СССР
НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

СПРАВОЧНИКИ
ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ И МОНТАЖНЫМ РАБОТАМ

Наркоматом по строительству СССР издаются следующие справочники:

1. *СПРАВОЧНИК СТРОИТЕЛЯ— 2-е дополненное и переработанное издание*
2. *СПРАВОЧНИК МОНТАЖНИКА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ*
3. *СПРАВОЧНИК САНТЕХНИКА*
4. *СПРАВОЧНИК МЕХАНИКА НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ*
5. *СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ*
6. *СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫМ РАБОТАМ*
7. *СПРАВОЧНИК ПО ГИДРОТЕХНИКЕ*
8. *СПРАВОЧНИК ПО ОТДЕЛОЧНЫМ РАБОТАМ*

Главная редакционная коллегия по справочникам:

тт. Бургман В. В. (главный редактор), Стомахин И. Б. (зам. главн. редактора), Беляев Б. И., Головчинов А. А., Зимин П. А., Корсаков С. С., Лившиц А. Е., Суховольский М. Д., Скоров Б. М., Штаерман М. Я.

1945

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва — Ленинград

С74

СССР
НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР

СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Под общей редакцией
инж. М. Д. СУХОВОЛЬСКОГО

Н6558

МКТП Упр. ВЗ 96.17
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
А. С. [illegible]
И-во [illegible]

1945

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва — Ленинград

[illegible]
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
[illegible]

Главный редактор — *М. Д. СУХОВОЛЬСКИЙ*

Редколлегия:

И. А. Левин,
Я. М. Большам,
Л. П. Подольский,
М. Р. Найфельд,
М. Д. Перкель

Справочник является практическим пособием, в котором отражена современная практика проектно-монтажных организаций системы Главэлектромонтажа Наркомстроя и в особенности моменты, связанные с обстоятельствами военного времени (вопросы экономии материалов и оборудования, сокращения сроков строительства).

Справочник разделен на пять частей: часть I — „Общие сведения" — содержит данные, необходимые при всех видах проектных работ, остальные четыре части соответствуют разделению по проектным специальностям, принятому в системе Главэлектромонтажа, а именно: часть II — электропривод и силовое оборудование, часть III — электроосвещение, часть IV — электроснабжение, часть V — линии электропередачи.

Справочник рассчитан на проектировщиков фабрично-заводских электроустановок.

РЕДАКТОРЫ И СОСТАВИТЕЛИ
отдельных частей „Справочника по электрооборудованию промышленных предприятий"

Часть первая. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Редакторы: ***И. А. Левин, Л. П. Подольский***
Составители: *Н. Н. Глаголев, С. Л. Дайлис, М. И. Добринская, Л. П. Подольский*

Часть вторая. ЭЛЕКТРОПРИВОД И СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Редактор ***Я. М. Большам***
Составитель *Л. Б. Гейлер.*

Часть третья. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Редактор ***М. Р. Найфельд***
Составители: *Г. М. Кнорринг, С. А. Клюев.*

Часть четвертая. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Редактор ***М. Р. Найфельд***
Составители: *М. Р. Найфельд, С. Г. Шестаков, Н. Ф. Шубин.*

Часть пятая. ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Редакторы: ***М. Р. Найфельд, Л. П. Подольский***
Составители: *П. К. Шелегов, М. М. Зеленецкий.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

„Справочник по электрооборудованию промышленных предприятий" содержит сведения по основным вопросам, возникающим при проектировании электрооборудования фабрик и заводов. Справочник имеет целью не только дать проектировщику материалы справочного характера в узком смысле этого слова, но и направить проектную работу в области электрификации промышленности по пути новых наиболее экономных и вместе с тем надежных технических решений, принятых за годы войны Главэлектромонтажем в целях рационализации электрохозяйства промпредприятий, экономии металлов и различного рода других электроматериалов, замены сложного и дефицитного электрооборудования более простым, внедрения заменителей, ускорения и удешевления электромонтажных работ и т. д.

Справочник не содержит сведений по узким специфическим вопросам сооружения электроустановок отдельных отраслей промышленности — металлургической, химической и др.

Материалами для Справочника послужили разработанные организациями Главэлектромонтажа проекты, работы исследовательские и по техплану, а также технические материалы Наркомата электростанций, Наркомата электропромышленности и др.

В составлении Справочника принимали участие инженеры Уралэлектромонтажа, Центроэлектромонтажа и Главэлектромонтажа: Найфельд М. Р., Файнберг Ю. М., Людмирский И. Л., Подольский Л. П., Шестаков С. Г., Дайлис С. Л., Шелегов П. К., Шубин Н. Ф., Глаголев Н. Н., Гейлер Л. Б., Добринская М. И., Кнорринг Г. М., Клюев С. А., Зеленецкий М. М. и др.

Редактирование Справочника выполнено редколлегией в составе Суховольского М. Д. (главный редактор), Левина И. А., Большама Я. М., Найфельда М. Р., Подольского Л. П. и Перкеля М. Д.

Справочник состоит из 5 частей: часть I — „Общие сведения", часть II — „Силовое электрооборудование и электропривод", часть III — „Электрическое освещение", часть IV — „Электроснабжение", часть V — „Линии электропередачи".

Редакция просит все замечания по Справочнику направлять по адресу: Москва, Б. Черкасский пер., № 10/11, Главэлектромонтаж Наркомстроя.

Редакционная коллегия

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Глава I. ОБОЗНАЧЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ

§ 1. Условные обозначения и сокращения

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Меры веса и массы

Грамм	*г*
Миллиграмм	*мг*
Килограмм	*кг*
Тонна	*т*

Меры длины

Метр	*м*
Миллиметр	*мм*
Сантиметр	*см*
Километр	*км*

Меры поверхности

Квадратный метр	*кв. м*; $м^2$
Квадратный миллиметр	*кв. мм*; $мм^2$
Квадратный сантиметр	*кв. см*; $см^2$
Квадратный километр	*кв. км*; $км^2$

Меры объема

Кубический метр	*куб. м*; $м^3$
Кубический миллиметр	*куб. мм*; $мм^3$
Кубический сантиметр	*куб. см*; $см^3$

Меры емкости

Литр	*л*

Меры времени

Секунда	сек.
Минута	мин.
Час	ч.

Электрические единицы

Ампер	*а*
Миллиампер	*ма*
Килоампер	*ка*
Ампер-час	*а-ч*
Вольт	*в*
Милливольт	*мв*
Киловольт	*кв*
Ватт	*вт*
Киловатт	*квт*
Мегаватт	*мгвт*
Вольт-ампер	*ва*
Киловольт-ампер	*ква*
Мегавольт-ампер	*мгва*
Вольт-ампер реактивный	*вар*
Киловольт-ампер реактивный	*квар*
Мегавольт-ампер реактивный	*мгвар*
Ватт-час	*вт-ч*
Киловатт-час	*квт-ч*
Ом	*ом*
Мегом	*мгом*
Фарада	*ф*
Микрофарада	*мкф*
Генри	*гн*
Миллигенри	*мгн*
Герц	*гц*

Световые единицы

Свеча	*св*
Люмен	*лм*
Люкс	*лк* (1 *лм*/$м^2$)

Разные

Лошадиная сила	*ЛС*
Калория (малая калория)	*кал*
Калокалория (большая калория)	*ккал*
Атмосфера техническая	*ат*
Градус Цельсия	°C

Составные и производные единицы измерений

Килограмм на 1 пог. метр	*кг/м*
Тонна на 1 пог. метр	*т/м*
Килограмм на 1 кв. метр	*кг/кв. м; кг/м²*
Килограмм на 1 кв. сантиметр	*кг/кв. см; кг/см²*
Тонна на 1 кв. метр	*т/кв. м; т/м²*
Тонномер	*тм*
Килограммометр	*кГм*
Килограммометр квадрат	*кГм²*
Метров в секунду	*м/сек*
Оборотов в минуту	об/мин
Ампер на 1 кв. миллиметр	*а/мм²*
Вольт на сантиметр	*в/см*
Киловольт на сантиметр	*кв/см*
Ватт на 1 пог. метр	*вт/м*
Ватт на 1 кв. метр	*вт/м²*
Киловатт на 1 пог. метр	*квт/м*

Обозначение электрических и некоторых других физических величин

Электродвижущая сила	E
Напряжение (разность потенциалов)	U
Ток	I
Мощность активная	P
» реактивная	Q
» кажущаяся	S
Работа	A
Сопротивление активное	r
» реактивное	x
» полное	$z = r + jx$
» удельное	ρ
» магнитное	R
Проводимость активная	g
» реактивная	b
» полная	$y = g - jb$
Емкость	c
Коэфициент самоиндукции	L
» взаимоиндукции	M
Магнитный поток	Φ
Магнитная индукция	B
Напряженность магнитного поля	H
Магнитная проницаемость	μ
Сдвиг фаз	φ
Длительность периода	T
Частота	f
Угловая частота	$2\pi f = \omega$
Длина	l
Масса	m
Время	t
Скорость	v
Ускорение силы тяжести	g
Угловая скорость	ω
Температура	t

$>$ больше; $<$ меньше; $\div$ от — до;

$\parallel$ параллельно; $\perp$ перпендикулярно;

$\sim$ приблизительно; ∞ бесконечность, бесконечно большая величина;

$\sphericalangle$ угол; $=$ равен, равно, равняется.

§ 2. Соотношения между практическими и абсолютными единицами измерений

1. Основные электрические и магнитные единицы[1]

Род величины	Практические единицы		Переводные множители для абсолютных систем измерений	
	наименование	обозначение	электростатической	электромагнитной
Ток	ампер	*а*	$^1/_3 \cdot 10^{-9}$	10
Напряжение	вольт	*в*	300	10^{-8}
Сопротивление . . .	ом	*ом*	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}
Количество электричества	кулон	*к*	$^1/_3 \cdot 10^{-9}$	10
Электрическая работа	джоуль (ватт-секунда)	*дж* (*вт сек*)	10^{-7}	10^{-7}
Электрическая мощность	ватт	*вт*	10^{-7}	10^{-7}
Емкость	фарада	*ф*	$^1/_9 \cdot 10^{-11}$	10^9
Индуктивность . . .	генри	*гн*	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}
Магнитный поток .	вольт-секунда	*в-сек*	—	10^{-8} (Максвелл)
Магнитная индукция	вольт-секунда на 1 $см^2$	$\frac{в\text{-}сек}{см^2}$	—	10^{-8} (Гаусс)

[1] Магнитные величины, относящиеся к абсолютной электромагнитной системе, имеют наименования, которые приведены в скобках. Для магнитодвижущей силы и напряженности магнитного поля (см. продолжение на стр. 8) „практических" единиц не существует.

Продолжение

Род величины	Практические единицы		Переводные множители для абсолютных систем измерений	
	наименование	обозначение	электростатической	электромагнитной
Магнитодвижущая сила (магнитное напряжение) . . .	—	—	—	(Гильберт)
Напряженность магнитного поля . . .	—	—	—	(Эрстед)

2. Единицы силы

Сравниваемые меры	*кГ* (сила)	Дина
1 *кГ* (сила)	1	$0{,}980665 \cdot 10^6$
1 дина	$1{,}01972 \cdot 10^{-6}$	1

1 *кат* = 1,36 *ЛС* = 101,972 *кГм/сек*

1 *ЛС* = 75 *кГм/сек* = $7{,}35 \cdot 10^9$ *эрг/сек* = 736 *вт*

3. Единицы энергии

Сравниваемые меры	*кГм*	*Эрг*	Джоуль (вт-сек)	Калория малая
1 *кГм*	1	$0{,}980665 \cdot 10^8$	9,80665	2,3452
1 *эрг*	$1{,}0197 \cdot 10^{-8}$	1	10^{-7}	2,3912
1 джоуль (вт-сек)	0,101972	10^7	1	0,2392
1 калория малая .	0,4264	$4{,}182 \cdot 10^7$	4,182	1

$g = 980{,}665$ *см/сек*^{2}

§ 3. Сравнение важнейших единиц мер

Линейные меры

Метры	Миллиметры	Дюймы	Футы	Сажени	Вершки	Аршины
1	1 000	39,3708	3,28090	0,46869	22,4976	1,40610
0,001	1	0,03937	0,00328	0,00047	0,02250	0,00141
0,02540	25,40	1	0,08333	0,01191	0,57140	0,03571
0,30479	304,794	12	1	0,14286	6,85714	0,42857
2,13360	2 133,6	84	7	1	48	3
0,04445	44,45	1,75	0,14583	0,02083	1	0,06250
0,7112	711,2	28	2,33333	0,33333	16	1

Квадратные меры

Кв. метры	Кв. сантиметры	Кв. дюймы	Кв. футы	Кв. сажени	Кв. вершки	Кв. аршины
1	10 000	1 550,06	10,764	0,21967	506,143	1,97712
0,0001	1	0,15501	0,00108	0,000022	0,05061	0,000198
0,00055	6,45137	1	0,00694	0,00014	0,32653	0,00128
0,09290	929	144	1	0,02041	47,0195	0,18367
4,55220	45 522	7 056	49	1	2 304	9
0,00198	19 758	3,0625	0,02127	0,00043	1	0,00391
0,50580	5 058	784	5,44444	0,11111	256	1

Продолжение

	Куб. метры	Литры	Куб. футы	Куб. сажени	Ведра	Галлоны	
						английские	американские
Кубические меры	1	1 000	35,3166	0,10296	81,31	220,1	264,2
	0,001	1	0,035317	0,000103	0,08131	0,2201	0,2642
	0,0283	28,315	1	0,002915	2,30226	6,2329	7,48055
	9,7124	9 712,4	343	1	789,674	2 137,9	2 565,8
	0,0123	12,299	0,43436	0,001266	1	2,707	3,26
	0,004536	4,53593	0,1604	0,000468	0,3695	1	1,2002
	0,003785	3,7852	0,1337	0,000389	0,3080	0,8332	1

1 куб. дюйм = 16,386 *см*³, 1 *куб. см* = 0,061 куб. дюйма; 1 куб. фут = 1 728 куб. дюймам;
1 ведро = 750,6 куб. дюйма; 1 литр = 61,027 куб. дюйма

	Килограммы	Метрические тонны	Русские		Английские	
			фунты	пуды	фунты	тонна „длинная"
Вес	1	0,001	2,4419	0,061048	2,2046	0,000984
	1 000	1	2441,9	61,048	2 204,6	0,9842
	0,40952	0,00041	1	0,025	0,9028	0,0004
	16,3805	0,01638	40	1	36,113	0,01612
	0,45359	0,000454	1,1076	0,02769	1	0,000446
	1 016,05	1,01605	2 481,09	62,0275	2240	1

1 „длинная" английская тонна равна 1,12 „коротких" английских тонн.

Продолжение

Давление

Техническая атмосфера (*кг/см²*)	Физическая атмосфера (760 *мм* ртутного столба)	Пуды на кв. дюйм	Фунты на кв. дюйм: русские	Фунты на кв. дюйм: английские
1	0,968	0,394	15,75	14,22
1,033	1	0,407	16,28	14,70
2,540	2,459	1	40,00	36,11
0,064	0,062	0,025	1	0,903
0,070	0,068	0,028	1,107	1

Нагрузки

Килограммы на кв. метр	Пуды на кв. фут	Пуды на кв. сажень
1	0,0057	0,278
176,3	1	49
3,599	0,020	1

Мощность

Лошадиная сила	Английская лошадиная сила	Киловатты	*кГм/сек*
1	0,987	0,736	75
1,1050	1	0,746	76,04
1,3587	1,31	1	102
1,3333	1,315	0,981	100

Работа

Лошадиная сила-час	Киловатт-час	Единица тепла (килокалории)	*кГм*
1	0,736	632,3	270 (80)
1,3587	1	859	367 (60)
1,00158	0,00116	1	427
0,00037	0,00272	0,234	100

1 верста = 1,0668 *км*; 1 *км* = 0,937 версты; 1 английская миля (статутная) = 1,60934 *км*; 1 английская морская миля = 1,85325 *км*; 1 американская миля (статутная) = 4,827 *км*.

1 десятина = 2 400 кв. саж. = 1,0925 *га*; 1 *га* = 10 000 *м²* = 2 136 кв. саж. = 0,915 десятины; 1 акр = 1 047 *м²* = = 889 кв. саж.

1 *кГм* = 0,13025 пудосажени = 0,744 фунтофута;

Веса и объемы воды: 1 *куб. м* весит 1 000 *кг*; 1 куб. фут — 69,14 фунта; 1 ведро — 30 фунтов = 12,3 *кг*; 1 куб. саж. — 592,9 пуда; 1 английский галлон — 10 английских фунтов = 4,536 *кг*; 1 американский галлон — 8,33 американских фунта = 3,785 *кг*.

§ 4. Некоторые математические величины и формулы

Отношение длины окружности к диаметру — $\pi = 3{,}1416$; $\pi^2 = 9{,}8696$.
Основание натуральных логарифмов $e = 2{,}7183$; $e^2 = 7{,}3891$.
Радиан — дуга, имеющая длину, равную радиусу ее: $57°17'44''$.

$$\lg N = 0{,}4343 \qquad \ln N = 2{,}302\,\lg N$$

1. Квадратные уравнения

$$ax^2 + bx + c = 0; \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};$$

$$x^2 + px + q = 0; \quad x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}.$$

2. Ряды

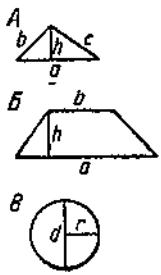
$$a + (a+d) + (a+2d) + \ldots + [a + (n-1)\,d] = \frac{[2a + (n-1)\,d]\,n}{2};$$

$$a + aq + aq^2 + \ldots + aq^{n-1} = \frac{a\,(q^n - 1)}{q - 1};$$

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \ldots + (n-1)^2 + n^2 = \frac{n\,(n+1)\,(2n+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3};$$

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \ldots + (n-1)^3 + n^3 = \left[\frac{n\,(n+1)}{2}\right]^2.$$

3. Площади плоских фигур, F (фиг. 1)



Фиг. 1.

$$F = \frac{ah}{2} = \sqrt{P\,(P-a)\,(P-b)\,(P-c)},$$

где $P = \frac{a+b+c}{2}$ (фиг. 1, *А*),

$$F = \frac{a+b}{2}\,h \text{ (фиг. 1, } Б\text{)};$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2 = 0{,}785\,d^2 = 3{,}142\,r^2 \text{ (фиг. 1, } В\text{)}.$$

4. Полные поверхности (O), боковые поверхности (S) и объемы (V) тел

Шар, где r — радиус; $O = 4\pi r^2$; $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Цилиндр, где r — радиус основания; h — высота; $O = 2\pi r\,(r + h)$; $S = 2\pi rh$; $V = \pi r^2 h$.

