Рис. 36. Одноименные полюса притягивают друг друга.

расстояние между полюсами увеличится в 3 раза, то сила притяжения их ослабнет в 9 раз.

Магнитная цепь. — Путь, по которому проходит силовой магнитный поток — называется магнитной цепью. Обычно больш-

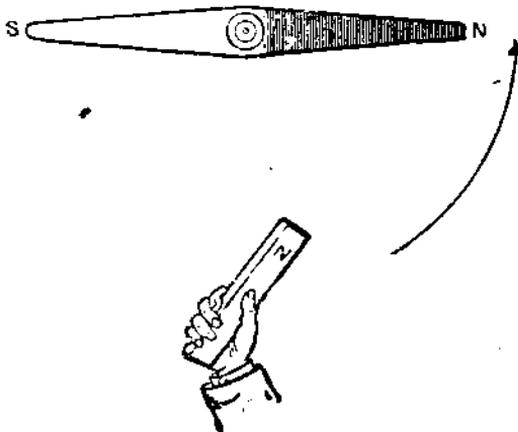


Рис. 37. Разноименные полюса отталкивают друг друга.

шая часть такой цепи относится к магнитному материалу (железо, сталь и т. д.), но в ней иногда встречаются также один или два воздушных или как их называют междужелезных промежутка.

Магнитное действие тока. — Датский ученый Эрстед в 1819 году открыл, что легкий магнит (в виде стрелки) стремится стать под прямым углом к проводу,

по которому проходит электрический ток, при чем направление поворота магнитной стрелки зависит: 1) от положения несущего ток провода (находится ли он над или под магнитной стрелкой) и 2) от направления тока в проводе.

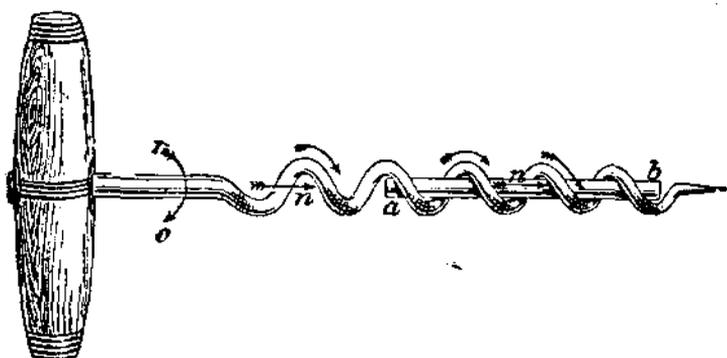


Рис. 38. Правило Максвелла (правило буравчика) для определения относительного направления электрического тока и магнитных силовых линий. Направления тока и линий связаны между собой точно также, как поступательное и вращательное движение обыкновенного буравчика. Так, если ток идет по проводу ab от a к b , то магнитные линии окружают проволоку в направлении изогнутой стрелки HO , которая соответствует направлению вращения буравчика при его ввинчивании.

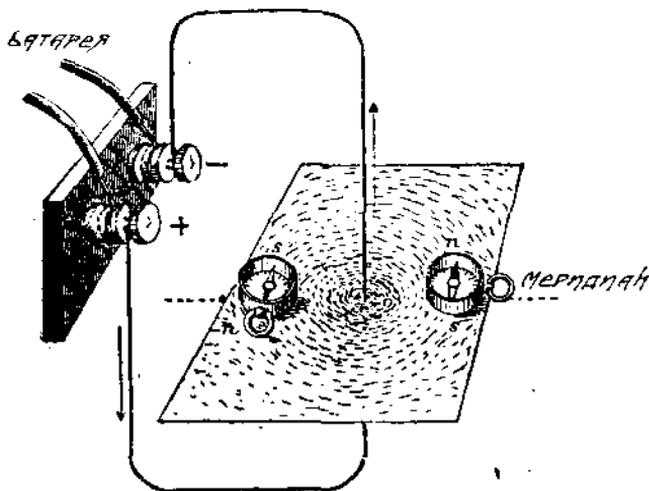


Рис. 39. Направление силовых линий магнитного поля, окружающего несущий ток проводник. Отрезок медного провода пропускают через середину картонного листа, затем протягивают его в высоту на 0,5 до 0,8 метра и присоединяют к зажимам батареи или иного источника тока. Если при прохождении тока насыпать на картон железных опилок, то они расположатся сами собой по окружностям вокруг проволоки, выявляя таким образом магнитное поле проводника. Для обнаружения направления магнитного поля в отдельных точках можно воспользоваться компасной стрелкой.

Магнит располагается около провода несущего ток всегда по касательным к окружностям, проведенным вокруг этого провода, что указывает на кругообразное направление силовых линий около провода. Направление это может быть определено с помощью различных правил.

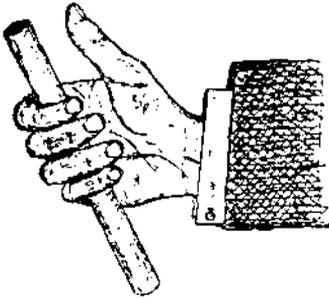


Рис. 40. Определение направления магнитного поля вокруг несущего ток проводника. Большой палец правой руки располагают вдоль провода в направлении тока. Остальные согнутые пальцы руки будут соответствовать направлению магнитных линий.

Витка образуется северный (N) полюс, а с другой южный (S) полюс.

Вопрос: Как действует ток, проходящий через проводочный виток или петлю?

Ответ: Ток, проходящий по витку в направлении указанном на рисунках 42 и 43 создает направление силовых линий, подобное тому, какое имеется у магнита (все силовые линии выходят из одной стороны витка и возвращаются с другой), отчего с одной стороны

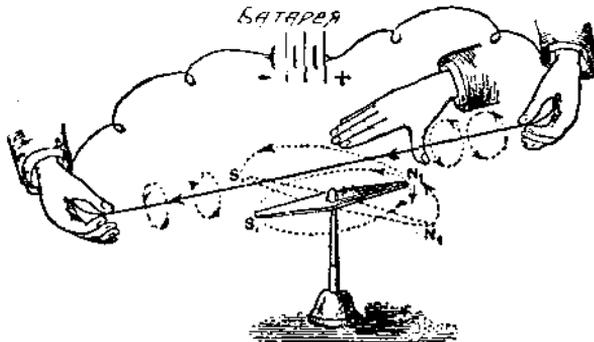


Рис. 41. Определение направления магнитного поля вокруг несущего ток проводника. Располагают правую руку ладонью вниз так, чтобы вытянутые пальцы совпадали с направлением тока. Направление оставленного под прямым углом большого пальца покажет направление магнитных линий, действующих на магнитную стрелку под проводом.

Соленоиды.—Соленоидом называют провод, свитый в виде спирали, по которому течет ток. Когда по соленоиду про-

ходит ток, то он приобретает свойства магнита, а при подвешивании его за середину — стремится повернуться в направлении с севера на юг.

В о п р о с: Каков характер магнитных силовых линий при прохождении электрического тока через виток проволоки?

О т в е т: Силовые линии представляют замкнутые кривые вокруг несущего ток провода и образуют как бы вихри, как то видно на рисунке 42.

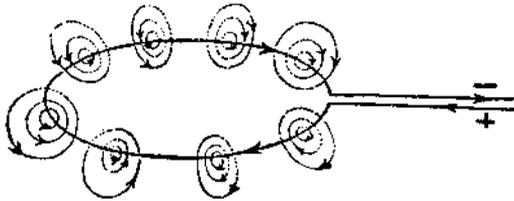


Рис. 42. Силовые линии замкнутого проводника. Если ток проходит в указанном направлении, то силовые линии, как внутри, так и снаружи контура, будут пересекать его под прямым углом. Те части линий, которые пересекают плоскость внутри контура, будут проходить в одном направлении (сверху вниз на рисунке), тогда как идущие снаружи, будут возвращаться через плоскость в обратном направлении (снизу вверх).

В о п р о с: Каково общее распределение силовых линий вокруг витка проволоки несущей ток?

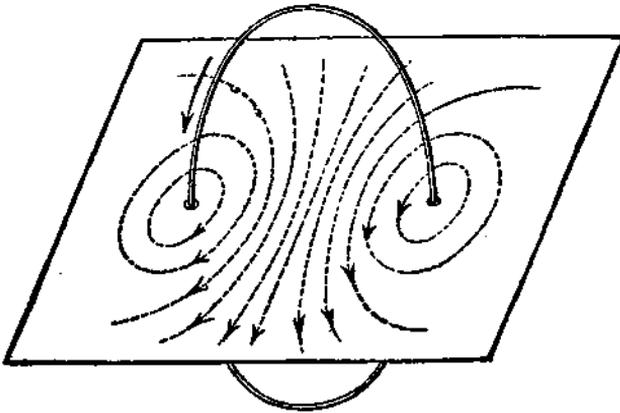


Рис. 43. Силовые линии замкнутого контура. Если контур проходит через кусок картона под прямым углом к его поверхности, а ток в проводе течет, как показано стрелками, то пунктирные линии будут представлять направление магнитных силовых линий в плоскости листа. Читателю следует проверить направление силовых линий по правилу буравчика.

О т в е т: Силовые линии образуют замкнутые кривые, проходящие через внутренность витка, при чем они выходят из одного конца катушки и входят в другой конец, как это указано на рисунке 43.

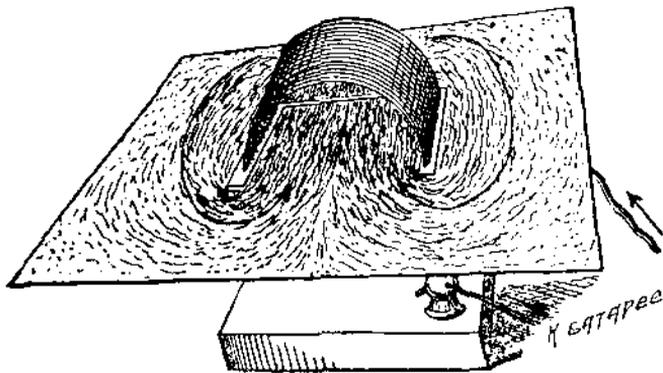


Рис. 44. Магнитное поле соленоида. Лучше всего его можно наблюдать, прорезав кусок картона и установив соленоид, как показано на рисунке. Если на картон насыпать опилки и пропустить через соленоид ток, то получится поле, сходное с изображенным на рисунке. Магнитные линии будут направлены, как показано стрелками. Где бы ни поставить магнитную стрелку, ее северный полюс повернется вдоль изображенной на рисунке стрелки. На картоне получается поле, проходящее через одну из плоскостей катушки, но очевидно, что оно будет одинаково и в других ее сечениях.

Вопрос: Каковы свойства соленоида?

Ответ: Соленоид имеет северный (*N*) и южный (*S*) полюса и обладает всеми свойствами обыкновенного магнита с

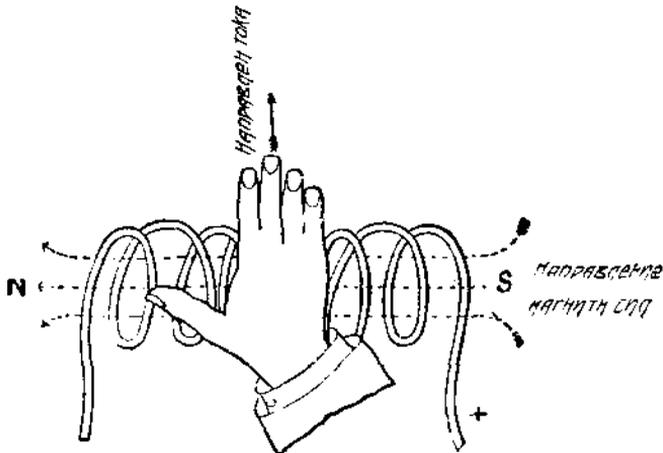


Рис. 45. Определение полярности соленоида по правилу правой руки. Если поместить руку над соленоидом так, чтобы пальцы совпадали с направлением тока в проволоках, то вытянутый большой палец покажет северный полюс соленоида.

той лишь разницей, что его полярность можно по желанию изменить, переменяв направление текущего в нем тока.

Так как соленоид, через который проходит ток притягивает в себе и отталкивает полюса любого магнита, то два соленоида будут взаимно притягиваться и отталкиваться.

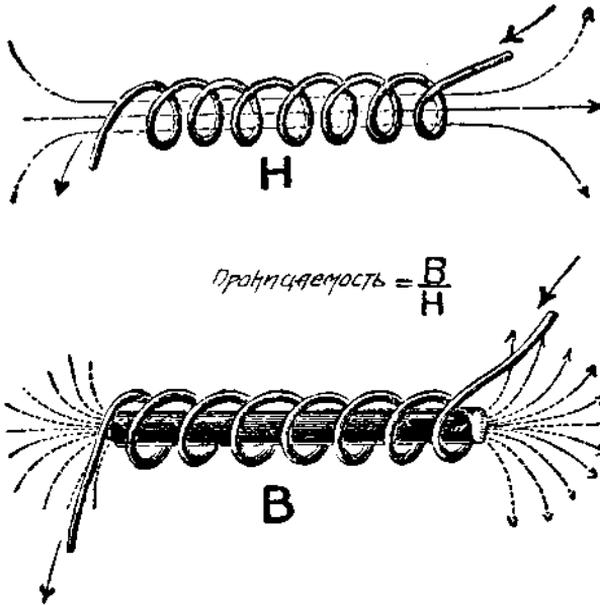


Рис. 46 и 47. Результат введения железного сердечника в соленоид. На верхнем рисунке воздушное пространство, окружающее соленоид, оказывает значительное сопротивление прохождению магнитных линий, отчего через соленоид они проходят в небольшом количестве. Если в соленоид вставить железный брусок, как на нижнем рисунке, число силовых линий сильно увеличится. Число линий B , проходящих через единицу поперечного сечения железного сердечника, деленное на число силовых линий H , проходящих через единицу поперечного сечения воздушного сердечника называется магнитной проницаемостью материала сердечника и обозначается греческой буквой μ .

Вопрос: Как изменяется магнитная сила соленоида?

Ответ: Пропорционально силе проходящего через него тока.

Вопрос: Отчего еще зависит магнитная сила соленоида?

Ответ: Магнитное действие соленоида пропорционально числу витков проволоки, из которой он свернут.

Вопрос: Как можно увеличить магнитную силу соленоида?

Ответ: Вставив в соленоид железный сердечник.

Вопрос: В чем заключается действие железного сердечника?

Ответ: Присутствие железного сердечника в значительной степени увеличивает густоту магнитного поля. Однако, усиление магнитных свойств соленоида с сердечником не будет расти в той же пропорции, что и сила тока, вызывающая их, как это было в соленоиде без сердечника. При некоторой силе тока наступает как бы магнитное насыще-

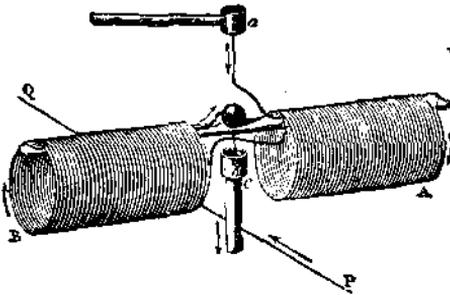


Рис. 48. Действие тока на соленоид. Для демонстрации этого явления соленоид устанавливается, как на рисунке, так что он может поворачиваться на двух осях, опирающихся на чашки *a* и *c*. Такой соленоид может вращаться вокруг вертикальной оси. Если по проводу *P* Φ , протянутому под ним пропустить ток, то соленоид повернется под прямым углом к проводу, т.е. в такое положение, в котором провод и ось соленоида станут параллельны. Если вместо того, чтобы помещать прямолинейный провод под соленоидом поместить его вертикально сбоку, то произойдет притяжение соленоида к проводу или отталкивание в зависимости от направления тока в вертикальном проводе и в ближайшей части соленоида.

ние сердечника, после чего как бы мы ни увеличивали силу тока, магнитные свойства соленоида не будут увеличиваться.

Проницаемость. —

Проницаемостью называют степень легкости, с которой магнитные линии проходят через какую-либо среду.

Проницаемость хорошего мягкого железа примерно в 3000 раз больше проницаемости воздуха и изменяется с изменением качества железа.

Вопрос: Как влияет на проницаемость усиление намагничивания?

Ответ: Магнитная проницаемость по

мере усиления намагничивания уменьшается.

Вопрос. Что такое магнитное насыщение?

Ответ: Состояние магнита, достигшего высшей степени намагничивания.

Для всех практических целей магнитное насыщение можно определить следующим образом: магнитное насыщение—это степень намагничивания, по достижении которой намагничивающая сила не вызывает увеличения магнетизма. Явление это наступает тогда, когда все молекулы магнита расположатся в ряд (рис. 50 и 51).

Гистерезис.—Гистерезисом называется отставание намагничивания от вызывающей его причины (намагничивающей силы).

Вопрос: Отчего происходит гистерезис?

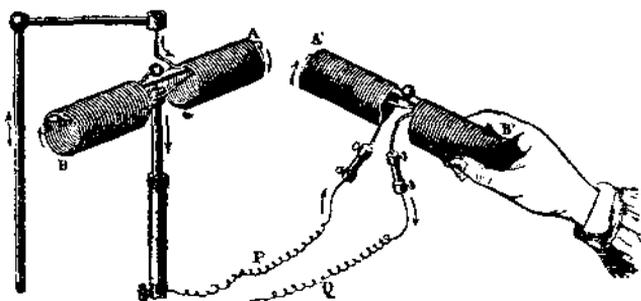


Рис. 49. Взаимодействие соленоидов.—Если ток пропустить через два соленоида и поднести один из них к другому, могущему вращаться вокруг вертикальной оси, как показано на рисунке, то произойдет притягивание и отталкивание, как и между магнитами (сравнить с рис. 36 и 37).

Ответ: Он происходит от преодоления сцепления (как бы «трения») между молекулами железа или иного магнитного вещества, требующего расхода энергии на изменение их положений.

Вопрос: Когда молекулы изменяют свое положение?

Ответ: Как при намагничивании, так и при размагничивании.

Вопрос: Куда девается затрачиваемая при гистерезисе энергия?

Ответ: При изменении положений молекул во время намагничивания и размагничивания энергия превращается в тепло.

Остаточный магнетизм.—Если масса железа была размагничена, то по устранении намагничивающей причины оказывается весьма затруднительным удалить из нее все следы магнетизма. Как общее правило в железе всегда задерживается

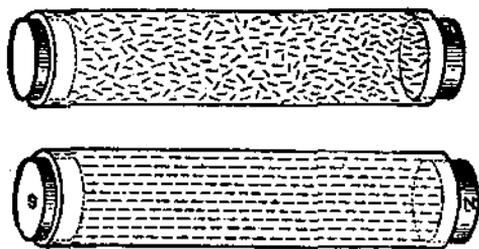


Рис. 50 и 51. Опытное подтверждение молекулярной теории магнетизма. Внутри стеклянной трубки насыпают железных опилок и намагничивают трубку. Можно видеть, что беспорядочно насыпанные опилки под влиянием намагничивания займут правильное относительное положение, образуя параллельные линии, как показано на нижнем рисунке.

некоторое количество магнетизма, который известен под названием остаточного магнетизма, при чем количество его зависит от качества железа.

Химически чистое огощенное железо сохраняет очень незначительный остаточный магнетизм. Сталь, а также чугун сохраняют весьма значительный остаточный магнетизм. Остаточный магнетизм имеет громадное значение в работе самовозбуждающихся динамо-машин и является основным принципом их работы.

Электромагнитная индукция.

Выражение индукция обозначает явления, происходящие в телах, под влиянием явлений, происходящих в других телах, не связанных друг с другом.

Так, например, магнит вызывает или, как говорят, индуцирует магнетизм в соседних с ним массах железа или других магнитных материалах, при чем происходит так называемая магнитная индукция.

В свою очередь перемещение проводника перед магнитом или магнита перед проводником, расположенным перпендикулярно к силовым линиям, вызывает или, как говорят, индуцирует в проводнике электродвижущую силу, при чем происходит электро-магнитная индукция.

Открытие Фарадея.—Устройство всех динамо-машин, независимо от их конструкции, основано на след. явлении, открытом Фарадеем в 1831 году: Если двигать в магнитном поле

проводник, то от пересечения им магнитных силовых линий, в нем возникает электродвижущая сила.

Вопрос: Что означает выражение «пересечение магнитных линий»?

Ответ: Проводник «пересекает» силовые линии, когда движется поперек их.

Машина Фарадея.—После ряда опытов Фарадей построил электрическую машину, представленную на рисунке 52.

Она состояла из подковообразного магнита и медного диска, укрепленного на валу, могущем свободно вращаться. Магнит был установлен таким образом, что междуполюсные силовые линии проходили через диск. Из двух медных щеток одна прижималась к валу машины, а другая к обружности

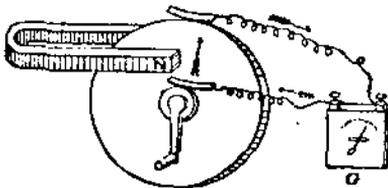


Рис. 52. Динамо-машина Фарадея.

диска. Для вращения диска в магнитном поле служила рукоятка.

Теперь, если N полюсом магнита будет ближайший к наблюдателю, а диск будет вращаться по часовой стрелке, то индуктирующийся при этом в цепи ток будет направлен от щетки, касающейся окружности диска, к щетке, расположенной на валу.

Принципы Фарадея.—Принципы, выставленные Фарадеем, распространяются на все случаи электромагнитной индукции и заключаются в следующем:

Если замкнутый проводник или контур движется в магнитном поле так, что число проходящих через него магнитных линий уменьшается, то в нем индуктируется электрический ток, направленный под прямым углом к направлению силовых линий и вправо от последних, если смотреть по направлению движения контура.

Если замкнутый контур движется в магнитном поле таким образом, что число проходящих через него магнитных линий уменьшается или если напряжение поля изменяется так, что уменьшается или увеличивается число магнитных линий, проходящих через контур, то в нем индуктируется электрический ток каждый раз, когда происходит изменение числа проходящих через него силовых линий.

Вопрос: Каким образом индуктируется электродвижущая сила?

Ответ: Для индуктирования электродвижущей силы путем движения проводника в равномерном магнитном поле необходимо, чтобы он пересекал в своем движении магнитные линии так, чтобы количество линий, проходящих через его контур постоянно изменялось.

Вопрос: Каким образом должен двигаться контур в магнитном поле, чтобы в нем индуктировался электрический ток?

Спутн. электромонт.—I.

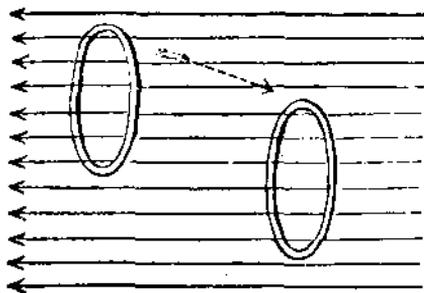


Рис. 53. Электромагнитная индукция.— Для возбуждения тока посредством электромагнитной индукции замкнутый проводник должен двигаться через магнитное поле, так чтобы изменялось число проходящих через него силовых линий. Если контур будет двигаться в магнитном поле, только прямолинейно, как показано на рисунке, то в нем не будет индуктироваться электрического тока, так как число проходящих через него силовых линий, не изменяется, т.-е. сколько линий в него входит, столько же и выходит.

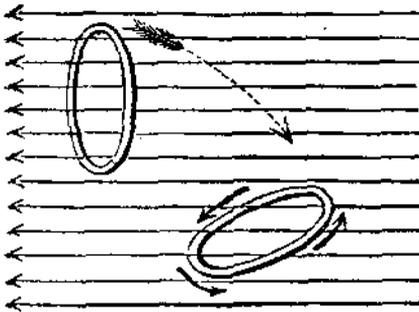


Рис. 54. Электромагнитная индукция. — Если контур придать вращательное движение в равномерном магнитном поле вокруг точки лежащей в его плоскости, то в нем будет индуцироваться ток, вследствие того, что число проходящих через него магнитных линий изменяется (в данном случае уменьшается).

в нем также не будет индуцироваться тока?

Ответ: Если контур будет вращаться вокруг своей центральной оси, как маховые вращаются на валу, то число проходящих через него магнитных силовых линий не будет изменяться, а потому в нем не будет индуцироваться тока.

Вопрос: В чем состоит главное условие для индукции тока в однородном магнитном поле?

Ответ: Контур, в котором будет индуцироваться ток, должен при движении в однородном магнитном поле или колебаться или вращаться вокруг какой-либо оси (рис. 54) так, чтобы число проходящих через него магнитных линий постоянно изменялось.

Вопрос: В какую сторону будет направлен электрический ток в контуре рисунка 54?

Ответ: Если проводник, например, проволоочный виток или катушка движется в однородном магнитном поле, как показано на рис. 53, т.е. так, что через него проходит то же самое количество силовых линий, то тока не получится. При таком движении контура в поле, не происходит изменения числа силовых линий, проходящих через контур. Сколько силовых линий выходит из контура, столько же линий вступает в него.

Вопрос: При какого рода движении контура

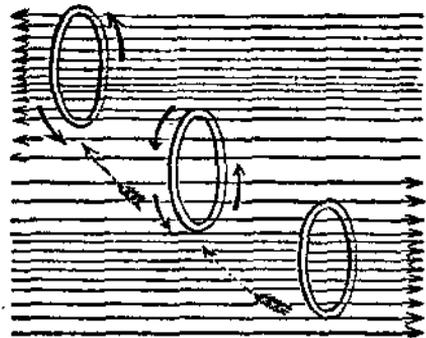


Рис. 55. Электромагнитная индукция. — Если контур движется прямолинейно в неравномерном магнитном поле, под углом к силовым линиям, то в нем индуцируется электрический ток, когда он переходит из более плотной части поля в менее плотную и наоборот (вследствие того, что число линий проходящих через контур изменяется).

Ответ: Когда число проходящих через контур магнитных линий уменьшается, то индуцированный ток будет направлен по часовой стрелке, если смотреть вдоль магнитного поля, по направлению его магнитных линий. Ток будет направлен в обратную сторону, если число пересекаемых контуром линий увеличивается. (Направление силовых линий поля считается от северного полюса к южному и указано на фиг. 53 и 54 стрелками).

Вопрос: Что происходило бы, если бы магнитное поле было неоднородно, как на рисунке 55?

Ответ: Простое прямолинейное перемещение контура из более плотной части поля в менее плотную или, наоборот, будет вызывать индуцированный ток, так как в данном случае число магнитных линий, проходящих через контур, изменяется.

(В действительности поля в точности подобного полю рисунка 55 не существует, так как в менее плотной его части магнитные линии принимают несколько искривленный характер).

Законы электромагнитной индукции. — Электромагнитная индукция, как и другие явления, подчиняются определенным законам. Явления, рассмотренные выше, можно обобщить в следующие основные положения:

1. Для индукции электрического тока необходимо относительное движение между цепью и магнитным полем. Это движение должно быть таким, чтобы число силовых линий, проходящих через контур, постоянно изменялось.

2. Электродвижущая сила индуцирующаяся в контуре, пропорциональна скорости изменения увеличения или уменьшения числа проходящих через него магнитных линий:

Для получения электродвижущей силы, равной силе элемента Даниэля (1,079 вольт требуется пересечь ок. 100.000.000 линий в секунду).

Единица электродвижущей силы, вольт, представляет электрическое напряжение, возникающее при пересечении 100.000.000 магнитных линий в секунду. Обычно эта цифра выражается в виде 10^8 .

3. Электродвижущие силы, возникающие в нескольких витках или катушках, соединенных последовательно, складываются.

Если мы будем рассматривать проволочную катушку с несколькими витками, движущуюся в магнитном поле и пересекающую магнитные линии, то во время движения, линии, пересекаемые первым витком, последовательно пересекаются и

другими витками катушки, благодаря чему число пересекаемых линий будет равняться числу пересечений 1-м витком, помноженному на число витков. Поэтому для получения общей электродвижущей силы, электродвижущие силы, индуцирующиеся в отдельных витках должны быть сложены.

Пример: Если катушка в 50 витков пересекает 100.000 магнитных линий в $\frac{1}{100}$ секунды, каково будет напряжение тока?

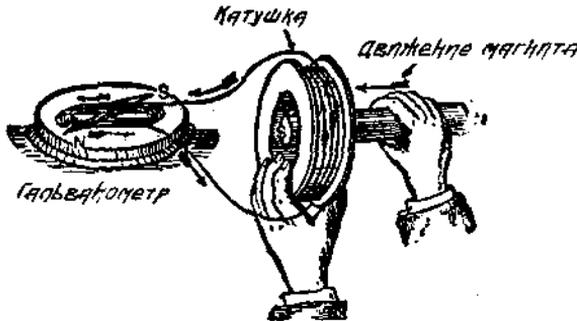


Рис. 56. Опыт подтверждающий закон Ленца. Во всех случаях электромагнитной индукции направление индуцированного тока таково, что всегда стремится остановить вызывающее его движение. В этом опыте для возбуждения электрического тока затрачивается энергии при вдвижении магнита в катушку и выдвигания ее, что вполне согласно с законом сохранения энергии.