Конус, где r — радиус основания; h — высота; $O = \pi r\left(\sqrt{r^2 + h^2} + r\right)$; $S = \pi r\sqrt{r^2 + h^2}$; $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$.

Пирамида, где F — площадь основания; h — высота; $V=\frac{1}{3}Fh$.

396. Прямоугольный параллелепипед, где a, b, c — длины ребер; $V=a\cdot b\cdot c$.

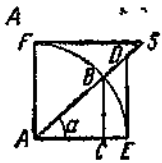
Призма, где F — площадь основания; h — высота; $V=Fh$.

5. Тригонометрические формулы

а) Тригонометрические величины (фиг. 2, *А*)

$$\sin\alpha=\frac{BC}{AB};\quad \cos\alpha=\frac{AC}{AB};\quad \operatorname{tg}\alpha=\frac{DE}{AE}=\frac{BC}{AC};$$

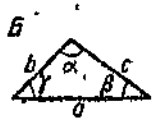
$$\operatorname{ctg}\alpha=\frac{FS}{AF};\quad \sec\alpha=\frac{AD}{AE};\quad \operatorname{cosec}\alpha=\frac{AS}{AF};$$



б) Соотношения между сторонами и углами треугольника (фиг. 2,*Б*)

$$\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{\sin\beta}=\frac{c}{\sin\gamma};\quad a^2=b^2+c^2-2bc\cos\alpha;$$

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{(P-b)\,(P-c)}{bc}},\quad \text{где}\quad P=\frac{a+b+c}{2}$$



Фиг. 2.

в) sin, cos, tg, *суммы углов*

$$\sin(\alpha\pm\beta)=\sin\alpha\cdot\cos\beta\pm\sin\beta\cdot\cos\alpha;$$

$$\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cdot\cos\beta\mp\sin\alpha\cdot\sin\beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha\pm\beta)=\frac{\operatorname{tg}\alpha\pm\operatorname{tg}\beta}{1\mp\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta};$$

$$\sin 2\alpha=2\sin\alpha\cdot\cos\alpha;\quad \cos 2\alpha=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha;$$

$$\sin 30^\circ=\cos 60^\circ=0{,}5;\quad \sin 60^\circ=\cos 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}=0{,}866;$$

$$\sin 45^\circ=\cos 45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}=0{,}707;\quad \sin 90^\circ=1;\quad \cos 90^\circ=0.$$

6. Производные некоторых функций

Функция $f(x)=$	const (постоянной)	$\sqrt[n]{x}$	x^n	$\frac{1}{x}=x^{-1}$	$\frac{1}{x^n}=x^{-n}$	$\sqrt{x}=x^{\frac{1}{2}}$
Производная $f'(x)=$	0	1	nx^{n-1}	$-\frac{1}{x^2}$	$\frac{-n}{x^{n+1}}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$

Функция $f(x)=$	$\sqrt[n]{x}=x^{\frac{1}{n}}$	e^x	e^{mx}	a^x	a^{mx}	$\ln x$
Производная $f'(x)=$	$\frac{1}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	e^x	me^{mx}	$a^x\ln a$	$ma^{mx}\ln a$	$\frac{1}{x}$

Функция $f(x) =$	$\lg_a x$	$\sin x$	$\cos x$	$\operatorname{tg} x$	$\operatorname{ctg} x$
Производная $f'(x) =$	$\frac{1}{x}\lg_a e = \frac{1}{x \ln a}$	$\cos x$	$-\sin x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$

7. Некоторые неопределенные интегралы (постоянные интегрирования опущены)

а) Рациональные функции

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \text{ (исключая } n = -1);$$

$$\int (a+bx)^n dx = \frac{(a+bx)^{n+1}}{b(n+1)};$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x;$$

$$\int \frac{dx}{a+bx} = \frac{1}{b} \ln (a+bx);$$

$$\int \frac{dx}{(a+bx)^2} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{1}{a+bx};$$

$$\int \frac{dx}{1-x^2} = \operatorname{arc\,tg} x = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x} \text{ (для } x<1);$$

$$\int \frac{dx}{x^2-1} = -\operatorname{arc\,tg} x = \frac{1}{2} \ln \frac{x-1}{x+1} \text{ (для } x>1).$$

б) Иррациональные функции

$$\int \sqrt{a+bx}\, dx = \frac{2}{3b} \sqrt{(a+bx)^3};$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a+bx}} = \frac{2}{b} \sqrt{a+bx};$$

$$\int \frac{x dx}{\sqrt{a+bx}} = \frac{2}{3b^2} (bx-2a) \sqrt{a+bx}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a};$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2 \pm a}} = \ln (x + \sqrt{x^2 \pm a});$$

$$\int \frac{x dx}{\sqrt{a \pm x^2}} = \pm \sqrt{a \pm x^2}.$$

в) Трансцендентные функции

$$\int e^x dx = e^x; \quad \int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a};$$

$$\int \sin \alpha x dx = -\frac{1}{\alpha} \cos \alpha x;$$

$$\int \cos \alpha x dx = \frac{1}{\alpha} \sin \alpha x;$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x; \quad \int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x;$$

$$\int \operatorname{tg} x dx = -\ln \cos x; \quad \int \operatorname{ctg} x dx = \ln \sin x.$$

8. Некоторые определенные интегралы

$$\int_0^\infty e^{-\alpha^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}; \quad \int_0^\infty x^n e^{-\alpha x} dx = \frac{n!}{\alpha^{n+1}}; \quad \int_0^\infty \frac{\cos x}{\sqrt{x}} dx =$$

$$= \int_0^\infty \frac{\sin x}{\sqrt{x}} dx = \sqrt{\frac{\pi}{2}}; \quad \int_0^\infty \frac{\operatorname{tg} x}{x} dx = \frac{\pi}{2};$$

$$\int_0^\infty \frac{\sin \alpha x}{x} dx = \frac{\pi}{2} \text{ (при } \alpha \neq 0).$$

§ 5. Углы в функции от натуральных тригонометрических величин

cos φ	sin φ	tg φ	φ	cos φ	sin φ	tg φ	φ	cos φ	sin φ	tg φ	φ
1	0	0	0	0,85	0,527	0,620	31°47′	0,70	0,714	1,020	45°34′
0,99	0,141	0,143	8°06′	0,84	0,543	0,646	32°52′	0,69	0 724	1,049	46°22′
0,98	0,199	0,203	11°29′	0,83	0,558	0,672	35°54′	0,68	0,733	1,078	47°09′
0,97	0,243	0,251	14°04′	0,82	0,572	0,698	34°55′	0,67	0,742	1,108	47°56′
0,96	0,280	0,292	16°16′	0,81	0,586	0,724	35°54′	0,66	0,751	1,138	48°44′
0,95	0,312	0,329	18°12′	0,80	0,600	0,750	36°52′	0,65	0,759	1,168	49°27′
0,94	0,341	0,363	19°57′	0,79	0,613	0,776	37°49′	0,64	0,768	1,201	50°12′
0,93	0,368	0,395	21°34′	0,78	0,626	0,802	38°44′	0,63	0,776	1,233	50°57′
0,92	0,392	0,426	23°04′	0,77	0,638	0,828	39°39′	0,62	0,785	1,266	51°41′
0,91	0,415	0,456	24°30′	0,76	0,650	0,855	40°32′	0,61	0,792	1,299	52°25′
0,90	0,436	0,484	25°51′	0,75	0,661	0,882	41°25′	0,60	0,800	1,393	53°08′
0,89	0,456	0,512	27°08′	0,74	0,673	0,909	42°16′	0,55	0,835	1,518	56°38′
0,88	0,475	0,540	28°21′	0,73	0,683	0,936	43°07′	0,50	0,866	1,732	60°00′
0,87	0,493	0,567	29°32′	0,72	0,694	0,963	43°57′	0,45	0,893	1,99	63°15′
0,86	0,510	0,593	30°41′	0,71	0,704	0,99	44°46′	0,40	0,916	2,290	66°25′

§ 6. Наивысшие средние температуры воздуха в 13 час. дн самого жаркого месяца и наивысшие среднемесячные темпе ратуры почвы для основных районов СССР

Наименование района	Температура в °С			Наименование района	Температура в		
	воз-духа	почвы			воз-духа	почвы	
		на глу-бине 0,8 *м*	на глу-бине 1,6 *м*			на глу-бине 0,8 *м*	
Акмолинск	25,2	—	—	Ирбит	22,5	—	
Александровск-на-Сахалине	19,1	—	—	Иркутск	22,5	12,3	
Алма-Ата	27,6	—	—	Казалинск	32,1	—	
Архангельск	18,0	—	—	Казань	24,0	—	
Астрахань	29,6	—	—	Калуга	22,7	—	
Ашхабад	36,0	—	—	Кемь	16,8	—	
Баку	27,9	—	—	Керчь	26,0	—	
Батуми	25,9	—	—	Киев	23,5	17,3	
Благовещенск	25,7	—	—	Киров	21,8	—	
Богословск	21,1	—	—	Кировград	25,9	—	
Брянск	22,5	—	—	Кострома	21,3	—	
Витебск	20,3	—	—	Красноводск	32,2	—	
Владивосток	23,2	—	—	Краснодар	28,6	—	
Владимир	22,4	—	—	Красноярск	23,8	—	
Вологда	21,1	13,2	10,9	Кривой Рог	28,2	—	
Воронеж	25,9	—	—	Куйбышев	25,2	—	
Ворошиловград	27,9	—	—	Курган	23,7	—	
Ворошиловск	24,5	—	—	Курск	23,6	—	
Горький	23,1	—	—	Кутаиси	28,0	—	
Грозный	28,8	—	—	Ленинакан	25,8	—	
Дербент	27,3	—	—	Ленинград	20,1	16,3	
Джамбул	30,6	—	—	Магнитогорск	22,6	—	
Днепропетровск	26,7	—	—	Маргелан	33,6	—	
Ейск	27,9	—	—	Минск	21,3	—	
Ереван	30,6	—	—	Молотов	21,8	12,8	
Запорожье	28,5	—	—	Москва	21,8	14,4	
Иваново	22,9	15,0	13,3	Мурманск	14,8	—	

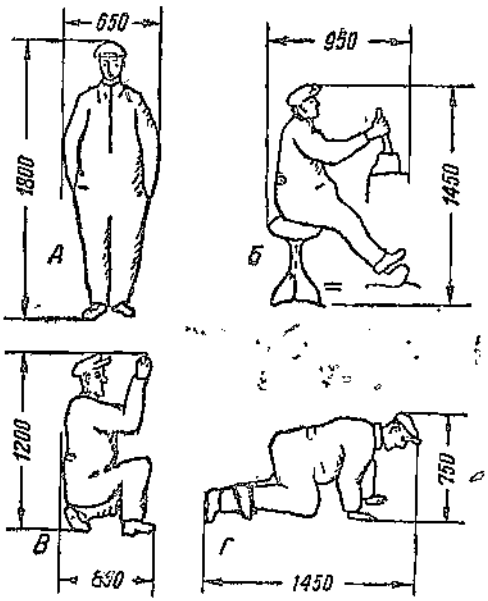
Продолжение

Наименование района	Температура в °С			Наименование района	Температура в °С		
	воздуха	почвы			воздуха	почвы	
		на глубине 0,8 м	на глубине 1,6 м			на глубине 0,8 м	на глубине 1,6 м
Намаган	33,4	—	—	Смоленск	21,6	—	—
Нарым	21,8	—	—	Соликамск	21,6	—	—
Нерчинск	25,7	—	—	Сталинград	29,0	23,7	19,5
Николаев	28,2	—	—	Таганрог	27,6	—	—
Николаевск-на-Амуре	19,7	—	—	Тамбов	25,1	—	—
Новгород	21,5	—	—	Ташкент	33,4	—	—
Новороссийск	27,4	—	—	Тбилиси	29,0	—	—
Новосибирск	22,8	—	—	Тобольск	21,5	—	—
Одесса	26,1	23	19,6	Томск	22,5	11,2	9,1
Омск	23,3	13,3	10,1	Тула	23,1	—	—
Орджоникидзе	24,0	—	—	Туркестан	34,3	—	—
Орел	24,1	17,2	14,3	Тюмень	22,6	—	—
[illegible]	24,4	—	—	Ульяновск	23,3	—	—
[illegible]овский завод (Забайкалье)	22,9	—	—	Ураяьск	28,6	—	—
Пятигорск	19,2	—	—	Уфа	23,3	—	—
Полтава	25,0	—	—	Харьков	25,3	17,1	15,7
Пермь	25,9	—	—	Херсон	29,2	21,8	19,1
Псков	21,0	—	—	Ходжент	35,0	—	—
Ростов-на-Дону	28,2	20,2	16,6	Чарджуй	35,7	—	—
Рязань	24,2	—	—	Челябинск	22,6	—	—
Самарканд	32,2	—	—	Чернигов	23,0	—	—
Саратов	27,5	—	—	Чита	24,1	—	—
Свердловск	21,0	15,8	12,6	Чкалов	26,8	15,6	12,5
Севастополь	26,4	—	—	Щегловск (Кузбасс)	23,2	—	—
Семипалатинск	26,9	—	—	Якутск	23,0	—	—
Симферополь	26,7	—	—	Ялта	27,1	—	—
				Ярославль	~22,3	—	—

Примечание. Значение температур воздуха допускается принимать с округлением до 5°.

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ КНИЖНАЯ БИБЛИОТЕКА
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

§ 7. Расчетные габариты, предусматриваемые для человеческого тела в различных положениях (фиг. 3)



Фиг. 3.

Глава 2. УКАЗАНИЯ ИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРАВИЛ

§ 8. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током

(См. § 384—392 „Правил устройства электроустановок промышленных предприятий", 1943 г.).

1. Под нормальными (отапливаемыми или неотапливаемыми) помещениями подразумеваются сухие (отапливаемые или неотапливаемые) помещения, непожароопасные и невзрывоопасные, без проводящей или непроводящей пыли, без едких паров или газов, нежаркие.

2. Помещениями сухими отапливаемыми называются помещения с относительной влажностью не выше 75% и температурой не ниже + 5° С.

3. Помещениями сухими неотапливаемыми называются помещения с относительной влажностью не выше 75%.

4. Помещениями сырыми называются помещения, в которых относительная влажность или постоянно выше 75% или временно может повышаться до 100%.

5. Помещениями особо сырыми называются помещения с относительной влажностью воздуха около 100%, причем потолок, пол и предметы, находящиеся в помещении, постоянно покрыты влагой.

6. Помещениями (или частями помещений) жаркими называются помещения (или части их), в которых по производственным условиям температура постоянно превышает + 30° С, вследствие чего находящиеся в них лица могут иметь повышенную влажность кожи.

7. Помещениями (или частями помещений) особо жаркими называются помещения (или части их) с температурой выше + 35° С, вследствие чего электрические устройства в них находятся в особых условиях работы, а обслуживающий персонал может иметь обильное выделение пота на теле.

8. Помещениями (или частями помещений) пыльными называются помещения (или части их) с обильным постоянным или временным содержанием в воздухе пыли токопроводящей и нетокопроводящей.

Наличие в помещении токопроводящей пыли, как, например, металлической, угольной и т. п., препятствующей поддержанию сопротивления и электрической прочности изоляции установки на должной высоте и одновременно снижающей переходное сопротивление человеческого тела.

Наличие в помещении нетокопроводящей пыли, например, древесной и т. п., не вызывая непосредственного разрушения изоляции установки, может ухудшить условия охлаждения отдельных элементов установки и привести к разрушению изоляции вследствие перегрева.

9. Помещениями с едкими парами или газами называются помещения, в которых по производственным условиям содержатся или могут содержаться газы, пары или отложения, могущие вдиять разрушительным образом на электрические устройства и оборудование и понижать сопротивление человеческого тела.

§ 9. Классификация помещений и производств по степени пожарной опасности

I. Классификация помещений

(См. § 393 и 394 „Правил устройства электроустановок промышленных предприятий" 1943 г.)

а) Помещениями пожароопасными называются помещения, в которых изготовляются, обрабатываются или хранятся легко воспламеняющиеся предметы, или в которых, по условиям производства, могут образоваться легко воспламеняющиеся газы, пары, пыль и волокна.

б) Взрывоопасными помещениями называются помещения, в которых изготовляются, обрабатываются или хранятся взрывчатые вещества, или в которых по производственным условиям могут образоваться взрывчатые газы, пары, пыль или взрывчатая смесь их с воздухом.

в) Степень или категории пожароопасности помещений и взрывоопасности помещений, а также выбор типа оборудования для них определяются ведомственными правилами для данной отрасли промышленности, согласованными с НКЭС.

2. Классификация производств

(по „Противопожарным нормам строительного проектирования промпредприятий")

Категория	Производства, связанные с выработкой, обработкой или применением:	Наименование производств
А	а) газообразных веществ, дающих в смеси с воздухом вспышку или взрыв б) легко воспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров до 45° при нормальном давлении (эфир, сероуглерод, бензин, ацетон и др.) в) твердых веществ, самовоспламеняющихся на воздухе при воздействии воды, выделяющих взрывоопасные газы и разлагающих воду со взрывом (фосфор, карбид кальция, металлический натрий и др.)	Цехи химических производств с применением легковоспламеняющихся жидкостей бензино-экстракционные; производственные лаборатории спичечных фабрик (приготовление зажигательной массы), баратные и ксантатные цехи фабрики искусственного волокна и т. п.
Б	а) горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 45° при нормальном давлении б) твердых веществ, при обработке которых выделяется взрывоопасная пыль (мучная, сахарная и др.) в) волокнистых веществ: хлопок, пенька, вата и др. (первичная обработка)	Газогенераторные и кислородные станции; регенерационные, концепропиточные, промывочно-пропарочные станции цистерн от мазута, масла, смол и других горючих жидкостей и т. п.
В	а) твердых сгораемых веществ и материалов (дерева, бумаги и др.) б) волокнистых веществ (последующая обработка)	Текстильные, спичечные, деревообделочные, модельные, скорняжные цехи; склады и пакгаузы горючих и смешанных материалов и грузов (текстильные товары, бумага, спецодежда, табак, папиросы), некоторые виды мукомольной промышленности и т. п.
Г	невозгорающихся веществ и материалов в горячем раскаленном или расплавленном состояниях	Здания силовых установок (дизели, паровые машины, котельные и пр.), кузницы, трансформаторные подстанции и постоянные электростанции

Категория	Производства, связанные с выработкой, обработкой или применением:	Наименование производств
Д	невозгорающихся веществ и материалов в холодном состоянии	Цехи и мастерские: слесарно-механические, механосборочные, колесные, холодной штамповки, токарные, инструментальные; процессы добывания и холодной обработки минералов, руд, асбеста, соли и т. п.; водопасосные и насосно-пневматические станции; кожевенные, сыроваренные и маслодельные заводы; мясокомбинаты; сахарные производства, за исключением цехов со взрывоопасной пылью, и т. п.

§ 10. Нормальные напряжения в электрических установках сильного тока

(Выдержки из ОСТ 5155 и 4760)

Номинальные эксплоатационные напряжения				Номинальные напряжения на зажимах			
	трехфазного тока 50 пер/сек			генераторов		трансформаторов	
постоянного тока	между фазными проводами	между фазным и нулевым проводами	однофазного тока частотой 50 пер/сек	постоянного тока	трехфазного тока 50 пер/сек между фазными проводами	трехфазного тока 50 пер/сек между фазными проводами: у первичных обмоток	трехфазного тока 50 пер/сек между фазными проводами: у вторичных обмоток
в	в	в	в	в	в	в	в
12	—	—	12	—	—	—	—
24	—	—	36	—	—	—	—
110	127	—	—	115	—	—	133
220	220	127	—	230	230	220	230
440	380	220	—	460	400	380	400
—	500	—	—	—	525	500	525
—	3 000	—	—	—	3 150	3 000 и 3 150 [2]	3 150 и 3 300 [3]
—	6 000	—	—	—	6 300	6 000 и 6 300 [2]	6 300 и 6 600 [3]
—	10 000	—	—	—	10 500	10 000 и 10 500 [2]	10 500 и 11 000 [3]
—	—	—	—	—	15 000	15 000	—
—	35 000	—	—	—	—	35 000	38 500
—	110 000	—	—	—	—	110 000	121 000
—	154 000 [1]	—	—	—	—	154 000	169 000
—	220 000	—	—	—	—	220 000	242 000

[1] Не рекомендуется и допускается лишь в случаях, когда применение его обусловлено значительными технико-экономическими преимуществами.

[2] Эти напряжения первичных обмоток относятся к повысительным и понизительным трансформаторам, присоединяемым непосредственно к сборным полосам и выводам генераторов.

[3] Эти напряжения у вторичных обмоток относятся к понизительным трансформаторам с повышенным напряжением короткого замыкания (8% и более).

§ 11. Максимально допустимые температуры нагрева и перегрева различных элементов электрооборудования

(По ОСТ НКТП 8555/1472 и ГОСТ 401-41)

Позиции	Наименование элементов электрооборудования	Максимально допустимые температуры °С	
		нагрева	перегрева
1	Токоведущие части неизолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами	110	75
2	Токоведущие части изолированные и соприкасающиеся с изоляционными материалами:		
	а) Непропитанные и непогруженные в масло волокнистые материалы	80	45
	б) Пропитанные или погруженные в масло волокнистые материалы	95	60
	в) Препараты из слюды или азбеста со связывающими материалами	110	75
	г) Слюда без связывающих материалов — фарфор, стекло, кварц	110	75
	д) Голые токоведущие части, находящиеся в масле	90	55
3	Неподвижные контактные соединения	75	40
4	Подвижные контактные соединения	75	40
5	а) Масло трансформаторное в верхнем слое баков трансформаторов	95	60
	б) То же в масляных выключателях	75	40
6	Сердечники трансформаторов (на поверхности сердечника)	—	70
7	Обмотки трансформаторов	—	75
8	а) Шины медные и алюминиевые	90 [1]	—
	б) Шины стальные	75 [1]	—
9	а) Кабели с бумажной изоляцией — до 3 *кв*	80	—
	б) Кабели с бумажной изоляцией — 6 *кв*	70	—
	в) Кабели с бумажной изоляцией — 10 *кв*	65	—
10	Провода с резиновой изоляцией	55	—

[1] Температуры нагрева по позиции 8 приведены на основании указаний Правил (ГОСТ не стандартизованы).

§ 12. Характеристики проводниковых и изолирующих материалов

1. Характеристики металлов и сплавов

Наименование металлов и сплавов	Удельные веса *кг/дцм*³	Температуры плавления при нормальном давлении °С	Удельное сопротивление при 20° С *ом · мм²/м*	Температурный коэфициент электрического сопротивления
1	2	3	4	5
Алюминий	2,7	658	0,03—0,04	0,0036
Висмут	9,8	271	1,2	0,004
Вольфрам	19,1	3500	0,055	0,004
Железо	7,86	1530	0,10—0,15	0,0045
Константан	8,9	1270	0,46—0,52	Близко к 0
Латунь	8,4—8,7	900	0,07—0,08	0,0013—0,0019
Манганин	8,14	960	0,4—0,48	0,00001—0,00003
Медь	8,9	1083	0,0172—0,0178	0,00382
Никель	8,8	1450	0,09—0,11	0,0044
Никелин	8,98	1100	0,4—0,44	0,0002
Нихром	8,2	1375	1,0—1,2	0,00012—0,0004
Олово	7,28	232	0,12	0,0044
Платина	21,4	1764	0,10—0,11	0,0038—0,0039
Реотан	8,6	—	0,47	0,00023
Ртуть	13,6	38,9	0,958	0,0009
Свинец	11,34	327	0,208	0,0040
Серебро	10,5	961	0,0165	0,0036
Сталь	7,87	1300—1400	0,10—0,25	0,0045—0,005
Фехраль	7,6	—	1,2—1,4	0,00008
Цинк	7,1	419	0,063	0,0037
Чугун	7,2	1200	0,52	0,001

Удельные сопротивления при температурах, отличающихся от 20° С

$$\rho_t = \rho_{20}[1 + \alpha(t - 20)],$$

где ρ_t — искомое удельное сопротивление при температуре t° С;

ρ_{20} — удельное сопротивление при 20° С;

α — температурный коэфициент;

t — температура, для которой должно быть определено удельное сопротивление.

2. Характеристики изоляционных материалов

Наименование материалов	Удельный вес *кг/дм³* *г/см³*	Диэлектрическая постоянная ε	Электрическая прочность *кв/мм*	Теплопроводность λ	Удельное сопротивление ρ *ом · см* при 20° С
1	2	3	4	5	6
Асфальт естественный	1,1—1,3	2,7	13—16	—	10^{14}
Бакелит (гетинакс) круглый	1,2—1,3	3,8—5	10—15	0,0017	10^{11}—10^{15}
Бакелит (гетинакс) листовой	1,3—1,4	4,5—6	10—20	0,0017	10^{11}—10^{14}
Бумага кабельная сухая	0,8	2,3—3,5	6—9	0,0013	10^{13}—10^{14}
То же, пропитанная маслом	—	3,4—3,7	10—25	—	10^{15}
Воздух при 20° С и 760 *мм* рт. ст.	0,00121	1,0	3—4	0,006	—
Дерево:					
а) дуб парафинированный	0,76	4,5—5	4—7	—	10^{12}
б) береза	0,64	2—3	3—5	—	10^{10}
в) бук в сухом виде	0,73	3—3,5	5—6	—	10^{11}
Лакированная ткань	1,1—1,35	3,5—5,0	32—45	0,0025	10^{12}—10^{13}
Масло трансформаторное	0,85—0,89	2,0—2,5	5—18	0,002	10^{12}—10^{13}
Миканит	2,2	4,6—6	15—20	0,001	10^{15}
Мрамор	2,7	8,3	2—3	0,03	10^{7}—10^{8}
Парафин	0,85—0,92	2,0—2,2	15—30	0,002	10^{15}
Пресшпан:					
а) сухой	0,9—1,3	2,5—4,0	8—10	0,0017	10^{9}—10^{13}
б) пропитанный в масле	—	4,0—5,0	12—17	—	10^{12}—10^{13}
Резина листовая	1,3—1,8	3,5	10—15	0,001	10^{13}—10^{14}
Слюда мусковит	2,8	6—7,5	120—200	0,0036	10^{14}—10^{15}
» флогопит	2,8	4,0—6,0	80—150	0,0036	10^{12}—10^{14}
Стекло	2,5	5,5—10	10—40	0,011	10^{11}—10^{15}
Фарфор	2,4—2,7	6,0—7,5	6—10	0,01	10^{14}—10^{15}
Фибра	1,2—1,4	3,0—5,0	4—11	0,011	10^{10}
Шифер	2,7—2,9	4,0—16,0	1,5—3	0,02	10^{7}—10^{13}
Целлулоид	1,45	—	10—15	—	$2 \cdot 10^{10}$
Эбонит	1,15—1,3	2,0—3,5	8—10	0,0018	10^{17}

Наименование материалов	Наименование кислот, щелочей и газов											
	Соляная HCl при концентрации		Азотная HNO_3 при концентрации		Серная H_2SO_4 при концентрации		Плавиковая HF	Уксусная $C_2H_4O_2$ при концентрации		Хлор Cl	Щелочь $MOH)_n$	Аммиак NH_3
	5%	50%	5%	50%	5%	50%		5%	50%			
Медь	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Алюминий	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Свинец	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Олово	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Никель	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Бронза	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Латунь	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Железо	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Хлопчато-бумажная ткань	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Фарфор	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Вулканизированная резина	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Условные обозначения степени устойчивости материалов

- Малоустойчивый
- Среднеустойчивый
- Достаточно устойчивый
- Совершенно устойчивый
- Неустойчивый

Фиг. 4

§ 14. Сталь прокатная

1. Заготовка, балки, рельсы, уголки и листы

Сталь прокатная, заготовка, ОСТ 2438						
Размеры, *см*	5×5	6×6	7×7	8×8	9×9	11×10
Площадь сечения, *см²*	24,52	35,30	48,05	62,76	79,44	93,07
Строительная длина, *м*	4—8	4—8	4—8	4—8	4—8	3,6
Вес пог. метра, *кг*	19,2	27,7	37,7	49,3	62,4	77,0

Балки двутавровые, ОСТ 10016-39					
№ профилей	10	12	14	16	18
Площадь сечения, *см²*	14,3	17,8	21,5	26,1	30,6
Строительная длина, *м*	6; 9	6; 9	6; 9; 12	6; 9; 12	6; 9; 12
Вес 1 пог. метра, *кг*	11,2	14,0	16,9	20,5	24,1

Сталь швеллерная, ОСТ 10017-39				
№ профилей	5	10	12	14[2]
Площадь сечения, *см²*	6,93	12,74	15,36	18,91
Строительная длина, *м*	6; 9	6; 9	6; 9	6; 9; 12
Вес 1 пог. метра, *кг*	5,44	10,0	12,06	14,53

Рельсы железнодорожные узкой колеи, ОСТ 7688/664						
Тип (вес), *кг/м*	7	8	11	15	18	24
Площадь сечения, *см²*	8,85	10,76	14,31	18,80	23,07	27,70
Строительная длина, *м*	5	7	7	7	8	8
Вес пог. метра, *кг*	5,93	8,42	11,2	14,72	18,06	24,04
№ специального ОСТ	7689	7690	7691	7692	7693	7694

Сталь угловая	Равнобокая, ОСТ 10014-39										Неравнобокая, ОСТ 10015-39		
№ профилей	2,5	3	3,5	4		5		6,3	7,5	10	6/4	7,5/5	
Толщина полок, *см*	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	0,6	0,6	0,8
Площадь сечения, *см²*	1,43	2,27	2,67	3,08	3,79	4,8	5,69	6,91	11,5	19,2	22,8	5,72	7,26	9,47
Строительная длина, *м*	6	6	6	6; 9		6; 9		6; 9	6; 9; 12	6; 9; 12; 15		6; 9		
Вес 1 пог. метра, *кг*	1,12	1,78	2,1	2,42	2,97	3,77	4,47	5,42	9,03	15,1	17,9	4,49	5,69	7,43

Сталь листовая	Тонкая, ОСТ 10020-39				Толстая ОСТ 10019-39			
Толщина, *мм*	1	1,5	2	3	4	6	10	12
Ширина, *см*	71,0—100,0	71,0—125,0		71,0—140,0	60—100: любые размеры, кратные пяти; 100—180: любые размеры, кратные десяти			
Строительная длина, *м*	1,42—2,00	1,42—2,50		1,4—2,03	2,5; 4,5; 6,0	2,5; 4,5; 6,0	4,2; 6,0; 9,0	6,0; 8,0
Вес 1 *м²*, *кг*	8	12	16	24	32	48	80	96

Сталь листовая рифленая ОСТ 10026-39

Толщина листа—5 *мм* | Ширина листа—71,0—110,0 *см* | Длина листа—1,50—4,0 *м* | Вес 1 *м²*—33,4 *кг*

2. Лента, полоса, проволока, сталь круглая, сетка

Лента стальная	Холоднокатаная ГОСТ 503-41			Горячекатаная ОСТ 2387											
Толщина, *мм*	1	1	1	1,5	1,5	2	1,5	2	2	3	2	3	3	3	3
Ширина, *мм*	10	15	20	20	25		30		35		40		50	80	100
Вес 1 пог. метра, *кг*	0,078	0,118	0,157	0,236	0,294	0,393	0,353	0,471	0,55	0,824	0,682	0,942	1,178	1,884	2,355
Поставляется	В мотках			В мотках											

Полоса стальная ГОСТ 103-41

Толщина, *мм*	4	5	4	5	4	5	4	5	5	8	10	6	8	10	6	8	10	20	30
Ширина, *мм*	25		30		35		40		50			60			80			150	200
Вес 1 пог. метра, *кг*	0,785	0,981	0,942	1,177	1,099	1,374	1,256	1,57	1,962	3,14	3,925	2,826	3,768	4,71	3,768	5,024	6,28	23,55	47,1

Примечание. Строительная длина 5 *м*.

Проволока	Отожженная оцинкованная ОСТ 3236 НКТП			Стальная торговая ОСТ 3236 НКТП				Круглая катанка ГОСТ 592-41			Сталь круглая ОСТ 10003-39					
Диаметр, *мм*	0,7	1,0	1,4	3	4	5	6	6	7	8	10	12	16	18	30	50
Площадь сечения, *мм*^{2}	0,385	0,785	1,54	7,068	12,566	19,635	28,270	28,27	38,48	50,27	79	113	201	254	707	1964
Вес 1 пог. метра, *кг*	0,00362	0,00617	0,0121	0,055	0,098	0,154	0,222	0,222	0,301	0,395	0,62	0,89	1,58	2,0	5,55	15,41
Поставляется	В мотках			В мотках				В мотках								

Примечание. Строительная длина при диаметре до 18 *мм* — 6—9 *м*; при диаметре более 18 *мм* — 4—9 *м*.

Сетка стальная в одну перевивку, ОСТ 3743 НКТП		
Размер ячейки, *мм*	10×10	20×20
Диаметр проволоки, *мм*	0,9	1,2
Вес 1 *м*^{2}, *кг*	1,25	1,1

Строительная ширина 1 *м*, допуск ± 15 *мм*

§ 15. Метизы

1. Контргайки, болты, винты для металла

Контргайки стальные (для труб) ОСТ 3366

Номинальный размер, дюймы	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Вес 1 000 шт., кг	25	45	58	150	190	390	450	820

Болты черные с шестигранной уменьшенной головкой тип I, ОСТ 20035-38 (без гаек)

Диаметр, мм	6	6	8	10	6	8	10	12	8	10	12	16	8	10	12	16	18	8	10	12	16	18
Длина, мм	15	20			30				40				50					60				
Вес 1 000 шт., кг	8,166	7,049	12,52	19,9	8,815	15,71	24,92	40,24	19,90	29,95	47,52	91,28	22,09	34,98	54,80	104,6	148,8	25,27	40,01	62,08	117,9	165,3
Диаметр, мм	8	10	12	16	18	10	12	16	18	10	12	16	18	10	12	16	18					
Длина, мм	80				100				120				140									
Вес 1 000 шт., кг	31,65	50,05	76,65	144,6	198,4	60,11	91,21	171,3	231,5	70,17	105,8	198,0	264,6	80,22	120,5	224,6	297,7					

Болты получистые с нормальной шестигранной головкой, тип 0 (без гаек), ОСТ 3524 (применять для соединения шин)

Диаметр, мм	6	6	8	6	10	10	12	16	10	12	16	12	16	12	16	12	16	12	16
Длина, мм	16	20		30		40			50			80		100		120		140	
Вес 1 000 шт., кг	7,01	7,843	14,47	10,07	29,67	35,50	60,47	109,4	47,84	78,23	141,0	96,0	172,5	113,7	204,1	138,8	234,2	148,6	265,7

Винты для металла точеные, тип I (с полукруглой головкой), ОСТ 20007-38

Диаметр, мм	3	4	3	4	4	5	5	6	5	6	5	6	5	6	6
Длина, мм	8		10		16		22		25		30		40		50
Вес 1 000 шт., кг	0,534	1,023	0,634	1,183	1,634	2,732	3,81	5,82	4,272	6,486	5,042	7,596	6,581	9,816	12,04

Винты для металла точеные, тип II (с потайной головкой), ОСТ 20007-38

Диаметр, мм	3	4	4	6	6	8	6	8	6	8
Длина, мм	8		10		15		22		25	
Вес 1 000 шт., кг	0,435	0,822	0,877	2,333	3,216	6,244	4,77	8,48	5,436	9,81

2. Шурупы (винты для дерева), гайки, шайбы

Винты для дерева (шурупы)	С полукруглой головкой, ГОСТ 1144-41													С потайной головкой, ГОСТ 1145-41				
Диаметр, *мм*	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	6	4,5	6	8	4,5	6	8	8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Длина, *мм*	26	30	40		50		60			70			85	20	35	45	60	70
Вес 1 000 шт., *кг*	1,79	2,03	2,60	4,45	5,45	9,91	6,41	11,6	21,15	7,33	13,34	24,2	23,12	2,67	3,56	4,54	6,01	7,26

Гайки	Черные, тип III (6-гранные), ОСТ 3310						Получистые, тип III (6-гранные) ОСТ 7839/823				Гайка-барашка с метрической резьбой, ОСТ 2070			
Диаметр резьбы, *мм*	М6	М8	М10	М12	М16	М18	М6	М10	М12	М16	Диаметр резьбы, *мм*	М6	М8	М10
Вес 1 000 шт., *кг*	3,209	6,016	11,57	25,42	43,14	73,02	3,209	11,57	25,42	43,14	Вес 1 000 шт., *кг*	5,0	9,0	15,0

Примечания. 1. Диаметры резьбы гаек указываются условно с припиской буквы „М" — для обозначения метрической нарезки.
2. Получистые гайки применять для болтовых соединений шин.