Число силовых линий, пересекаемых витком катушки в сек., будет

$$100.000 \times 10.000.000$$

Полное число магнитных линий, пересекаемое 50 витками катушки, будет

$$10.000.000 \times 50 = 500.000.000,$$

что дает напряжение в

$$50.0000.000 : 10^8 = 5 \text{ вольт.}$$

4. Индуцированный ток течет в одном направлении, когда проводник приближается к полюсу магнита и в обратном направлении, когда он удаляется от магнита.

5. Чем скорее движется проводник в магнитном поле, т.-е. другими словами, чем большее количество силовых линий он пересекает, тем большая будет индуцироваться в нем электродвижущая сила.

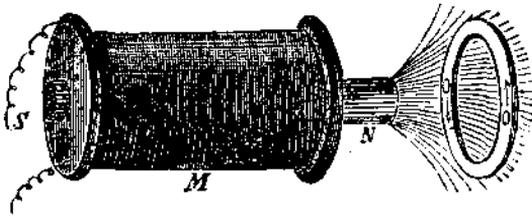


Рис. 57. Опыт, подтверждающий закон Ленца. Если держать медное кольцо перед обыкновенным электромагнитом, ток, в котором направлен так, что намагничивает сердечник, как обозначено буквами *N* и *S* и, если затем усиливать ток в катушке, то число силовых линий, исходящих из *N* полюса и проходящих слева направо через кольцо *OO* будет непрерывно увеличиваться. При таком усилении магнитного потока в медном кольце индуктируется ток в направлении стрелок. Такие токи стремятся образовать поле, линии которого проходят через кольцо справа налево и потому будут препятствовать усилению поля электромагнита *M*.

Закон Ленца.—Направление индуктированного тока таково, что магнитное поле всегда оказывает противодействие вызывающему его движению.

Этот закон поясняется рисунками 56 и 57.

Правила для определения направления индуктированного тока.—Для быстрого определения направления индуктированного тока, когда известно направление магнитных силовых линий и движение проводника, существует несколько правил. Одним из них является правило Флеминга.

Правило Флеминга.—Если положить руку на магнит и

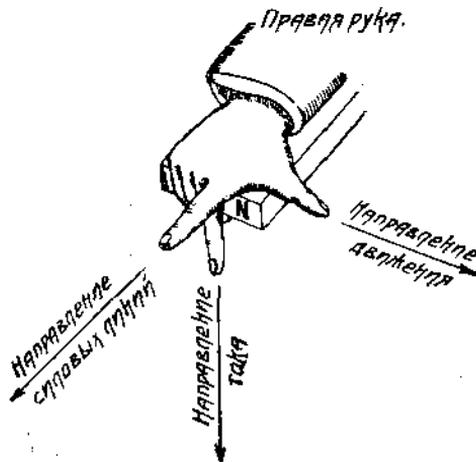


Рис. 58. Правило Флеминга для определения направления индуктированного тока. Расставляют большой, указательный и средний пальцы правой руки так, чтобы они все были под прямыми углами друг к другу. Помещают руку в такое положение, чтобы большой палец совпадал с направлением движения проводника, а указательный с направлением силовых линий (от *N* до *S*). Средний палец при этом будет показывать направление индуктированного тока.

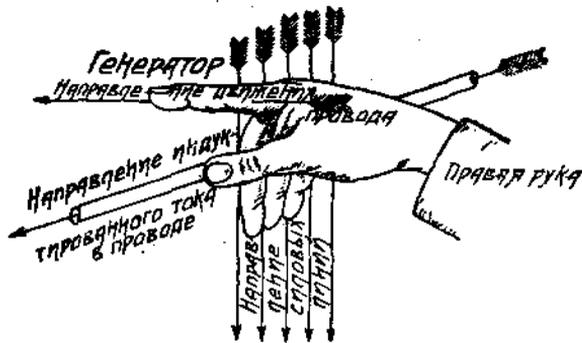


Рис. 59. Правило правой руки для определения направления индуцированного тока. Этот прием в некоторых случаях более применим нежели правило Флеминга. Сгибают большой, указательный и все остальные пальцы правой руки под прямыми углами друг к другу. Помещают руку так, чтобы указательный палец совпадал с направлением движения проводника, а три остальных сложенных вместе пальца с направлением силовых линий. Большой палец покажет направление индуцированного тока.

вытянуть указательный палец правой руки в направлении магнитных силовых линий, а большой палец согнуть под прямым углом к первому и направить по движению проводника, то средний палец, согнутый под прямым углом к большому пальцу, покажет направление индуцированного тока.

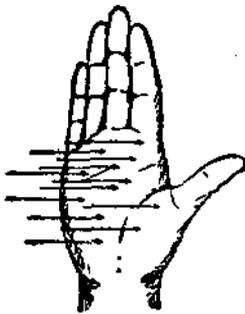


Рис. 60. Правило определения направления индуцированного тока ладонью правой руки. Если правую руку поставить ладонью против направления силовых линий, а большой палец по направлению движения проводника, то остальные пальцы покажут направление индуцированного тока.

Применение этого правила приведено на рисунке 58. Как видно, правая рука лежит на N полюсе магнита, а указательный палец вытянут в направлении магнитных линий. Большой палец совпадает с направлением движения проводника, а средний палец под прямым углом к большому и указательному пальцам показывает направление тока, индуцированного в проводнике.

Правило правой руки. — Если ладонь правой руки подставить так, чтобы на нее падали силовые магнитные линии и направить отставленный большой палец так, чтобы он был направлен в сторону движения проводника, то

сложенные вместе остальные пальцы будут показывать направление индуктированного тока.

Индукционные катушки.

Индукционная катушка является очень важной частью целого ряда электрических аппаратов и с ней можно производить целый ряд опытов. Особенно видную роль она играет в рентгенографии, радио-телеграфии и в аппаратах, служащих для целей зажигания и в двигателях внутреннего сгорания.

Действие индукционных катушек основывается на двух следующих принципах:

1. Самоиндукции и
2. Взаимоиндукции.

Самоиндукция.—Самоиндукцию можно назвать электрической инерцией подобной механической инерции материи.

Самоиндукция проявляется себя при изменениях силы тока, при чем это проявление оказывается особенно сильным в проводниках свитых спиралью и снабженных железными сердечниками.

Явления самоиндукции выражается в том, что ток не прекращается мгновенно вместе с размыканием цепи, вследствие чего в месте разрыва цепи получается яркая электрическая искра. Искра эта применяется в системах низкого напряжения, служащих для зажигания рабочей смеси в двигателях внутреннего сгорания и получается механическим разрывом цепи. Такая система зажигания называется системой зажигания «на отрыв».

В простейшей петлеобразной цепи, состоящей из одного прямого и одного обратного провода, можно считать, что самоиндукции нет.

Взаимоиндукция.—Взаимоиндукция является частным случаем электромагнитной индукции. Она заключается в том, что всякое изменение магнитного поля, окружающего провод, несущий ток, вызывает возникновение электрического тока в находящейся по соседству другой замкнутой цепи.

Явление взаимоиндукции можно пояснить рисунком 61, где одна цепь состоит из батареи, провода и выключателя, и проходит параллельно другой цепи, образованной проводом, соединяющим оба зажима гальванометра. Можно заметить, что в момент замыкания выключателя первичной цепи, и при прохождении в ней тока в одном направлении возникает на мгновение электрический ток в другой цепи называемой

вторичной и это вызывает отклонение гальванометра. Тот же результат наблюдается и при размыкании батарейной цепи. Разница будет здесь лишь в том, что, если при замыкании первичной цепи ток индуцированный во вторичной цепи был направлен в сторону противоположную первичному току батареи, то при размыкании цепи индуцирующийся ток будет направлен в том же направлении. Во вторичной цепи электрический ток индуцируется не только при разрыве первичной цепи, но точно также и при всяких изменениях тока, протекающего в первичной цепи.

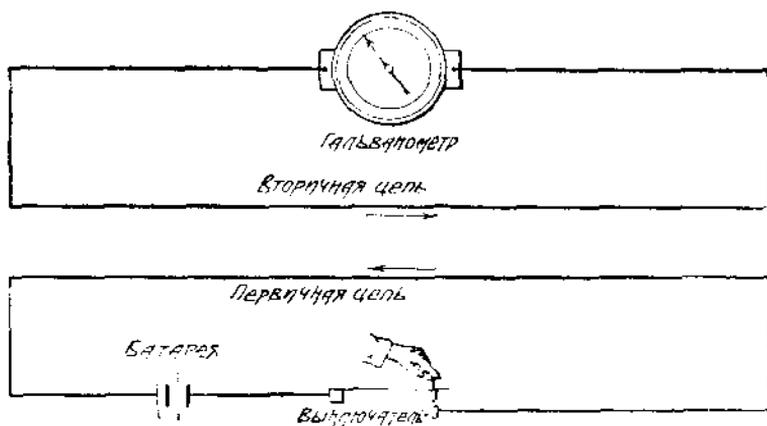


Рис. 61. Опыт поясняющий действие взаимной индукции между двумя цепями. В одну введена источник энергии и выключатель, а в другую гальванометр, но без электрического элемента или иного источника тока. При возникновении или прекращении тока от замыкания или размыкания выключателя— во вторичной цепи индуцируется ток противоположный току первичной цепи, как показано стрелками.

Индуктивное действие тока в системе, изображенной на рисунке 61, очень незначительное. Оно будет значительно большим в случае проводников спиралеобразных, снабженных сердечниками.

Вопрос: Что такое первичная цепь?

Ответ: Та цепь, в которой протекает ток от источника тока.

Вопрос: Что такое вторичная цепь?

Ответ: Цепь, в которой индуцируется электрический ток.

Первичные индукционные катушки.—Первичные катушки или катушки низкого напряжения представляют простейшие индукционные катушки, применяемые чаще всего в двигате-

лях внутреннего стержня для зажигания катушки эти состоят из большого числа витков изолированной проволоки, намотанной на железный сердечник.

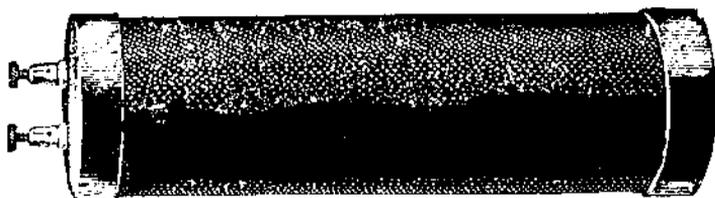


Рис. 62. Первичная индукционная катушка, применяемая для зажигания током низкого напряжения. Катушка закрыта с концов эбонитовыми крышками.

Катушку питают обычно током от батареи и цепь ее снабжают выключателем. Действие такой катушки зависит от числа витков изолированной проволоки и длины сердечника. Железный сердечник ее служит для усиления самоиндукции.

Вторичные индукционные катушки.

На рисунке 63 приведена схема устройства вторичной индукционной катушки, которая имеет первичную и вторичную обмотки. Первичная обмотка обычно толстая и из небольшого числа витков намотана на железный сердечник, а вторичная обмотка—тонкая и из очень большого числа витков наматывается поверх первичной.

Одно из преимуществ такого устройства является то, что

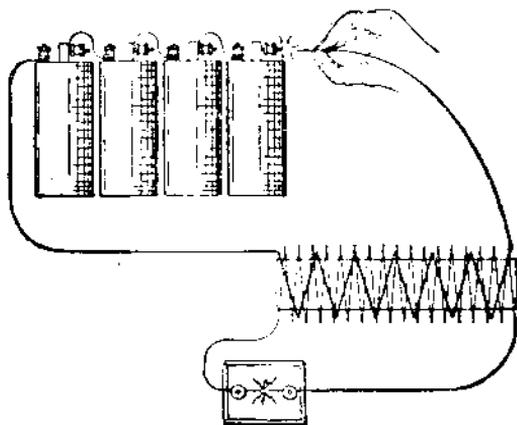


Рис. 63. Получение искры от катушки высокого напряжения. Присоединяют провода вторичной обмотки к неподвижным изоляторам и изгибают концы так, чтобы между ними получилось расстояние около 3 мм. Присоединяют один конец первичной обмотки к электрической батарее, а другим проводом первичной обмотки касаются другого зажима батареи, как показано на рисунке. При размыкании происходит искра, как в месте разрыва первичной цепи, так и в разрыве вторичной между изоляторами. При замыкании первичной цепи во вторичной обмотке также индуктируется напряжение, которое достигает большой величины, но не такой, чтобы вызвать искру в разрыве вторичной цепи. При размыкании импульс много сильнее и потому получается электрическая искра.

индуктированное напряжение можно уменьшать или увеличивать в зависимости от отношения между числом витков первичной и вторичной обмоток. Эту зависимость выражают в следующем правиле:

Напряжение вторичного тока относится к напряжению первичного тока, как число витков вторичной обмотки к числу витков первичной (приблизительно).

Например, если напряжение в первичной обмотке 5 вольт, число ее витков 10, а число витков вторичной обмотки 100, то вторичное напряжение $= \frac{100}{10} \cdot 5 = 50$ вольтам (приблизительно).

Количество же энергии, затрачиваемое в обеих цепях приблизительно одинаковое. Так, например, если сила тока в первичной обмотке 5 ампер, то число ватт первичного тока будет $5 \times 5 = 25$. Во вторичной же цепи, где количество затрачиваемой энергии должно быть тоже 25 ватт, сила тока будет: $25 \text{ ватт} : 50 \text{ вольт} = \frac{1}{2}$ ампера (приблизительно).

Отсюда видно, что, хотя напряжение во вторичной цепи и повышается, зато сила тока против первичной цепи уменьшается и примерно во столько же раз во сколько повысилось напряжение. Вот почему первичная обмотка делается из толстой проволоки, а вторичная из тонкой, как это и видно на рисунке 63.

Большинство индукционных катушек служит для значительного повышения напряжения (до десятков тысяч вольт).

Вторичные индукционные катушки можно подразделить на три основных типа.

1. Простые катушки.
2. Трамблерные катушки.
3. Конденсаторные катушки.

Простая катушка при смыкании и размыкании первичной цепи дает только одну искру, тогда как трамблерная катушка — целый ряд искр быстро следующих друг за другом.

Простые вторичные индукционные катушки. --- Катушка этого типа состоит из:

1. Сердечника.
2. Первичной обмотки и
3. Вторичной обмотки.

Сердечник этой катушки, имея диаметр от 12 до 18 мм. и длину около 150 мм., состоит из пучка железных отожженных проволок. На эту проволоку надета катушка из изоляционного материала, например, из эбонита, на которую намотана

первичная обмотка, состоящая из нескольких слоев изолированной шелком сравнительно толстой проволоки.

Концы первичной обмотки выводятся к зажимам, где прочно закрепляются. Поверх первичной обмотки накладывается слой изоляционного материала, по которому наматывается вторичная обмотка.

Вторичная обмотка состоит из тонкой медной проволоки изолированной шелком. Длина и число витков ее бывают весьма различны в зависимости от желательного напряжения вторичного тока.

Концы вторичной обмотки выводятся к зажимам, вся катушка погружается в шеллак, растворенный в спирте или в расплавленный парафин, или в парафиновый сплав, после чего ей дают остыть. Готовую катушку помещают в эбонитовый цилиндр или в коробку из твердого дерева.

Размеры таких катушек бывают весьма различны. Для мотоциклов их делают значительной длины и небольшого диаметра, например, 65×250 мм., тогда как для других целей применяют короткие и толстые катушки.

Вопрос: Каким образом включают описанную выше катушку для демонстрационных целей?

Ответ: Присоединяют концы вторичной обмотки к неподвижным изоляторам и сгибают их так, чтобы между ними получилось расстояние около 3 мм. Один конец первичной обмотки присоединяют к одному зажиму батареи, а другой — к другому, как показано на рисунке 63.

Вопрос: Что происходит при замыкании первичной цепи катушки?

Ответ: Во вторичной обмотке индуктируется ток повышенного напряжения, которое, однако, недостаточно, чтобы вызвать искру в воздушном промежутке.

Вопрос: Что происходит при размыкании первичной цепи катушки?

Ответ: В момент размыкания первичной цепи в месте ее разрыва и в воздушном промежутке вторичной цепи появляется электрическая искра.

Вопрос: Отчего при разрыве первичной цепи в месте ее разрыва происходит искра?

Ответ: Ток, вследствие самоиндукции, не останавливается моментально, а продолжает двигаться, подобно материи, обладающей весом и инерцией.

При уходе за двигателем внутреннего сгорания с зажиганием на отрыв, надо помнить, что хорошая искра получается только при быстром разрыве первичной цепи. Для

этого пружина отрывного механизма должна быть очень упругой.

Вторичная индукционная катушка с трамблером.—Описанная выше катушка дает лишь очень небольшую искру сравнительно со своими размерами по следующей причине: индуктивное действие первичной обмотки на вторичную зависит, как говорилось выше, от скорости изменения тока в первичной обмотке.

Чтобы получить во вторичной обмотке сильный эффект требуется мгновенный разрыв тока в первичной обмотке. Этому прекращению тока препятствует самоиндукция в первичной обмотке, противодействующая всякому изменению тока. Прямым следствием самоиндукции является искра в месте разрыва первичной цепи, которая показывает, что ток продолжает течь после разрыва цепи и затухает сравнительно медленно, так как индуктивный эффект во вторичной обмотке невелик.

Искра в месте разрыва первичной цепи бывает иногда даже сильнее, чем в воздушном промежутке вторичной цепи, от чего быстро обгорают контакты. Поэтому такое устройство следует считать неудовлетворительным.

Во избежание этого недостатка применяют трамблерно-конденсаторную катушку, дающую ряд искр, быстро следующих друг за другом.

Надо заметить, что ряд быстро следующих друг за другом электрических искр можно получить и в простой катушке, включив в первичную цепь механический трамблер, как то делается в зажигательных системах некоторых мотоциклов.

Назначение трамблера и трамблерно-конденсаторной катушки заключается в том, чтобы быстро прерывать первичную цепь, как раз в тот момент, когда она замкнута. Трамблер состоит из плоской стальной пружины, укрепленной одним концом, тогда как другой конец ее может свободно вибрировать. Приблизительно на середине пружины устроен контакт, соприкасающийся с контактным винтом, от которого его отрывает пружина. Контакты на винте и на пружине делаются из платины. Первичная обмотка катушки присоединяется к трамблеру, а другой ее конец к контактному винту. Вследствие этого, когда контакты сомкнуты, первичная цепь будет замкнута.

Конденсатор, обладая электрической емкостью, служит для поглощения тока самоиндукции первичной обмотки, способствуя таким образом быстрому затуханию первичного тока.

Каждый электрический проводник обладает емкостью, и потому может служить конденсатором, при чем его способность

поглощать электрический заряд или емкость зависит от его поверхности. Поэтому конденсатор обычно устраивается из проводника с большой поверхностью.

Конденсатор обычной формы, могущий служить для индукционных катушек представлен на рисунках 64 и 65. Он состоит из нескольких слоев тонкой фольги (станиоля), разделенных парафиновой бумагой. Четные листки фольги соединяются между собой с одной стороны, а нечетные с другой.

На рисунке 66 представлена схема грамблерной катушки, где СС сердечник из мягких железных проволок, РР первич-

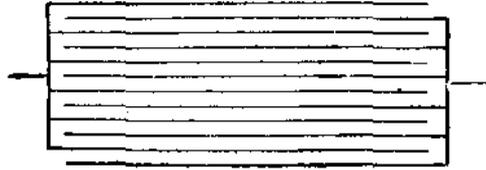


Рис. 64. Нормальная схема конденсатора.—Конденсатор—это аппарат для сохранения электрического заряда, также как сосуд служит для сохранения воды. Каждый проводник представляет собой конденсатор, емкость которого зависит от величины его поверхности. Поэтому конденсатор делается из проводящего материала такой формы, чтобы получить максимальную поверхность для данного количества материала.

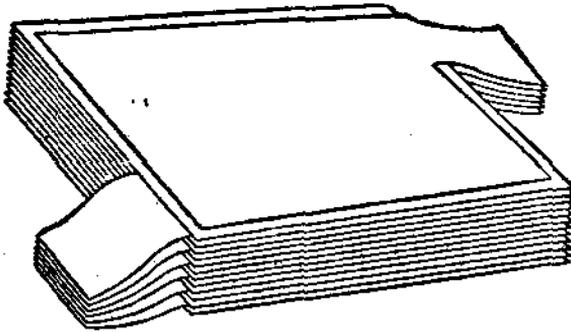


Рис. 65. Устройство конденсатора индукционной катушки. Проводящий материал — оловянная фольга, из которой заготавливается большое количество листов одинакового размера. Листы накладываются друг на друга, подобно страницам книги с тонкими слоями изоляции между ними, обычно из пропарафиненной бумаги. Четные и нечетные листы соединяются вместе в две группы, которые присоединяются к зажимам конденсатора. Конденсатор затем включается параллельно к месту разрыву первичной цепи.

ая, а SS вторичная обмотки катушки. Между этими обмотками не существует никакой связи и они тщательно изолированы. Трамблер R колеблется вокруг места закрепления.

его *D*. Ток поступает из батареи *B*. Контакт винта *A* касается платинового контакта *R*, припаянного к трамблеру.

Если выключатель *W* замкнуть, то ток из батареи *B* пойдет по первичной обмотке, и вызовет намагничивание сердечника *СС*, который притянет трамблер. Таким образом цепь разорвется в точке *R*. Так как сердечник сделан из мягкого железа, то немедленно, по прекращении тока, он потеряет

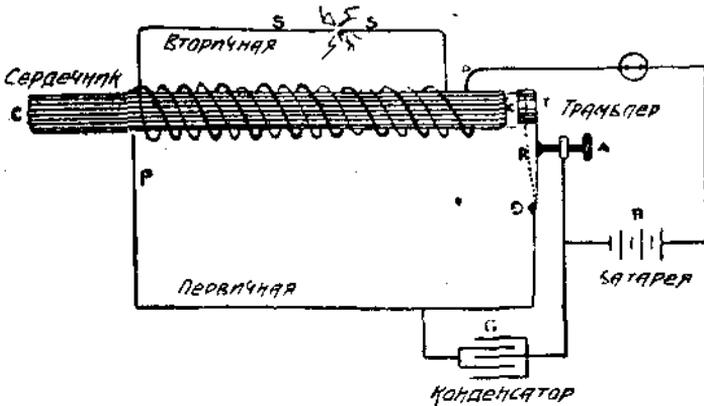


Рис. 66. Схема катушки с трамблером. Состоит из следующих частей: *A*—контактный винт, *B*—батарея, *с*—сердечник, *D*—важим трамблера, *C*—конденсатор, *P*—первичная обмотка, *S*—вторичная обмотка, *W*—выключатель, *I*—трамблер. При замыкании выключателя происходит следующее: 1) ток от источника протекает через первичную обмотку и намагничивает сердечник, 2) намагниченный сердечник притягивает трамблер и прерывает первичную цепь, 3) при прекращении магнетизма, во вторичной обмотке возникает ток высокого напряжения, 4) как только прекращается намагничивание сердечника пружина восстанавливает контакт, 5) первичная цепь снова замыкается и цикл повторяется.

свой магнетизм и трамблер возвратится в первоначальное положение. Этим снова замкнется цепь, после чего все время, пока будет замкнут выключатель *W* будут повторяться замыкания и замыкания цепи с большой быстротой.

Работа катушки протекает следующим образом:

1. Первичный ток намагничивает сердечник.
2. Намагниченный сердечник притягивает трамблер, размыкающий первичную цепь.
3. Сердечник размагничивается и трамблер возвращается в первоначальное положение.
4. Трамблер, возвращаясь в свое первоначальное положение, замыкает первичную цепь и цикл повторяется вновь

Магнитные трамблеры.—В обыкновенном трамблере цепь прерывается в тот момент, когда приходит в движение пружина, отчего разрыв происходит сравнительно медленно.

Для того же, чтобы сделать разрыв более резким, в некоторых случаях устраиваются два трамблера, из которых один притягивается магнитным сердечником катушки и проходит некоторое расстояние, прежде чем произойдет разрыв цепи. Трамблер такого типа изображен на рисунке 68, а описание его в надписи под этим рисунком.

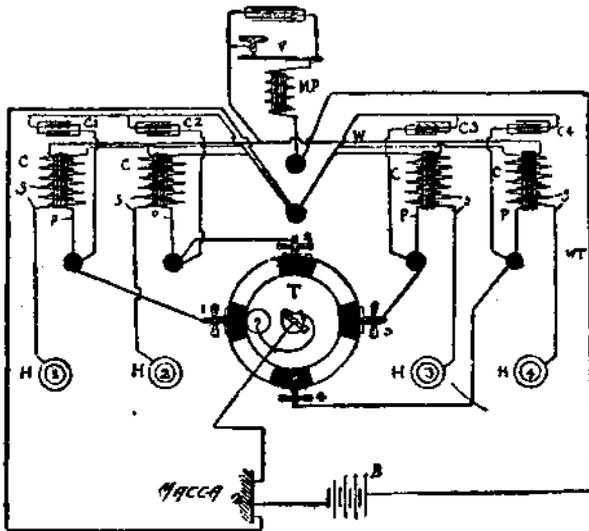


Рис. 67. Схема автомобильной зажигательной системы с несвольными катушками и общим трамблером. *B*—батарея, *C*—отдельные катушки, *C₁C₂* и т. д. конденсаторы, *P*—первичные обмотки, *S*—вторичные обмотки, *H₁H₂* и т. д. свечи, *T*—распределитель, *MP*—общий трамблер, *V*—якорь трамблера, *WT*—общий обратный провод, 1, 2 и т. д. неподвижные контакты распределителя.

Регулировка трамблера.—Качество искры трамблерной катушки в сильной мере зависит от правильной регулировки трамблера. При этой регулировке надо придерживаться следующего наставления.

1. Вывинчивают совершенно контактный винт.
2. Проверяют, поверхности контактов, которые должны быть гладкими, чистыми и блестящими.
3. Устанавливают трамблерную пружину так, чтобы молоточек или кусок железа на ее конце находился нормально на расстоянии около 1,5 мм. от конца катушки.

4. Завинчивают контактный винт, пока он слегка не коснется платинового контакта на пружине трамблера. Затем пускают в ход двигатель и отвинчивают винт до тех пор, пока двигатель не начнет работать без перебоев.

Зажимы большинства индукционных зажигательных катушек имеют надписи «батарея», «земля» и пр. Для того, чтобы проверить работает ли трамблер, следует коротко замкнуть (напр., отверткой) зажим, отмеченный «батарея» с зажимом, отмеченным «земля».

При хорошо отрегулированном трамблере сила тока в катушке не должна превышать полуампера. Один оборот контактного винта трамблера часто увеличивает силу тока в че-



Рис. 68. Двойной трамблер. В состоянии покоя давящая сверху пружина, на которой помещается якорь А, сводит платиновые контакты и оттягивает верхнюю пружину С от упора на установочном винте D, прижимая ее к латунной пластинке над ней. Когда сердечник В притягивает якорь А, верхняя пружина С нажимает на нижнюю и прижимает якорь вниз, поддерживая касание контактов, пока конец верхней пружины С не коснется нижнего упора D. Установочный винт удерживается на месте бронзовой спиральной пружиной под защелочником D.

тыре и даже пять раз против нормального, отчего правильная регулировка имеет большое значение.

Если регулировка неправильна, то: 1) уменьшается срок службы батареи, 2) горят контакты трамблера и 3) нарушается работа двигателя.

Если в зажигательную сетку двигателя входят несколько катушек по одной для каждого цилиндра, то при появлении перебоев необходимо определить, от неисправности какой катушки они происходят. Для этого поочередно коротко замыкают катушки. Когда замыкают неисправную катушку, то это не отражается на работе двигателя. Когда же замыкают исправную катушку, то перебои усиливаются.

Число элементов батареи должно соответствовать размерам и назначению катушки.

Если заводское наставление указывает, что для данной катушки напряжение должно быть 4 вольта, то для нее можно

соединить последовательно 4 сухих элемента. Напряжение последних будет несколько выше, но так как их внутреннее сопротивление также больше, то даваемая ими сила тока будет почти правильной. Большинство катушек требует тока с напряжением от 4 до 6 вольт.

Было бы ошибочным пользоваться большим напряжением, выше того, для которого предназначена катушка. Благодаря этому не только не улучшается искра, но только сильнее обгорают контакты трамблера и уменьшается срок службы батареи.

Электрические измерительные приборы и измерения.

Электротехнику-практику часто приходится производить измерения и определять быстро и точно напряжение тока, силу тока, сопротивления проводников, мощность, работу и т. д. Необходимо поэтому иметь ясное представление о методах, какими производятся эти измерения и способах обращения с измерительными приборами.

Много измерений производится при помощи гальванометра, при чем такие приспособления, как реостаты, выключатели и т. п., применяемые для работы с гальванометром, обычно монтируются в особых ящиках, и вместе с гальванометром составляют полный комплект приборов. Ниже даны иллюстрации таких комплектов для измерения и способы пользования ими с детальными объяснениями. Амперметры и вольтметры представляют упрощенные гальванометры специальной формы и имеют очень широкую область применения.

Гальванометры.