Шайбы стальные	Черные (под 6-гранные гайки), ОСТ 3190						Чистые (под 6-гранные гайки), ОСТ 3238				Шайбы пружинные (Гровера) ОСТ 26042			
Диаметр болта, *мм*	6	8	10	12	16	18	6	10	12	16	Диаметр болта, *мм*	6	8	10
Вес 1 000 шт., *кг*	1,915	2,248	4,476	7,25	15,39	22,20	1,973	4,80	7,475	16,34	Вес 1 000 шт., *кг*	0,82	1,55	4,13

Примечание. Шайбы чистые применять для болтовых соединений шин.

§ 16. Трубы, применяемые в электроцементных установках

1. Трубы стальные водо-газопроводные (газовые), ОСТ 18828-39

Номинальный диаметр, дюймы	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5
Наружный диаметр, *мм*	17,0	21,25	26,75	33,5	42,25	48,0	60,0	75,5	88,5	114,0	140,0
Внутренний диаметр, *мм*	12,5	15,75	21,25	27,0	35,25	41,0	53,0	68,0	80,5	106,0	131,0
Толщина стенки, *мм*	2,25	2,75	2,75	3,25	3,25	3,5	3,5	3,75	4,0	4,0	4,5
Вес, *кг/м*	0,82	1,25	1,63	2,42	3,13	3,84	4,88	6,64	8,34	10,85	15,04

2. Муфты стальные прямые (для газовых труб), ОСТ 3363

Номинальный диаметр, дюймы	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5
Условный диаметр, *мм*	10	13	19	25	32	38	50	65	76	100	125
Длина муфты, *мм*	30	35	40	40	45	50	60	65	70	90	90
Толщина стенки, *мм*	4	5	5	6	6	7	7	8	8	10	10
Наружный диаметр, *мм*	22,22	27,63	33,12	41,03	49,69	57,58	69,39	86,97	99,67	128,81	154,21
Вес 1 шт., *кг*	0,038	0,066	0,11	0,19	0,24	0,45	0,63	1,1	1,3	2,3	3,3

3. Трубы азбоцементные, ГОСТ 1839-42

Внутренний диаметр, *мм*	50	75	100	125	150
Наружный диаметр, *мм*	64	89	116	147	168
Толщина стенки, *мм* . .	7	7	8	8	9
Длина трубы, *мм* . . .	2 500 и 3 000	2 500 и 3 000	2 500 и 3 000	2 500 и 3 000	2 500 и 3 000
Вес трубы, *кг/м*	3,3	4,7	7,1	8,7	11,7
Вес муфты, *кг*	1,2	1,5	1,8	2,3	2,8

Примечание. Соединение труб муфтами производится с заполнением стыкового пространства конопатью и цементным раствором или битумной мастикой.

4. Трубы канализационные керамиковые (по ГОСТ 286-41)

Обожженные глиняные трубы, покрытые снаружи и изнутри глазурью. В электроустановках находят применение для прокладки кабелей.

Внутренний диаметр трубы *мм*	Наружный диаметр трубы *мм*	Внутренний диаметр раструба *мм*	Наружный диаметр раструба *мм*	Длина трубы, включая раструб *мм*
125	161	193	222	860; 1060
150	188	224	262	860; 1060
200	240	276	316	860; 1060
250	294	334	376	860; 1060
350	406	446	502	870; 1070
400	460	500	560	870
450	518	558	626	870
500	572	612	684	870
550	628	668	746	870
600	682	722	821	870

5. Трубки изоляционные полутвердые резиновые, ОСТ 376

Номинальный диаметр, *мм*		5	7	9	11	13	16	23
Внутренний диаметр, *мм*	наименьший	4,6	6,5	8,4	10,2	12,2	15,1	22,0
	наибольший	5,4	7,5	9,6	11,8	13,8	16,9	24,0
Толщина стенки, *мм*	наименьшая	1,25	1,25	1,4	1,4	1,6	1,6	2,6
	наибольшая	1,75	1,75	2,0	2,0	2,4	2,4	3,4
Длина, *мм*	наименьшая	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950	1 950
	наибольшая	2 050	2 050	2 050	2 050	2 050	2 050	2 050
Вес трубки, *г*	наименьший	90	120	170	200	280	335	730
	наибольший	110	145	205	245	340	410	890

6. Установочные трубки с металлической оболочкой (трубки Бергмана)

Номинальный диаметр, *мм*	9	11	13	16	23	29	

7. Рукава металлические гибкие типа Р-1 завода „Металлорукав"

Внутренний диаметр, *мм*	10	12	18	25	30	40	
Наружный диаметр, *мм*	12,5	14,5	22	29,9	35,5	45,5	60
Вес, *кг/м*	0,18	0,26	0,37	0,6	0,63	0,7	

§ 17. Пиломатериалы

Доски и бруски

(Выдержка из ОСТ/ВКС 7099)

Длина, *м*: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*										
19	19	—	—	30	—	40	50	60	70	85	100
22	—	22	—	30	—	40	50	60	70	85	100
25	—	—	25	30	—	40	50	60	70	85	100
30	—	—	—	30	—	40	50	60	70	85	100
35	—	—	—	—	35	40	50	60	70	85	100
40	—	—	—	—	—	40	50	60	70	85	100
50	—	—	—	—	—	—	50	60	70	85	100

Толщина, *мм*	Ширина, *мм*									
19	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
22	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
25	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
30	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
35	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
40	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
50	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300

Примечание. Объемы пиломатериалов см. „Таблицы исчисления объемов пиломатериалов по метрическим ОСТ" (изд. 1941 г.).

Данные, касающиеся деревянных столбов — см. часть V.

§ 18. Вес различных материалов

Наименование материалов	Вес кг/м³	Наименование материалов	Вес кг/м³
Алебастр (гипс) россыпью	1 000	Линолеум	1 150—1 300
Асбестовый картон	1 200	Мел кусковой	1 300
Асфальт	1 100—1 500	Мрамор обыкновенный	2 000—2 800
Бетон с каменным щебнем	2 200—2 400	Опилки древесные навалом	200
Бетон с кирпичным щебнем	1 800—2 000	Песок горный и речной нормальной влажности	1 500—1 800
Гипс сухой	970	Плиты бетонные и железобетонные	2 400
Глина свежевырытая	1 670—1 850	Резина (изделия)	1 000—2 000
Грязь смешанный	1 700—1 800	Рогожа	120
Земля инфузорная	600	Сера кристаллическая	1 960—2 270
Земля растительная сухая	1 500	Смола	1 070—1 100
Известковое тесто	1 450	Снег рыхлый	100
Известь пушонка	500	Снег слежавшийся	280
Камень мостовой (брусчатка)	2 700	Стекло оконное	2 400—2 700
Камень бутовый	1 600	Торф воздушной сушки	325—410
Кирпичная кладка свежая	1 570—1 630	Фанера обыкновенная	700
Кирпич обыкновенный	1 400—1 600	Цемент россыпью	1 300
Лед	880—920	Шлак котельный	800
Лесоматериал хвойный	600—750	Щебень средней твердости	1 600

Примечание. В таблице указаны средние величины или крайние значения.

§ 19. Допускаемые напряжения для строительных материалов и деталей конструкций

1. Стальные конструкции

Позиции	Наименование материалов	Допускаемые напряжения, кг/см²				
		изгиб	растяжение	сжатие	смятие	срез
1	Сталь прокатная	1 400	1 400	1 400	2 100	1 050
2	Стальное литье	1 200	1 200	1 200	1 600	900
3	Чугунное литье	—	350	1 200	1 700	250
4	Заклепки	—	900[1]	—	2 400	1 000
5	Чистые болты	—	1 200	—	2 800	1 200
6	Черные болты	—	1 200	—	1 700	800
7	Анкерные болты	—	1 000	—	—	—
8	Сварные швы	—	900	1 000	—	750

[1] Отрыв головки.

2. Деревянные конструкции (сосна, ель)

Род напряжения	Допускаемые напряжения *кг/см²*	Пояснения
Изгиб	120	
Растяжение вдоль волокон	80	
Сжатие и смятие вдоль волокон	120	При смятии под углом — см. график на стр. 44 „Справочника строителя" (Стройиздат, 1944 г.)
Сжатие и смятие поперек волокон по всей поверхности и в щековых врубках	18	
Смятие поперек волокон на части длины и в лобовых врубках	30	При длине свободного конца элемента не менее его толщины и не менее 10 *см*; также при расчете опорных плоскостей деревянных конструкций
Скалывание вдоль волокон в лобовых врубках	12	При учете длины скалывания не более двух толщин брутто элемента в направлении врезки, но не более 10 глубин врезки
Скалывание вдоль волокон в щековых врубках:		
а) в сопряжениях под углом больше 30°	6	При учете длины скалывания не более 5 толщин брутто элемента в направлении врезки, но не более 10 глубин врезки
б) в сопряжениях под углом меньше 30°	4	
Скалывание при изгибе	22	
Смятие по плоскостям скольжения клиньев	20	

Глава 5. ПРОВОДА, КАБЕЛИ И ИХ ПРОКЛАДКА

§ 20. Марки проводов и кабелей

1. Провода голые

МГ — медный голый,
МГГ — медный голый гибкий,
А — алюминиевый,
АС — сталь-алюминиевый нормальной прочности,
АСУ — сталь-алюминиевый усиленной прочности.

2. Провода и шнуры установочные

Марки проводов	Краткие характеристики проводов	Номинальное напряжение *в*
1	2	3
ПРТО-2 000	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный и многожильный в общей пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи для прокладки в трубах	2 000
ПРТО 500 [1]	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный и многожильный в общей оплетке, для прокладки в трубах	500
ПР-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи . . .	500
ПРГ-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, гибкий, одножильный, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	500
ПР-380	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи . .	380
ТПРФ (куло)	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, в трубчатой металлической фальцованной оболочке	500
ПАО	Провод с медной жилой, одножильный, с азбестовой изоляцией, огнестойкий . . .	220
ПГАО [2]	Провод с медной жилой, гибкий, одножильный, с азбестовой изоляцией, огнестойкий	220
ПВМ [3]	Провод с медной жилой, защищенный хлопчатобумажной пряжей с пропиткой высыхающим маслом, атмосферостойкий . . .	220
ПРД	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (шнуроподобный)	220
АР	Арматурный провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, одножильный	220
АРД	Арматурный провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный	220

[1] Для установок постоянного тока — может применяться при номинальном напряжении до 1 000 *в*.

[2] По особому заказу провода до 25 *мм*² включительно изготовляются одно-, двух-, трехжильными, в общей оплетке из азбестовой пряжи.

[3] Провод ПВМ относится к защищенным, но не изолированным проводам.

Продолжение

Марки проводов	Краткие характеристики проводов	Номинальное напряжение в
1	2	3
ШР-220	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный	220
ШР-500	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный	500
ШРП	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, подвесной	220
ШРО	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный, в общей оплетке .	220

3. Силовые кабели с бумажной изоляцией

Марки кабелей	Краткие характеристики кабелей
СГ	Освинцованный, голый
СБ	Освинцованный, асфальтированный и бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом
САД	Освинцованный и асфальтированный с дополнительным защитным покровом
СБГ	То же, что и СБ, но без наружного покрова
СП	Освинцованный и бронированный стальными проволоками с наружным джутовым покровом
СПГ	То же, без наружного джутового покрова
СК	Освинцованный и бронированный стальными круглыми проволоками
СБВ	То же, что и кабель марки СБ, но с осушенной изоляцией
СБГВ	То же, что и кабель марки СБГ, но с осушенной изоляцией
СПВ, СПГВ	То же, что и кабели марок СП, СПГ, но с осушенной изоляцией

4. Контрольные кабели с бумажной изоляцией

Марки кабелей	Краткие характеристики кабелей
КСГ	Освинцованный, голый
КСБ	Освинцованный и бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом
КСАД	Освинцованный и асфальтированный с дополнительным защитным покровом
КСБВ	Освинцованный, асфальтированный, бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом, с осушенной изоляцией
КСБГ	Освинцованный и бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова
КСП	Освинцованный и бронированный стальными плоскими проволоками, с наружным джутовым покровом
КСПГ	То же, без наружного джутового покрова
КСК	Освинцованный и бронированный стальными круглыми проволоками, с наружным джутовым покровом
КСБГВ КСПВ КСПГВ	То же, что и кабели марок КСБГ, КСП и КСПГ, но с осушенной изоляцией

5. Силовые кабели с резиновой изоляцией

СРБ	Освинцованный, бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом
СРГ	Освинцованный голый
СРАД	Освинцованный и асфальтированный, с дополнительным защитным покровом
СРБГ	То же, что и кабель СРБ, но без наружного покрова
СРП	Освинцованный и бронированный плоскими стальными проволоками, с наружным джутовым покровом

6. Контрольные кабели с резиновой изоляцией

КСРГ	Освинцованный голый
КСРБ	Освинцованный, бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом
КСРП	Освинцованный, бронированный плоскими стальными проволоками, с наружным джутовым покровом
КСРАД	Освинцованный и асфальтированный, с дополнительным защитным покровом

7. Силовые кабели в совпреновой оболочке

Марки кабелей	Краткие характеристики кабелей
НРГ	С резиновой изоляцией, без наружного покрова
НРБГ	С резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова
НРПГ	С резиновой изоляцией, бронированный стальной, оцинкованной проволокой, без наружного покрова

8. Контрольные кабели в совпреновой оболочке

КНРГ	С резиновой изоляцией, без наружного покрова
КНРБГ	С резиновой изоляцией, в совпреновой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова
КНРПГ	С резиновой изоляцией, бронированный стальными оцинкованными проволоками, без наружного покрова

9. Силовые кабели в винилитовой оболочке

ВРГ	С резиновой изоляцией, без наружного покрова
ВРБГ	С резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова
ВРПГ	С резиновой изоляцией, бронированный оцинкованными стальными проволоками, без наружного покрова

10. Контрольные кабели в винилитовой оболочке

КВРГ	С резиновой изоляцией, без наружного покрова
КВРБГ	С резиновой изоляцией, бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова
КВРПГ	С резиновой изоляцией, бронированный стальными оцинкованными плоскими проволоками, без наружного покрова

§ 21. Выбор марок изолированных проводов и шнуров в зависимости от характера окружающей среды и способов прокладки

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
I	Нормальные отапливаемые помещения	ПРД	Неподвижная прокладка при напряжении между жилами не выше 220 *в*	На роликах
		АР	Для зарядки осветительных арматур при напряжении между жилами не выше 220 *в*	Внутри и поверх осветительной арматуры
		АРД	То же	То же
		ШР-220	Неподвижная прокладка при напряжении между жилами не выше 220 *в*	На роликах
		ШР-500	То же, но при напряжении между жилами не выше 500 *в*	То же
		ШРП	Для подвесных блочных ламп при напряжении между жилами не более 220 *в* в жилых и конторских помещениях	На подвеске
		ШРО	То же для присоединения настольных ламп и т. п.	

Продолжение

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
1	То же	ПР-380	Неподвижная прокладка при напряжении до 380 *в*	В изоляционных установочных трубках (Бергмана) на скобах или на роликах
2	Нормальные неотапливаемые помещения	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсным перенапряжением до 2 000 *в*, когда по местным условиям требуется надежная защита от механических повреждений	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб
		ПРТО-500	В сетях переменного тока до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же
		ПР-500 [1]	Неподвижная прокладка при напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	На роликах, изоляторах, на деревянных клицах, скрытая проводка в изоляционных (эбонитовых полутвердых) трубках, в изоляционных установочных трубках (Бергмана) [2] при открытой прокладке трубок, в стальных (газовых) трубах

[1] Взамен проводов марки ПРТО, при отсутствии последних.

[2] Трубки Бергмана в тех местах, где имеется опасность значительных механических повреждений, должны быть надежно защищены.

Продолжение

№ группы	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
2	То же	ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется особая гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов
		ПР-380	а) Неподвижная прокладка при напряжении между проводами до 380 *в*	На роликах, изоляторах, изолирующих клицах[2] и в изоляционных установочных трубах (Бергмана), в стальных (газовых) трубах без применения дополнительной изоляции при открытой прокладке труб [1]
			б) То же, при напряжении до 120 *в*	В стальных (газовых) трубах при скрытой прокладке труб при отсутствии возможности конденсации влаги [1]
			в) То же, при напряжении до 36 *в*	То же, также при наличии возможности конденсации [2]
		ТПРФ (куло)	При напряжении сети не выше 500 *в*	Открытая прокладка на скобах, тросах и по поверхностям [3]
3	Сырые и особо сырые помещения	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсным перенапряжением до 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб

[1] Трубы должны быть с числом изгибов не более двух и окрашены изнутри изоляционным лаком.
[2] Например при прокладке в полу.
[3] Провода ТПРФ в тех местах, где имеется опасность значительных механических повреждений, должны быть надежно защищены.

Продолжение

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
3	То же	ПРТО-500	В сетях переменного тока до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же [2]
		ПР-500	Неподвижная прокладка при напряжении не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	На изоляторах [1]
		ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов
		ПР-380	Неподвижная прокладка при напряжении не выше 380 *в*	На изоляторах
4	Пыльные помещения с токопроводящей и непроводящей пылью	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсным перенапряжением д > 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб [2]
		ПРТО-500	В сетях переменного тока до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же [2]

[1] В сырых и особо сырых помещениях взамен изоляторов могут применяться специальные ролики для сырых помещений.

[2] В случае наличия [illegible]

[illegal] В сырых и особо сырых помещениях изгиб изоляторов могут применяться специальные ролики для сырых помещений.

[illegal] В случае наличия пожароопасной пыли ответвительные коробки должны иметь уплотнения.

Продолжение

№ группы	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
4	То же	ПР-500	Неподвижная прокладка при напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	В стальных (газовых) трубах при открытой прокладке труб
		ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов
		ПР-380	Неподвижная прокладка при напряжении между проводами до 380 *в*	На изоляторах
5	Жаркие и особо жаркие помещения	ПАО	Неподвижная прокладка при напряжении сети не выше 220 *в* при температуре не выше 200°С	На изоляторах
6	Пожароопасные помещения, а также помещения с большим количеством людей (театры, клубы, кино и т. п.) и ценные сооружения [1]	ПГАО	То же	То же
		ПРТО-2 000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсными перенапряжениями до 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой прокладке труб [2]
		ПРТО-500	В сетях переменного тока с напряжением до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же [2]

[1] Имеются в виду сооружения общественного значения (музеи, картинные галлереи, книгохранилища и т. п.).

[2] В случае наличия пожароопасной пыли ответвительные коробки должны быть уплотнены.

Продолжение

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
6	То же	ПР-500	Неподвижная прокладка при напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	То же, но для открытой прокладки труб
		ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется особая гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов
		ТПРФ (куло)	При напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где отсутствует возможность механических повреждений	Открытая прокладка на скобах
7	Взрывоопасные помещения [1]	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсным напряжением до 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб [2]
		ПРТО-500	В сетях переменного тока напряжением до 500 *в* и в сетях переменного тока до 1 000 *в*	То же [2]

[1] В тех взрывоопасных помещениях, где электропроводка разрешена.
[2] Трубопроводы должны быть испытаны под давлением 2,5 *ат*.

Продолжение

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
7	То же	ПР-500	При напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	То же, но для открытой прокладки труб[1]
		ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется особая гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большего количества изгибов[1]
8	Помещения с едкими парами или газами (действующими разрушающе на обычно употребляемые в электрических проводках материалы)	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* или в сетях с импульсным перенапряжением до 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб[1]
		ПРТО-500	В сетях переменного тока напряжением до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же[1]
		ПР-500	При напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	То же[1]
		ПРГ-500	То же, но в местах, где требуется особая гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов[1]

[1] Трубопроводы должны быть испытаны под давлением в 2,5 *ат*.

Продолжение

№ групп	Характер окружающей среды	Марки провода	Область применения	Способ прокладки
1	2	3	4	5
8	То же	ПВМ	В сетях напряжением до 500 *в*	На изоляторах на недоступной высоте
9	Наружная проводка по стенам	ПРТО-2000	При напряжении до 2 000 *в* как в сетях с импульсным перенапряжением до 2 000 *в*	В стальных (газовых) трубах при открытой и скрытой прокладке труб
		ПРТО-500	В сетях переменного тока напряжением до 500 *в* и в сетях постоянного тока до 1 000 *в*	То же
		ПР-500	Неподвижная прокладка при номинальном напряжении сети не выше 500 *в* в местах, где не требуется особой гибкости проводов	То же, а также на изоляторах
		ПРГ-500	То же, но где требуется особая гибкость проводов	В стальных (газовых) трубах при наличии большого количества изгибов
		ПР-380	Неподвижная прокладка при рабочем напряжении между проводами до 380 *в*	На изоляторах на недоступной высоте
		ПВМ	В сетях переменного тока напряжением до 380 *в*	То же

§ 22. О применении бронированных кабелей [1]

В кабельных сетях напряжением от 20 *кв* и выше бронированные кабели применяются без ограничений. В кабельных сетях при напряжениях до 10 *кв* включительно применение бронированных кабелей является обязательным только в следующих установках:

а) кабели, питающие потребителей I-й категории (см. часть IV Справочника); кабельные фидеры, служащие для присоединения генераторов на электрических станциях;

б) кабели, отходящие непосредственно от районных станций и районных подстанций;

в) кабели в пределах взрывоопасных помещений;

г) кабели, питающие шахтные установки (вентиляция, подъемники и подземные выработки);

д) кабели, питающие установки, прекращение действия которых связано с реальной угрозой для жизни работающих людей или с длительным остановом предприятий, порчей оборудования и пр. (вентиляция взрывоопасных и газоопасных помещений, разливочные краны мартеновских, электросталеплавильных и бессемеровских цехов, механизмы наклона качающихся мартеновских печей и миксеров и т. п.);

е) кабели, требующие экранирования кабелей, например кабели радиостанций;

ж) фидеры, передающие электроэнергию через водные (реки, озера и т. п.) и заболоченные пространства;

з) кабели, прокладываемые вертикально при высотах прокладки или разностях уровней установки концевых заделок, превышающих пределы, предусмотренные ГОСТ для небронированных кабелей;

и) кабели, прокладываемые по внешним поверхностям механизмов и требующие защиты от механических повреждений, а также кабельные линии в установках, где зарегистрированы неоднократные повреждения свинцовых оболочек грызунами.

---

[1] См. „Правила устройства электроустановок промышленных предприятий" §§ 400—463.

§ 23. Выбор марок силовых и контрольных кабелей в зависимости от характера окружающей среды и способов прокладки

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
I	Непосредственно в земле (траншее)	1. В нормальных грунтах выше уровня грунтовых вод, а также в заболоченных грунтах или в траншеях, расположенных ниже уровня грунтовых вод, при условии, что кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям	Силовые — СБ, СБГ, САД; контрольные — КСБ, КСБГ, КСАД	Кабели марок САД и КСАД могут применяться для прокладки не только в нормальных почвах, но и в почвах с повышенной влажностью, кислотностью и щелочностью
		2. При наличии в почве и грунтовых водах на уровне прокладки кабелей сильно действующих на защитные оболочки примесей, а также при наличии в районе прокладки кабелей блуждающих токов опасных величин, при расположении кабелей как выше, так и ниже уровня грунтовых вод	Силовые — СБ, САД; контрольные — КСБ, КСАД	
		3. В условиях, когда кабель может подвергаться некоторым растягивающим усилиям: а) в оврагах, б) в местах, затапливаемых при разливе рек;	Силовые — СБГ, СП, СК; контрольные — КСБГ, КСП, КСК	Выбор рода брони (из плоских лент, плоской или круглой проволоки) производить в зависимости от

Продолжение

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
I	То же	в) на больших уклонах; г) на участках, где возможны оползни грунта; д) в заболоченных грунтах, вспучивающихся при замораживании		величины ожидаемых растягивающих усилий
II	Под водой	1. При пересечении судоходных рек	Силовые — СК, СП; контрольные — КСК, КСП	
		2. При пересечении несудоходных рек	Силовые — СК, СБ, СП, СБГ, САД; контрольные — КСК, КСБ, КСП, КСБГ, КСАД	Кабели марок СБ, СБГ, КСБ, КСБГ, САД и КСАД рекомендуется заглублять в дно
III	В каналах и туннелях	1. Внутри помещений в сухих каналах и туннелях, лежащих выше уровня грунтовых вод	Силовые — НРГ, ВРГ, СГ, САД; контрольные — КНРГ, КВРГ, КСГ, КСАД	
		2. Внутри помещений в сырых каналах и туннелях (с выделением влаги на стенах), расположенных ниже уровня грунтовых вод, с постоянно действующей дренажной системой	Силовые — САД, СРАД, ВРГ, СРГ, НРГ; контрольные — КСАД, КСРАД, КВРГ, КСРГ, КНРГ	Кабели марок САД и СРАД могут применяться не только в цехах с нормальной окружающей средой, но и в сырых, особо сырых, с едкими газами и парами

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
III	То же	3. При возможности заполнения водой: а) внутри помещений в каналах и туннелях, расположенных ниже уровня грунтовых вод, и при отсутствии постоянной действующей дренажной системы б) внутри помещений в каналах и туннелях при возможности попадания технологической воды в) в наружных кабельных туннелях и каналах	Силовые — СРГ, СГ, САД, СРАД; контрольные — КСРГ, КСГ, КСАД, КСРАД	То же
IV	В закрытых помещениях с нормальной средой (отапливаемых и неотапливаемых)	1. Открыто по стенам и потолкам, вертикально, высотой до 25 *м*	Силовые — ВРГ, НРГ, СГ, СБГ, СБГВ, САД; контрольные — КВРГ, КНРГ, КСГ, КСБГ, КСБГВ, КСАД	1. Кабели с бумажной изоляцией, в зависимости от высоты прокладки, напряжения и наличия броневого покрова применять согласно указаниям Изменения № 1 ГОСТ 340-41*
		2. Вертикально, высотой от 25 до 50 *м*	Силовые — ВРГ, НРГ, СБГВ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КСВГВ	2. Кабели с бумажной изоляцией при напряжении 1—3 *кв* применять при высоте

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
				вертикальной прокладки до 50 *м*, а при напряжениях 6 и 10 *кв* — до 25 *м*
		3. Вертикально, высотой от 50 до 100 *м*	Силовые — БРГ, НРГ, ВРПГ, НРПГ, СПГВ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КВРПГ, КНРПГ, КСПГВ	Кабели марки СПГВ применять при напряжении не выше 3 *кв*
		4. В кабельных шахтах и специальных помещениях (подщитовые помещения)	Силовые — ВРГ, НРГ, СГ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КСГ	Кабели указанных марок применять, если по выходе их из кабельных шахт и подщитовых помещений не требуется применения кабелей других марок
		5. По станкам и неподвижным механизмам	Силовые — ВРГ, НРГ, НРБГ, ВРБГ, СБГ, СГ, СРБГ, СРГ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КНРБГ, КВРБГ, КСБГ, КСГ, КСРБГ, КСРГ	

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
V	В сырых и особо сырых помещениях	1. Открыто по стенам и потолкам. Вертикально, высотой до 25 *м*	Силовые — СГ, СБ, САД, СРАД, ВРГ, НРГ, СРГ; контрольные — КСГ, КСБ, КСАД, КСРГ, КСРАД, КВРГ, КНРГ	1. Кабели с бумажной изоляцией, в зависимости от высоты прокладки, напряжения и наличия броневого покрова, применять в соответствии с указаниями „Изменения № 2 ГОСТ 340-41“ 2. В тех случаях, когда допускается применение кабелей как с резиновой, так и с бумажной изоляцией, применять преимущественно кабели с бумажной изоляцией
		2. Вертикально, высотой от 25 до 50 *м*	Силовые — СБГВ, ВРГ, СРГ, НРГ; контрольные — КСБГВ, КВРГ, КСРГ, КНРГ	Кабели СБГВ с бумажной изоляцией при напряжении 1—3 *кв* применять при высоте вертикальной прокладки до 50 *м*, а при напряжении 6 и 10 *кв* — до 25 *м*

Продолжение

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
V	То же	3. Вертикально, высотой от 50 до 100 *м*	Силовые — СПВ, СРП; контрольные — КСПВ, КСРП	Кабели марки СПВ применять при напряжении не выше 3 *кв*
		4. В трубах, заложенных в бетонные фундаменты и перекрытия	Силовые — СГ, СРГ, ВРГ, НРГ; контрольные — КСГ, КСРГ, КВРГ, КНРГ	
		5. По станкам и неподвижным механизмам	Силовые — СГ, СБ, СБГ, СРГ, СРБ, СРБГ, ВРГ, НРГ; контрольные — КСГ, КСБ, КСБГ, КСРГ, КСРБ, КСРБГ, КВРГ, КНРГ	
VI	В пожароопасных помещениях, а также в помещениях с большим количеством людей (театрах, клубах, кино и т. д.) и ценных сооружениях общесоюзного	1. Открыто по стенам и потолкам, вертикально, высотой до 25 *м*	Силовые — ВРГ, НРГ, СГ, СБГ, СРГ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КСГ, КСБГ, КСРГ	1. Кабели с бумажной изоляцией, в зависимости от высоты прокладки, напряжения и наличия броневого покрова, применять в соответствии с указаниями „Изменения № 2 ГОСТ 340-41" 2. См. примечание 2 к п. V

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
	значения (музеях, картинных галлереях, книгохранилищах и т. п.)	2. Вертикально, высотой от 25 до 50 *м*	Силовые — ВРГ, НРГ, СБГВ, СРГ; контрольные — КВРГ, КНРГ, КСБГВ, КСРГ	Кабели с бумажной изоляцией применять при напряжении до 3 *кв*
		3. Вертикально, высотой от 50 до 100 *м*	Силовые — НРГ, ВРГ, НРПГ, ВРПГ, СПГВ, СРГ; контрольные — КНРГ, КВРГ, КНРПГ, КВРПГ, КСПГВ, КСРГ	Кабели марки СПГВ применять при напряжении не выше 3 *кв*
		4. В кабельных шахтах и специальных помещениях (подщитовые помещения)	Силовые — НРГ, ВРГ, СГ; контрольные — КНРГ, КВРГ, КСГ	Кабели указанных марок применять, если по выходе их из кабельных шахт и подщитовых помещений не требуется применения кабелей других марок
		5. По станкам и неподвижным механизмам	Силовые — НРГ, ВРГ, СРБГ, СГ, СБГ; контрольные — КНРГ, КВРГ, КСРБГ, КСГ, КСБГ	Бронированные кабели применять при прокладке их по доступным внешним поверхностям станков и механизмов

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
VII	Во взрывоопасных помещениях (где установка электрооборудования разрешается)	1. Открыто по стенам и потолкам вертикально, высотой до 25 *м*	Силовые — СБГ, СБГВ; контрольные — КСБГ, КСБГВ	Применять в зависимости от высоты прокладки и напряжения в соответствии с указаниями „Изменения № 2 ГОСТ 340-41"
		2. Вертикально, высотой от 25 до 50 *м*	Силовые — НРБГ, ВРБГ, СБГВ; контрольные — КНРБГ, КВРБГ, КСБГВ	Кабели с бумажной изоляцией применять при напряжении до 3 *кв*
		3. Вертикально, высотой от 50 до 100 *м*	Силовые — СПГВ; контрольные — КСПГВ	Применять лишь при напряжении не выше 3 *кв*
		4. По станкам и неподвижным механизмам	Силовые — СРБГ, НРБГ, ВРБГ, СБГ; контрольные — КСРБГ, КНРБГ, КВРБГ, КСБГ	Бронированные кабели применять лишь при прокладке их по доступным внешним поверхностям станков и механизмов
VIII	В помещениях с едкими парами или газами (разрушающе действующими на	1. Открыто по стенам и потолкам; вертикально, высотой до 25 *м*	Силовые — СГ, СБГ, СРГ, САД, ВРГ, НРГ; контрольные — КСГ, КСБГ, КСРГ, КСАД, КВРГ, КНРГ	1. См. примечание 2 к п. V 2. Кабели марки СПГВ применять лишь при напряжении не выше 3 *кв*

Продолжение

№ групп	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Примечания
1	2	3	4	5
	обычно употребляемые в электрических проводках материалы)	2. Вертикально, высотой от 25 до 50 *м*	Силовые — СБГВ; контрольные — КСБГВ	
		3. Вертикально, высотой от 50 до 100 *м*	Силовые — СПГВ, СРГ, ВРГ, НРГ; контрольные — КСПГВ, КСРГ, КВРГ, КНРГ	
		4. По станкам и неподвижным механизмам	Силовые — СРБГ, СР, СБГ, САД, ВРГ, КРГ; контрольные — КСРБГ, КСР, КСБГ, КСАД, КВРГ, КНРГ	
IX	В блоках из гончарных, азбоцементных и других труб	Под землей	Силовые — СГ, СБГ, САД; контрольные — КСГ, КСБГ, КСАД	1. При прокладке в трубах или блоках длиной свыше 40 *м* предусматривать кабели с утолщенной свинцовой оболочкой, изготовляемые по специальному заказу 2. Бронированные кабели и кабели марок САД и КСАД применять при длине не более 20 *м*

Продолжение

Продолжение

№ группы	Вид прокладки	Характер окружающей среды и условия прокладки	Марки силовых и контрольных кабелей	Применения
1	2	3	4	5
X	В замкнутых помещениях электротехнических устройств (распределительные устройства, помещения магнитных станций и т. д.)	Открыто по стенам и потолкам	Силовые — СГ, СРГ, НРГ, ВРГ, САД; контрольные — КСГ, КСРГ, КНРГ, КВРГ, КСАД	Для телефонных станций и подобных устройств, требующих применения экранирования силовых кабелей, допускается применение кабелей марок СБГ и КСБГ
XI	По поверхностям, подвергающимся сотрясениям и вибрациям	Вне зданий	Силовые — СБ, СБГ, СРБ, СРБГ, НРГ, САД, СРАД; контрольные — КСБ, КСБГ, КСРБ, КСРБГ, КНРГ, КСАД, КСРАД	
XII	По поверхностям, не подвергающимся сотрясениям и вибрациям	Вне зданий	Силовые — СБ, СГ, СРГ, СРБ, СБГ, САД, СРАД, СРБГ, НРГ; контрольные — КСБ, КСГ, КСРГ, КСРБ, КСБГ, КСАД, КРАД, КСРБГ, КНРГ	

§ 24. Стандартные сечения проводов и кабелей

СССР			США		
Сечение *мм²*	Диаметр круглых медных жил *мм*	Наименование калибра	Сечение *мм²*	Наименование калибра	Сечение *мм²*
0,5	0,79	№ 14	2,08	650 000 с. м.[1]	329
0,75	0,97	№ 12	3,31	700 000 „	355
1,0	1,12	№ 10	5,26	750 000 „	380
1,5	1,40	№ 8	8,37	800 000 „	405
2,5	1,75	№ 6	13,3	850 000 „	431
4	2,20	№ 5	16,8	900 000 „	456
6	2,75	№ 4	21,2	950 000 „	481
10	3,55	№ 3	26,7	1 000 000 „	507
16	4,45	№ 2	33,6	1 100 000 „	557
25	6,3	№ 1	42,4	1 200 000 „	608
35	7,5	№ 0	53,5	1 250 000 „	633
50	9,1	№ 00	67,4	1 300 000 „	659
70	10,5	№ 000	85	1 400 000 „	709
95	12,5	№ 0000	107	1 500 000 „	760
120	14,0	200 000 с. м.[1]	101	1 600 000 „	811
150	15,5	225 000 „	114	1 700 000 „	861
185	17,5	250 000 „	127	—	—
240	20,0	300 000 „	152	—	—
300	22,0	350 000 „	177	—	—
400	25,5	400 000 „	203	—	—
500	28,5	450 000 „	228	—	—
625	32,0	500 000 „	253	—	—
800	36,0	550 000 „	279	—	—
1000	40,5	600 000 „	304	—	—

[1] с. м. (circular Mil) — круговая миля, равна площади круга диаметром в 0,001 дюйма, т. е. 0,0005037 *мм²*.