Если дадим стрелке компаса принять свое нормальное положение (с севера на юг) и пропустим электрический ток по проволоке, расположенной над стрелкой в том же направлении, (рис. 69), то северный конец стрелки отклонится к востоку. Если бы проволока проходила снизу, и ток как ранее имел бы то же направление (с севера на юг), то стрелка отклонилась бы на запад. Если же ток будет проходить в проводе поверх стрелки как и ранее с севера на юг, а по продолжению провода под стрелку с юга на север, как указано на рис. 70, то магнитное действие удвоится и отклонение стрелки пропорционально увеличится. На явлении отклонения стрелки под действием тока и основана работа гальванометра.

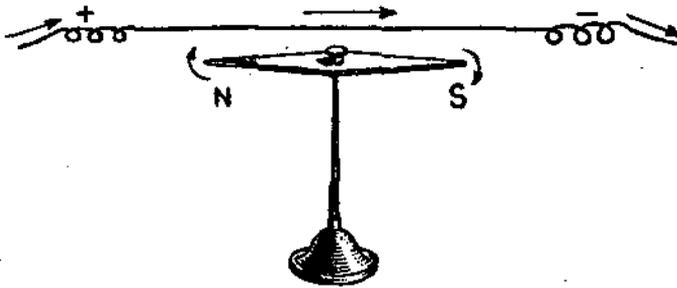


Рис. 69. Действие тока, на находящуюся вблизи магнитную стрелку. Над магнитной стрелкой и параллельно ей проходит провод, через который протекает электрический ток по направлению, указанному стрелкой. Под действием тока северный полюс магнитной стрелки стремится повернуться на восток. Если проводник будет проходить под стрелкой, ее северный полюс будет стремиться повернуться в противоположное направление, т.-е. на запад. Направление отклонения стрелки легко узнается по следующему правилу Ампера: если представить себе человека, который плывет вдоль проводника по направлению тока с лицом обращенным к стрелке, то северный полюс стрелки отклонится влево от него.

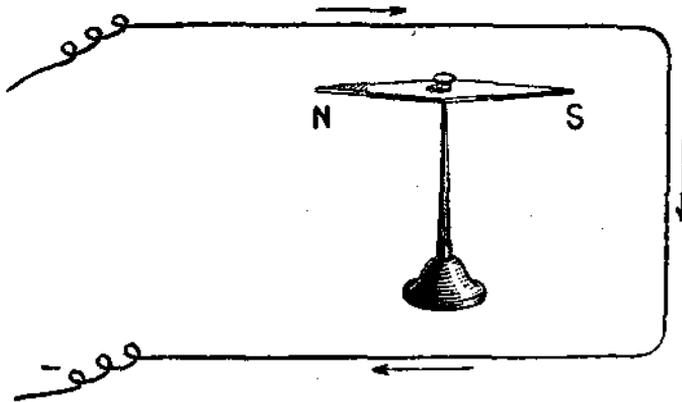


Рис. 70. Действие на магнитную стрелку витка, через который проходит ток. При указанном расположении один и тот же ток проходит сверху в одном направлении, а снизу в обратном направлении; таким образом верхний и нижний проводники действуют на стрелку в одном направлении, боковая же вертикальная часть витка является неактивной. По правилу Ампера ток в верхнем проводе заставит северный конец стрелки повернуться влево, в ту же сторону заставит ее повернуться и нижний провод. Действие витка таким образом будет вдвое сильнее в сравнении с действием одного провода (рис. 69).

Вопрос: Опишите простой гальванометр.

Ответ: Гальванометр в основе состоит из магнитной стрелки, подвешенной внутри катушки, с обмотанной вокруг

нее проволокой. Под стрелкой расположена шкала с делениями.

Вопрос: Что такое гальваноскоп и чем он отличается от гальванометра?

Ответ: Гальваноскоп в том виде, как он изображен на рис. 70, служит для указания присутствия электрического тока и для установления его направления. Если по величине отклонений гальваноскопом будет установлена опытом или подсчетом соответствующая сила тока, то гальваноскоп может быть назван гальванометром.

Вопрос: Для чего служит гальваноскоп?

Ответ: Чтобы установить присутствие электрического тока и его направление.

Вопрос: Как узнать направление тока и его силу?

Ответ: При включении гальванометра в цепь, направление тока узнается по направлению отклонения стрелки, а сила тока—по углу отклонения стрелки.

Вопрос: Как следует установить гальванометр перед тем как им пользоваться?

Ответ: Катушка гальванометра должна быть расположена параллельно магнитной стрелке, когда через катушку ток не проходит.

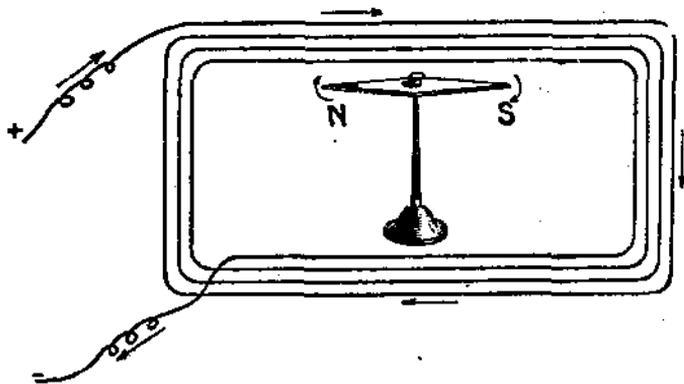


Рис. 71. Действие катушки на магнитную стрелку. Катушка, как видно из рисунка равнозначна нескольким виткам, благодаря чему сила, которая отклоняет стрелку будет равна силе, которую производит один виток, помноженной на число витков. Если значительно увеличить число витков, этот прибор можно сделать весьма чувствительным, и стрелка его будет отклоняться при очень слабом токе. Прибор изображенный на рисунке называется «гальваноскопом». Если прибор аккуратно выполнить и снабдить его шкалой с делениями, указывающими силу тока, то он называется гальванометром.

Вопрос: Что такое «чувствительный» гальванометр?

Ответ: Гальванометр, который дает большое отклонение при очень малом токе. Не всегда гальванометр чувствительный при измерении силы тока будет так же чувствителен при измерении напряжения.

Вопрос: Что такое чувствительность гальванометра?

Ответ: Чувствительностью гальванометра называют число микроампер, необходимое для отклонения стрелки его на 1 деление. Для гальванометров с зеркальным отражателем зайчика степень чувствительности определяется тремя способами: Чувствительность выражается, во-первых, числом мегаом (1000000 ом), при котором один вольт производит отклонение на 1 миллиметр по шкале, находящейся на расстоянии одного метра. Во-вторых, в микровольтах (миллионных частях вольта), которые должны быть приложены к зажимам гальванометра, чтобы получить отклонение в 1 мм на шкале, находящейся на расстоянии 1 метра от зеркала. В-третьих, в микроамперах, которые требуются для отклонения на 1 миллиметр на шкале, расположенной на расстоянии 1 метра.

Вопрос: От чего зависит степень чувствительности?

- Ответ: 1) От числа витков катушки гальванометра.
2) От расстояния стрелки до катушки.
3) От веса стрелки.
4) От силы тока.
5) От сопротивления трения движению.

Стрелка обычно делается очень мала и часто бывает составная. В очень чувствительных гальванометрах катушка имеет несколько тысяч витков и выполняется из очень тонкой проволоки, при чем обычно гальванометр употребляется в соединении с шунтом ¹⁾.

Вопрос: Какие два типа катушек применяются для гальванометра?

Ответ: Короткие и длинные катушки.

Вопрос: Какая разница между гальванометром с короткой и длинной катушкой?

Ответ: Коротко-катушечный гальванометр имеет катушку, состоящую из нескольких витков толстой проволоки, длинно-

¹⁾ Токи более или менее значительной силы не должны пропускаться через гальванометр. Если даже катушка гальванометра не будет повреждена, то отклонение стрелки может оказаться так велико, что показания будут недостаточно точны. В таких случаях гальванометр снабжается шунтом (т.е. ответвлением от его зажимов) или катушка выполняется таким образом, чтобы только незначительная часть тока проходила через гальванометр.

катушечный гальванометр имеет большое количество витков из тонкой проволоки.

Вопрос: Каково действие гальванометра с короткими и длинными катушками?

Ответ: Общее намагничивающее действие катушки, которое производит отклонение стрелки, будет в обоих случаях одинаково, но при короткой катушке отклонение стрелки производится сильным током при малом числе оборотов, при длинной же — малым током, но при большом количестве витков (в несколько тысяч). Гальванометры с короткой катушкой как малого сопротивления применяются для измерения силы тока, гальванометры же с длинной катушкой большого сопротивления — для измерения напряжения. Шкала прибора с короткой катушкой градуируется в амперах, — как амперметр, прибора же с длинной катушкой в вольтах — как вольтметр.

Типы гальванометров. — Существуют разнообразные типы гальванометров в зависимости от их назначения. По конструкции гальванометры делятся на две группы:

1. С подвижным магнитом и неподвижной катушкой.
2. С неподвижным магнитом и подвижной катушкой.

Каждый из типов может быть как с длинной, так и короткой катушкой.

Основные формы гальванометров нижеследующие:

1. Астатический гальванометр.
2. Тангенс-гальванометр.
3. Синус-гальванометр.
4. Дифференциальный гальванометр.
5. Баллистический
6. Гальванометр д'Арсонваля.

Астатические гальванометры. — Как было уже ранее отмечено, стрелка гальванометра отклоняется в одну или другую сторону, в зависимости от того, проходит ли ток в данном направлении по проволоке, расположенной над стрелкой или под ней. Земной же магнетизм стремится установить стрелку в определенном направлении с севера на юг. Магнитное поле, которое окружает провод, как мы знаем, перпендикулярно к стрелке (если провод параллелен стрелке) и стремится вывести стрелку из ее нормального положения север — юг и поставить ее в направлении восток — запад. Этому перемещению противодействуют концы стрелок, где и сосредоточено магнитное действие и тем больше, чем длиннее будет стрелка. Чтобы получить отклонение стрелки на более или менее заметный угол, требуется ток значительной силы и применение возможно коротких стрелок. Тем не менее такой тип прибора

не может служить для точных измерений, так как действие земного магнетизма, которое ему приходится преодолевать является величиной непрерывно меняющейся; необходимо, следовательно, найти метод, который позволял бы уничтожить или значительно ослабить действие земного магнетизма.

В аstaticеских гальванометрах действие земного магнетизма нейтрализуется аstaticеской стрелкой, которая состоит из двух стрелок одинаковой длины и степени намагничивания, скрепленных вместе, при чем полярность обеих стрелок противоположна, как это указано на рис. 72. Вслед-

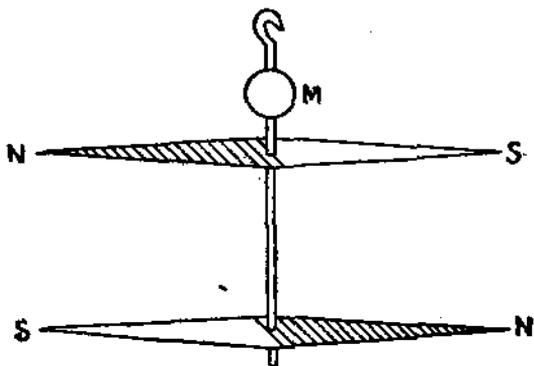


Рис. 72. Аstaticеские стрелки. Две магнитные стрелки с равным магнитным моментом, но расположенные в обратном направлении скреплены вместе на легкой шпильке.

Вся система подвешена на тонкой нити. Если поставить ее в равномерном магнитном поле, напр., в магнитном поле земли, то последнее не будет оказывать на систему определенного направляющего действия, так что она установится в положении обусловленном сопротивлением кручения нити.

ствие этого, напр., северный полюс земли будет стремиться притянуть южный полюс одной стрелки, но будет действовать отталкивающим образом и с той же силой на северный полюс второй стрелки. Благодаря действию этих двух сил земной магнетизм не будет влиять на систему стрелок и она может быть установлена в любом безразличном положении.

Обычно одна из стрелок находится внутри катушки, как указано на рис. 73 и тогда магнитное действие тока будет на каждую из стрелок взаимно дополняющим, а не противодействующим. Иногда вокруг каждой стрелки имеется своя обмотка (рис. 74), при чем обе обмотки соединяются таким образом, что они действуют в одном и том же направлении на стрелку.

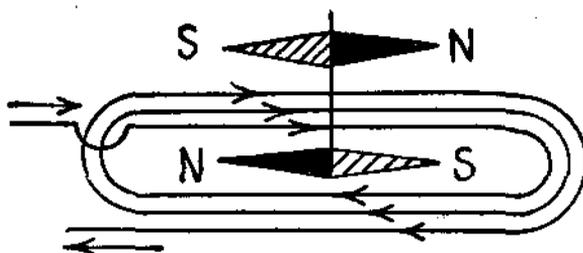


Рис. 73. Действие одной катушки на астатическую стрелку. Катушка окружает только нижнюю стрелку. Ток стремится повернуть обе стрелки в одном направлении. Схема соединений двух катушек, окружающих две астатические стрелки, поворачивает стрелки в одну сторону; прибор будет более чувствителен, чем при одной катушке, устроенной согласно рис. 73.

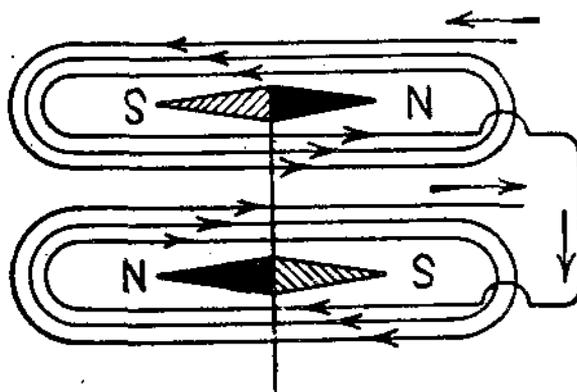


Рис. 74. Дифференциальный гальванометр. Прибор состоит из двух катушек, намотанных таким образом, что они действуют на магнитную стрелку, находящуюся между ними в противоположные стороны. Если сила тока в обоях катушках будет одинакова, то стрелка не будет отклоняться, так как действия катушек на стрелку будут взаимно уравновешиваться. (Если ток каждой катушки отклоняет стрелку в одну и ту же сторону, то прибор уже не будет дифференциальным). Если условие равенства действия обоях катушек соблюдено, то необходимо, чтобы стрелки находились точно на прямой соединяющей центры катушек так, чтобы стрелка находилась почти в однородном магнитном поле. Окончательная, точная регулировка прибора производится установочными винтами, приводящими стрелки в горизонтальное положение.

Вопрос: Для чего служит астатический гальванометр?

Ответ: Чтобы обнаружить присутствие токов весьма малой величины.

Применяется аstaticеский гальванометр при так называемом «нулевом» методе измерения, т.-е. для измерения токов близких к 0.

Вопрос: От чего зависит отклонение стрелки аstaticеского гальванометра?

Ответ: От комбинированного магнитного действия на стрелку электрического тока и сопротивления кручению нити, на которую подвешена стрелка.

Вопрос: Дает ли аstaticеский гальванометр правильные показания при разной силе тока?

Ответ: При небольших отклонениях (т.-е. менее 10—15°) отклонения почти пропорциональны силе тока, вызывающего отклонение стрелки.

Если, напр., отклонение составляет 6°, то ток почти в три раза больше тока, при котором отклонение стрелки составляет 2°. Но эта пропорциональность не сохраняется уже при угле отклонения 15—20°.

Вопрос: Почему показания прибора неточны при большом угле отклонения?

Ответ: Действие тока на стрелку не будет производиться в той же степени, когда стрелка выйдет из пределов катушки. Кроме того, когда стрелка находится под углом к действующей на нее силе, то только часть этой силы будет производить закручивание нити, другая же часть бесполезно тратится на натяжение и изгибание нити.

Вопрос: Как пользоваться прибором для точных измерений?

Ответ: Прибор должен быть калиброван, что производится специальными измерениями или сравнением отклонений его при разной силе тока с нормальным прибором.

Если прибор отклонился, напр., на 32° при токе в $\frac{1}{100}$ ампера, то эта сила тока всегда на этом приборе даст такое же отклонение, если только под действием какой-нибудь посторонней причины напряжение магнитного поля или сопротивление кручению нити не изменились.

Дифференциальным гальванометром называется прибор, в котором имеются две катушки одинакового сопротивления, обмотанные таким образом, что они стремятся отклонить магнитную стрелку, расположенную между ними, в противоположные направления (каждая в свою сторону).

Если сила тока в обеих катушках одинакова, то стрелка не будет отклоняться ни в ту, ни в другую сторону, так как каждая катушка нейтрализует действие другой. Такой прибор

предпочитается, напр., при сравнении сопротивлений с помощью мостика Уитстона (см. ниже).

Вопрос: Какое специальное применение имеет дифференциальный гальванометр?

Ответ: Для сравнения токов.

Вопрос: В чем состоит метод сравнения токов?

Ответ: Если через обе катушки гальванометра проходят равные токи в противоположном направлении, то стрелка не будет отклоняться; при неравных же токах, отклонение стрелки будет тем сильнее, чем больше разность токов, проходящих через катушки.

Вопрос: Как отрегулировать катушки?

Ответ: Для регулирования прибора соединяют обе катушки последовательно так, чтобы они действовали на стрелку в противоположных направлениях; когда ток проходит через катушки, производят их регулировку, придвигая и отодвигая их от стрелки до тех пор, пока стрелка будет оставаться на нуле при всякой силе тока.

Если катушки не передвижные, то сматываются один или более витков от катушки, которая производит большее магнитное действие, пока не достигнуто равновесия; смотанный проводник может быть замотан в виде витка у основания прибора.

Баллистический гальванометр.—Этот тип приборов служит для измерения силы тока кратковременного действия, напр., разряда конденсатора. Магнитная система в этих приборах должна иметь значительный вес и должна быть устроена так, чтобы она находилась под действием возможно сильного буферного успокоителя.

Выражение **буферный успокоитель** предполагает приспособление, в котором действует сила, успокаивающая качания системы, напр., колебания стрелки гальванометра, и которое быстро приводит ее в состояние покоя.

Если в течение очень короткого времени пройдет ток через баллистический гальванометр, то импульс, сообщенный стрелке, не вызовет сильного качания магнитной системы,

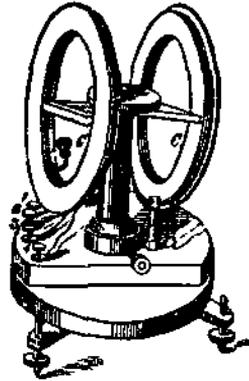


Рис. 75. Гальванометр Томсона с зеркальным отражением, позволяющий производить отсчет отклонения прибора по перемещению светового пятна (зайчика) от зеркала, прикрепленного к вращающейся магнитной системе.

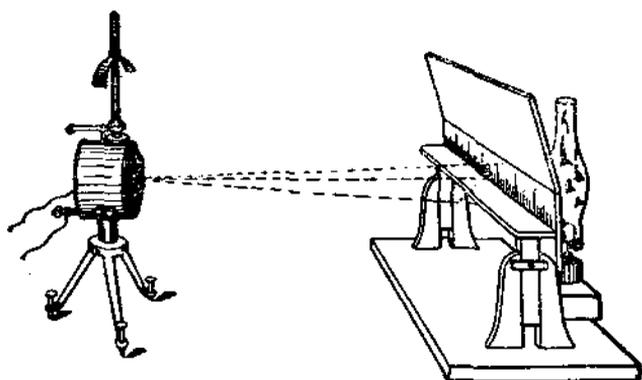


Рис. 76. Метод отсчета угла отклонения зеркала гальванометра в подзорной трубе по отражению шкалы в зеркале. На рисунке изображены зеркала, но обычно трубка направляется непосредственно на зеркало гальванометра рис. 75. Система же двух зеркал, изображенная на рисунке, применяется в переносных гальванометрах, в целях большей компактности.

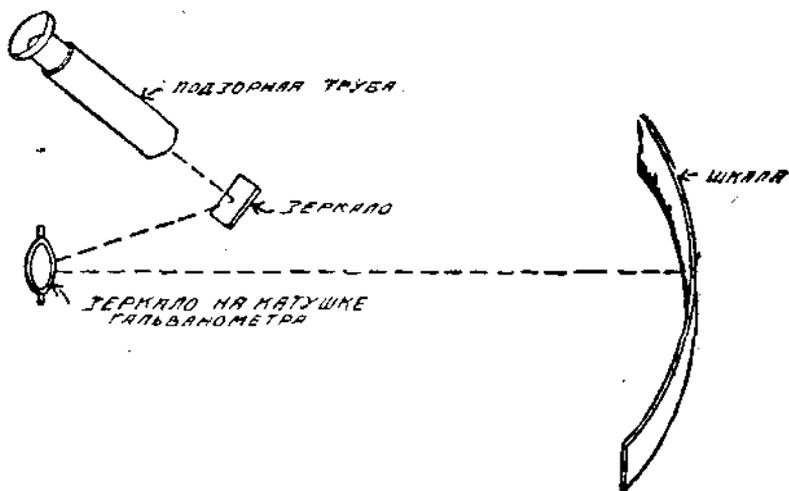


Рис. 77. Подзорная труба для отсчета отклонений гальванометра. Приведенное устройство служит для отсчета отклонений гальванометра с вращающимся зеркалом. Труба смонтирована на общей опоре со шкалой, длиной в 500 мм., имеющей миллиметровые деления. Изображение шкалы видно через трубу в зеркале гальванометра. Окуляр трубы имеет две волосные перекрещивающиеся нити, чтобы заметить деление шкалы, когда зеркало неподвижно, а зеркало гальванометра отклоняется. Прибор снабжен всеми приспособлениями для точной установки и для приведения пересечения волосных нитей и шкалы в фокус. Прибор ставится обычно на расстоянии около 1 метра от гальванометра.

в виду инерции движущихся масс, и стрелка будет делать небольшие колебания.

Вопрос: Как называются колебания стрелки баллистического гальванометра?

Ответ: Качаниями гальванометра.

Вопрос: Как производится измерение силы тока?

Ответ: Так как стрелка качается медленно от следующих друг за другом толчков во время прохождения тока, то количество электричества, которое прошло через проводник пропорционально синусу половинного угла первого качания.

По методу отражения при плоской шкале отсчет по шкале зависит от тангенса двойного угла отклонения стрелки. При малых отклонениях изменения магнитного потока пропорциональны отсчетам по шкале.

Зеркальные гальванометры.—Для точного измерения токов весьма незначительной силы, необходимо предусмотреть способ удобного отсчета весьма малых отклонений стрелки. Этого можно было бы достигнуть, если бы указатель гальванометра был значительной длины, т. е. тогда он проходил бы относительно большой путь по шкале даже при очень малом угле отклонения стрелки.

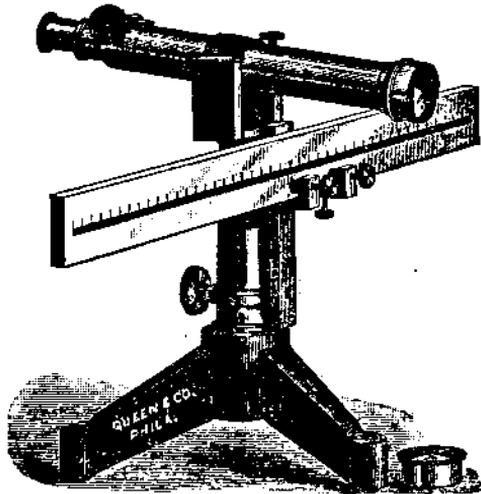


Рис. 78. Устройство гальванометра д'Арсонваля.

Чувствительные гальванометры, однако, должны иметь подвижную часть возможно малого веса, и они не могут поэтому иметь длинные стрелки. Вот почему последние обычно заменяются световыми лучами, которые дают зайчик на шкале, расположенной на некотором расстоянии от прибора, к вращающейся части которого прикрепляется зеркальце. В зеркальном гальванометре Томсона, который изображен на рис. 76, луч света от лампы, пройдя через щель, попадает на зеркало, которое находится на расстоянии ок. 1 метра от щели, и которое отражает пучок лучей обратно на шкалу. Следует отметить, что угол между лучом света, падающим на

зеркало и отраженным будет двойным сравнительно с углом отклонения зеркала; отклонения светового луча, отсчитанные по шкале, практически пропорциональны силе тока, проходящего через прибор. При расположении зеркала, как указано на рис. 77—78, требуется во время измерения темная комната; при применении подзорной трубы, как указано на рис. 77, можно обойтись и без темной комнаты. В этом случае показания шкалы отражаются в зеркале и отсчитываются с помощью подзорной трубы без искусственного освещения.

Успокоители. — Назначение успокоителя остановить или уменьшить раскачивание стрелки. Гальванометр, который так устроен, что всякое колебание стрелки быстро прекращается, называется прибором с успокоителем.

Приборы снабжаются иногда специальной успокоительной катушкой или короткозамкнутой катушкой, расположенной так относительно движущейся системы, что колебания последней создают ток в этой катушке — на что расходуется часть энергии. Употребляются также успокоители в виде воздушных буферов, но никогда не применяются успокоительные приспособления, основанные на трении твердых тел между собой.

Гальванометр Д'Арсонваля. — В приборах этого типа магнитная стрелка заменяется вращающейся катушкой. Принцип действия этих приборов основан на том, что плоская катушка, подвешенная так, что ее ось перпендикулярна к направлению постоянного магнитного поля, стремится повернуться при прохождении через нее тока.

Вопрос: Опишите устройство гальванометра Д'Арсонваля.

Ответ: Принцип устройства указан на рис. 79. Плоская катушка намотана на медный сердечник и подвешена между полюсами постоянного магнита $N-S$ на двух тонких нитях A и B . Для усиления магнитного поля в зазоре между полюсами, в котором вращается магнитная катушка, установлен цилиндр из мягкого железа, укрепленный между полюсами.

Вопрос: Объясните, как работает этот гальванометр?

Ответ: Поперечное сечение прибора по линии $X-U$ в увеличенном виде приведено на рис. 80.

Ток в катушке проходит, как указано на рис. 79 по часовой стрелке (слева направо); положение катушки, когда тока в ней нет будет — $n's'$ (рис. 80). Применяя закон взаимодействия между магнитными полюсами, мы увидим, что катушка переместится из $n's'$ в $n''s''$.

Вопрос: Как будет влиять изменение направления тока в катушке?

Ответ: Полярность катушки и, следовательно, направление отклонения катушки изменится.

Вопрос: От чего зависит чувствительность прибора?

Ответ: От напряжения поля постоянного магнита, числа витков подвижной катушки и угла закручивания нити, на которой подвешена катушка.

Вопрос: Когда прибор называется гальванометром с быстро затухающими колебаниями?

Ответ: Прибор, в котором подвижная часть быстро приходит в состояние покое, без ряда последовательно уменьшающихся колебаний.

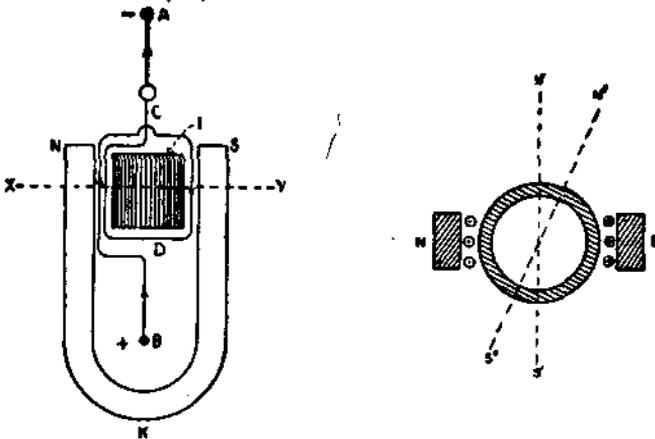


Рис. 79—80. Схема гальванометра Д'Арсонвала.

Вопрос: Чем это может быть достигнуто?

Ответ: Колебания движущейся части прибора будут быстро затухать, если катушка будет намотана на медный или алюминиевый сердечник, так как при вращении катушки в магнитном поле в этой последней будут наводиться токи, которые и будут противодействовать вращению катушки.

Вопрос: В каких случаях применяется гальванометр Д'Арсонвала?

Ответ: Его следует рекомендовать для всех точных измерений, так как на его показания не влияет изменение внешних магнитных полей. Он может быть сделан достаточно чувствительным и работать, как баллистический прибор; однако, когда требуется еще большая чувствительность, то чаще применяется аstaticкий прибор.

«Постоянная» гальванометра или «степень чувствительности гальванометра».— Чтобы пользоваться гальванометром, как измерителем, надо знать чувствительность прибора и зависимость между силой тока и отклонением стрелки, что можно установить опытным путем, определив силу тока в миллионных долях ампера (микроампера), которая вызывает отклонение на одно деление по шкале. Эта величина и будет чувствительностью прибора. Постоянная гальванометра может быть определена, как отклонение в делениях шкалы, соответствующее 1 миллионной доле ампера (микроампера).