§ 25. Основные данные голых проводов

1. Провода медные голые марки МГ

Номинальное сечение *мм²*	Фактическое сечение *мм²*	Конструкция: число проволок	Конструкция: диаметр каждой проволоки *мм*	Расчетный диаметр провода *мм*	Электрическое сопротивление провода [1] *ом/км*	Расчетный вес 1 000 *м* провода *кг*
1	2	3	4	5	6	7
4	3,98	1	2,25	2,25	4,50	35,4
6	5,94	1	2,75	2,75	3,01	52,5
10	9,9	1	3,55	3,55	1,81	88,0
16	15,88	7	1,70	5,1	1,15	145
25	24,25	7	2,10	6,3	0,752	222
35	34,36	7	2,50	7,5	0,532	314
50	49,48	7	3,0	9,0	0,370	452
70	68,70	12	2,70	11,2	0,271	626
95	93,52	12	3,15	13,1	0,195	850
120	118,78	12	3,55	14,8	0,154	1 080
150	148,07	19	3,15	15,8	0,123	1 345
185	181,60	37	2,50	17,5	0,100	1 650
240	236,02	37	2,85	20,0	0,0774	2 120
300	288,34	37	3,15	22,1	0,0633	2 640

2. Провода алюминиевые голые марки А

Обозначение	Теоретическая площадь сечения провода *мм²*	Конструкция: число проволок	Конструкция: диаметр каждой проволоки *мм*	Расчетный диаметр провода *мм*	Электрическое сопротивление провода [1] *ом/км*	Расчетный вес 1 *км* провода *кг*
1	2	3	4	5	6	7
А-16	15,89	7	1,70	5,10	1,910	44
А-25	24,48	7	2,11	6,30	1,240	68
А-35	34,36	7	2,50	7,50	0,885	95
А-50	49,48	7	3,00	9,00	0,695	137
А-70	68,90	7	3,54	10,60	0,445	190
А-95	96,53	7	4,19	12,60	0,315	266
А-120	117,00	19	2,80	14,00	0,260	323
А-150	151,85	19	3,19	16,00	0,200	419
А-185	187,00	19	3,54	17,70	0,160	516
А-240	242,71	37	2,89	20,30	0,125	672
А-300	295,72	37	3,19	22,40	0,105	817
А-400	397,82	37	3,70	25,90	0,080	1 098

[1] Сопротивления относятся к температуре +20° С.

§ 26. Основные данные изолированных проводов

Номинальное сечение жил	ПР-380		ПР-500		ПРТО-1000								ПРТО-2000								ПВМ		
					одно-жильный		2-жильный		3-жильный		4-жильный		одно-жильный		2-жильный		3-жильный		4-жильный				
	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр	вес	наружный диаметр провода	расчетный вес	Номинальное сечение нулевых жил четырехжильных проводов
мм²	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	мм²
0,75	2,9	16	3,3	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	3,0	20	3,4	25	3,6	30	7,1	70	7,5	90	—	—	5,6	40	11,3	90	12	160	—	—	—	—	—
1,5	3,3	25	3,7	30	3,9	35	7,7	80	8,4	110	9,2	135	5,9	50	11,9	110	12,7	180	14,0	200	—	—	1,0
2,5	3,7	35	4,5	50	4,7	50	9,5	130	10,1	190	11,1	230	6,3	65	12,7	150	13,6	270	14,9	300	—	—	1,5
4,0	4,1	50	4,9	65	5,3	75	10,7	180	11,4	240	12,6	310	6,9	90	13,9	200	14,8	360	16,4	400	4	60	2,5
6,0	4,6	70	5,4	85	5,8	100	11,7	230	12,5	320	13,7	410	7,4	120	14,9	250	15,9	400	17,6	500	4,5	80	4
10	6,9	115	7,7	125	7,7	160	15,5	400	16,6	530	18,3	680	8,9	180	17,5	450	19,6	600	21,6	780	5,3	120	6
16	8,1	200	8,9	250	9,1	210	17,9	500	20,0	700	22,1	900	10,1	280	20,8	650	22,2	800	24,5	1 000	7,1	180	6
25	9,4	300	10,6	350	10,7	320	22,0	750	23,5	1 000	26,0	1 300	11,9	400	24,4	850	26,1	1 200	28,8	1 500	8,7	270	10
35	10,6	400	11,8	450	11,9	440	24,4	1 100	26,1	1 400	28,8	1 800	13,1	500	28,8	1 200	28,6	1 600	31,7	2 000	9,6	360	10
50	12,1	500	13,7	550	14,9	600	0,4	1 300	32,5	1 900	36,0	2 500	16,3	700	33,2	1 600	35,5	2 200	39,4	2 800	11,1	500	16
70	13,8	700	15,4	750	17,3	800	35,2	1 800	37,7	2 500	41,8	3 300	19,6	900	38,0	2 100	40,7	2 900	45,1	3 600	12,2	700	25
95	16,0	950	17,6	1 000	20 3	1 10	39,4	2 400	42,2	3 400	46,2	4 400	21,9	1 200	42,6	2 700	45,6	3 800	50,6	4 800	15,1	930	35
120	17,5	1 200	20,0	1 300	22,0	1 300	42,8	2 900	45,8	4 100	50,8	5 400	23,6	1 500	46,0	3 300	49,3	4 800	54,7	5 800	16,8	1 150	35
150	20,5	1 500	22,1	1 600	24,5	1 650	—	—	—	—	—	—	25,1	1 800	—	—	—	—	—	—	17,8	1 450	—
185	—	—	24,2	1 900	25,3	2 000	—	—	—	—	—	—	28,4	2 200	—	—	—	—	—	—	20,5	1 800	—
240	—	—	27,0	2 500	30,7	2 550	—	—	—	—	—	—	31,8	2 700	—	—	—	—	—	—	22,9	2 300	—
310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	2 900	—
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,8	3 800	—
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31,5	4 700	—

§ 27. Основные данные силовых кабелей с резиновой изоляцией по ОСТ 3516

§ 27. Основные данные силовых кабелей с резиновой изоляцией по ОСТ 3516

1. Одно- и двухжильные кабели для напряжений до 500 в

Номинальное сечение жилы *мм²*	Вес меди одной жилы *кг/км*	Одножильные СРГ: наружный диаметр *мм*	Одножильные СРГ: вес кабеля *кг/км*	Одножильные СРГ: вес свинцовой оболочки *кг/км*	Одножильные СРГ: вес цветных металлов, приведенный к меди [1] *кг/км*	Двухжильные СРГ: наружный диаметр *мм*	Двухжильные СРГ: вес кабеля *кг/км*	Двухжильные СРБ: наружный диаметр *мм*	Двухжильные СРБ: вес кабеля *кг/км*	вес свинцовой оболочки *кг/км*	вес цветных металлов, приведенный к меди [1] *кг/км*	Номинальное сечение жилы *мм²*
1,0	8,9	5,1	171	135	63	8,4	231	—	—	205	91	1,0
1,5	13	5,4	187	150	73	9,0	259	—	—	220	101	1,5
2,5	22	6,2	210	170	90	10,6	301	—	—	260	126	2,5
4	35	6,6	239	185	109	11,4	354	—	—	280	147	4
6	52	7,1	246	200	132	12,4	420	22,4	810	370	252	6
10	50	8,8	323	240	186	16,6	860	26,6	1 160	450	360	10
16	140	9,8	437	300	260	18,6	1 040	28,6	1 540	670	548	16
25	220	11,5	639	350	360	22,0	1 400	32	2 410	870	788	25
35	305	12,7	774	385	459	24,6	1 830	34,6	2 800	965	996	35
50	440	14,6	914	450	620	28,6	2 430	38,6	3 540	1 230	1 372	50
70	615	16,5	1 303	600	855	32,2	3 100	42,2	4 320	1 500	1 830	70
95	830	18,7	1 840	685	1 104	—	—	—	—	—	—	—
120	1 050	20,2	1 920	740	1 346	—	—	—	—	—	—	—
150	1 310	22,5	2 400	815	1 636	—	—	—	—	—	—	—
185	1 630	24,5	2 830	1 000	2 030	—	—	—	—	—	—	—
240	2 100	27,6	3 560	1 160	2 564	—	—	—	—	—	—	—

[1] При подсчетах весов цветных металлов, приведенных к меди, 1 *кг* свинца принят эквивалентным 0,4 *кг* меди.

2. Трех- и четырехжильные кабели для напряжения до 500 в

Номинальное сечение жилы, мм²	Вес меди одной жилы кг/км	Трехжильные						Четырехжильные						Номинальное сечение жилы мм²
		СРГ		СРБ		вес свинцовой оболочки кг/км	вес цветных металлов, приведенный к меди[1] кг/км	СРГ		СРБ		вес свинцовой оболочки кг/км	вес цветных металлов, приведенный к меди[1] кг/км	
		наружный диаметр мм	вес кабеля кг/км	наружный диаметр мм	вес кабеля кг/км			наружный диаметр мм	вес кабеля кг/км	наружный диаметр мм	вес кабеля кг/км			
1,0	8,9	9,5	306	—	—	260	130	10,3	384	—	—	290	147	1,0
1,5	13	10,1	343	—	—	280	151	11,0	435	—	—	310	170	1,5
2,5	22	11,9	404	—	—	340	202	13,2	497	23,2	900	370	225	2,5
4	35	12,7	480	22,7	860	360	249	13,9	587	23,9	1 050	400	283	4
6	52	13,8	620	23,8	1 020	400	316	15,1	770	25,1	1 190	440	358	6
10	90	17,7	880	27,7	1 380	575	500	19,4	1 200	29,4	1 800	630	567	10
16	140	19,8	1 300	29,8	1 580	710	704	21,8	1 454	31,8	2 500	950	870	16
25	220	23,6	1 850	33,6	2 750	940	1 036	26,1	2 074	36,1	3 300	1 150	1 230	25
35	305	26,2	2 270	36,2	3 270	1 025	1 325	29,2	2 660	39,2	4 000	1 250	1 567	35
50	440	30,7	3 050	40,7	4 260	1 450	1 800	34,2	3 500	44,2	5 200	1 600	2 180	50
70	615	34,4	3 900	44,4	5 300	1 600	2 485	38,2	4 900	48,2	6 500	1 920	2 920	70

[1] При подсчетах весов цветных металлов, приведенных к меди, 1 кг свинца принят эквивалентным 0,4 кг меди.

§ 28. Электрические характеристики трехжильных кабелей сильного тока по ОСТ 6260

1. Активное и индуктивное сопротивление кабелей

§ 28. Электрические характеристики трехжильных кабелей сильного тока по ОСТ 6260

1. Активное и индуктивное сопротивление кабелей

Сечение кабеля *мм²*	Активное сопротивление жилы [1] *ом/км*	Индуктивное сопротивление [2] x, *ом/км*					
		до 1 *кв*	3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	20 *кв*	35 *кв*
3 × 1,5	11,9	—	—	—	—	—	—
3 × 2,5	7,13	—	—	—	—	—	—
3 × 4	7,45	0,095	0,111	—	—	—	—
3 × 6	2,97	0,090	0,104	—	—	—	—
3 × 10	1,78	0,073	0,0825	0,100	0,113	—	—
3 × 16	1,11	0,0675	0,0757	0,094	0,104	—	—
3 × 25	0,71	0,0662	0,0714	0,085	0,094	0,135	—
3 × 35	0,5	0,0637	0,0688	0,078	0,088	0,132	—
3 × 50	0,36	0,0625	0,0670	0,075	0,082	0,119	—
3 × 70	0,26	0,0612	0,0650	0,072	0,078	0,116	0,132
3 × 95	0,19	0,0602	0,0636	0,069	0,075	0,110	0,125
3 × 120	0,15	0,0602	0,0626	0,068	0,074	0,107	0,119
3 × 150	0,12	0,0596	0,0610	0,066	0,072	0,104	0,116
3 × 185	0,09	0,0596	0,0605	0,066	0,069	0,100	0,113
3 × 240	0,07	0,0587	0,0595	0,063	0,068	—	—

[1] Активное сопротивление жил отнесено к температуре $t = +20°$ С. Активное сопротивление при другой температуре подсчитывается по формуле:

$$R_T = R_{20}\,[1 + 0{,}004\,(t - 20)].$$

[2] Величины x подсчитаны по формуле:

$$x = \frac{L \cdot 2\pi f}{1000}\ \text{ом},$$

где $2\pi f = 314$;

L — рабочий коэффициент самоиндукции, определяется по формуле:

$$L = \left(0{,}46 \cdot \lg\frac{s}{r} + 0{,}05\right) \text{мг/км},$$

где для кабелей с круглыми жилами: s — расстояние между центрами жил; r — радиус токоведущей жилы; для кабелей с секторными жилами: s — расстояние между центрами малых хорд; r — радиус токоведущей круглой жилы, эквивалентной секторной.

2. Зарядные токи и токи замыкания на землю трехжильных кабелей [1]

Сечение кабеля *мм*²	Зарядные токи, *а/км*				Токи замыкания на землю, *а/км*			
	6 *кв*	10 *кв*	20 *кв*	35 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	20 *кв*	35 *кв*
3×10	0,21	0,28	—	—	0,33	0,46	—	—
3×16	0,24	0,33	—	—	0,37	0,52	—	—
3×25	0,32	0,42	0,66	—	0,46	0,62	2,0	—
3×35	0,36	0,47	0,74	—	0,52	0,69	2,2	—
3×50	0,41	0,54	0,84	—	0,59	0,77	2,5	—
3×70	0,49	0,60	0,95	1,2	0,71	0,90	2,8	3,7
3×95	0,51	0,69	1,0	1,4	0,82	1,0	3,1	4,1
3×120	0,62	0,74	1,1	1,5	0,89	1,1	3,4	4,4
3×150	0,70	0,84	1,3	1,6	1,1	1,3	3,7	4,8
3×185	0,79	0,95	1,4	1,7	1,2	1,4	4,0	5,2
3×240	0,89	1,06	—	—	1,3	1,6	—	—
3×300	1,00	1,16	—	—	1,5	1,8	—	—

[1] Зарядные токи и токи замыкания на землю для кабелей 6 и 10 *кв* соответствуют характеристикам кабелей, предназначенных для работы с изолированной нейтралью, а для кабелей 20 и 35 *кв* — для сетей с заземленной нейтралью.

§ 29. Основные данные силовых кабелей с бумажной изоляцией по ОСТ 6260

§ 29. Основные данные силовых кабелей с бумажной изоляцией по ОСТ 6260

1. Одно- и двухжильные кабели для напряжения до 1000 в

Номинальное сечение жил	Вес меди одной жилы	Одножильные							Двухжильные							Номинальное сечение жил
		СГ		СБ					СГ и СГС		СБ и СБС					
		наружный диаметр	вес кабеля	наружный диаметр	вес кабеля	вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [1]	строительная длина	наружный диаметр	вес кабеля	наружный диаметр	вес кабеля	вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [1]	строительная длина	
мм²	*кг/км*	*мм*	*кг/км*	*мм*	*кг/км*	*кг/км*	*кг/км*	*м*	*мм*	*кг/км*	*мм*	*кг/км*	*кг/км*	*кг/км*	*м*	*мм²*
1,5	13	6,8	280	14	650	240	109	800	9,2	410	16	750	340	162	800	1,5
2,5	22	7,2	300	14	680	260	126	800	9,9	470	17	830	380	196	800	2,5
4	35	7,6	340	15	750	280	147	800	10,8	540	18	930	410	234	800	4
6	52	8,2	380	15	790	300	172	800	11,9	630	19	1 040	460	288	800	6
10	90	8,9	450	16	880	330	222	800	13,4	840	21	1 410	530	392	800	10
16	140	9,9	550	17	1 020	370	288	800	15,3	1 050	23	1 720	610	524	750	16
25	220	12,1	760	19	1 300	470	408	800	16,4	1 260	24	1 950	710	724	700	25
35	305	13,3	920	21	1 500	520	513	800	18,2	1 530	26	2 270	790	926	650	35
50	440	14,9	1 130	23	1 760	590	676	800	20,7	2 000	29	2 820	970	1 268	600	50
70	615	16,9	1 460	25	2 160	720	903	800	24,3	2 730	34	3 820	1 250	1730	550	70
95	830	18,9	1 860	27	2 630	880	1 182	800	27,0	3 360	35	4 760	1 460	2 245	500	95
120	1 050	20,8	2 190	29	3 020	970	1 438	800	30,3	4 170	38	5 520	1 750	2 800	450	120
150	1 310	22,4	2 560	32	3 600	1 050	1 730	700	31,5	4 820	42	6 310	1 810	3 345	400	150
185	1 630	24,8	3 120	35	4 270	1 250	2 130	600	34,8	5 810	45	7 350	2 130	4 113	350	185
240	2 100	27,4	3 860	37	5 100	1 480	2 692	600	—	—	—	—	—	—	—	240

[1] При подсчетах весов цветных металлов, приведенных к меди, 1 *кг* свинца принят эквивалентным 0,4 *кг* меди.