Отклонение, полученное на шкале, должно быть таким образом помножено на величину его чувствительности, чтобы по показаниям прибора получить действительные значения. Если углы отклонения не находятся в прямой пропорциональной зависимости от измеряемой величины, то нужно установить существующую в этом отношении закономерность.

Шунтирование гальванометра.— Чувствительность гальванометра может быть уменьшена до желаемой степени, если

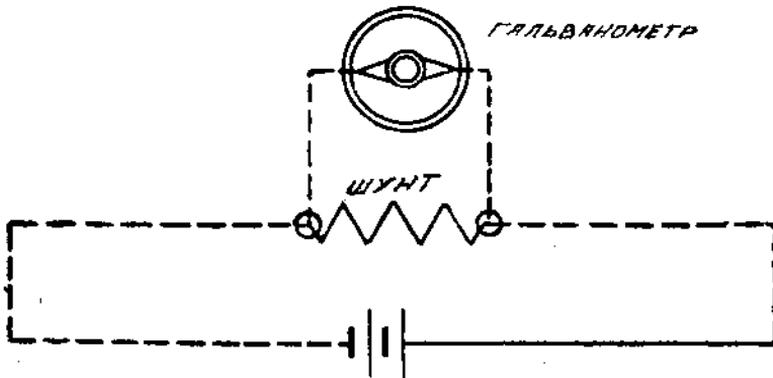


Рис. 81. Схема шунтирования гальванометра. Применением шунта пределы измерения прибора могут быть сильно увеличены.

включить сопротивление определенной величины параллельно гальванометру. Если нужно измерить ток больший, чем тот, который может быть пропущен непосредственно через гальванометр, то через него пропускается только часть тока, пользуясь шунтом определенного сопротивления, и затем уже путем подсчета может быть найден весь ток цепи.

Сопротивление шунта гальванометра выбирается в определенном отношении к сопротивлению гальванометра; обычно

он устанавливается так, чтобы через гальванометр проходил ток в 0,1, 0,01 или в 0,001 всего тока.

Число, показывающее, во сколько раз ток шунтируемый в гальванометре, меньше всего тока, называется «множителем мощности».

Если 0,1 тока проходит через гальванометр, а 0,9 через шунт, то основной ток в цепи будет в 10 раз больше, чем ток в гальванометре и, следовательно, чтобы получить действительное значение тока, придется величину силы тока в гальванометре помножить на «множитель мощности».

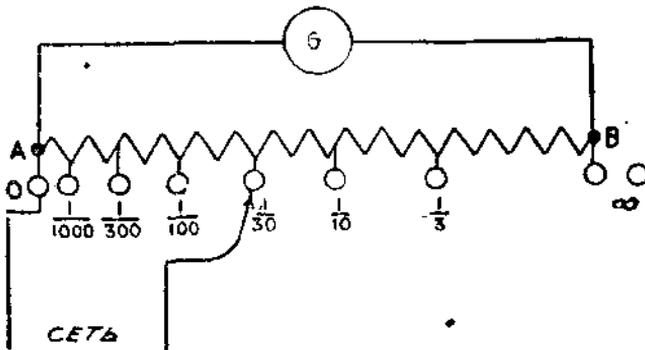


Рис. 82. Схема универсального ящика с шунтами разного сопротивления для гальванометра. — Гальванометр G , как видно из схемы, соединен последовательно через ряд сопротивлений AB . Главные же провода сети соединены один с концом A последовательных сопротивлений, второй же провод может присоединяться к различным точкам сопротивления при помощи щипселя или соответствующей вращающейся рукоятки.

Чтобы определить, какое сопротивление должен иметь шунт при данном гальванометре, сопротивление гальванометра делится на «множитель мощности» уменьшенный на единицу.

Численный пример. Каково должно быть сопротивление шунта для гальванометра, если сопротивление прибора 2000 ом и через гальванометр желательно пропустить ток, равный $\frac{1}{5}$ основного тока.

«Множитель мощности» гальванометра без единицы равен:

$$5 - 1 = 4.$$

Сопротивление шунта должно быть $2000 : 4 = 500$ ом.

Если нужно, чтобы общее сопротивление цепи не изменилось от добавления шунта к гальванометру, то применяется

компенсирующий ящик сопротивлений, который автоматически включает сопротивление в каждом ответвлении так, чтобы общее сопротивление было то же, что и при нешунтированном приборе. Сила тока при этом в основной цепи не изменится.

Амперметры, вольтметры, ваттметры и счетчики электрической энергии.

Амперметр в сущности является тем же гальванометром, но промышленного типа, т. е. стрелка его дает показания непосредственно в амперах. Хороший амперметр должен иметь возможно малое сопротивление, чтобы потребление энергии прибором было возможно меньше. Прибор должен быть снабжен успокоителем и быть достаточно чувствительным к кратковременным изменениям нагрузки.

По принципу устройства амперметры и вольтметры делятся на следующие группы:

- 1) с подвижной железной частью,
- 2) с подвижной катушкой,
- 3) соленоидного типа,
- 4) крыльчатого магнитного типа,
- 5) тепловые,
- 6) электростатические,
- 7) астатические,
- 8) с наклонной катушкой,
- 9) динамометрические (с подвижной и неподвижной катушкой).

Кроме того по способу пользования приборы делятся на два класса:

1. Переносного типа.
2. Типа для распределительного щита.

Миллиамперметрами или милливольтметрами называются приборы, шкала которых разделена на тысячные доли ампера или вольта.

Вопрос: Опишите прибор с подвижной железной частью.

Ответ: Устройство прибора видно на рис. 83. Стержень N из мягкого железа вращается на своей оси внутри катушки C и удерживается в положении, перпендикулярном к оси катушки постоянным магнитом M . В этом положении указатель P , прикрепленный к стержню, находится на нуле шкалы. При пропускании тока через катушку, создается магнитное поле с силовыми линиями, которые будут проходить

через катушку параллельно ее оси. Силовые линии катушки будут стремиться повернуть стержень оси катушки. Этому усилию будет противодействовать постоянный магнит M , при чем угол отклонения будет зависеть от силы тока, проходящего через катушку, или приложенного напряжения, в зависимости от того, служит ли прибор в качестве амперметра или вольтметра.

Вопрос: Опишите прибор с подвижной катушкой.

Ответ: Такой тип прибора изображен на рис. 84. Прибор состоит из подвижной катушки C , к которой прикреплена стрелка P . Катушка вращается между полюсами магнитов и неподвижным стержнем из мягкого железа. В нормальном положении катушка удерживается двумя спиральными пружинами A , расположенными выше, и ниже железного стержня. Подвод тока к катушке C происходит через спирали.

С увеличением силы тока или вольт (если прибор служит в качестве вольтметра), угол отклонения прибора будет возрастать.

Вопрос: Чем отличается обмотка амперметра от обмотки вольтметра?

Ответ: Катушка амперметра состоит из нескольких витков толстой проволоки (для того, чтобы иметь возможность пропускать тока большой силы). Катушка же вольтметра выполняется из тонкой проволоки и имеет большое число витков. Сопротивление амперметра таким образом незначительно, сопротивление же вольтметра весьма велико.

Вопрос: Почему катушка вольтметра делается большого сопротивления?

Ответ: По закону Ома сила тока в данной цепи равна напряжению у зажимов, деленному на сопротивление цепи. Вот почему в прибор включенный параллельно будет заходить сила тока пропорциональная изменениям напряжения у его зажимов и он сможет служить вольтметром. Однако, для того, чтобы в него не заходила слишком большая сила тока, т.е. для того, чтобы он не брал на себя большое количество энергии, сопротивление его делают, по возможности, большим, беря для катушки очень тонкую проволоку с большим количеством витков.

Вопрос: Каким образом амперметры включают в цепь?

Ответ: Последовательно в цепь или же с ответвлением в виде шунта.

Вопрос: От чего зависит способ включения?

Ответ: Если сечение провода обмотки прибора достаточно, чтобы пропустить весь ток, амперметр включается последовательно в цепь, как указано на рис. 85.

Если же сечение проводника катушки прибора мало, то прибор включается ответвленно от шунта малого сопротивления (*S* на рис. 86), благодаря чему через прибор будет проходить малая часть тока.

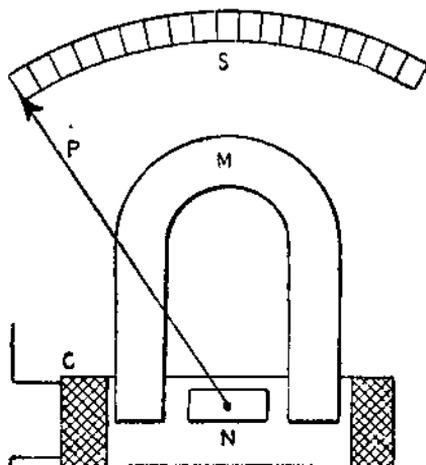


Рис. 83.

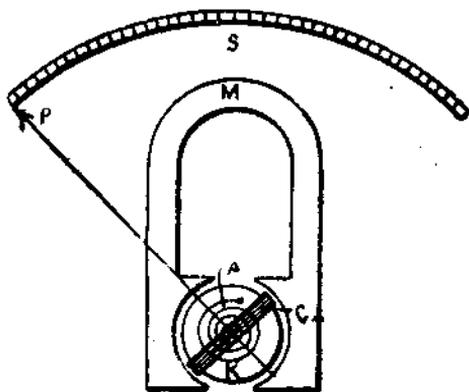


Рис. 84.

Рис. 83. Электромагнитный прибор. Главные части прибора: *N*—пластинка из мягкого железа, *M*—постоянный магнит, *P*—стрелка-указатель, *S*—шкала. Ток, проходящий через катушку, стремится повернуть магнитную пластинку; этому усилию противодействует магнитное поле постоянного магнита.

Рис. 84. Прибор с подвижной катушкой. Главные части прибора: *A*—спиральная пружина, *O*—катушка, *K*—стержень из мягкого железа, *M*—постоянный магнит, *P*—указатель, *S*—шкала. Катушка, когда через нее проходит ток, стремится повернуться и этому усилию противодействует магнитное поле постоянного магнита.

Подвижная часть состоит из катушки, стрелки и противовеса. Чтобы точно регулировать натяжение пружины, чтобы опустить ее или натянуть, если она ослабла от работы, служит регулятор, которым стрелка приводится к нулю.

Вопрос: Какое сопротивление должен иметь шунт амперметра?

Ответ: Амперметр должен быть так устроен, чтобы через его катушку проходила строго определенная часть тока. При наличии шунта току предоставляется два пути через шунт и через амперметр, по которым ток распределится обратно про-

порционально их сопротивлению. Исходя из этого соображения, зная сопротивление амперметра и максимальную силу тока, которую он может допустить, подбирают сопротивление шунта. Шкалу прибора соответствующим образом градуируют на величину всего тока идущего по цепи.

Вопрос: Как присоединяется вольтметр?

Ответ: Вольтметр присоединяется всегда к двум точкам, разность напряжений между которыми надо измерить.

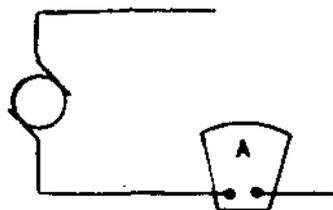


Рис. 85.

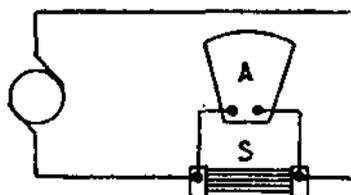


Рис. 86.

Рис. 85—86. Схема непосредственного и шунтового включения амперметра. Если амперметр рассчитан на весь ток, он включается как указано на рис. 85; если же прибор рассчитан на меньший ток, он включается при помощи шунта, согласно рис. 86, отчего только определенная часть тока проходит через прибор, остальная же часть проходит — через шунт.

Шунты для токов большой силы включаются последовательно в главный провод сети. Ток от шунта к амперметру подводится тонкими проводами. Падение напряжения в шунте и в соединительных к амперметру проводах незначительно и составляет около 50 милливольт.

Чтобы измерить, напр., напряжение между двумя точками *A* и *B* цепи (рис. 87) один конец вольтметра присоединяется

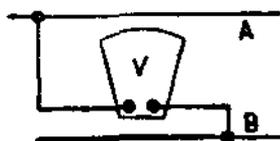


Рис. 87.

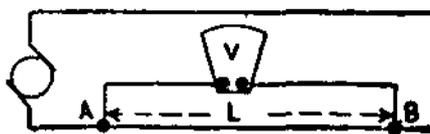


Рис. 88.

Рис. 87. Включение вольтметра для измерения напряжения в цепи. Вольтметр включается параллельно в цепь, напряжение которой нужно определить.

Рис. 88. Включение вольтметра для измерения падения напряжения на определенной длине провода, например, на участке *AB*. Вольтметр включается параллельно в двух точках разность напряжения, в которых нужно измерить.

к проводу *A*, второй к *B*. Если нужно определить падение напряжения на определенной длине провода *L*, напр., от *A* до *B* (рис. 88), то один конец вольтметра присоединяется

к точке *A*, второй к *B*. Таким же образом находят падение напряжения, напр., у зажимов лампы или какого-либо прибора или же машины.

Вопрос: Какая разница между вольтметром и амперметром?

Ответ: Вольтметром измеряется напряжение тока, амперметром—сила тока. Большинство типов вольтметров представляют особой формы амперметры.

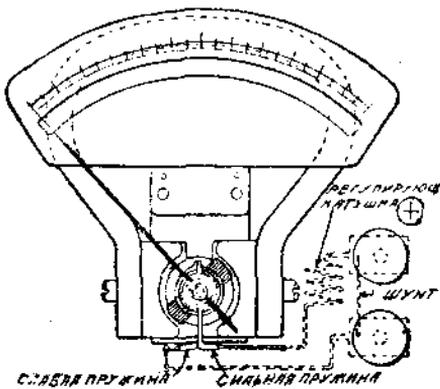


Рис. 89. Амперметр Вестона. Общий вид прибора, включая шунт. Амперметры Вестона дают непосредственные указания и снабжены успокоителем. Метод калибровки прибора состоит в том, что на прибор наносят все главные деления путем сравнения с эталоном. Более мелкие деления между ними на равных расстояниях намечаются уже механически.

Контрольный амперметр Вестона переносного типа снабжается переключателем для изменения пределов измерений. Вместо обычных клемм для включения служат штепсельные вилки, на которые надеваются наконечники, прикрепленные к гибким проводам. Переключатель позволяет легко изменять соединения и переходить от одного предела измерения к другому. В этом случае прибор имеет двойную шкалу.

стержня мягкого железа, который может входить в соленоид. Если пропустить ток через обмотку соленоида, то он будет втягивать в себя с большей или меньшей силой железный стержень, удерживаемый силою тяжести или пружины. Указатель, прикрепленный к втягиваемому железному стержню,

Если соединить последовательно с амперметром, который служит для измерения очень малых токов, большое сопротивление, включив его в тем зажимам, у которых желают измерить напряжение, то ток заходящий в прибор будет пропорционален напряжению у зажимов прибора и шкалу его можно будет калибровать на вольты.

Вопрос: Что значит «калибровать»?

Ответ: Калибровать измерительный прибор значит установить значения его показаний, сопоставляя их с нормальным точным прибором или эталоном.

Вопрос: Опишите амперметр соленоидного типа.

Ответ: Этот прибор (рис. 90) состоит из

показывает соответствующие значения сил тока, нанесенные на шкале.

Вопрос: Какие недостатки приборов этого типа?

Ответ: Они недостаточно точны при малых отклонениях, при чем на показания приборов влияют внешние магнитные поля.

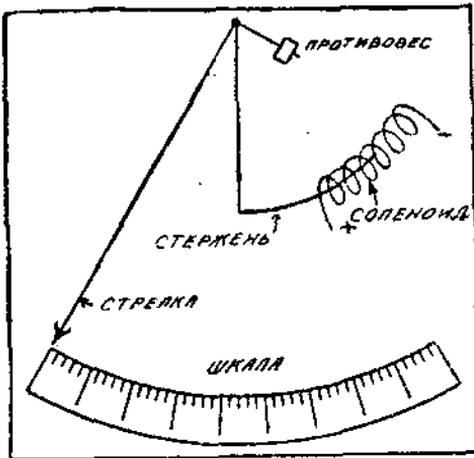


Рис. 90.

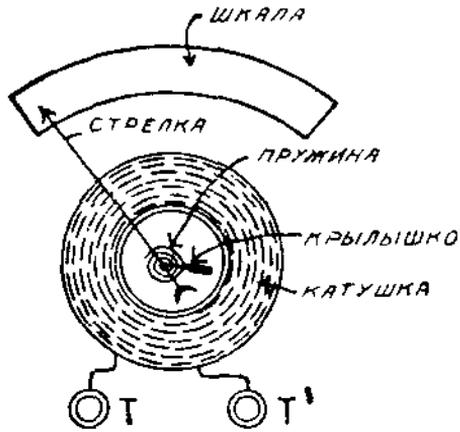


Рис. 91.

Рис. 90. Прибор соленоидного типа. — Ток, который нужно измерить, проходит через соленоид; и создает магнитное поле, которое стремится втянуть якорь из мягкого железа и тем производит перемещение стрелки по шкале. Противодействие перемещению стрелки по шкале оказывает грузик или пружина. Путь, пройденный стрелкой, зависит от величины противодействующей силы, от числа витков катушки и силы тока. Катушка состоит из нескольких витков толстой проволоки, если прибор служит вольтметром. Так как железо имеет всегда остаточный магнетизм, то отклонение стрелки прибора при прохождении слабого тока, после того как через него проходил ток большой силы, будет больше, чем отклонение от того же тока, если он проходил после тока меньшей силы. Точность этих приборов меньше, чем приборов нормальных типов.

Рис. 91. Электромагнитный крыльчатый прибор. Пластинка или крыло мягкого железа может вращаться около оси, расположенной эксцентрично по отношению к катушке, через которую проходит подлежащий измерению ток.

Пластинка и связанная с ней стрелка стремятся повернуться так, чтобы через нее проходило наибольшее число магнитных силовых линий. Этому условию противодействует пружина или аналогичное приспособление.

Вопрос: Опишите прибор электро-магнитно-крыльчатого типа.

Ответ: Прибор состоит (рис. 92) из куска мягкого железа или крыла, прикрепленного к валику, который находится на

в центре катушки, а несколько сбоку. Принцип устройства прибора основан на том, что кусок мягкого железа, находящийся в магнитном поле, если он свободно может перемещаться, стремится стать так, чтобы через него проходило возможно большее количество силовых линий. Если пропустить ток через катушку, то образуется магнитное поле, более сильное внутри катушки (у внутреннего края), в виду чего пластинка (крылышко) будет поворачиваться, преодолевая силу пружины, и будет стремиться стать так, чтобы расстояние между краем катушки и пластинкой было возможно меньше. Стрелка, прикрепленная к крылышку, будет при этом перемещаться по градуированной шкале.

Вопрос: Опишите прибор с наклонной катушкой.

Ответ: Как видно на рис. 92 катушка, через которую проходит ток, монтирована под углом к оси валика, который несет указательную стрелку прибора. Пружина действует на валик и держит стрелку на 0, когда нет тока. Если пропустить ток через катушку, железная пластинка будет стремиться принять такое положение, при котором длинная сторона железного прямоугольника будет параллельна линии магнитных сил, т. е. ось повернется, и стрелка переместится по шкале. Величина отклонения стрелки зависит от силы тока в катушке.

Катушки большого размера обматываются обычно несколькими витками плоской изолированной медной ленты. Приборы эти применяются как для постоянного, так и для переменного тока, но рекомендуются в особенности для переменного тока.

Вопрос: В чем заключаются отличительные свойства тепловых приборов.

Ответ: На приборы такого типа не оказывают влияние внешние магнитные поля. Так как самоиндукция этих приборов незначительна, то они могут применяться как при постоянном, так и переменном токе. Однако, эти приборы имеют и серьезные недостатки: они поглощают больше энергии, чем приборы других типов, они не могут быть построены для очень малых сил тока и их легко пережечь при внезапной перегрузке. Они дают неточные показания при малых токах (ок. нуля), а иногда дают неверные показания и около верхнего предела шкалы.

Вопрос: Опишите конструкцию теплового прибора и как он работает.

Короткая проволока АВ (рис. 93), нагреваемая током, натягивается между двумя постоянными точками горизонтально;

к середине ее прикреплена другая проволока; свободный ее конец закреплен в *b*. К этой последней в точке *c* прикреплена нить, которая огибает блок *R*, вращающийся на оси. Свободный конец нити прикреплен к пружине. На оси блок насажена стрелка, которая движется по шкале. Когда по горизонтальной проволоке пройдет ток, то она нагреется и удлинится. Следствием удлинения проволоки явится ее прогиб, при прогибе же пружина оттягивает вторую вертикальную проволоку, при чем нить вращает блок и стрелку прибора. Чем больше сила тока, тем больше удлинение проволоки и отклонение стрелки.

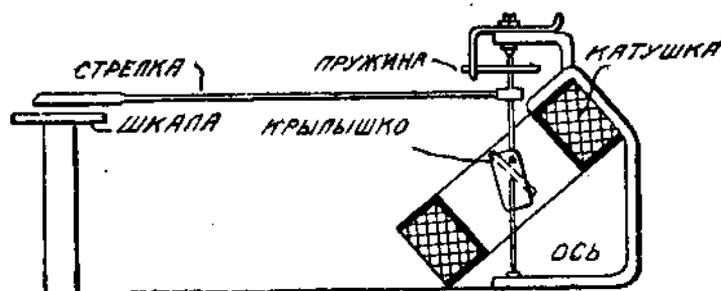


Рис. 92. Амперметр с наклонной катушкой. Инструмент основан на действии магнитного поля, которое создает катушка, при прохождении через нее электрического тока, на железную пластинку. Магнитная катушка, расположенная наклонно к оси, которая несет пластинку, стремится повернуть последнюю так, чтобы она стала параллельно оси катушки. Вольтметр этого типа имеет такую же неподвижную катушку, как и амперметр, но подвижная железная пластинка заменяется катушкой соединенной, последовательно с наклонной катушкой. Противодействие вращению подвижной части инструмента оказывает пружина.

Хотя инструменты эти служат обычно для переменного тока, но ими можно пользоваться и для измерения постоянного тока, соответственно переградировав шкалу. Инструменты обычно снабжаются воздушным успокоителем; кроме того, имеются упоры на случай, если размахи стрелки будут очень значительны. Наклонная катушка прибора устроена так, что крутящий момент достаточно велик, и стрелка становится в свое окончательное положение немедленно при всех изменениях тока, проходящего через инструмент.

Вопрос: В чем заключается принцип электростатических приборов?

Ответ: Принцип электростатических приборов основан на притяжении двух заряженных проводников, между которыми существует разность потенциалов, при чем, если один

из проводников сможет свободно поворачиваться, то он будет притягиваться к другому.

Вопрос: Опишите электростатический вольтметр Кельвина.

Ответ: Прибор этого типа простой формы (рис. 94), состоит из металлического корпуса с двумя хорошо изолированными пластинками, между которыми свободно движется стрелка, имеющая форму восьмерки. Если присоединить стрелку к одному полюсу цепи, неподвижные же пластинки во вто-

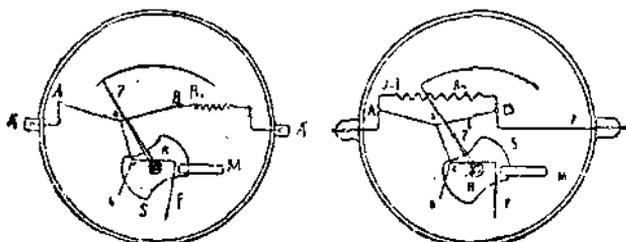


Рис. 93. Схема тепловых измерительных инструментов (амперметра и вольтметра). Действие инструментов основано на удлинении проволоки от нагрева при прохождении через нее тока; *AB*—проволока горизонтально натянутая между точками *A* и *B*. К середине этой проволоки прикреплена вертикальная проволока. К середине же вертикальной проволоки привязана горизонтальная нить, которая перекинута через блок вращающийся на оси. Свободный конец нити прикреплен к пружине *F*. На оси блока насажена стрелка, которая движется по шкале.

При прохождении тока горизонтальная проволока удлинится, вследствие чего увеличивается ее прогиб, при этом пружина оттягивает вертикальную проволоку, и нить вращает блок и стрелку инструмента.

рому полюсу, то стрелка будет притягиваться к неподвижной части и повернется на некоторый угол. Регулирующим винтом, находящимся на нижнем конце стрелки, можно ее так отрегулировать, чтобы ее центр тяжести был ниже точки подвеса. Противодействующей силой в приборе является сила тяжести.

Пределы измерения прибора могут изменяться при помощи грузов подвешенных к стрелке. Увеличением числа пластинок можно иметь прибор, который служил бы для измерения низких напряжений (30 вольт). Прибор с двумя неподвижными пластинками и одной подвижной служит для напряжений от 200 до 20000 вольт. Квадратный лабораторный электромметр служит для измерения частей вольта.

В о п р о с: Что такое добавочные сопротивления к вольтметру?

О т в е т: Дополнительные сопротивления, которые включаются последовательно с вольтметром, чтобы увеличить пределы измерения прибора. Сопротивления обычно заключаются в переносном ящике и должны быть отрегулированы для каждого прибора отдельно, так как добавочное сопротивление должно быть в определенном отношении к сопротивлению прибора.

В о п р о с: Что такое электродинамометр?

О т в е т: Прибор, который служит для измерения силы тока, напряжения или мощности (амперметр, вольтметр и ваттметр). Работа этого прибора основана на взаимодействии двух катушек, через которые проходит ток. Одна из катушек неподвижная, другая подвижная.

В о п р о с: Опишите электродинамометр Сименса.

О т в е т: Главные части прибора указаны на рис. 95. Неподвижная катушка *A* состоит из нескольких витков проволоки, намотанных на вертикальную рамку. Снаружи этой обмотки находится подвижная катушка в несколько или даже в один виток. Подвижная катушка подвешена на тонкой нити и спирали *C* снизу шпалы. Пружина прикреплена одним концом к подвижной катушке, другим концом к крутильной головке *D* (вращением которой плоскости катушек можно установить под соответствующим углом), которая сообщает противодействующее усилие пружине при отклонении подвижной

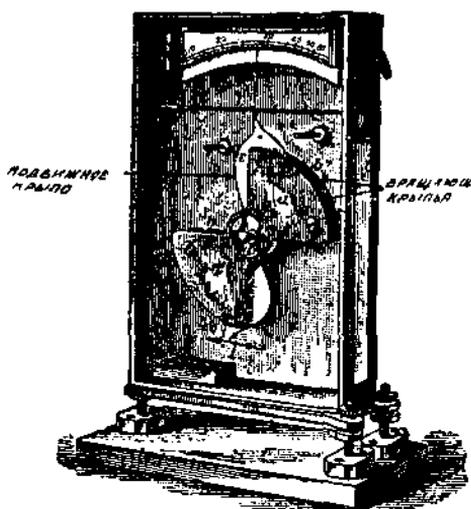


Рис. 94. Электростатический вольтметр. — Изображенный на рисунке прибор служит для измерения высоких напряжений до 200000 вольт. Прибор состоит из неподвижной и подвижной пластинок соединенных с клеммами для подвода тока. Пластины как электроды конденсатора, заряжаются в соответствии с приложенной к ним разностью потенциалов. Подвижная пластинка стремится повернуться, преодолевая сопротивление противовеса. На рисунке *a* и *b* неподвижные пластинки; *c* — подвижная пластинка, соединенная со стрелкой и соответствующим противовесом в нижней своей части.

катушки под влиянием проходящего тока. Концы подвижной катушки погружены в две ртутные чашечки, E и E_1 , расположенные одна над другой, чтобы соединить последовательно обе катушки с источником тока. Стрелки на чертеже указывают направление тока в обеих катушках. Указатель прикреплен к подвижной катушке. Верхний конец стрелки согнут под

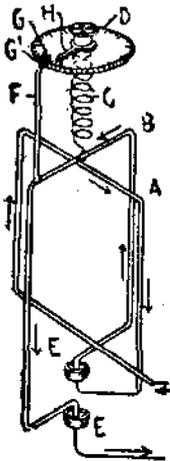


Рис. 95.

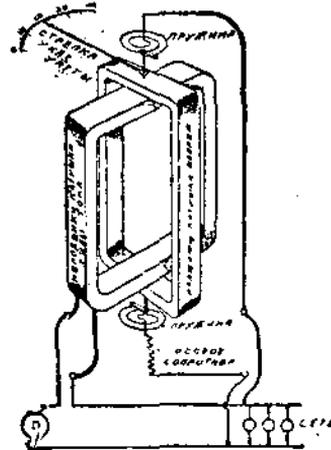


Рис. 96.

Рис. 95. Схема электродинамометра Сименса. Прибор состоит из двух катушек поставленных под углом в 90° так, что при прохождении через них тока возникает крутящий момент, пропорциональный произведению проходящих через них токов.