2. Трех- и четырехжильные кабели для напряжения до 1000 в

Номинальное сечение жил	Вес меди одной жилы	Трехжильные							Четырехжильные [1]							Номинальное сечение жил
		СГ и СГС		СБ и СБС		вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [2]	строительная длина	СГ и СГС		СБ и СБС		вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [2]	строительная длина	
		наружный диаметр	вес кабеля	наружный диаметр	вес кабеля				наружный диаметр	вес кабеля	наружный диаметр	вес кабеля				
мм²	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	кг/км	кг/км	м	мм	кг/км	мм	кг/км	кг/км	кг/км	м	мм
1,5	18	9,6	450	17	820	360	183	800	—	—	—	—	—	—	—	1
2,5	22	10,4	520	18	910	400	226	800	—	—	—	—	—	—	—	2
4	35	11,4	610	19	1 000	440	281	800	—	—	—	—	—	—	—	4
6	52	12,6	740	20	1 200	490	352	800	13,6	840	22	1 430	540	398	800	6
10	90	12,7	840	20	1 300	490	466	800	15,7	1 130	24	1 780	670	583	700	10
16	140	14,3	1 100	22	1 700	560	644	600	17,9	1 480	26	2 210	770	798	600	16
25	220	18,4	1 600	26	2 300	800	980	550	20,3	1 920	28	2 740	950	1 150	550	25
35	305	20,6	2 100	29	2 900	970	1 303	500	22,6	2 380	33	3 440	1 060	1 492	500	35
50	440	23,6	2 700	34	3 800	1 190	1 796	450	25,8	3 150	36	4 330	1 300	2 060	450	50
70	615	26,7	3 600	37	4 800	1 440	2 421	400	29,2	4 120	39	5 420	1 580	2 785	400	70
95	830	30,0	4 600	40	5 900	1 730	3 182	350	32,9	5 240	43	6 680	1 900	3 665	350	95
120	1 050	33,4	5 500	43	7 000	1 930	3 922	300	37,6	6 650	48	8 270	2 420	4 643	300	120
150	1 310	37,4	6 900	47	8 500	2 420	4 898	275	41,3	8 120	51	9 900	2 820	5 723	275	150
185	1 630	41,4	8 300	51	10 100	2 820	6 018	250	45,4	9 750	55	11 690	3 260	7 010	250	185
240	2 100	46,0	10 400	56	12 300	3 300	7 620	225	—	—	—	—	—	—	—	240

[1] Сечение нулевой жилы четырехжильных кабелей берется равным половине от номинального сечения основной жилы.
[2] При подсчетах веса цветных металлов, приведенных к меди, 1 кг свинца принят эквивалентным 0,4 кг меди.

3. Трехжильные кабели для напряжений 3 и 6 кв

Номинальное сечение жил, мм²	Вес меди одной жилы, кг/км	Кабели, 3 кв							Кабели, 6 кв							Номинальное сечение жил, мм²
		СГ и СГС		СБ и СБС					СГС		СБС					
		наружный диаметр, мм	вес кабеля, кг/км	наружный диаметр, мм	вес кабеля, кг/км	вес свинцовой оболочки, кг/км	вес цветных металлов, приведенный к меди [1], кг/км	строительная длина, м	наружный диаметр, мм	вес кабеля, кг/км	наружный диаметр, мм	вес кабеля, кг/км	вес свинцовой оболочки, кг/км	вес цветных металлов, приведенный к меди [1], кг/км	строительная длина, м	
4	35	15,1	860	23	1 500	600	345	800	—	—	—	—	—	—	—	4
6	52	16,4	1 000	24	1 700	700	436	800	—	—	—	—	—	—	—	6
10	90	16,5	1 100	25	1 800	710	554	800	21,5	1 600	29	2 500	1 010	674	800	10
16	140	18,1	1 400	26	2 100	780	732	600	23,3	2 000	33	3 100	1 170	888	600	16
25	220	21,8	2 000	30	2 900	1 030	1 072	550	27,0	2 600	37	3 800	1 450	1 240	550	25
35	305	24,0	2 400	34	3 500	1 210	1 399	500	29,0	3 100	39	4 300	1 570	1 543	500	35
50	440	27,0	3 100	37	4 300	1 450	1 900	450	31,9	3 800	42	5 200	1 840	2 056	450	50
70	615	30,1	4 000	40	5 300	1 730	2 537	400	35,0	4 700	45	6 300	2 140	2 700	400	70
95	830	33,2	5 000	43	6 500	1 920	3 258	350	38,4	5 900	48	7 600	2 480	3 482	350	95
120	1 050	36,2	6 000	46	7 600	2 220	4 038	300	41,4	7 000	51	8 800	2 820	4 278	300	120
150	1 310	40,2	7 400	50	9 100	2 740	5 026	275	45,2	8 300	55	10 200	3 230	5 222	275	150
185	1 630	43,6	8 700	54	10 600	2 980	6 082	250	48,7	9 800	60	12 100	3 660	6 354	250	185
240	2 100	48,4	10 900	59	13 100	3 640	6 656	225	53,3	11 900	64	14 400	4 190	7 976	225	240

[1] При подсчетах весов цветных металлов, приведенных к меди, 1 кг свинца принят эквивалентным 0,4 кг меди.

4. Трехжильные кабели для напряжений 10 и 35 кв

Номинальное сечение жил	Вес меди одной жилы	Кабели, 10 кв							Кабели, 35 кв					Номинальное сечение жил
		СГС		СБС					ОСБ [2]					
		наружный диаметр	вес кабеля	наружный диаметр	вес кабеля	вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [1]	строительная длина	наружный диаметр	вес кабеля	вес свинцовой оболочки	вес цветных металлов, приведенный к меди [1]	строительная длина	
мм²	кг/км	мм	кг/км	мм	кг/км	кг/км	кг/км	м	мм	кг/км	кг/км	кг/км	м	мм²
10	90	26,5	2 300	37	3 500	1 430	842	515	—	—	—	—	—	10
16	140	28,2	2 600	38	3 900	1 520	1 028	500	—	—	—	—	—	16
25	220	31,9	3 300	42	4 700	1 840	1 396	450	—	—	—	—	—	25
35	305	34,1	3 900	44	5 400	2 080	1 747	400	—	—	—	—	—	35
50	440	37,1	4 700	47	6 300	2 400	2 280	350	—	—	—	—	—	50
70	615	40,1	5 700	50	7 400	2 730	2 937	325	97	19 300	7 560	4 869	300	70
95	830	43,3	6 700	53	8 500	2 960	3 674	300	101	21 200	8 180	5 762	300	95
120	1 050	46,3	7 900	57	10 000	3 330	4 482	275	105	22 900	8 670	6 618	300	120
150	1 310	50,1	9 200	61	11 600	3 780	5 442	250	108	24 600	9 020	7 538	300	150
185	1 630	53,6	10 800	65	13 300	4 230	6 354	225	—	—	—	—	—	185
240	2 100	58,5	13 300	70	15 900	5 010	8 304	200	—	—	—	—	—	240

[1] При подсчетах весов цветных металлов, приведенных к меди, 1 кг свинца принят эквивалентным 0,4 кг меди.

[2] Конструктивные данные кабелей ОСБ указаны для сетей с неразземленной нейтралью.

Число жил

§ 30. Основные данные контрольных кабелей с резиновой изоляцией

Число жил	Вес свинцовой оболочки кг/км	КСРГ		КСРБ		КСРП		КСРК	
		наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное сечение жилы 1 мм²									
2	240	8,3	280	15,5	545	16,3	660	—	—
3	255	8,8	310	16,0	585	16,8	700	—	—
4	280	9,6	360	16,8	655	17,6	780	—	—
5	300	10,4	400	17,6	710	18,4	845	—	—
6	330	11,3	445	18,5	780	19,3	915	—	—
7	330	11,3	460	18,5	790	19,3	930	—	—
8	360	12,0	510	19,2	860	20,0	1 015	—	—
10	420	13,9	610	21,1	1 000	22,9	1 500	28,1	2 460
12	460	15,1	690	22,3	1 110	24,1	1 595	29,3	2 660
14	540	16,1	810	23,3	1 250	25,1	1 780	30,1	2 840
16	570	16,9	870	24,1	1 330	25,9	1 855	30,9	2 910
19	600	17,8	955	25,0	1 435	26,8	2 000	31,8	3 110
24	695	20,4	1 150	27,6	1 700	29,4	2 350	34,5	3 580
27	740	21,6	1 250	28,8	1 820	30,6	2 465	35,6	3 765
30	850	22,6	1 410	30,8	2 125	32,6	2 740	38,6	4 190
33	880	23,4	1 490	31,6	2 230	33,4	2 890	39,4	4 285
37	915	24,3	1 600	32,5	2 360	34,3	3 010	40,3	4 510
Номинальное сечение жилы 1,5 мм²									
2	258	8,9	315	16,1	590	16,9	860	—	—
3	273	9,4	350	16,6	640	17,4	910	—	—
4	304	10,3	405	17,5	710	18,3	1 010	—	—
5	332	11,2	460	18,4	790	19,2	1 095	—	—
6	364	12,2	515	19,4	870	20,2	1 195	—	—
7	364	12,2	525	19,4	880	20,2	1 205	—	—
8	387	12,9	570	20,1	940	20,9	1 270	—	—
10	458	15,1	710	22,3	1 130	24,1	1 570	29,3	2 680
12	555	16,5	860	23,7	1 310	25,5	1 790	30,5	2 895
14	587	17,4	940	24,6	1 410	26,4	1 930	31,4	3 090
16	620	18,3	1 015	25,5	1 510	27,3	2 020	32,3	3 175
19	655	19,3	1 120	26,5	1 630	28,3	2 190	33,3	3 395
24	850	22,4	1 450	30,6	2 050	32,4	2 660	38,4	4 225
27	890	23,6	1 570	31,8	2 190	33,6	2 850	39,6	4 460
30	922	24,5	1 660	32,7	2 300	34,5	2 940	40,5	4 660
33	957	25,4	1 770	33,6	2 480	35,4	3 120	41,4	4 780
37	1 092	26,6	2 000	34,8	2 685	36,6	3 445	42,6	5 140

Число жил	Вес свинцовой оболочки *кг/км*	КСРГ		КСРБ		КСРП		КСРК	
		наружный диаметр *мм*	вес *кг/км*	наружный диаметр *мм*	вес *кг/км*	наружный диаметр *мм*	вес *кг/км*	наружный диаметр *мм*	вес *кг/км*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				Номинальное сечение жилы 2,5 *мм*²					
2	310	10,5	400	17,7	680	18,5	850	—	—
3	328	11,1	455	18,3	750	19,1	925	—	—
4	364	12,2	530	19,4	845	20,2	1 030	—	—
5	403	13,4	610	20,6	950	22,4	1 430	27,6	2 450
6	442	14,6	690	21,8	1 050	23,6	1 590	28,8	2 650
7	442	14,6	720	21,8	1 085	23,6	1 620	28,8	2 680
8	474	15,6	790	22,8	1 175	24,6	1 755	29,8	2 860
10	623	18,4	1 030	25,6	1 475	27,4	2 090	32,4	3 280
12	673	19,8	1 165	27,0	1 640	28,8	2 310	33,8	3 540
14	713	20,9	1 280	28,1	1 775	29,9	2 480	34,9	3 670
16	835	22,3	1 480	30,5	2 065	32,3	2 810	38,3	4 240
19	882	23,5	1 640	31,7	2 255	33,5	3 040	39,5	4 520
24	1 122	27,3	2 095	35,5	2 790	37,3	3 660	43,3	5 340
27	1 182	28,7	2 270	36,9	3 000	38,7	3 910	44,7	5 650
30	1 229	29,8	2 440	38,0	3 195	39,8	4 100	45,6	5 935
33	1 392	31,2	2 715	39,4	3 500	41,2	4 445	47,2	6 330
37	1 448	32,4	2 920	40,6	3 730	42,4	4 700	48,4	6 600
				Номинальное сечение жилы 4 *мм*²					
2	295	11,1	420	8,3	750	19,1	890	—	—
3	360	12,0	530	19,2	880	20,0	1 020	—	—
4	400	13,2	620	20,4	1 000	22,2	1 450	27,4	2 460
6	480	15,8	820	23,0	1 250	24,8	1 790	30,0	2 900
7	480	15,8	870	23,0	1 310	24,8	1 840	30,0	2 950
8	580	17,0	1 020	24,2	1 480	26,0	2 060	31,0	3 160
12	735	21,5	1 410	28,7	1 970	30,5	2 610	35,5	3 910
				Номинальное сечение жилы 6 *мм*²					
2	370	12,3	540	19,5	900	20,3	1 050	—	—
3	395	13,1	630	20,3	1 010	22,1	1 450	27,3	2 390
4	435	14,4	750	21,6	1 150	23,4	1 650	28,6	2 640
6	590	17,5	1 060	24,7	1 530	26,5	2 100	31,5	2 890
7	590	17,5	1 120	24,7	1 590	26,5	2 160	31,5	3 270
8	635	18,7	1 240	25,9	1 740	27,7	2 350	32,7	3 510
12	895	23,8	1 820	32,0	2 500	33,8	3 220	39,8	4 710
				Номинальное сечение жилы 10 *мм*²					
2	475	15,7	760	22,9	1 190	23,2	1 660	29,9	2 870
3	570	16,9	960	24,1	1 420	24,4	1 870	30,9	3 000
4	635	18,7	1 150	25,9	1 650	26,2	2 130	32,7	3 420
6	855	22,8	1 630	31,0	2 290	32,8	2 960	38,8	4 400
7	855	22,8	1 740	31,0	2 400	32,8	3 070	38,8	4 510
8	920	24,4	1 930	32,6	2 630	34,4	3 340	40,4	4 930
12	1 380	30,9	2 920	39,1	3 780	40,9	4 650	46,9	6 440

§ 31. Основные данные контрольных кабелей с бумажной изоляцией

Число жил	Вес свинцовой оболочки кг/км	КСГ		КСБ		КСП		КСК	
		наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное сечение жилы 1 мм²									
2	320	8,6	380	16	710	17	910	—	—
3	340	9,0	410	16	750	18	960	—	—
4	370	9,7	460	17	830	19	1 040	—	—
5	400	10,4	500	18	880	19	1 110	—	—
6	430	11,2	550	18	950	20	1 180	—	—
7	430	11,2	550	18	950	20	1 190	—	—
8	510	12,9	660	20	1 070	22	1 360	—	—
10	540	13,8	730	22	1 340	23	1 670	30	2 900
12	560	14,2	780	22	1 410	23	1 730	31	3 070
14	590	14,9	820	23	1 470	24	1 780	31	3 160
16	680	15,9	960	24	1 640	25	1 940	32	3 400
19	720	16,7	1 030	25	1 750	26	2 080	33	3 490
24	800	19,4	1 320	27	2 120	28	2 510	36	4 050
27	920	19,9	1 380	28	2 210	29	2 590	36	4 250
30	960	20,5	1 470	29	2 330	30	2 700	37	4 350
33	1 000	21,3	1 540	29	2 430	30	2 850	38	4 550
37	1 040	22,1	1 640	32	2 700	33	3 120	40	4 750
Номинальное сечение жилы 1,5 мм²									
2	350	9,2	420	16	780	18	970	—	—
3	360	9,6	480	17	850	18	1 050	—	—
4	390	10,3	510	18	900	19	1 120	—	—
5	430	11,2	550	18	960	20	1 180	—	—
6	470	12,0	610	19	1 030	21	1 280	—	—
7	470	12,0	630	19	1 050	21	1 300	—	—
8	540	13,8	750	22	1 360	23	1 700	30	2 970
10	590	14,9	840	23	1 480	24	1 800	31	3 200
12	610	15,4	930	23	1 600	24	1 960	32	3 260
14	700	16,3	1 040	24	1 750	25	2 080	33	3 490
16	740	17,1	1 110	25	1 840	26	2 220	34	3 680
19	780	18,0	1 200	26	1 960	27	2 330	34	3 800
24	990	21,1	1 550	29	2 360	30	2 810	38	4 440
27	1 010	21,5	1 630	30	2 520	31	2 920	38	4 640
30	1 040	22,2	1 720	32	2 790	33	3 220	40	4 840
33	1 170	23,3	1 900	33	3 000	34	3 420	41	5 150
37	1 220	24,2	2 030	34	3 190	35	3 630	42	5 420