Это усилие уравновешивается закручиванием спиральной пружины. Сила тока измеряется углом, на который надо повернуть головку подвижной катушки, чтобы привести ее в первоначальное положение. Если прибор служит для измерения тока, обе катушки соединяются последовательно; отклонения в этом случае пропорциональны корню квадратному из силы тока. Если прибор служит ваттметром, то через одну из катушек проходит весь ток, а через вторую весьма малый ток пропорциональный напряжению. Показания прибора в этом случае пропорциональны мощности в цепи.

Рис. 96. Схема включения электродинамометра Сименса служащего в качестве ваттметра.

прямым углом, чтобы стрелка могла перемещаться между двумя упорами G и G_1 . Указатель H прикреплен к крутильной головке и может перемещаться по шкале, Сила кручения пружины уравновешивает стремление вращения обмотки под действием тока.

Вопрос: Объясните как действует электродинамометр?

Ответ: Если пропустить ток, через обе катушки, то подвижная катушка отклонится до упора. Поворачивая крутиль-

ную головку в сторону, противоположную отклонению катушки, мы доводим стрелку до ее первоначального положения, противодействуя стремлению вращения обмотки под действием тока. Угол, на который надо повернуть крутильную головку пропорционален квадрату силы тока. Чтобы определить силу тока в амперах, нужно корень квадратный угла кручения помножить на постоянную величину прибора, которая дается фабрикой, выпускающей прибор.

Вопрос: Каков должен быть электродинамометр, если он служит в качестве вольтметра или ваттметра?

Ответ: Если прибор должен служить вольтметром, то обе его катушки должны иметь большое количество витков, чтобы прибор оказался чувствителен при малой силе тока, и чтобы он смог быть присоединен непосредственно к источнику тока, напряжение которого измеряется. Если прибор должен служить ваттметром, то одна из обмоток, служащая для прохождения главного тока, состоит из небольшого числа витков и из проволоки большого сечения, другая обмотка состоит из большого числа витков тонкой проволоки и служит для присоединения к источнику тока. При таком устройстве взаимодействие двух обмоток будет пропорционально произведению из силы тока на напряжение, т. - е. прибор будет давать показания в ваттах.

Вопрос: Дайте описание счетчика электрической энергии Томсона.

Ответ: Счетчик состоит из 4 основных частей.

1. Электромотора, который приводит во вращение счетный механизм. 2. Динамо-машины или тормоза, которые воспринимают нагрузку. 3. Счетного механизма, назначение которого сводится к непрерывному суммированию мгновенных величин расходуемой энергии. 4. Регулирующих приспособлений.

Вопрос: Как работает мотор счетчика электрической энергии Томсона?

Ответ: Мотор идет с малой скоростью. Так как в магнитном поле нет железа, то ток в якоре не зависит от скорости вращения и для данного напряжения сила тока является величиной постоянной.

Крутящий момент мотора пропорционален произведению из силы тока якоря на силу тока в магнитном поле, т. - е. пропорционален энергии, проходящей через обмотки. Для того, чтобы показания счетчика были правильны необходимо, чтобы скорость мотора была пропорциональна крутящему моменту. Это достигается соответствующей нагрузкой или тормозом, действие которого прямо пропорционально скорости.

Вопрос: Объясните как работает счетчик?

Ответ: Так как ни в якоре, ни в магнитах мотора нет железа, то вопроса магнитного насыщения не приходится при-

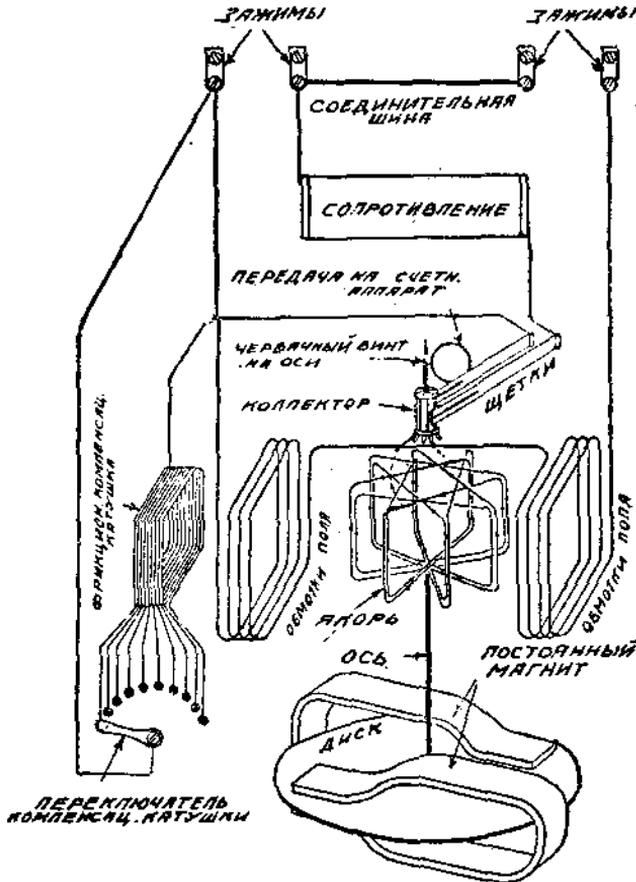


Рис. 97. Схема счетчика сходна со схемой электродинамометра. Благодаря электромагнитному взаимодействию между полями якоря и электромагнитов, якорь получает вращательное движение. Два других основных приспособления счетчика составляют: приспособление для изменения скорости согласно нагрузке и прибор, отмечающий число оборотов якоря. Эти два приспособления составляют соответственно тормозной магнит с диском и счетный механизм. Якорь приводится в непрерывное вращательное движение при помощи коллектора и щеток. Движение якоря передается регистрирующему механизму.

нимать в расчет. Крутящий момент или усилие на оси якоря зависит от произведения напряжения магнитного поля на

силу тока в якоре. Магнитное поле (если нет железа) изменяется пропорционально силе тока в магнитных катушках. Величина магнитного поля, напр., при 10 амперах точно в два раза сильнее, чем при 5 амперах. Сила тока в якоре зависит от вольтажа источника тока, к которому присоединен счетчик, т.-е. якорь счетчика играет роль вольтметра. Крутящий момент таким образом изменяется пропорционально произведению из силы тока в якоре на силу тока в магнитах, другими словами, пропорционально нагрузке в ваттах и, если пренебречь трением, то скорость вращения будет прямо-пропорциональна крутящему моменту. Токи, которые наводятся в диске якоря, это вихревые токи (токи Фуко), которые и циркулируют в массе диска.

Установка счетчиков.—Различные типы счетчиков могут отличаться сильно друг от друга как деталями конструкции, так и общими принципами устройства. Фабрики, изготовляющие эти приборы обычно дают детальную инструкцию для установки. Установка должна производиться во всем согласно инструкции, но следующие условия являются общими для всех типов приборов.

1) После распаковки прибора, до открытия крышки или кожуха прибора, нужно его аккуратно очистить, удалив пыль, стружки и прочие посторонние предметы.

2) Счетчик должен быть установлен в таком месте, где он может быть неподвижен—где не будет дрожания. Если такое место выбрано, к стене прикрепляется гвоздями или болтами доска, которая по размерам должна быть несколько больше, чем основание счетчика и к доске подвешивают счетчик за верхнюю петлю.

3) Подвесив прибор, открывают крышку, и если необходимо, то приводят в порядок механизм согласно инструкции фабрики, изготовившей прибор.

4) Для правильной работы, счетчик должен быть установлен по отвесу, так, чтобы ось прибора была вертикальна и горизонтальные плоскости якоря и тормозного диска были строго по уровню. Указания на то, что счетчик не идет при слабой нагрузке, почти всегда происходят от того, что счетчик поставлен не по отвесу.

5) Присоединяя счетчик к сети следует обратить внимание на то, чтобы не изменить полярности его, т.-е., чтобы положительный полюс сети был соединен с положительной клеммой счетчика, чтобы счетчик давал верные показания и был достаточно чувствителен при слабой нагрузке. Присоединение счетчика к сети следует производить в точности по схеме, прилагаемой к нему.

6) Если щетки у счетчика искрят в момент трогания его, то это указывает на то, что коллектор загрязнен и следует его очистить, плотно прижав узкую бумажную тряпку в 5—6 мм ширины.

7) Счетчик никогда не должен оставаться с открытой крышкой, даже в испытательной лаборатории или на станции. Для долговечной и правильной работы счетчик должен содержаться в чистоте.

Как проверить счетчик? — Проверка счетчика (идет ли он слишком скоро или слишком медленно) может быть произведена следующим образом.

1) Включаются лампы или другие приемники энергии и отмечается показание счетчика, а также точно время.

2) Включают насколько возможно быстро одну десятую часть всех ламп и дают им гореть около двух часов.

3) Спусти два часа выключают все лампы настолько быстро, насколько это возможно и отмечают показание счетчика.

Разница между показаниями укажет расход энергии за два часа.

Если количество энергии, которое за это время должно было бы быть израсходовано по мощности ламп, больше, чем показывает счетчик, то счетчик идет слишком медленно. в обратном случае—слишком скоро.

Результаты, полученные таким способом, только приближительные, в виду неодинакового расхода энергии на лампу разных фабрик, непостоянства вольтажа, а также в виду того, что продолжительность службы ламп неизвестна. Поэтому, если разность между показаниями счетчика и величиною, полученной подсчетом, будет в пределах 5%, т.-е. $\frac{1}{20}$ всей поглощаемой энергии, то нужно полагать, что показания счетчика правильны. Лучше всего, однако, при проверке счетчика включить в его цепь амперметр и вольтметр, произведение показаний которых на время испытаний должно дать работу зарегистрированную счетчиком за этот промежуток времени.

Вопрос: Как очистить загрязнившийся коллектор счетчика?

Ответ: Путем протирания полоской мягкой бумажной тряпки.

Измерения.

Измерение напряжения.—Электродвижущая сила есть причина, которая вызывает прохождение электрического тока в замкнутой цепи. Она аналогична водяному напору. Разность

потенциалов соответствует разности уровней. Электродвижущая сила не зависит от сопротивления цепи и тождественна с разностью потенциалов или падением напряжения между

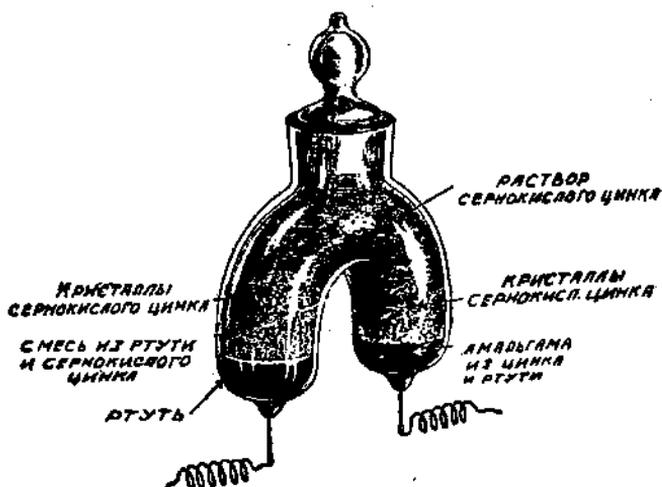


Рис. 98. Элемент Кларка — служит эталоном международного вольта. Положительным электродом элемента служит ртуть, отрицательным — амальгамированный цинк. Электролит состоит из насыщенного раствора цинкового купороса и сернистой ртути. Напряжение элемента 1,434 вольта при 15° С; при температурах от 10° С до 25 напряжение уменьшается на 0,00115 вольта, при увеличении температуры на 1° С. Стеклообразный сосуд элемента состоит из двух колен, закрытых снизу и соединенных сверху в одну общую горловину, снабженную стеклянной притертой пробкой. Диаметр колен сосуда делается не менее 2 см., а длина не менее 8 см. Горло общей трубки диаметром не менее 1,5 см. В основании каждого колена впадины в стекле платиновые проволоки диаметром около 0,4 мм. Для зарядки элемента в одно колено вливается ртуть, а в другое — горячая амальгама, состоящая из 90 частей ртути и 10 частей цинка. Платиновые проволоочки должны быть полностью закрыты в обоих коленах сосуда соответственно ртутью и амальгамой. На ртуть накладывается слой в 1 см. толщины пасты из сернистой ртути и цинкового купороса. Как паста, так и цинковая амальгама покрываются сверху слоем кристаллов цинкового купороса толщиной в 1 см. Весь сосуд заполняется насыщенным раствором цинкового купороса, затем закрывается стеклянной пробкой почти до соприкосновения с жидкостью, оставив только зазор для расширения последней при повышении температуры. Перед тем как окончательно заткнуть пробку, ее край смачивается раствором шеллака в спирте.

двумя точками или между двумя зажимами гальванического элемента.

Если напряжение элемента, измеренное при открытой цепи при помощи статического вольтметра, составляет

2 вольта, то в замкнутой цепи мы будем иметь потерю напряжения во внутреннем сопротивлении элемента, при чем напряжение между зажимами будет меньше общего напряжения. Статический вольтметр, как не замыкающий цепь, дает общее напряжение.

Вопрос: Какая неточность имеет место при измерении напряжения элемента обыкновенным вольтметром?

Ответ: Так как измерение производится при замкнутой цепи, то показание прибора не дает общего напряжения элемента.

Разница, однако, будет весьма незначительна, потому что сопротивление вольтметра обычно очень велико, сила же тока в приборе чрезвычайно мала, и потому потерей напряжения в элементе можно пренебречь.

Вопрос: Что такое вольт?

Ответ: Электродвижущая сила, которая, будучи приложена к проводнику, сопротивление которого равно одному ому, дает ток в 1 ампер. Э.Д.С. эта с достаточной для практики точностью равна, 0,7 электродвижущей силы элемента Кларка при 15° С.

Измерение силы тока.—Для сравнения токов по силе между собой надо принять какой-нибудь ток за единицу. Под выражением «сила тока» подразумевается количество электричества, которое протекает в цепи в единицу времени. За единицу силы тока принимается 1 ампер, т.-е. ток, который при прохождении через раствор азотно-кислого серебра выделяет 1,118 миллиграмм чистого серебра в секунду.

Вопрос: Сколько меди или цинка выделяется одним ампером в секунду?

Ответ: 0,3286 миллиграмма меди или 0,3386 миллиграмма цинка.

Вопрос: Какая разница между ампером и кулоном?

Ответ: Кулон—единица количества электричества; ампер—единица силы тока. Кулон есть количество электричества, которое проходит через поперечное сечение проводника и выделяет 0,118 миллиграмма серебра не в зависимости от времени при токе в 1 ампер. Ампер же есть такая сила тока, при которой в каждую секунду проходит в цепи по 1 кулону электричества. Другими словами кулон есть ампер—секунда (см. рис. 99—100).

Вольтметр.—Вольтметр—это электролитический прибор, служащий для измерения силы тока, проходящего через него, по количеству веществ разложившихся химически под действием тока. Вольтметры бывают двух типов:

- 1) Вольтметры — по весу.
- 2) Вольтметры газовые — по объему.

Вопрос: Какая разница между этими двумя типами вольтметров?

Ответ: В первом сила тока определяется по весовому количеству металла или воды, которое разложилось за опре-

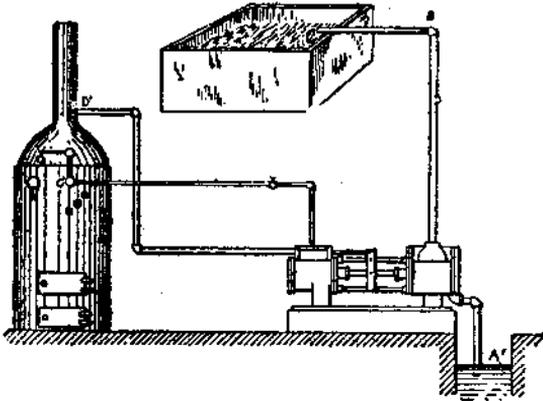


Рис. 99.

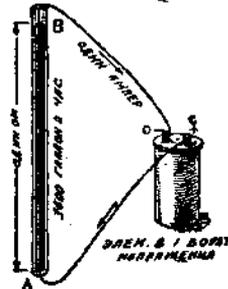


Рис. 100.

Рис. 99—100. Схема, поясняющая примером из гидравлики разницу между ампером и кулоном. Если сила тока согласно рис. 100 будет в 1 ампер, то количество электричества, которое пройдет через каждое сечение цепи в час составит $1 \times 60 \times 60 = 3600$ кулонов. Понятие течения тока по рис. 100 может быть сопоставлено с подачей воды насосом по рис. 99. Если принять, что насос подает за один ход 1 литр воды и делает 60 ходов в минуту, то количество воды поданной насосом в час (соответствует кулонам по рис. 100) будет $1 \times 60 \times 60 = 3600$ литров.

Если провести аналогию дальше, то по рис. 100 требуется один вольт, чтобы заставить пройти ток в 1 ампер между зажимами *A* и *B*, в которые включено сопротивление в 1 ом.

По рис. 99 котел должен дать пар, который произвел бы на поршень насоса такое давление, чтобы он преодолел сопротивление трубопровода и подавал бы воду с нижнего уровня *A* до уровня *B*. Разность уровней между *B* и *A* соответствует разности напряжений между *A* и *B*. Элемент дает электродвижущую силу, необходимую, чтобы заставить ток протекать по проводнику и при этом поддерживать разность напряжений между его клеммами *C* и *D*; аналогично тому как котел дает движущую силу, чтобы поднимать воду с уровня *A* до уровня *B* и поддерживать разность давлений в паровой трубе *C* и выхлопной трубе *D*.

деленное время при прохождении тока, во втором — по объему выделившегося газа.

На рис. 101 приведен вольтметр по весу.

Вопрос: В каком состоянии должны быть пластины вольтметра по весу до начала работы прибора?

Спутн. электромонт.—I.

Ответ: Пластины должны быть чисто отполированные наждачной бумагой и промыты затем водой. Не следует касаться пальцами частей, где будет осаждаться металл.

Вопрос: В чем состоит устройство серебряного вольтметра, который применялся для измерения ампера?

Ответ: Серебряный вольтметр должен быть устроен следующим образом:

Платиновый катод, на котором должно осаждаться серебро, имеет форму шаровидной чашки диаметром не менее 10 см, глубиной 4 до 5 см.

Анод — диск или пластинка из чистого серебра поверхностью ок. 30 кв. см толщиной от 2 до 3 см. Анод поддерживается горизонтально в жидкости вблизи поверхности раствора серебряным стержнем, проходящим через его центр.

Чтобы частицы серебра, отделяющиеся от анода вследствие его раз'едания не попали на катод, анод обертывается чистой фильтровальной бумагой и соответственно закрепляется.

Жидкость представляет нейтральный раствор чистого азотно-кислого се-

ребра, содержащий 15 частей азотнокислого серебра и 85 частей воды.

Закон ома и сопротивление в один ом.—Различные описанные ниже измерения основаны на следующей зависимости между током, напряжением и сопротивлением, установленной Омом в 1827 году. Применяя один и тот же проводник, Ом установил, что сила тока не только зависит от напряжения, но и прямо ему пропорциональна.

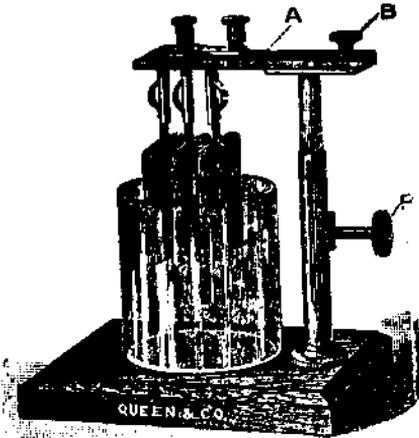


Рис. 101. Вольтметр для определения силы тока по весу металла, осадившегося в течении определенного промежутка времени. Две боковые соединенные между собой пластины служат анодом, средняя же пластина служит катодом. На катоде происходит осаждение металла с двух сторон. Винт *P* служит для регулировки степени погружения электродов в электролите. Чтобы определить неизвестную силу тока, пропускают его через вольтметр и делают число, показывающее на сколько увеличился вес катода на число секунд, в течении которого ток проходил через прибор; полученное частное множится на вес металла, который отлагается одним ампером в течение одной секунды.

Хотя закон Ома детально объяснен был в предшествующей главе, но мы для лучшего запоминания повторим еще раз:

1. Ампер = $\frac{\text{вольты}}{\text{омы}}$
2. Вольты = амперы \times омы
3. Ом = $\frac{\text{вольты}}{\text{амперы}}$

Ому, или единице сопротивления, придавались в разное время разные значения. В настоящее время под омом разумеется международный Ом, который предложен был Британской Ассоциацией в 1892 и принят международным конгрессом в Чикаго в 1893 г. Международный ом графически указан на рис. 102.

Эталон сопротивления. — Столб ртути согласно рис. 102 служит официально признанным эталоном, но для сравнения сопротивлений между собой на практике такой эталон неудобен, и потому применяются так называемые вторичные эталоны, которые выполняются с большой степенью точности. Такие эталоны изготовляются из проволоки манганиновой или платиноидной.

Измерение сопротивлений. — Сопротивлением называется препятствие прохождению электрического тока. Согласно закону Ома сила тока уменьшается пропорционально увеличению сопротивления цепи тока. На этом законе и базируются методы измерения сопротивлений.

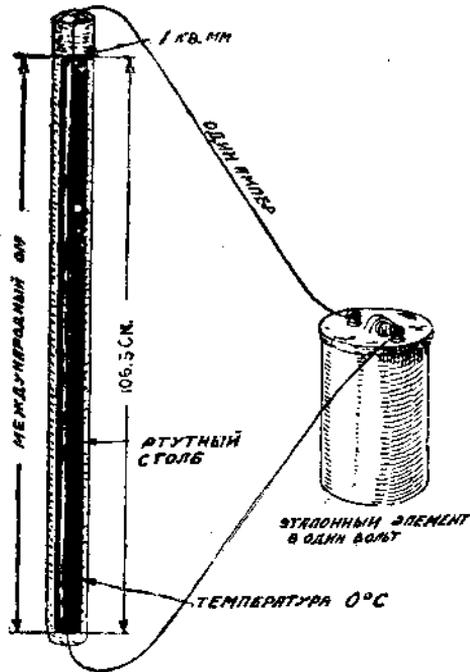


Рис. 102. Международный Ом. Омом называется сопротивление 14,452 граммов ртути в форме столба одинакового сечения длиной в 106,3 см при температуре 0° С или, что почти равнозначуще, сопротивление ртутного столба сечением в 1 кв. мм и длиной 106,3 см. На чертеже международный ом представлен графически, внутреннее сопротивление элемента принято равным нулю.

Существуют разные методы, которыми можно определять неизвестное сопротивление, а именно:

1. Метод непосредственного отклонения.
2. Метод подстановки.

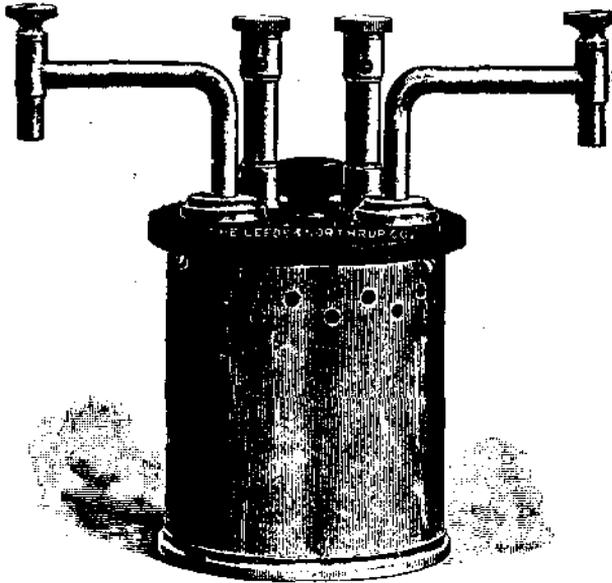


Рис. 103. Эталон сопротивления — международный ом (модель, принятая германским правительством) отрегулирован для температуры 20°C . Эталоны малого сопротивления делятся на две группы: 1) эталоны, которые служат в первую очередь как эталоны сопротивления; 2) эталоны, которые предназначены для измерения электрического тока. Первая группа часто применяется для измерения токов в пределах их измерительной способности. Оба эталона снабжены клеммами тока и напряжения. Подводящие клеммы находятся на некоторой высоте, чтобы эталон можно было погрузить в масло. Если эталон применяется как сопротивление, то при точных измерениях сила тока в нем не должна превосходить 1 ампера, при эталоне, служащем для измерения тока, сила тока может быть в 2 или 3 ампера, точность при этом будет несколько ниже.

3. Метод разности потенциалов.
4. Метод дифференциального гальванометра.
5. Метод падений напряжений.
6. Метод вольтметра.
7. Метод мостика Уитстона.

Метод непосредственного отклонения.—Этот метод основан на том, что с увеличением силы тока увеличивается отклонение стрелки гальванометра. Этот способ наиболее простой и наиболее часто применяемый.

Для определения искомого сопротивления требуются следующие приборы: батарея, гальванометр, сопротивление, величина которого известна, и переключатель на два направления. Соединения выполняются по схеме рис. 104. Известное сопротивление включается в цепь с гальванометром и замечают отклонение прибора, переключатель ставится затем на второе положение, при котором выключается известное сопротивление, и включается неизвестное сопротивление. Замечается вновь отклонение гальванометра, которое и сопоставляют с первым отклонением.

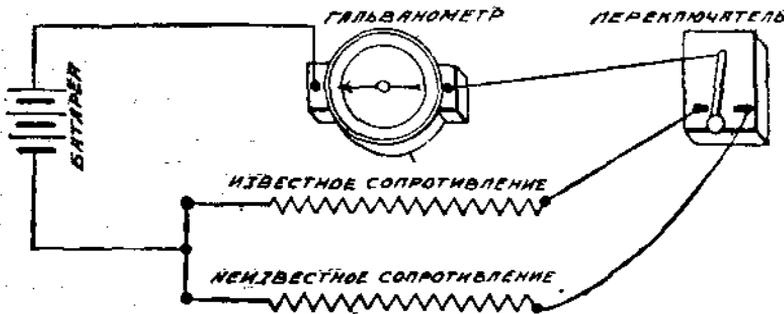


Рис. 104. Метод определения сопротивлений гальванометра по непосредственному отклонению. Наиболее простой и часто применяемый метод. Ток от батареи пропускается в гальванометр через известное и неизвестное сопротивления и наблюдается отклонение стрелки гальванометра в обоих случаях. Если отклонения гальванометра пропорциональны току, то легко вычислять величину искомого сопротивления.

Если отклонения пропорциональны току, то неизвестное сопротивление будет во столько раз больше известного, во сколько раз отклонение при известном сопротивлении больше, чем при неизвестном.

Метод подстановки.—Это наиболее простой метод измерения (рис. 105). Сопротивление, которое нужно измерить, включается последовательно с гальванометром и с источником постоянной электродвижущей силы и замечают угол отклонения гальванометра. Сопротивление, которое подлежит измерению, заменяется затем сравнительным сопротивлением (магазинном), которое и изменяется до тех пор, пока не будем иметь такое же отклонение, которое было ранее. Неизвестное сопротивление и сопротивление реостата будут при этом равны между собой.

Вопрос: Какие сравнительные сопротивления применяются при таких измерениях?

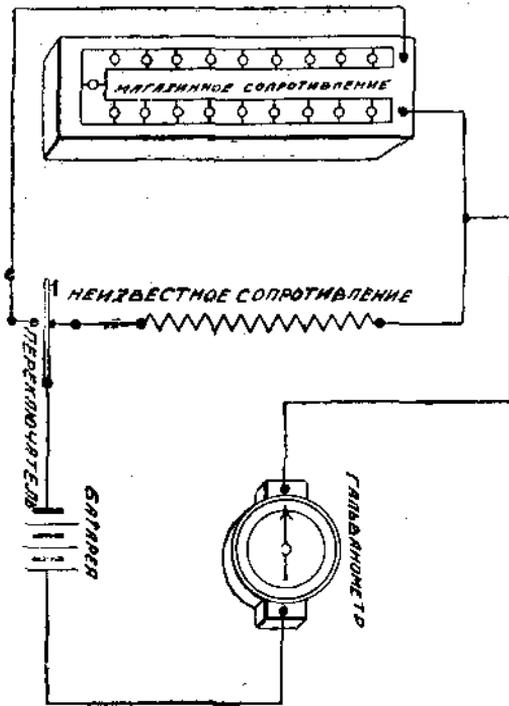


Рис. 105. Метод подстановки для определения сопротивлений. Схема соединений и сами аппараты те же, что и на рис. 105, кроме магазина сопротивлений, который заменяет известное сопротивление в схеме.

При измерении сперва замечают отклонение стрелки гальванометра при прохождении тока через неизвестное сопротивление, затем нажимается ключ и пропускают ток через магазин сопротивлений, при этом сопротивление цепи регулируется таким образом, чтобы отклонение стрелки было почти таким же, как при сопротивлении, величину которого требуется определить. Включая попеременно цепь с измеряемым сопротивлением и цепь с магазином сопротивлений, постепенно отрегулировывают сопротивление последней так, чтобы отклонения гальванометра в обоих случаях были совершенно тождественны. В этом случае сопротивления магазина, сопротивлений и искомого сопротивления будут равны.

Ответ: Магазины сопротивлений.

Вопрос: Опишите магазин сопротивлений.

Ответ: Магазин сопротивления состоит из ящика, внутри которого размещены катушки сопротивлений, концы которых подводятся к медным пластинам (шинам) на крышке прибора. При помощи штепселей (пробок) отдельные сопротивления могут быть короткозамкнуты или включены в цепь и сопротивление цепи может таким образом регулироваться (рис. 106).

Метод падения напряжения. Это весьма простой метод для измерения сопротивления и наиболее применяемый при практической работе напр., на электрической станции, так как для него нужны только амперметр, вольтметр, источник энергии и выключатель, т.-е. аппараты, которые имеются на всякой станции. Схема соединений приведена на рис. 107.

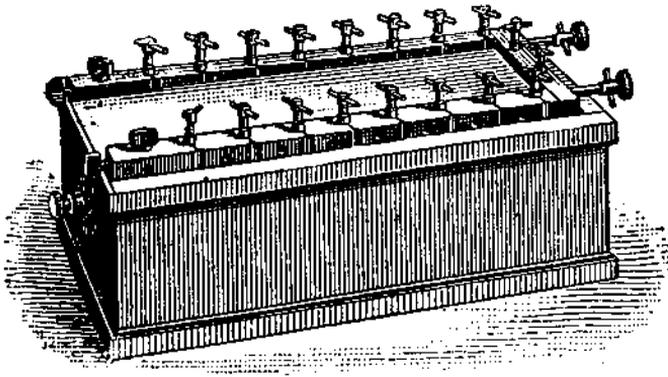


Рис. 106. Нормальный магазин сопротивлений. Магазин содержит комплект сопротивлений, состоящий из изолированной проволоки малой проводимости и низкого температурного коэффициента. Концы сопротивлений присоединены к отрезкам медной шины; отрезки шин соединяются между собой при помощи штепселей, входящих в соответствующие гнезда, которыми коротко замыкается соответствующая катушка сопротивления. При работе, втыкая штепсель, нужно слегка его повернуть, чтобы уничтожить возможное добавочное сопротивление от плохого контакта.

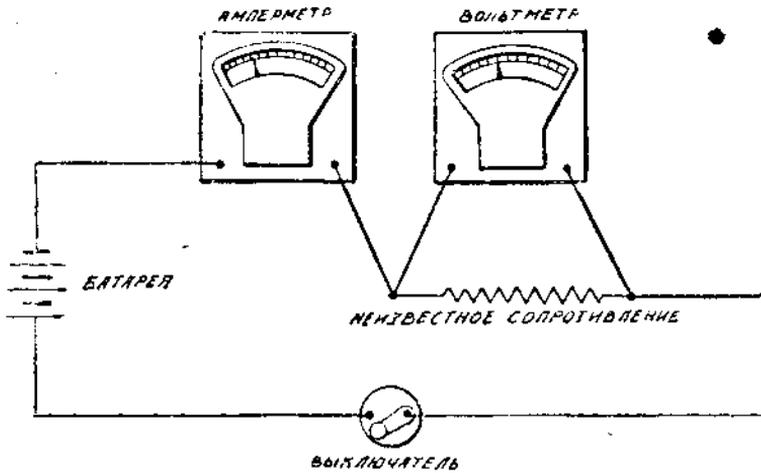


Рис. 107. Метод измерения сопротивлений по падению напряжения. Весьма удобный метод для измерений на электрической станции, так как требуется только приборы, всегда имеющиеся в распоряжении. Сопротивление вольтметра должно быть значительно, в противном случае измерения производятся по схеме фиг. 108.

При измерении одновременно должны быть сняты показания амперметра и вольтметра при чем неизвестное сопротивление вычисляется по закону Ома.

Так как по закону Ома мы имели:

$$\text{амперы} = \frac{\text{ВОЛЬТЫ}}{\text{ОМЫ}} \dots \dots \dots (1),$$

то решая это равенство относительно сопротивления, мы будем иметь

$$\text{ОМЫ} = \frac{\text{ВОЛЬТЫ}}{\text{амперы}} \dots \dots \dots (2).$$

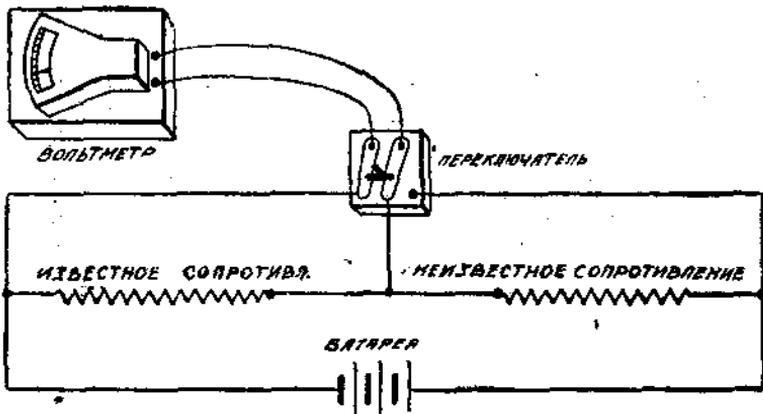


Рис. 108. Метод измерения сопротивлений по падению напряжения. Приборы соединены, как указано на схеме. Производят отсчет показаний вольтметра при включении тока через известное и затем через искомого сопротивление. Сопротивление легко определяется подсчетом по показаниям вольтметра.

Пример: Пусть имеем по схеме рис. 107 показание вольтметра 6 вольт, показание амперметра в 2 ампера. Каково будет неизвестное сопротивление. По закону Ома имеем:

$$\text{Омы} = \frac{\text{вольты}}{\text{амперы}} = \frac{6}{2} = 3.$$

Вопрос: Может ли такое измерение производиться всяким вольтметром?

Ответ: Сопротивление вольтметра должно быть велико, для того, чтобы результаты измерения были правильны.

Метод вольтметра сравнительный — Весьма удобный метод для точного определения сопротивлений как больших, так и

малых. Применяется часто на практике и требует только вольтметра, источника тока, сопротивления известной величины и двухполюсного переключателя.

Соединение приборов производится согласно схеме 108, вольтметр присоединяется в ответвлении к известному и неизвестному сопротивлению C , помощью переключателя отмечают показание прибора в обоих случаях.

Искомое сопротивление определяется из следующего соотношения:

$$\frac{\text{падение напряжения в известном сопротивлении } (E_1)}{\text{падение напряжения в неизвестном сопротивлении } (E_2)} = \frac{\text{известное сопротивление } (R_1)}{\text{неизвестное сопротивление } (R_2)}$$

откуда

$$R_2 = \frac{R_1 E_2}{E_1}$$

Вопрос: Чем можно заменить вольтметр?

Ответ: Гальванометром высокого сопротивления, отклонения которого пропорциональны силе тока. Величины отклонений гальванометра вносятся в вышеуказанную формулу.

Вопрос: Какие меры предосторожности следует принимать для получения точных данных по этому методу?

Ответ: Сила тока не должна быть значительной, чтобы не нагреть сопротивлений; если ток не вполне постоянен, то нужно при каждом измерении сделать несколько отсчетов и взять среднюю арифметическую величину, которую и вносят в подсчет.

Вопрос: Когда получаются наиболее точные результаты измерения?

Ответ: Если известное сопротивление близко к искомому.

Метод дифференциального гальванометра.—Этот метод известен также как метод нуля. Сравнение двух величин достигается тем, что действие одной величины уничтожается противодействием другой. Отсутствие отклонения от нулевого положения указывает на равенство сравниваемых величин.

Измерение производится при помощи дифференциального гальванометра и магазина сопротивления, как обозначено на рис. 109. Ток от батареи разветвляется на два, из которых один проходит по одной катушке гальванометра в сопротив-

ление, которое нужно определить, второе ответвление тока проходит через вторую катушку дифференциального гальванометра в магазин сопротивлений. Если сопротивление магазина сопротивлений будет так подобрано, что окажется равным неизвестному сопротивлению, то стрелка гальванометра не будет давать никакого отклонения.

Вопрос: Как называется этот метод измерения?

Ответ: Методом нуля в отличие от методов отклонений.

Вопрос: Для какого рода сопротивлений этот метод применим?

Ответ: Как метод нуля, он более применим для измерения безиндуктивных, чем индуктивных сопротивлений.

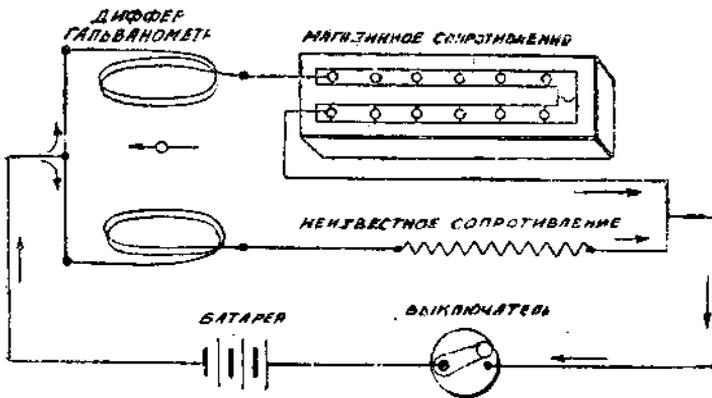


Рис. 109. Метод для измерения сопротивлений дифференциальным гальванометром. Сопротивления магазина сопротивлений подбираются так, чтобы стрелка гальванометра не отклонилась. Сопротивление магазина сопротивлений равно при этом искомого.

Вопрос: Как производить измерение, если сопротивление индуктивное?

Ответ: Надо дать току проходить некоторое время, пока он не получит постоянное значение, благодаря чему будет исключено влияние самоиндукции.

Вопрос: Что можно сказать относительно метода дифференциального гальванометра?

Ответ: При хорошем приборе метод этот является вполне надежным.

Метод вольтметра.—Этот метод состоит в том, что сперва определяют сопротивление, при котором отклонится прибор на одно деление при данной батарее. Затем, пользуясь этой величиной как основной, сравнивают с ней отклонение, ко-

торое дает прибор при той же электродвижущей силе и неизвестном сопротивлении.

При вышеуказанном методе измерения приборы соединяются согласно схемы 110. Переключатель в положении указанном на схеме, соединяет вольтметр прямо с батареей.

Если сопротивление вольтметра будет, напр., 8000 ом и под действием электродвижущей силы батареи он отклонится на 10 делений, то на одно деление прибор отклонится при сопротивлении:

$$8000 \cdot 10 = 80000 \text{ ом.}$$

Если повернем переключатель направо, т.-е. соединим

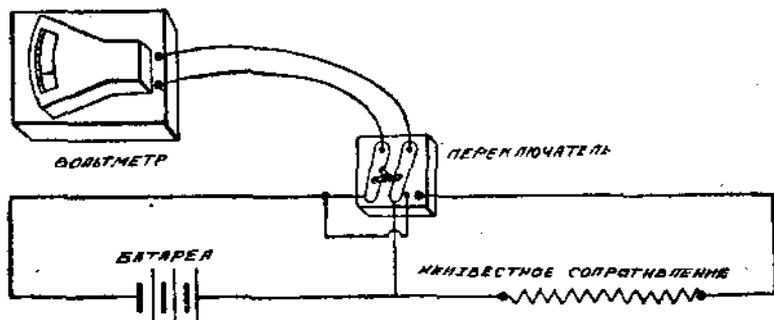


Рис. 110. Метод измерения сопротивлений одним вольтметром. Повернув переключатель влево и отсчитываем число делений на какое отклонится стрелка вольтметра. Если сопротивление вольтметра известно, то расчетом определяем сопротивление, при котором вольтметр отклонится на одно деление. Повернув затем переключатель вправо замечаем вновь показание вольтметра и умножаем это показание на сопротивление в омах, соответствующее отклонению вольтметра на одно деление. Полученное число даёт сумму искомого сопротивления и сопротивления вольтметра. Вычтя сопротивление вольтметра, получим искомого сопротивление.

вольтметр, батарею и неизвестное сопротивление последовательно, то вольтметр даст другое отклонение, напр., 6 делений. Сопротивление вольтметра и неизвестного сопротивления составит при этом

$$80000 : 6 = 13333\frac{1}{3} \text{ ома.}$$

Вычтя сопротивление вольтметра в 8000 ом получим величину неизвестного сопротивления в $13333\frac{1}{3} - 8000 = 5333\frac{1}{3}$ ома.

Вопрос: Для каких измерений наиболее применим метод вольтметра?

Ответ: Для измерения больших сопротивлений, как напр., изоляция проводов и т. п.

Вопрос: Какие токи должны проходить через прибор?

Ответ: Возможно большие, которые допускает шкала вольтметра.

Вопрос: Какой должен быть взят вольтметр и какая желательна сила тока при испытаниях изоляции кабелей?

Ответ: Низковольтный вольтметр и батарея из большого числа последовательно соединенных элементов.

Метод мостика Уитстона.—Этот метод почти исключительно применяется при точных измерениях. Так называемый «Мостик Уитстона» был придуман Кристи (Christie) и неправильно приписывается Уитстону, который только применил этот мостик для измерения сопротивлений.

Мостик состоит из системы проводников, расположенных согласно рис. 111. Ток от батареи постоянного напряжения разветвляется в P на два тока, которые проходят соответственно через M и N и вновь соединяются в Q . Четыре проводника A , B , C и D «плечи» мостика. Пропорциональная зависимость, существующая между сопротивлениями плеч мостика, позволяет определить одно из 4-х сопротивлений, если три других известны. Когда ток из батареи приходит в точку M , его напряжение уменьшается на некоторую величину. При прохождении тока далее по верхней ветви к Q , его напряжение продолжает уменьшаться. Напряжение тока падает также в нижней ветви, а именно, оно падает на некоторую величину прежде в N и затем падает до точки Q . Если N находится на том же пропорциональном расстоянии по сопротивлению между P и Q на нижней ветви, как M находится на верхней ветви между P и Q , то падение напряжения от P до N и от P до M будут одинаковы. Другими словами, если отношение сопротивлений C к сопротивлению D будет равно отношению сопротивления A к B , тогда M и N будут иметь одинаковые потенциалы. Чтобы убедиться, соблюдено ли это условие, чувствительный гальванометр включается в проводник, соединяющий точки M и N ; через эту ветвь ток не будет проходить и, следовательно, гальванометр не будет давать никакого отклонения, когда точки M и N будут иметь одинаковые потенциалы, т.-е., когда все четыре плеча мостика уравновешены и сопротивления их

$$A : C = B : D,$$

Если в этой пропорции три величины, напр., A , B и C известны, то D определяется так:

$$D = \frac{BC}{A}.$$

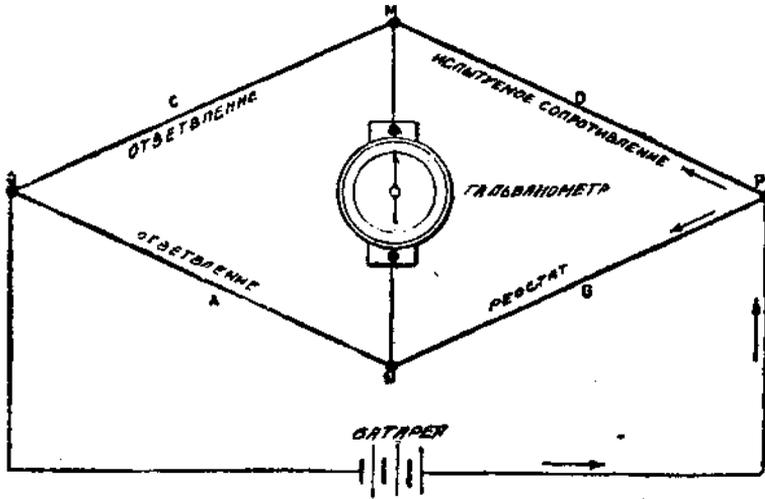


Рис. 111.

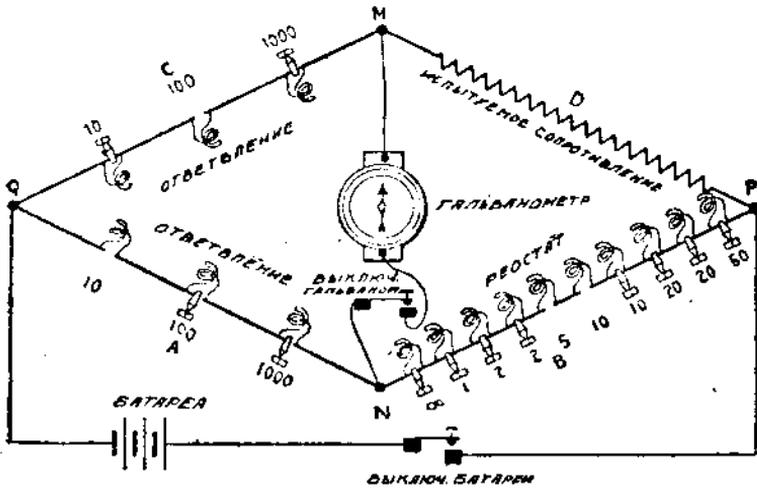


Рис. 112.

Рис. 111—112. Схема соединений и принцип мостика Уитстона; А, В, С и D представляют четыре основных плеча мостика. Ток от батареи разветвляется в точке P; одна часть тока идет по DC другая по BA. Гальванометр, включенный между точками M и N не дает отклонения, если токи в обоих плечах по обе стороны гальванометра равны. Этим свойством мостика пользуются при измерениях. Включения сопротивлений и выключателей указаны на схеме рис. 112. Значения сопротивлений А, В, С и D указаны на схеме.

Если, напр., A и C согласно схемы рис. 111 будут соответственно 10 и 100 ом, а $B = 15$ ом, то D будет равно

$$(15 \cdot 100) : 10 = 150 \text{ ом.}$$

Конструктивная форма мостика Вестона содержит несколько сопротивлений в плечах A и C и полный комплект сопротивлений в плече B . Преимущество такого расположе-

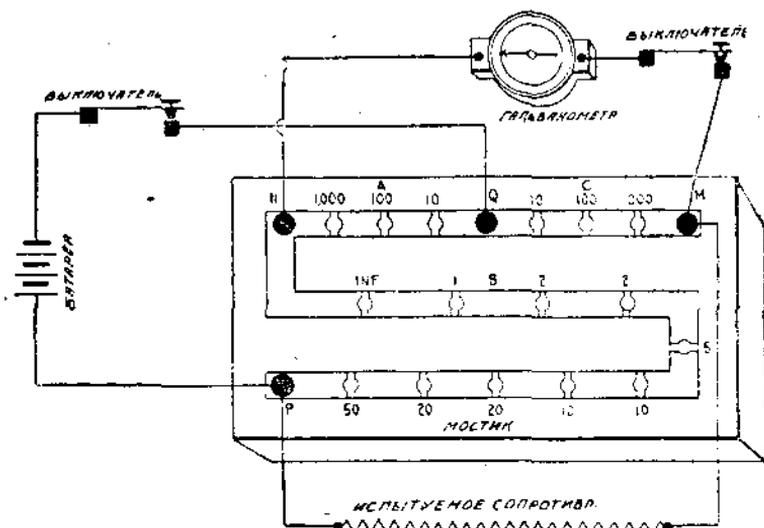


Рис. 113. Схема включения сопротивлений в плечи мостика Уитстона. На практике части мостика расположены не совсем так, как показано на схемах рис. 111 и 112. Эти развернутые схемы приведены были только для большей ясности. Магазин сопротивлений рис. 106 может служить также мостиком, если сделать у него отведения в соответствующих пунктах. Буквы на рис. 99 поставлены те же, что и на схемах рис. 111—112. Чтобы было ясно как пользоваться мостиком, следует сопоставить и сравнить вышеупомянутые три схемы.

ния состоит в том, что выбрав A и C , устанавливают соответствующее отношение между B и D , при чем в большинстве случаев измерение может быть выполнено с точностью до частей ома. На рис. 112 плечи A и C имеют сопротивление в 10, 100 и 1000 ом.

Вопрос: Опишите, как пользоваться мостиком Уитстона?

Ответ: Рис. 113 представляет мостик Уитстона, монтированный в ящике, в котором соединения производятся согласно схеме рис. 111. Сперва нажимается ключ батареи, затем ключ гальванометра. Постепенно подбирая сопротивления,

повторяют включение гальванометра, покуда стрелка его перестанет отклоняться. Искомое сопротивление определяется по сопротивлению других плеч мостика на основании формулы

$$D = \frac{B \cdot C}{A}.$$

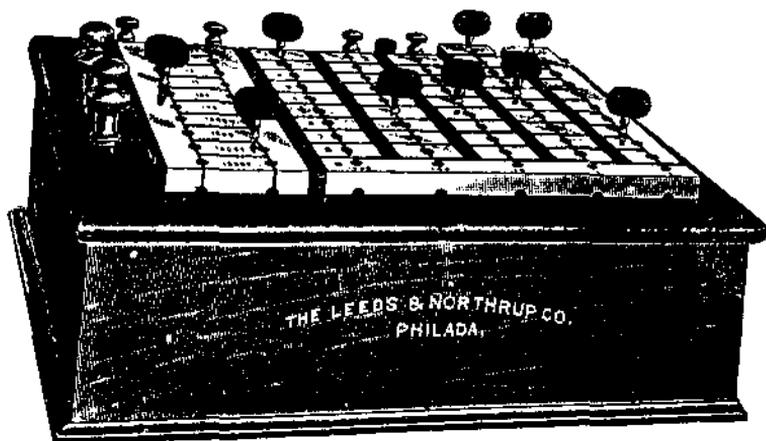


Рис. 114. Нормальный магазин сопротивлений, приспособленный для измерений с мостиком Уитстона. Отношения между плечами мостика следующие: 1, 10, 100, 1000 и 10000. Реостатные сопротивления расположены в 5 рядов по 10 катушек в каждом. Обыкновенный десятичный магазин сопротивлений будет подробно описан ниже (фиг. 101). Сопротивления могут соединяться параллельно или последовательно или в любой параллельно-последовательной комбинации, напр., все десятиомные сопротивления могут быть соединены параллельно для измерения в виде сопротивления в 1 ом. Точность сопротивлений в одну десятую она равняется примерно $\frac{1}{100}$ %, а сопротивлений реостата около $\frac{1}{50}$ %. Отношение сопротивлений катушек составляющих плечи мостика около $\frac{1}{100}$ %. Магазины доставляются вместе с батареями и выключателями гальванометра.

Вопрос: Почему раньше надо нажать ключ от батареи, а затем ключ от гальванометра?

Ответ: Потому что катушка гальванометра может получить значительное отклонение от тока самоиндукции.

Вопрос: Как знать включено ли в плечо мостика слишком большое или малое сопротивление?

Ответ: Стрелка гальванометра отклонится в одну сторону при слишком большом сопротивлении и в другую сторону при слишком малом сопротивлении.

Десятичный (декадный мостик) Уитстона.—По этой системе комбинируются в одном ящике 9 или 10 катушек в 1 ом, 9 или 10—в 10 ом каждая, 9 или 10 катушек в 100 ом и т. д. Каждая серия катушек одной величины называется соответственно декадой. Соединения выполняются как указано на рис. 117 и 118.

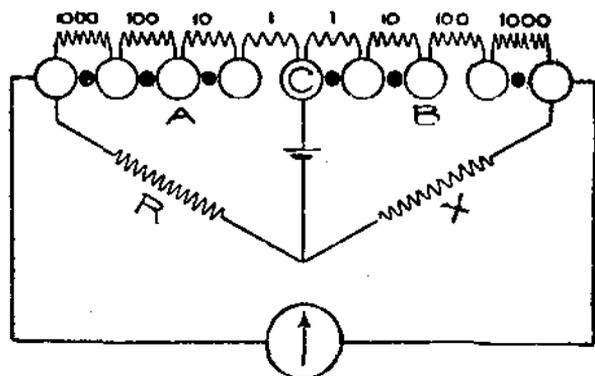


Рис. 115. Сопротивления плеч мостика Уитстона. Хотя каждый магазин сопротивлений, употребляемый вместе с мостиком Уитстона, имеет комплект сопротивлений, которым устанавливается определенное отношение двух плеч мостика, однако, группировать эти сопротивления можно несколькими способами. Так, напр., на рис. 115 приведена наиболее простая система группировки сопротивлений, применяемая в том случае, если не требуется особо высокой точности измерений. Для получения отношения, например, в 1:100 вынимаем по одному штепселю из каждого плеча. Аналогичным же образом получаем отношения $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{10}{100}$ и т. д.

или $\frac{100}{1}$, $\frac{1000}{10}$, $\frac{1000}{100}$ и т. д. Это устройство удобно также в том отношении, что при нем не требуется вынимать большого количества штепселей. Область его применения ограничена тем, что нельзя переменить положение плеч, т. е. заменить плечо *B* плечом *A* и обратно.

Как очевидно из чертежа, любая величина любой декады может быть получена при помощи штепселя, который вставляется между шиной и соответствующей катушкой. Соединив же несколько декад последовательно, можно включить любое сопротивление, заключающееся в пределах прибора, которое и отсчитывается прямо по положению штепселей, при чем нет надобности складывать невключенные сопротивления, как это делается в обычных приборах других типов.

Вопрос: Какие еще преимущества представляет декадная система?

Ответ: При этой системе имеется только один штепсель для каждой декады, который не вынимается совершенно из магазина сопротивлений, так как он включает или какое-нибудь число сопротивлений длинной декады или находится в нулевом гнезде. Штепсель таким образом не может потеряться; кроме того при одном штепселе на декаду гораздо легче проверить контакт штепселя и плотно воткнуть штепсель в гнездо.

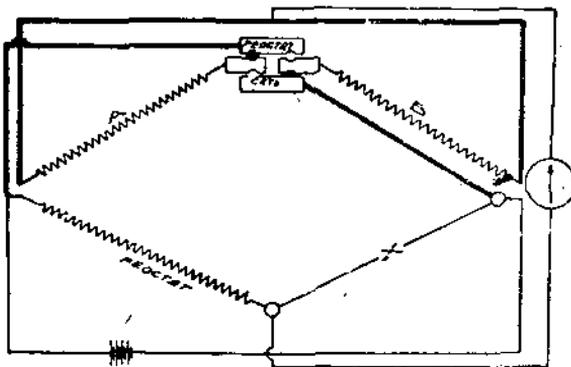


Рис. 116. Метод изменения плеч мостика Уитстона при помощи особых штепсельных гнезд. Устройство согласно этого рисунка нормальное, принятое английским почтовым ведомством. При этой системе требуется только один штепсель, чтобы получить требуемое сопротивление.

В системах, где выключение сопротивлений производится выниманием штепселей, последние все время таким образом производят раздвигающее усилие на медные пластинки, в гнездах между которыми входят штепсели, что и служит причиной порчи прибора. Постоянное применение усилия отрывает медные пластинки от эбонитовой доски, в которой они прикреплены. При декадной системе возможно получить последовательно увеличивающиеся или уменьшающиеся значения, передвигая штепсель по шкале или применив скользящий контакт.

Вопрос: Какая разница между приборами, в которых применяется система «выключения» или «включения» штепселей?

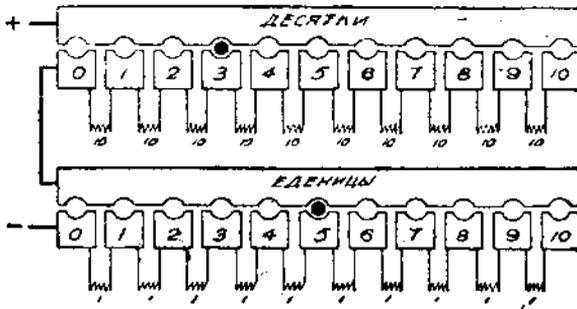


Рис. 118.

Рис. 117—118. Схема десятичной системы группировки сопротивлений. В этой системе отдельные катушки сопротивления включаются последовательно, чем избегается недостаток обычных мостиков, требующи большего количества штепселей для короткого замыкания всех сопротивлений. При этой системе нечего опасаться, что не все штепселя плотно входят в свои гнезда, и отпадает надобность для определения общего сопротивления цепи путем подсчета всех выключенных сопротивлений. Последовательного увеличения сопротивления можно достигнуть девятью или

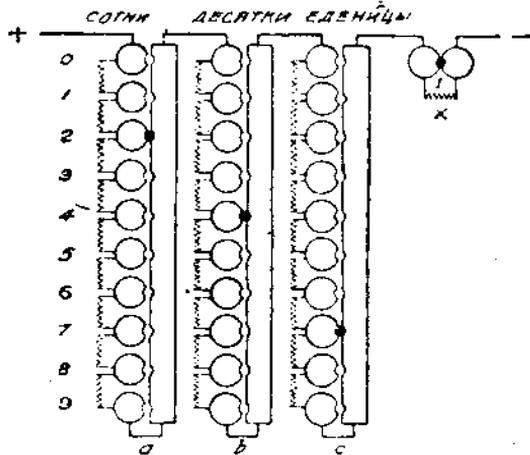


Рис. 117.

десятью сопротивлениями из каждого десятка. Главная причина, почему устраивается десятое сопротивление это легкость, с какой сопротивление целого десятка можно сравнить с одной катушкой сопротивления следующего десятка, что позволяет проверять сопротивления реостата, сравнивая их между собой. Так, десять сопротивлений в 1 ом сравняются с одним сопротивлением следующего десятка в 10 ом, 10 десятичных сопротивлений с сопротивлением в сто ом и т. д. В некоторых десятичных магазинах десять сопротивлений десятка могут быть соединены последовательно или параллельно; в этом случае десять элементов одного десятка, соединенных параллельно, будут равны сопротивлению одной катушки высшего десятка. Это преимущество не имеет существенного значения, в особенности, при скользящем контакте, когда могут ограничиться девятью сопротивлениями в десятке декады, как указано на фиг. 117. По этой схеме сопротивления всегда включены последовательно и цепь никогда не бывает разомкнута. Преимуществом являются также постоянные соединения *a*, *b* и *c*, отчего все сопротивления десятка могут быть включены в цепь простым удалением всех штепселей, вместо того, чтобы их включать как это требовалось бы, если бы не было соединений *a*, *b* и *c*. Далее, если какой-нибудь штепсель дает плохой контакт, то этот недостаток несколько смягчается, так как этот контакт, шунтирован остальными сопротивлениями того же десятка. Благодаря соединениям *a*, *b* и *c*, не имеют также места сильные толчки тока в гальванометре, так как в момент, когда штепсель вынимается, цепь не размыкается.

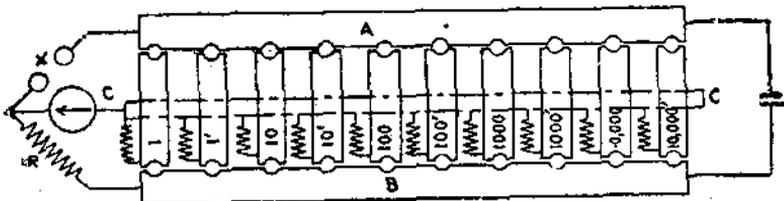


Рис. 119.

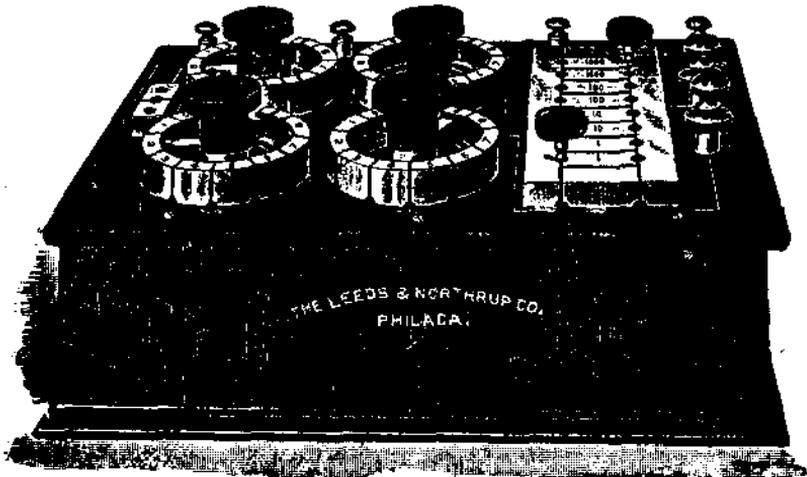


Рис. 120.

Рис. 119—120. Двухштепсельное устройство для включения катушек мостика. Каждая из катушек сопротивления присоединена с одной стороны к общей центральной медной шине *c*, а вторые концы присоединены к отдельным медным пластинкам для каждого сопротивления. Медная шина *B* соединяется с сопротивлением *R*, шина же *A* с искомым сопротивлением *X*. При пользовании прибором требуются только два штепселя. Один штепсель втыкается в гнездо между шиной *A* и одной из пластинок ряда 1, 1¹, 10, 10¹ и т. д., другой штепсель в гнездо между шиной *B* и одной из тех же пластинок ряда 1, 1¹, 10, 10¹. В ряде имеются по две катушки для одинакового сопротивления. Чтобы получить отношение 1000 к 1000¹ втыкают один штепсель между пластинкой катушки с сопротивлением в 1000 и шиной *A*, второй между катушкой сопротивления 1000¹ и шиной *B*. Этим выключается 1000 ом с *X* и *C* и 1000 ом с *C* и *R*. Простые отношения могут быть получены четырьмя различными способами, так как для получения отношения 1.10 можно включить штепсель в следующие гнезда: 1) *A* — 1 и *B* — 10, 2) *A* — 1¹ и *B* — 10, 3) *A* — 1 и *B* — 10¹, 4) *A* — 1¹ *B* — 10¹. Если же применить более двух штепселей, соединяя некоторые элементы сопротивления параллельно или последовательно, можно получить очень большое количество возможных комбинаций балансных отношений. Это устройство позволяет установить степень точности мостика вместе с гальванометром. Если напр., равновесие достигнуто при одноименной катушке в обоих плечах, то можно ом шунтировать 1000 омами с каждой стороны. Отклонение гальванометра будет обнаружиться при этом с точностью $\frac{1}{10}$ от 1⁰/₁₀₀. Можно также шунтировать 100 омами для 1⁰/₁₀₀ и 10000 омами для точности $\frac{1}{100}$ 1⁰/₁₀₀. При двухконтактной балансной системе неточность от контакта штепселя крайне незначительна, так как имеем всего 2 штепсельных контакта. При простом отношении мы имеем ошибку только обусловленной разности сопротивления контактов.

Ответ: В первой системе сопротивление вводят в цепь, вынимая штепсель, как изображено на рис. 112, во второй системе сопротивление вводится в цепь включением штепселя (рис. 117 и 118).

Комплекты для измерений.—Для удобства работы комплект приборов необходимых для измерения комбинируются вместе и монтируются в одном ящике. Такие комплекты

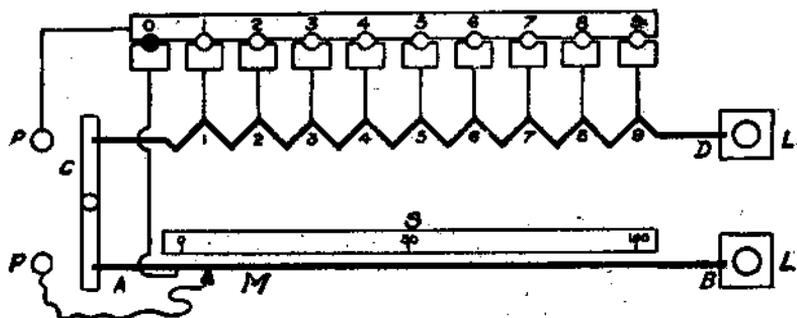


Рис. 121. Схема прибора для измерения малых сопротивлений, построенная по принципу двойного мостика Кельвина. В схеме *AB* представляет массивный проводник из металла большого удельного сопротивления и одинакового сечения и одинакового сопротивления на единицу длины. *CD*— другой проводник также из металла большого удельного сопротивления, но меньшего сечения. Оба проводника серебряным припоем соединяются с массивной медной шиной *AC*; *LL* клеммы токовые — *P.P.* клеммы к батарее. Сопротивление проволоки *AB* между делениями шкалы *S*—0 и 100 равно 0,001 ома. Сопротивление от точки 1 на проводнике *CD* до 0 на *AB* равно тоже 0,001 ома, от точки 2 до 0—0,002 ома и т. д. и от точки 9 до деления 100 на шкале—0,01 ома. Ползунок *M* перемещается по сопротивлению *AB*, и его положение определяется по шкале *S*, разделенной на 100 равных частей; ползун снабжен для точности отсчета нониусом и отсчет производится до тысячных долей. Таким образом, начиная от клемм *P—P* сопротивление может быть отсчитано от 0,001 до 0,1 ома с интервалами в 0,000001 ома.

бывают самого разнообразного вида и формы. Обычно комбинируются в виде комплектов мостик Уитстона, батарея элементов, гальванометр и необходимые ключи.

Измерение методом петли.—Этим методом пользуются для нахождения места заземления телефонной или телеграфной линии, если параллельно с поврежденной линией имеем исправную линию. По этому методу обе линии соединяются между собой в конечном или другом пункте на определенном расстоянии, один конец батареи присоединяется затем в мостик, второй же конец заземляется.

Измерение методом петли может производиться различными способами, напр.

1. Петлей Моррея.
2. Петлей Варлея.
3. Специальной петлей.

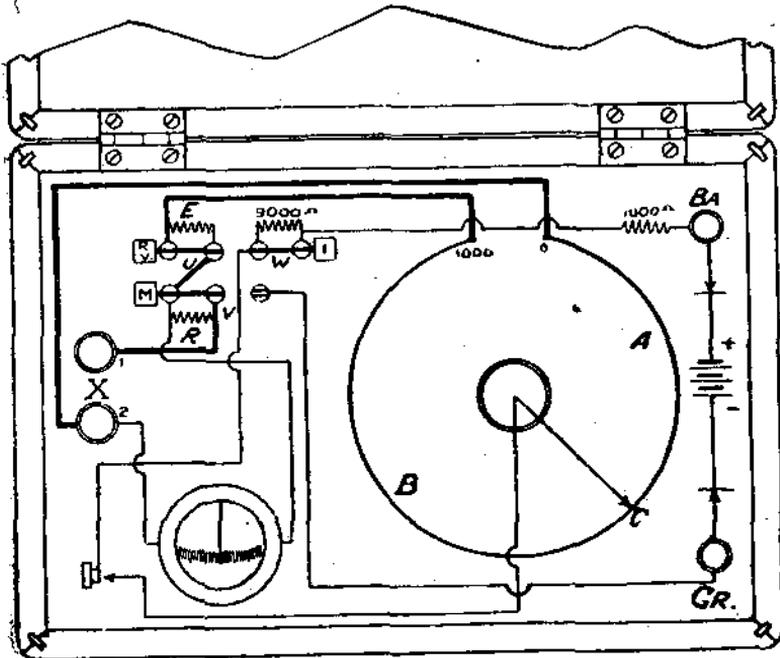


Рис. 122. Схема соединений прибора для нахождения места повреждения изоляции сети. Прибор служит для измерения сопротивлений линий, измерения сопротивления заземления и для обнаружения заземления; если применяется зуммер (индуктор) с телефоном, то он служит также для нахождения места обрыва. Главная часть прибора сопротивление AB около 100 ом одинаковое по всей длине и расположенное по кругу. Контактное приспособление особой конструкции с проволокой AB может вращаться по кругу, разделенному на 1000 частей. Последовательно с ним соединены два сопротивления E и R , которые могут быть коротко замкнуты выключателями U и V . Сопротивление E по величине одинаково с сопротивлением проволоки AB , сопротивление R равно 100 омам и является постоянным сопротивлением при пользовании прибором как мостиком для измерения сопротивлений. Сопротивления в 1000 и 9000 ом присоединены к батарее и служат для защиты батареи и приборов от токов чрезмерной силы. Сопротивление в 9000 ом может быть коротко замкнуто выключателем W .

Петля Моррея.—По этому способу пользуются только одним из двух обычно применяемых плеч мостика, вторым плечом служит реостат мостика, позволяющий регулировать сопротивление в больших пределах.

Схема соединений согласно рис. 128. Измерения производятся следующим образом: не замыкая ключа батареи, замыкают ключ гальванометра и замечают отклонение стрелки гальванометра, если таковое будет; это отклонение может

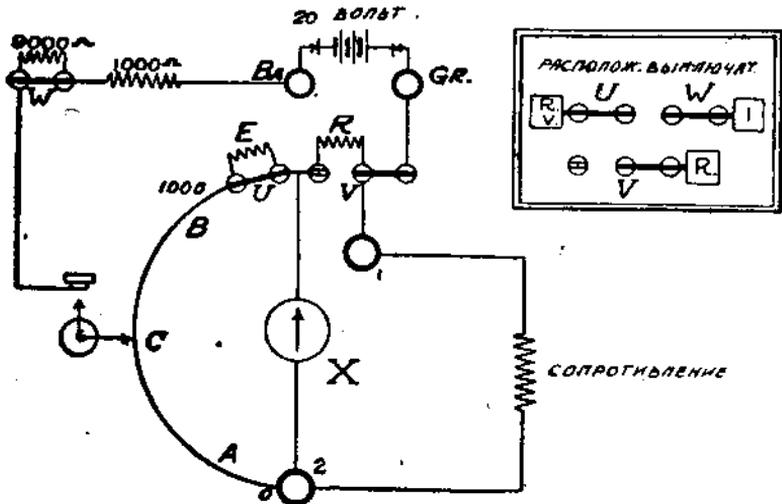


Рис. 128. Измерение сопротивлений при помощи прибора для нахождения поврежденной изоляции. Схема указывает какие должны быть сделаны соединения и в каком положении должны стоять выключатели при измерении сопротивления проводников. Как и в обыкновенном мостике со скользящим контактом сопротивление X между пунктами 1 и 2 определяется по формуле

$$X = \frac{A}{(1000 - A) R};$$

чтобы каждый раз не подсчитывать значения $\frac{A}{1000 - A}$

при приборе имеется табличка, дающая значения $\frac{A}{1000 - A}$ при разных A . Таким образом для определения сопротивления проводника нужно только контакт C привести в положение, при котором гальванометр не дает отклонения и взять из таблицы значение соответствующее положению контакта C , а полученную величину помножить на 100 (значение R). Если пользуются посторонним источником тока, то отключается батарея прибора и внешняя цепь включается в клеммы Gr Bd . Напряжение источника энергии не должно превосходить 110 вольт. При напряжении свыше 25 вольт выключатель W размыкается.

Численный пример. Допустим, что при неизвестном сопротивлении между точками 1 и 2 гальванометр стоит на нуле, когда подвижной контакт находится на делении 387 шкалы. Соответствующее значение $\frac{A}{1000 - A}$ по таблица будет 0,6313, следовательно, $X = 63,13$ ом.

происходить от электродвижущей силы, возникающей от химического действия в месте повреждения. Это отклонение называется «неверный нуль».

Присоединив затем положительный или отрицательный полюс батареи нажатием ключа в цепи батареи, у равнове-

шивают мостик, в соответствии с неверным нулем, сопротивлениями в плечах *A* и *B*. Тогда по формуле мостика Уит-

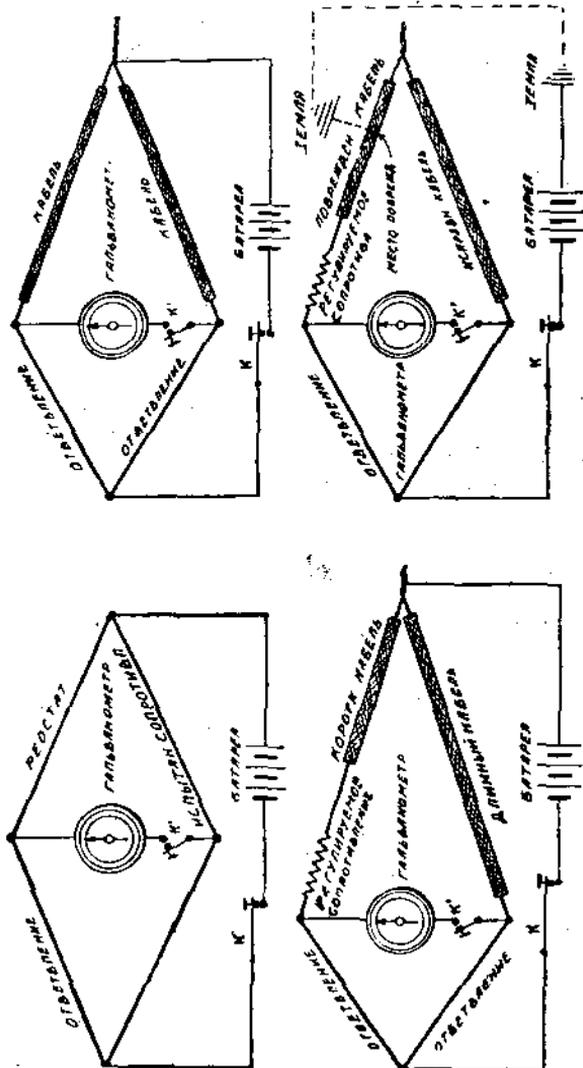


Рис. 124—125.

Рис. 124—127. Схемы применения метода петли Муррея и Варлея рассмотрим мостик Уитстона с равными плечами (рис. 124). При методе петли, остаток мостика заменяется кабелем, неизвестное сопротивление заменяется также кабелем.

Оба кабеля имеют определенное сопротивление на метре длины. Если длины их одинаковы, сопротивления их будут также равны и мостик будет уравновешен. Укоротим теперь один кабель и включим последовательно с ним сопротивление, которое отрегулируем, чтобы уравновесить мостик. Добавленное сопротивление будет одинаково с сопротивлением той части, на какую был укорочен кабель. Таким образом, если нам известно сопротивление 1 метра кабеля, то можно определить на какую длину кабель укорочен. В системе петле Муррея и Варлея цепь батареей вместо соединения проводов замыкается. При петле Муррея схема соединенный аналогична со схемой 126, цепь батареей замыкнута через землю. Рис. 126 со-
ответствует петле Варлея.

Рис. 126—127.

стона имеем $R \cdot X = A \cdot Y$; кроме того имеем $L = x + y$.

Откуда
$$x = \frac{A \cdot L}{R + A} \quad y = \frac{R}{R + A} \cdot L.$$

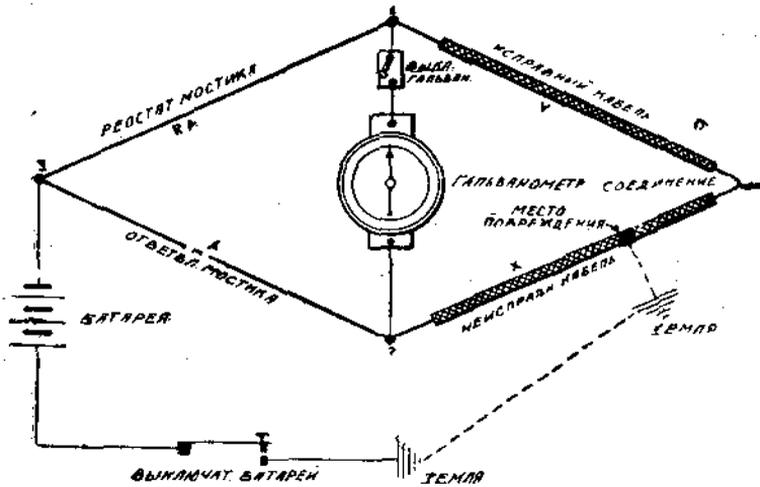


Рис. 128. Измерение Муррея. Соединение приборов производится согласно схеме. Вместо второго плеча для более широких пределов регулирования, выключен реостат мостика X и Y сопротивления кабеля между точками 1 и 2 до места заземления.

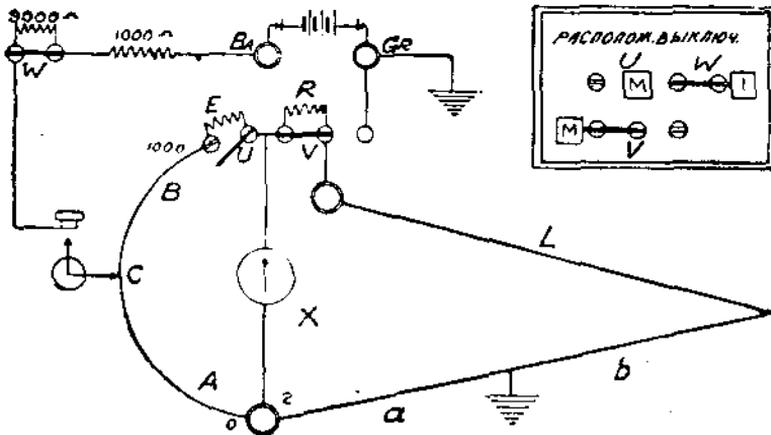


Рис. 129. Нахождение заземления по методу Муррея переносным прибором для нахождения повреждений. Случай I. Допустим, что оба провода обладают одинаковым сопротивлением, и один из них заземлен. Ставят выключатели согласно схеме и соединяют исправный провод с точкой 1 и заземленный провод с точкой 2. Сопротивление E равно сопротивлению АВ. В виду симметричности расположения очевидно, что если бы заземление произошло в точке соединения исправного и поврежденного провода, то контакт O должен бы для равновесия находиться на делении 1000 шкалы, если же заземление произошло на $\frac{1}{2}$ длины поврежденного провода, то контакт O будет на делении 500. Таким образом, если число, обозначающее деление, на котором находится контакт C, разделим на 1000 и частное помножим на общую длину неисправного провода, то получим длину провода от прибора до места повреждения.

Петля Варлея.—По этому способу место заземления телефонной, телеграфной или другой линии находят, пользуясь мостиком Уитстона; петля состоит из поврежденной и целой линии соединенных в конце линии или на определенном рас-

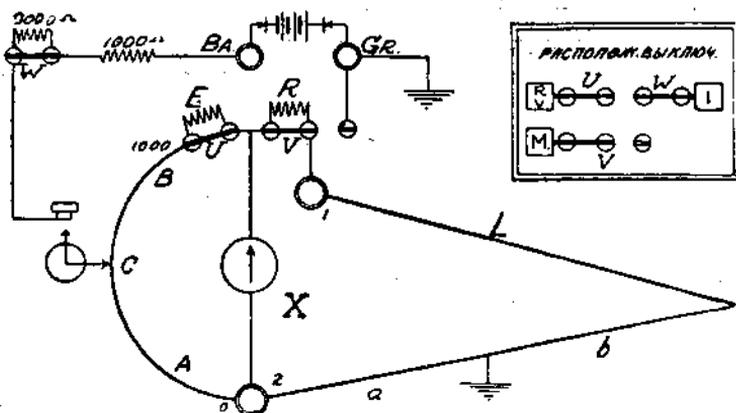


Рис. 130. Нахождение заземления по методу Муррея переносным прибором для нахождения повреждений.

Случай II. Исправный и поврежденный провода неодинаковой длины. Соединения производятся по схеме. Если обозначим через a сопротивление провода до места заземления, сопротивление прибора через r , то при положении подвижного контакта C

при равновесии мостика в точке A имеем $a = \frac{A}{1000} \cdot r$. Расстояние же d до точки повреждения получается, если это выражение разделить на M , где M сопротивление 1 километра провода

$$d = \frac{A \cdot r}{1000 M}.$$

Численный пример. Провод, сопротивление которого на 1 километр равно 10 омам, заземлен. Провод соединен петлей с проводом неизвестного сопротивления и вообще сопротивление петли $r = 54,07$ ом. При соединении согласно схеме скользящий контакт для равновесия мостика находится на делении 332 шкалы. Найти место заземления. Подставляя в вышеуказанную формулу имеем

$$d = \frac{A}{1000} \cdot \frac{r}{M} = \frac{332 \cdot 54,07}{1000 \cdot 10} = 1,78 \text{ км.}$$

стоянии. Один конец батареи соединяется с землей, другой с точкой, где сходятся плечи мостика, дающие отношение сопротивлений.

В плечо с сопротивлением мостика включается последовательным сопротивлением мостика сопротивление линии до места повреждения. Неизвестным плечом служит целый провод и часть поврежденной линии за заземлением. Если мостик

уравновешен, то неизвестное сопротивление определяется простым уравнением.

Соединения выполняются, как указано выше по схеме 131, замыкается затем ключ батареи и производят регулировку сопротивления R , пока мостик не будет уравновешен. Наилучшие результаты получаются, если заземление происходит на отрицательном полюсе, пока не начнется поляризация тока. Если обозначим через x расстояние от точки 2 схемы 385 до места заземления, то

$$x = \frac{L - P}{2}.$$

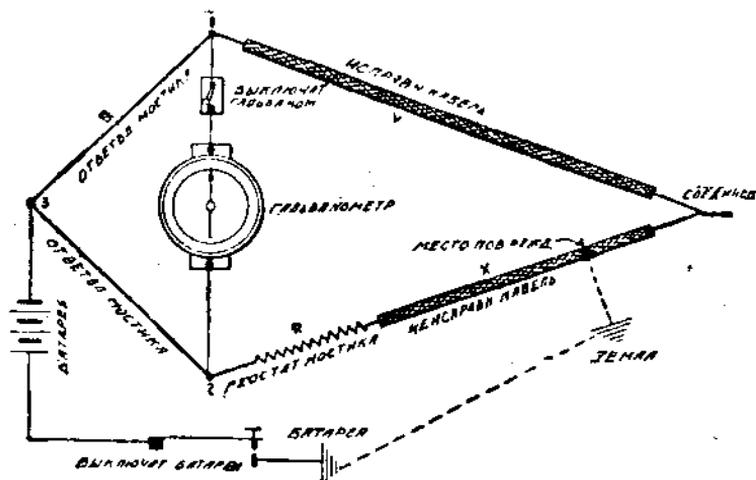


Рис. 131. Измерение методом Варлея. Соединения выполняются согласно схеме; X и Y представляют сопротивления кабеля от места заземления, соответственно до точек 1 и 2. L —общее сопротивление исправного и поврежденного кабеля, равняется $X + Y$.

Определив сопротивление x , делим эту величину на сопротивление 1 км линии и находим место заземления.

Если общее сопротивление исправного провода, который входит в петлю и части поврежденного провода от места соединения с исправным проводом до места заземления меньше, чем сопротивления между станцией и местом повреждения, то сопротивление R включается между точкой 1 и исправным проводником, конец же поврежденного провода соединяется непосредственно с 2. Тогда имеем

$$x = \frac{L + R}{2}.$$

Специальная петля.—Этот метод применяется, когда известна только длина поврежденного провода, и имеются два других провода, которые могут дополнить петлю. При этом не нужно знать сопротивления поврежденного провода, длину и сопротивление двух других проводов. Рис. 133 и 134 дают схему соединения и указывают способ, как производить измерения.

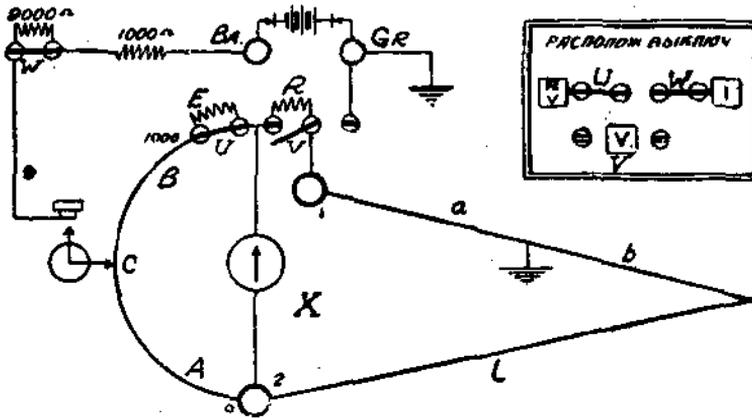


Рис. 132. Применение метода Варлея при пользовании прибором для нахождения повреждений. Заземленный провод присоединяется к клемме 1 и измеряется общее сопротивление петли. Затем ставят переключатель в положение указанное на рис. Пусть a — сопротивление до места заземления; d — это расстояние в километрах; M — сопротивление 1 км. заземленного провода; r — сопротивление петли; R — сопротивление катушки, т. е.

100 ом. Отношение $T = \frac{A}{1000 - A}$ определяется по табличке прибора. Из соотношений мостика Уитстона имеем:

$$a = (r - 100 T) : (T + 1), \text{ откуда } d = (r - 100 T) : (T + 1) M.$$

Численный пример. Провод с сопротивлением 10 ом на километр имеет земляное сообщение. Провод соединен петлей с проводом неизвестного сопротивления. Общее сопротивление петли по измерению 54,07 ома. Соединения выполнены согласно схемы и для равновесия мостика подвижной контакт находится на делении 234. Из таблицы $\frac{A}{100 - A} = 0,3055 = T$.

Подставляя эту величину в вышеуказанную формулу получим

$$d = (54,07 - 30,55) : (1,3055 \times 10) = 1,8 \text{ км.}$$

Пример. Провода на длине 3000 метров имеют земельное сообщение и ни один из них не может быть использован, как исправный провод. Два провода другой линии, проходящей через это же место, но идущие по другому направлению соединяются в конечной, или какой-нибудь другой отдаленной точке с поврежденным проводом; конец этих проводов и по-

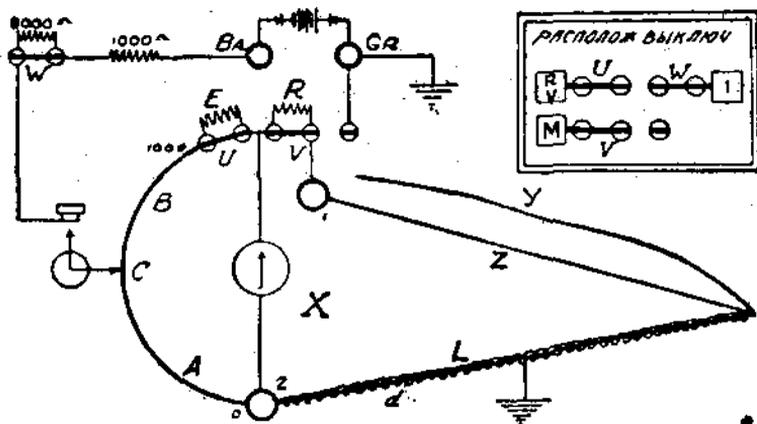


Рис. 133. Измерение специальной петлей при помощи прибора для нахождения повреждений. Первое измерение производится, соединив поврежденный провод с точкой 2 и с одним из исправных проводов Z, второй конец которого соединяется с точкой 1. Клемма батареи Gr соединяется с землей, а выключателями U и V коротко замыкаются сопротивления E и R, как указано на схеме. Уравновешивают мостик обычным способом и отмечают положение скользящего контакта C на шкале AB. При втором измерении клемма Gr отсоединяется от земли и присоединяется по второму исправному проводу, как указано на рис. 120 и 121, и вновь уравновешивают мостик. Получаем новое положение C по шкале AB допустим A1. Расстояние до места повреждения определяется формулой $d = \frac{AL}{A_1}$, где L — длина заземленного кабеля или провода.

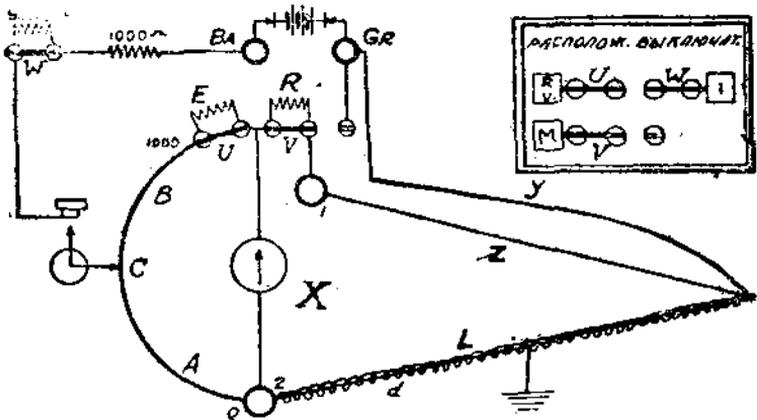


Рис. 134. Применение специальной петли при измерении прибором для нахождения повреждений. Схема приведена для второго измерения. Метод специальной петли можно применить, если известна только длина заземленного кабеля и можно воспользоваться двумя другими проводами для петли. Если применяется отдельная батарея, один полюс ее присоединяется к клемме Ba, второй к земле. Напряжение батареи не должно превосходить 110 вольт. Если оно превышает 25 вольт рубильник W выключается.

врежденной линии соединен с мостиком по схеме рис. 133. Измерением определено сопротивление $A = 307$ омов. Изменив затем схему согласно рис. и находим измерением A равным 610 омов. Какова длина d ?

$$\text{По формуле } d = \frac{AL}{AI} = \frac{307 \cdot 3000}{610} = 1530 \text{ метр.}$$

Потенциометр.—Потенциометр может быть рекомендован для быстрых и точных измерений напряжения, силы тока и сопротивления. Как на станциях, отпускающих электрическую энергию для осветительных целей, так и для моторов и для учета энергии, расходуемой потребителями, необходимо проверять измерительные приборы: вольтметры, амперметры, ваттметры и счетчики. Разница, хотя бы в 1%, в показаниях технических измерительных приборов составляет 1% выручки за энергию; таким образом важность проверки приборов очевидна. Такая проверка может быть произведена потенциометром; точность потенциометра обусловлена постоянством сопротивления и постоянством напряжения элемента.

В настоящее время тщательность работы и качество материалов, которые применяются для изготовления эталонов сопротивления и элементов позволяет иметь весьма точные и постоянные эталоны для проверки приборов.

Нахождение места обрыва провода.—Измерения основаны на том, что может быть измерена емкость проводов в кабеле; при проводе же постоянного диаметра емкость пропорциональна длине.

Для таких измерений применяется прибор для определения повреждения с так называемым «индуктором» или щипком, дающим прерывистый ток, сухой элемент, спираль индуктора и телефон. Сборка этих приборов не представляет особых затруднений. «Индуктор» лучше поставить на некотором расстоянии от места, где производится измерение, чтобы его шум не мешал при работе.

Перед тем, как искать место обрыва хорошо произвести следующие предварительные измерения:

1. Измерить изоляцию поврежденного провода и изоляцию исправного провода, с которым он сравнивается.

Это может быть выполнено как указано на рис. 136. Для нахождения места обрыва по этому методу желательно, чтобы степень изоляции проводов была высока; при изоляции в 100.000 ом, напр., результаты измерения получаются хорошие; вполне удовлетворительные результаты оказываются также при изоляции от 50000 до 1000000 омов.

2. Измерить сопротивление, которое представляет место обрыва провода.

Это может быть сделано следующим образом. Соединяем где-нибудь в конце линии оборванный провод с исправным

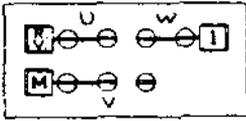


Рис. 135.

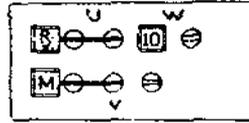


Рис. 136.

Рис. 135. Включение гальванометра последовательно с батареей в приборе для нахождения повреждений. Выключатели ставят согласно схемы и соединяют клемму батареи *Gt* с клеммой 2 согласно схемы (рис. 122). Наибольшая чувствительность гальванометра будет, когда скользящий контакт будет на 1000, а минимальная, если он будет на нуле.

Рис. 136. Измерение больших сопротивлений, например, сопротивление изоляции, прибором для нахождения повреждений. Первый метод. Выключатели ставятся в положении, как указано на схеме. Соединяем клеммы *Gt* и 2 и поворачиваем рукоятку, пока стрелка гальванометра не остановится приблизительно на десяти делениях, и замечаем положение подвижного контакта *A* на шкале. Выключаем затем искомое сопротивление между клеммами *Gt* и 2. Рубильник *W* ставится так, чтобы видна была цифра 1 вверху, и вновь приводим скользящий контакт *C* гальванометра на то же отклонение в 10 делений и отмечаем положение скользящего контакта, напр., на *B* делений, тогда $X = 10000 \frac{B}{A} - 1000$. Если *X* очень большое сопротивление, то и при одном из положений скользящего контакта мы не получим 10 делений на гальванометре. В этом случае можно ограничиться и меньшим числом делений, кратным десяти как например, 5, 2, или 1 и величину $(10000 \frac{B}{A} - 1000)$ помножат на $\frac{10}{5}$, $\frac{10}{2}$ или $\frac{10}{1}$ например, при отклонении на два деления $X = \frac{10}{2} (10000 \frac{B}{A} - 1000)$. Более удовлетворительные результаты при измерении высоких сопротивлений (более 1—2 мегомов) могут быть получены, если заменить батарею аппарата другой более высокого напряжения. При независимой батарее для получения показания *A* один провод батареи присоединяется к клемме *Ba*, второй к 2. Для получения показания *B* включают последовательно батарею и искомое сопротивление. Если применяется батарея с напряжением свыше 25 вольт, выключатель *W* должен быть разомкнут, если сопротивление, включенное последовательно с батареей, не превышает 1000 ом.

Второй метод. Вольтметр служит для измерения больших сопротивлений. (Более простой, но менее точный способ). Замыкаем рубильники в положения *KV*, *M* и 10. Поворачиваем рубчатую гайку гальванометра так, чтобы стрелка его стала в крайнем правом положении шкалы. Клеммы 2 и *Gt* соединяются куском проволоки, скользящий контакт передвигается так, чтобы гальванометр отклонился на 20 и более делений, при замкнутом выключателе батареи. Соединения между клеммами 2 и *Gt* размыкают.

Таким образом получаем простой способ для различного рода испытаний и определения размеров повреждений. При отсыревшей изоляции отклонение достигает 10 и до 15 делений, что указывает на значительное ослабление изоляции, место которой надо обнаруживать, пользуясь, например, прибором для нахождения повреждений; повреждения, дающие отклонения в 5—6 делений не требуют особого труда для их нахождения.

и измеряем сопротивление петли. Чтобы точно найти место обрыва надо, чтобы это сопротивление было не менее 100000 ом. Удовлетворительные результаты получаются и при значительно меньших сопротивлениях и потому следует пробовать определить место обрыва и при более низком сопротивлении обрыва до 10000 ом. По мере уменьшения сопротивления, которое представляет место обрыва, становится труднее достигнуть равновесия на мостике Уитстона и установить величину этого сопротивления.

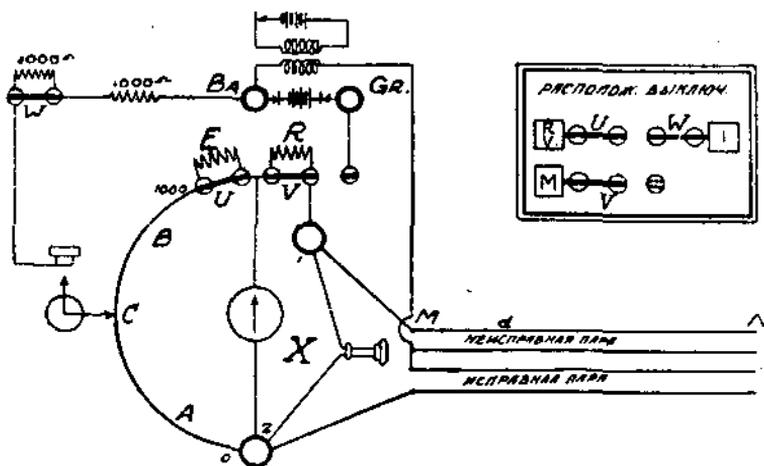


Рис. 137. Схема соединений для определения места обрывов при помощи переносного прибора для нахождения поврежденной линии. Прибор этот содержит следующие аппараты: трамблер, сухой элемент для работы трамблера, небольшую индукционную катушку и телефон. Батарея присоединяется к первичной обмотке индукционной катушки, один конец вторичной обмотки присоединяется к клемме Ва, второй к проводу поврежденной линии, как указано на схеме. Выключатели U и V коротко замыкают сопротивления E и R.

Вопрос: Опишите метод измерения для нахождения места обрыва прибором для нахождения повреждения.

Ответ: (Случай I). Оборван один из пары проводов кабеля. Берем другую пару проводов, которые имеют такую же емкость на 1 километр и соединяем одну жилу оборванного провода с одним из проводов исправной пары.

Выполняем схему соединений по рис. 137; затем нажимаем на блоч батареи и перемещаем подвижной контакт, пока звук в телефоне будет наименьшим. Расстояние до места обрыва $= LA : 1000$ --- A, где L длина всего провода.

Пример: Кабель длиной в 2325 метр. имеет оборванный провод. Найдено, что сопротивление изоляции оборванного провода свыше 10 мегаом. Сопротивление изоляции исправных проводов провода тоже свыше 10 мегаом. При схеме согласно рис. 137 имеем в данном примере для равновесия $A = 476$ и, следовательно, $\frac{A}{1000 - A} = 0,9084$ и $= L \cdot 0,9084 = 2120$ метр.

Нахождение места обрыва. (Случай II).—Оборван провод телеграфного или другого кабеля, но провода не сгруппированы в пары. Схема выполняется согласно рис. 138 и подсчет производится так же, как в предшествующем случае.

Точность определения места повреждения вышеуказанными способами зависит от степени одинаковости емкости на единицу длины между исправным и поврежденным проводом одной пары проводов или исправных и поврежденного провода. Но не всегда возможно так выбрать провода, чтобы они были повсюду одинаковы в этом отношении. В таких случаях, как напр., если нет исправного провода в кабеле, в котором находится поврежденный провод, но если исправный провод может быть взят из другого кабеля, то можно применить следующий метод (III).

Случай III. Оборванный провод и исправный находятся не в одном кабеле. Соединяют оборванный провод и исправный, как указано на схеме рис. 139 и приводят стрелку гальванометра в положение равновесия. Пусть при этом имеем величину $OC = A$. Соединяем затем исправный провод и поврежденный в конце или на известном расстоянии L и вновь приводим стрелку в положение равновесия. Пусть при этом $OC = A_1$.

Место обрыва будет находиться на расстоянии

$$= \frac{A \cdot A_1 \cdot L}{1000 (A - A_1) + A \cdot A_1},$$

где L общая длина оборванного провода.

Пример. Пара проводов, которая содержит оборванный провод, соединяется с исправной парой другого кабеля, как указано на рис. 139. Пусть A в этом случае будет 180. Затем оборванный и исправный провод соединяется в конце или на определенном расстоянии, как указано на рис. 139 и пусть A_1 при этом станет 88. Общая длина поврежденного

кабеля MN 2300 метр. Требуется найти расстояние до места обрыва провода согласно приведенной формулы:

$$= \frac{180.88.2300}{1000(180 - 88) + 180.88} = 340 \text{ метр.}$$

Как выделить заземление провода из кабеля. Коротко замыкают катушки сопротивлений E и R выключателями U

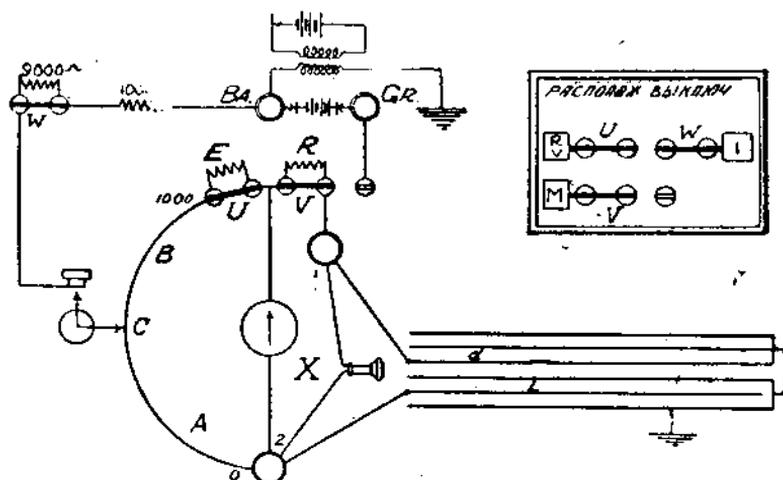


Рис. 138. Схема соединений для определения места разрыва провода в телеграфном или другом кабеле прибором для нахождения повреждений. в случае, если провода кабеля не сгруппированы попарно. Оборванный провод соединяется с клеммой 1, находит второй исправный провод и соединяют его с клеммой 2; все прочие провода соединяются между собой и заземляются, на броню кабеля. Конец вторичной обмотки индукционной катушки, не соединенный с клеммой Ba , заземляется.

и V (рис. 137). Включаем реостатом в цепь 1000 ом и соединяем точку GR с землей или с наружной оболочкой кабеля и затем присоединяем к точке 2 один за другим провода кабеля. При присоединении заземленного провода гальванометр отклонится.

Вопрос: Что такое потенциометр?

Ответ: Набор эталонов сопротивлений для сравнения напряжений с эталонным элементом. Потенциометр служит для точного определения силы тока, напряжения и сопротивления.

Вопрос: Опишите потенциометр.

Ответ: Как видно из рис. 140 главную часть прибора составляет тонкая проволока из накладного серебра длиной в 1 метр, натянутая между двумя опорными пунтами *A* и *B*, на деревянном основании, к которому прикреплена линейка с миллиметровыми делениями. Через точку *A* прибора проходят три цепи: в одной находится батарея, в двух других — гальванометр. Однополюсный переключатель на три положения позволяет включить гальванометр с эталонным элементом *SC* или с испытуемым элементом *C*, цепь замыкается при помощи скользящих контактов *M* и *S*.

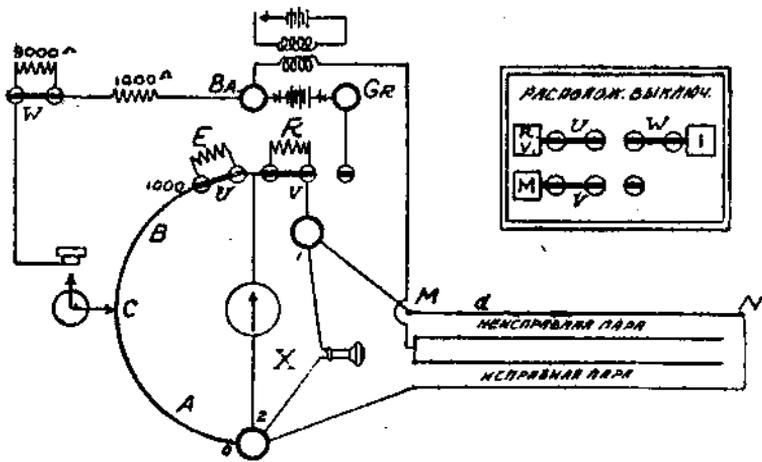


Рис. 139. Схема соединений для определения места разрыва проводов при помощи прибора для нахождения повреждений, в случае, если оборванный и исправный провода не находятся в одном и том же кабеле.

Вопрос: Опишите как измеряется напряжение элемента при помощи потенциометра.

Ответ: Схема соединений для сравнения напряжения элемента с эталонным элементом представлена на рис. 140. Сперва включается рубильник *F*, затем переключатель ставится в положение *D*. Передвигая скользящий контакт *M*, мы вводим сопротивление в цепь, пока стрелка гальванометра не будет приведена к *O*. Аналогично поставив переключатель в положение *G*, перемещаем подвижной контакт *S*, пока гальванометр тоже не будет на нуле. При этом мы будем иметь:

Электродвижущая сила *C* относится к *SC* как *AS* относится к *AM* или

$$C = SC \times AS : AM.$$

Пример: Пусть 1,016 — вольтаж элемента эталона SC , на шкале имеем при нулевом отклонении стрелки $AS = 657$ и $AM = 225$. Тогда электродвижительная сила элемента C будет

$$C = \frac{1.016.657}{225} = 2,966 \text{ вольта.}$$

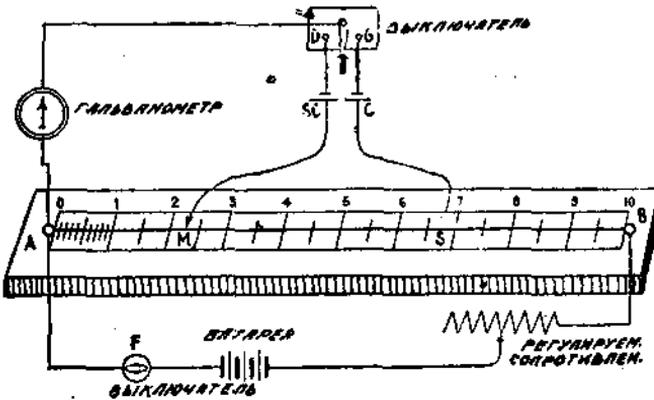


Рис. 140. Измерение напряжения элемента потенциометром. Потенциометр собственно представляет провод большого сопротивления, одинакового по всей длине сечения, натянутый между двумя точками A и B . Контакт с проводом может производиться, как на его концах, так и в любой точке по его длине. На рисунке указана схема соединений, на которой SC — обозначает элемент—эталон, C —элемент, напряжение которого определяется, M и S —контакты, скользящие по проводу AB .

Можно прибор устроить таким образом, что он будет давать непосредственные показания. Для этого линейка вместо шкалы сопротивлений должна иметь шкалу в вольтах. Если напр., элемент-эталон имеет электродвижущую силу в 1,434 вольта, скользящий контакт M ставится на делении по линейке в 1,434, затем регулируемое сопротивление изменяют, пока ток в гальванометре не будет равен 0. Это значит, что напряжение между A и M равно 1,434 вольт и, следовательно, по всей линейке по этому масштабу мы будем производить отсчет в вольтах. Если отрегулировать таким образом скользящий контакт S , то напряжение элемента C будет получаться по шкале прямо в вольтах.

Вопрос: Как пользоваться потенциометром?

Ответ: Все соединения должны быть выполнены как обозначено надписями, сделанными на приборе. Особое внимание должно быть обращено на полярность элемента-эта-

лона и батарей, полюса которых обозначаются обычно знаками $+$ и $-$ на приборе. Если гальванометр применяется с подзорной трубкой и отдельной шкалой, то потенциометр в таких случаях обычно ставится так, чтобы можно было отсчитывать показания потенциометра и следить за отклонением гальванометра, не меняя места, из которого производится наблюдения.

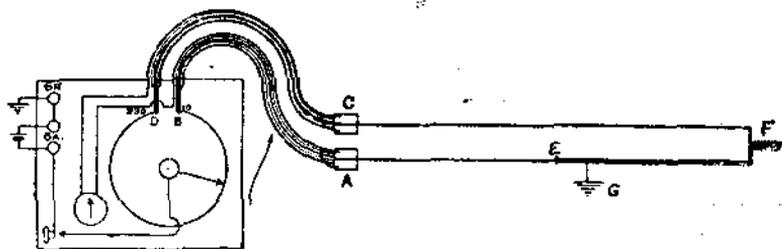


Рис. 141. Схема соединений прибора для нахождения повреждений сети, с указанием способа соединения со свинцовым кабелем и гальванометром. Соединения выполняются согласно схеме. Зажимы для кабелей в *A* и *B* должны быть плотными, чтобы сопротивления контактов были возможно малы. Сопротивления контактов сильно влияют на точность измерения. Так, например, если сопротивление контактов составит 0,001 ома, то такому сопротивлению может соответствовать сопротивление нескольких метров кабеля; и место заземления будет установлено тогда с точностью в несколько метров. В виду сказанного, все сопротивления контактов петли от *A* до *C* должны быть возможно меньше. Батарея присоединяется к клемме, обозначенной буквой *Ba*, клемма батареи, обозначенная буквой *Gr* — заземляется. Часто заземлением служит броня кабеля или специальный провод, которым присоединяется клемма *Gr*. Батарея должна быть достаточно напряжения, чтобы давать заметное отклонение стрелки гальванометра при изменении положения подвижного контакта. Место заземления определяется обычной формулой Муррея. Если, например, мостик уравновешен и гальванометр не дает отклонения при положении скользящего контакта на делении 300 шкалы, то, следовательно, повреждение находится на расстоянии равном 0,003 длины всей петли, считая от *A* до *C*. При этом типе мостика сила тока может быть допущена в 5 ампер и в случае необходимости увеличена и до 8 ампер. Но, однако, такой ток не следует пропускать в течении более длительного периода, чем это требуется для работы. В кабелях, особенно высокого напряжения, часто случаются повреждения изоляции с очень высоким сопротивлением. Такие заземления могут вызвать пробой и служить причиной аварий и потому должны своевременно устраняться. Обычно такие повреждения трудно установить, пока они обуглятся. Их можно обнаружить, приложив достаточно высокое напряжение между кабельной жилой и броней. Чтобы при пробивании изоляции не вызвать серьезного обгорания, включается в цепь большое сопротивление, которое не дает току достигнуть чрезмерной величины или цепь снабжается соответствующими плавкими предохранителями. Первый способ, конечно, предпочтительнее.

Ток для потенциометра. — Довольно постоянный ток получается от аккумуляторного элемента средних размеров. Часто ошибка в измерениях происходит от того, что сила тока во время измерения была непостоянна.

Уход за потенциометром.—Проволока с подвижным контактом с течением времени покрывается пылью и грязью, а также тонким слоем окисла. От плохого контакта, который представляет тогда проволока, сопротивление увеличивается. Скользящий контакт должен поэтому время от времени очищаться мягкой тряпкой, смазанной вазелином. Никогда не следует очищать проволоку наждачной или стеклянной бумагой, так как этим проволока может испортиться, и она не будет оди-

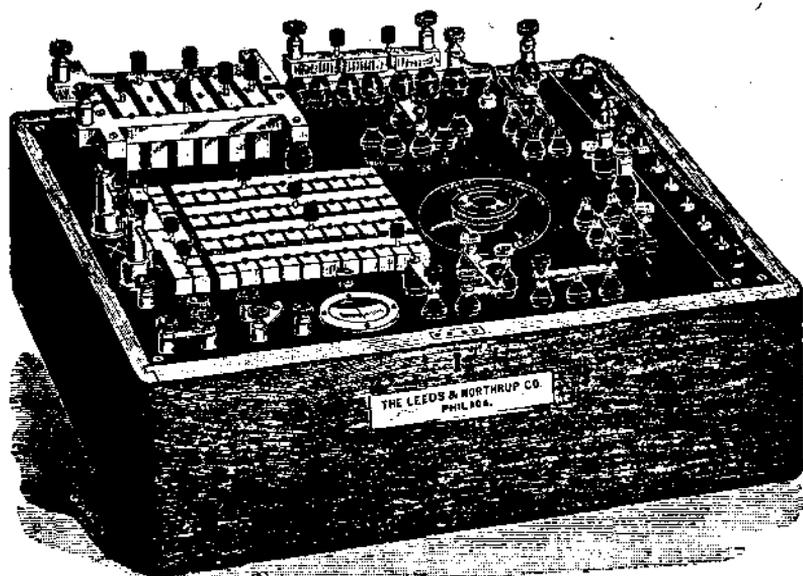


Рис. 142. Переносный аппарат для испытания кабелей, служащий для нахождения заземлений, разрывов проводов, определения плотности соединений проводов между собой, а также для измерения сопротивлений проводов и жидкостей. Отличительной чертой прибора является комплект выключателей для пользования прибором. При помощи соответствующего выключателя одним движением производится нужные соединения; таким образом не требуется особой затраты времени и труда для производства всех новых соединений и нет необходимости запоминать сложные схемы.

накового сечения по всей длине. Нужно также очищать и стальные скользящие контакты, так как они с течением времени залопириваются. Когда прибором не пользуются, он должен быть закрыт и поставлен в сухое, не пыльное место.

При работе с прибором на химических заводах, лабораториях и в помещениях, где имеются кислотные пары, нужно особенно тщательно наблюдать за прибором, так как пары кислоты действуют разрушительно на проволоку со скользящим

контактом. Следует также прочищать время от времени поверхность контактов и выключателей тряпкой с вазелином.

Нахождение земляного сообщения при петле, состоящей из проводов различного сечения.—Место заземления в петлях такого типа определяется с такой же степенью точности, как и при кабелях одинакового по всей длине сечения, если известна длина и сечение каждого отрезка кабеля.

Приведем для уяснения указанного численный пример. В схеме рис. 141 примем длину кабеля *AE* в 500 м сечением в 10 кв. мм длину кабеля *EF* в 450 м сечением в 25 кв. мм и длина кабеля *FC* в 950 м сечением в 16 кв. мм.

Все эти длины должны быть при расчете приведены к одному сечению, лучше всего к большему сечению. Таким подсчетом получаем, что:

500 м в 10 кв. мм имеют то же сопротивление, что 1250 м в 25 кв. мм.

450 м в 25 кв. мм имеют то же сопротивление, что 450 м в 25 кв. мм.

950 м в 16 кв. мм имеют то же сопротивление, что 1485 м в 25 кв. мм.

Вся петля таким образом равновелика 3185 м в 25 кв. мм.

Если скользящий контакт будет для равновесия на делении 450 тысяч, то, следовательно, земляное соединение будет на расстоянии 450/1000 от 3185, т.е. на 1435 метров, приведенных к сечению в 25 кв. мм. Так как вся длина кабеля *AE* приведенного к 25 кв. мм, равна 1250 м, то земляное соединение будет на 1435—1250 = 185 метров от *E*.

КНИГОХРАНИЛИЩ
БИБЛИОТЕКА БССР

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР
М. П. ДЕНИС
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

41094

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	стр.
Предисловие	3
Введение	7
Электричество	11
Электрический ток	11
Первичные элементы	17
Проводники и изоляторы	30
Таблица проводников и изоляторов	31
Сопротивление и проводимость	35
Электрическая и механическая энергия	41
Действия электрического тока	48
Магнетизм	52
Электромагнитная индукция	64
Индукционные катушки	71
Электрические измерительные приборы и измерения	81
Гальванометры	81
Амперметры, вольтметры, ваттметры и счетчики электрической энергии	96
Измерения	110

МОСКОВСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСКОЕ О-ВО

Москва, Малая Дмитровка, 8.

СПУТНИК ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

в 12-ти книгах со многими рисунками, таблицами
и диаграммами.

Составлен по американским, немецким и французским источникам
под редакцией и в обработке

проф. В. А. АЛЕКСАНДРОВА.

- Книга I. Общие законы электротехники и электрические измерения.
- Книга II. Генераторы постоянного тока.
- Книга III. Электромоторы постоянного тока и обслуживание машин постоянного тока.
- Книга IV. Законы переменного тока и альтернаторы.
- Книга V. Электромоторы переменного тока, трансформаторы, конверторы.
Обслуживание машин переменного тока.
- Книга VI. Электрическое освещение и тепло.
- Книга VII. Распределение тока и расчет проводов.
- Книга VIII. Электростанции и ремонт машин.
- Книга IX. Аппаратура для контроля и регулирования электрического тока.
- Книга X. Электропроводка.
- Книга XI. Электросигнализация.
- Книга XII. Гальванотехника.

Цена всех 12 книг по предварительной подписке
25 руб.