Число жил	Вес свинцовой оболочки кг/км	КСГ		КСБ		КСП		КСК	
		наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км	наружный диаметр мм	вес кг/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Номинальное сечение жилы 2,5 мм²							
2	370	10,0	480	17	840	19	1 080	—	—
3	400	10,4	540	18	920	19	1 160	—	—
4	430	11,2	590	18	990	20	1 240	—	—
5	470	12,2	650	19	1 070	21	1 340	—	—
6	520	13,2	730	21	1 320	22	1 620	28	2 900
7	520	13,2	750	21	1 340	22	1 640	38	2 900
8	600	15,1	900	23	1 580	24	1 880	29	3 220
10	710	16,6	1 070	25	1 780	26	2 130	31	3 540
12	740	17,1	1 170	25	1 900	26	2 290	32	3 750
14	770	17,9	1 200	26	2 020	27	2 400	32	3 870
16	890	19,1	1 420	27	2 210	28	2 630	34	4 160
19	940	20,1	1 550	28	2 280	29	2 780	35	4 420
24	1 180	23,5	1 980	34	3 100	35	3 600	39	5 350
27	1 210	24,0	2 100	34	3 260	35	3 730	41	5 390
30	1 260	24,9	2 240	35	3 430	36	3 940	42	5 660
33	1 310	25,8	2 360	36	3 580	37	4 070	43	5 900
37	1 460	27,0	2 630	37	3 900	38	4 400	44	6 280
		Номинальное сечение жилы 4 мм²							
2	410	10,8	560	18	950	20	1 190	—	—
3	440	11,4	620	19	1 010	20	1 270	—	—
4	480	12,3	700	20	1 350	21	1 390	—	—
6	580	14,6	890	23	1 540	24	1 850	31	3 200
7	580	14,6	920	23	1 570	24	1 880	31	3 240
8	730	17,0	1 160	26	1 890	26	2 220	33	3 740
12	890	19,2	1 500	27	2 310	28	2 690	36	4 240
		Номинальное сечение жилы 6 мм²							
2	460	11,9	650	19	1 070	21	1 320	—	—
3	490	12,5	730	20	1 170	21	1 420	—	—
4	530	13,6	840	22	1 450	23	1 730	30	3 000
6	700	16,4	1 150	24	1 860	25	2 190	33	3 600
7	700	16,4	1 190	24	1 900	25	2 230	33	3 660
8	890	19,2	1 500	27	2 300	28	2 700	36	4 240
12	1 000	21,4	1 860	29	2 740	30	3 140	38	4 870
		Номинальное сечение жилы 10 мм²							
2	530	13,5	790	22	1 400	23	1 670	30	2 960
3	560	14,2	930	22	1 560	23	1 880	31	3 220
4	670	15,7	1 150	24	1 830	25	2 180	32	3 590
6	880	18,9	1 550	27	2 350	28	2 750	35	4 310
7	880	18,9	1 630	27	2 430	28	2 830	35	4 360
8	1 030	21,9	1 930	30	2 820	31	3 220	39	5 050
12	1 250	24,9	2 560	35	3 670	36	4 100	42	5 980

§ 32. Указания по прокладке проводов

1. Об устройстве внутренних сетей голыми проводами

В помещениях, опасных в отношении пожара и взрыва, а также в цехах, в которых по характеру производства имеется возможность задевания за провода при транспортировке и сборке громоздких предметов, применение голых проводов не допускается.

Голые провода могут применяться независимо от материала стен и ферм (кирпич, железо или дерево).

При прокладке голых проводов и шин внутри помещений, при напряжениях до 500 *в*, надлежит руководствоваться следующими указаниями:

1. Наименьшее расстояние голых проводов и шин до уровня пола должно быть не менее 3,5 *м*.

2. Расстояния между проводами и шинами различных фаз (полюсов) должны быть не менее:

	Провода (между осями)	Шины (в свету)
при пролетах до 2 *м* . . .	50 *мм*	40 *мм*
„ „ свыше 2 „ до 4 *м*	100 „	75 „
„ „ „ 4 „ „ 6 „	150 „	100 „
„ „ „ 6 „	200 „	—

При наличии изолирующих распорок между проводами или шинами за длину пролета принимается расстояние между распорками.

3. Сближение проводов с частями зданий, а также с трубопроводами и технологическим оборудованием допускается при условии соблюдения следующих габаритов:

а) до частей зданий (сгораемых и несгораемых) — расстояния, указанные в п. 2;

б) до трубопроводов или технологического оборудования, не требующих регулярного обслуживания:

трубопроводы	300 *мм*
технологическое оборудование	1000 „

в) до трубопроводов или технологического оборудования, требующих регулярного обслуживания:

трубопроводы	1000 *мм*
технологическое оборудование	1500 „

4. При сближении проводов с трубопроводами на участках, где тр
буется регулярное обслуживание, или с технологическим оборудовани
как требующим, так и не требующим регулярного обслуживания, доп
скаются также расстояния, меньше указанных в п. 3, при услови
устройства ограждений на всем протяжении, где существует опасност
для эксплоатационного персонала.

Расстояния проводов до ограждений должны удовлетворять тре
бованиям п. 2.

5. Голые провода или шины не должны располагаться ниже трубо
проводов, требующих регулярного обслуживания, или же ниже техно
логического оборудования как требующего, так и не требующего ре
лярного обслуживания.

6. При прокладке голых проводов должны соблюдаться следующи
расстояния (наименьшие допускаемые):

а) между проводами:

при пролете между опорами	менее 4 *м*	100 *мм*
» » »	от 4 до 6 *м* . . .	150 »
» » »	от 6 *м* и более .	200 »

б) от проводов до стен деревянных или кирпичных 100 *мм*

2. Наименьшие допускаемые расстояния (в миллиметрах) при открытой прокладке изолированных проводов

а) от проводов внутри помещений до стен деревянных или кирпи
ных . . . . . 100 *мм*

б) снаружи помещений:

между проводами (пролет до 2 *м*)	150 *мм*
от проводов до стен кирпичных или деревянных	20 »
от проводов до земли	2500 »

7. В особо ответственных цехах рекомендуется через каждые 1,5—2 *м* скреплять параллельно идущие соседние провода между собой с помощью изолирующих распорок с тем, чтобы при обрыве одного провода конец его имел расстояние до уровня пола не менее 2 *м*.

8. Перед сдачей голой проводки в эксплоатацию по всем трассам голых проводов должны быть развешены через каждые 15—20 *м* предупредительные плакаты об опасности поражения током.

§ 33. Установочный материал для прокладки проводов с резиновой изоляцией

1. Выбор полутвердых резиновых трубок для скрытой прокладки проводов марки ПР-500

Сечение проводов мм²	Количество проводов, прокладываемых в одной трубке		Сечение проводов мм²	Количество проводов, прокладываемых в одной трубке	
	2	3 или 4		2	3 или 4
	внутренний диаметр трубок, мм			внутренний диаметр трубок, мм	
1	11	16	25	29	36
1,5	11	16	35	29	36
2,5	13,5	16	50	36	—
4	16	23			
6	16	23			
10	23	29			
16	23	29			

2. Выбор фарфоровых втулок и воронок к резиновым полутвердым трубкам

Внутренний диаметр резиновой трубки мм	9	11	13,5	16	23	29	36
Тип фарфоровой втулки по ОСТ 4048	ВВ-13,5	ВВ-16	ВВ-23	ВВ-23	ВВ-29	ВВ-36 или ВВ-48	ВВ-48
Тип фарфоровых воронок	ВВ-16	ВВ-35	В-70	В-35	По специальному заказу		

3. Выбор установочных трубок с металлической оболочкой [1]

Сечение проводов *мм*²	Количество проводов в трубке					
	1		2		3 или 4	
	Внутренние диаметры трубок (в *мм*) для проводов					
	ПР-500	ПР-380	ПР-500	ПР-380	ПР-500	ПР-380
1	9	9	13	11	16	13
1,5	11	9	16	11	23 [2]	16 [2]
2,5	11	11 [2]	16	13	23 [2]	16
4	13 [2]	11	23 [2]	13	23	23 [2]
6	13 [2]	13 [2]	23	16	23	23
10	16 [2]	13	23	23 [2]	29 [2]	29 [2]
16	16	16	23	23	29	29
25	16	16	29	23	36	36
35	23 [2]	16	29	29	36	36
50	23	23	36	29	—	36
70	29	23	—	36	—	—
95	29	29	—	—	—	—
120	36	29	—	—	—	—
150	36	36	—	—	—	—

4. Выбор фарфоровых втулок для трубок по табл. п. 3

Внутренний диаметр трубки, *мм*	9	11	13	16	23	29	36
Тип втулки по ОСТ 4048	ВВ-9	ВВ-11	ВВ-13,5	ВВ-16	ВВ-23	ВВ-29	ВВ-36

[1] Трубки Бертмана.

[2] На коротких участках с количеством отлогих углов не более двух и на прямых участках при расстоянии между коробками не более 5 *м* брать трубки ближайших меньших диаметров.

5. Подбор установочных материалов для открытой проводки

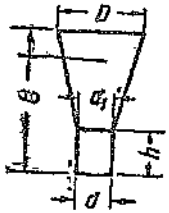
Сечение жил проводов, мм²	Внутренний диаметр проходных трубок (ОСТ 376), мм	Типы роликов (ОСТ 4045)	Типы фарфоровых втулок (ОСТ 4048)	Типы фарфоровых воронок	Винты для дерева [1] (ОСТ188)		Глухари по ОСТ 191 или 192		Общие материалы		
					диаметр, мм	длина, мм	диаметр, мм	длина [2], мм	проволока для вязки (ОСТ/НКТП 519), диаметр, мм	изоляторы фарфоровые (ОСТ 2852)	диаметр крюков, якорей и полуякорей, мм
1	7	Р-25	ВВ-9	В-6	3,5	40	—	—	0,7	—	—
1,5	7	Р-25	ВВ-11	В-10	3,5	40	—	—	0,7	шт-л-4	9,5
2,5	7	Р-25	ВВ-11	В-10	3,5	40	—	—	0,7	шт-3-4	9,5
4	7	Р-25	ВВ-11	В-10	3,5	40	—	—	0,7	шт-л-4	9,5
6	9	Р-32	ВВ-13,5	В-16	4,5	45	—	—	1,0	тф-4	13
10	9	Р-32	ВВ-13,5	В-16	4,5	45	—	—	1,0	тф-4	13
16	11	Р-36	ВВ-16	В-35	6	60	6	50	1,0	тф-4	16
25	13,5	Р-36	ВВ-23	В-70	6	60	6	50	1,4	тф-3	16
35	16	Р-40	ВВ-23	В-95	8	70	8	65	1,4	тф-3	18
50	16	Р-40	ВВ-23	В-95	8	70	8	65/80	1,4	тф-2	18
70	23	Р-40	ВВ-29	Специального изготовления	8	—	8	65/80	2,0	тф-2	18
95	23	Р-50	ВВ-29		8	—	10	80/100	2,0	тф-1	18
120	29	Р-50	ВВ-48		8	—	10	80/100	2,0	тф-1	18

6. Подбор установочных материалов для шнура марки ШР и провода марки ПРД

Сечение жил мм²	Типы роликов (ОСТ 4045)	Длины винтов с полукруглой головкой для крепления роликов			Типы фарфоровых воронок	Диаметры резиновых трубок (по ОСТ 376), мм	Внутренний диаметр установочных трубок с металлической оболочкой, мм	Типы фарфоровых втулок (ОСТ 4048)
		по дереву						
		не оштукатуренному	оштукатуренному	по кирпичу или бетону				
От 0,75 до 2,5	Р-25	34—45	60—70	50	В-16 В-35	9 11	9 11	ВВ-9 ВВ-11
От 4 до 6	Р-32	50—60	70—85	60—70	В-35	13,5	13	ВВ-13,5

[1] Длины винтов и глухарей даны в предположении крепления роликов по неоштукатуренному дереву. При оштукатуренном дереве эти длины должны быть увеличены на толщину штукатурки.

[2] Дробные размеры в графе „длина глухарей" означают: числитель—длину для роликов на прямых участках, знаменатель—длину для угловых и конечных роликов.





Фиг. 5.

§ 34. Выбор монтажных материалов для прокладки кабелей

1. Типы и размеры железных воронок для двух-, трех- и четырехжильных кабелей (фиг. 5)

Типы железных воронок	Сечение кабелей, *мм*²					Размеры воронок *мм*						Вес воронки *кг*
	двухжильных для напряжения до 1 *кв*	трехжильных для напряжений			четырехжильных для напряжения до 1 *кв*	*H*	*D*	*B*	*h*	*d*	d_1	
		1 *кв*	3—6 *кв*	10 *кв*								
Вв-1	до 10	до 6	—	—	—	115	80	48	35	20	25	0,9
Вв-2	10—25	10—16	—	—	до 4	145	100	60	40	23	30	0,1
Вв-3	35	25	—	—	6	170	127	82	50	33	40	0,1
Вв-4	50—70	35—50	до 16	—	10—16	205	150	91	50	35	40	0,2
Вв-5	95—150	70—120	25—50	до 10	25—35	235	167	101	50	45	49	0,3
Вв-6	185—240	150—185	70—120	25—50	50—95	270	200	121	65	55	59	0,5
Вв-7	—	240—300	150—185	70—120	120—150	310	217	131	65	65	69	0,6
Вв-8	—	—	240—300	150—185	185	350	233	141	75	75	79	0,8
Вв-9	—	—	—	240—300	240	370	250	151	80	80	85	0,9

Примечания. 1. При кабелях для напряжений до 10 *кв* допускается монтаж концевых воронок без фарфоровых втулок и распорных шайб.

2. Воронки должны заливаться кабельной массой с высокой температурой плавления (типа МБ-100). Концы кабелей должны присоединяться к зажимам таким образом, чтобы при размягчении кабельной массы не происходило смещения жил в воронке.



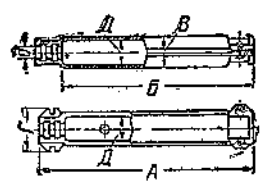
Фиг. 6

2. Выбор типа свинцовых труб для соединительных муфт силовых кабелей и защитных покрышек для них (фиг. 6—8)

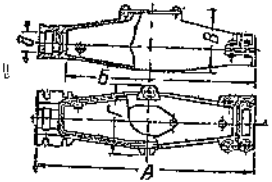
Марка труб	Размеры (фиг. 6)		Расчетный вес кг	Тип защитной чугунной покрышки[1]		Сечения кабелей			
	внутренний диаметр D мм	длина A мм		нормальной (фиг. 7)	герметической (фиг. 8)	трехжильных для напряжений кв			четырехжильных для напряжения 1 кв
						до 3	6	10	
						номинальное сечение жил, мм²			
Ст-50 × 400	50	400	1,9	П-680	М-750	10—25	10	—	10
Ст-60 × 420	60	420	2,4			35—50	16—25	—	16—35
Ст-70 × 450	70	450	3,0	П-760	М-750	70—95	—	10	50—70
Ст-70 × 500	70	500	3,3			—	35—70	16—25	—
Ст-80 × 470	80	470	3,5	П-810	М-830	120—150	—	—	95—120
Ст-80 × 520	80	520	3,9			—	35	35—50	—
Ст-90 × 500	90	500	4,2			185—240	—	—	150
Ст-90 × 550	90	550	4,6			—	120—150	70—120	—
Ст-100 × 600	100	600	5,5	П-910	М-925	300	185—240	150	185—240
Ст-110 × 630	110	630	6,4				300	240—300	
Сту-80 × 700	80	700	5,2	П-980	—	10—150	10—95	10—50	10—120
Сту-90 × 700	90	700	5,8			185—240	120—150	70—120	150
Сту-100 × 700	100	700	6,8			300	185—240	150—185	185—240

[1] См. п. 3.

3. Габаритные размеры нормальных (негерметичных) и герметичных чугунных защитных покрышек для свинцовых соединительных муфт



Фиг. 7



Фиг. 8

Негерметичные								Герметичные						
Типы защитных покрышек	Размеры (фиг. 7) мм						Вес литья покрышек кг	Типы защитных покрышек	Размеры (фиг. 8) мм					Вес литья покрышек кг
	д	А	Б	В	Г	Д			д	А	Б	В	Г	
П-680	50	680	500	90	148	80	10,5	М-750	70	750	570	216	242	27,9
П-760	55	760	580	100	152	90	14,5	М-830	80	830	630	230	258	34,8
П-810	70	810	630	122	190	110	21,1	М-925	85	925	700	245	276	46,8
П-910	80	910	710	142	200	130	25,9							
П-980	80	980	780	142	200	130	27,7							

4. Содержание комплектов (ролики, пряжа), требующихся для монтажа одной свинцовой соединитель-

4. Содержание комплектов (роликов, пряжи), требующихся для монтажа одной свинцовой соединительной кабельной муфты напряжением до 10 *кв*

№№ комплектов [1]	Сечение кабелей *мм*² при напряжении 1—3 *кв*	Сечение кабелей *мм*² при напряжении 6 *кв*	Сечение кабелей *мм*² при напряжении 10 *кв*	Ролики для изоляции жил: ширина *мм*	Ролики для изоляции жил: длина ленты *м*	Ролики для изоляции жил: диаметр *мм*	Ролики для изоляции жил: количество шт.	Ролики для подмотки: шириной 10 *мм*	Ролики для подмотки: шириной 25 *мм*	Ролики для бандажей (ширина — 50 *мм*): длина ленты *м*	Ролики для бандажей (ширина — 50 *мм*): диаметр *мм*	Ролики для бандажей (ширина — 50 *мм*): количество шт.	Количество бобин хлопчатобумажной пряжи шт. [2]	Размеры банок, *мм*: диаметр	Размеры банок, *мм*: высота
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	10—50	10	—	125	1,5	18	3	2	1	5,4	31	1	1	100	200
1а	10—50	—	—	125	1,5	18	4	2	1	5,4	31	1	1	100	200
2	70—150	16—25	—	125	2,2	21	3	2	2	5,4	31	1	1	100	200
2а	70—150	—	—	125	2,2	21	4	2	2	5,4	31	1	1	100	200
3	185—300	35—70	10—16	150	3	24	3	3	3	5,4	31	1	1	100	200
3а	185—240	—	—	150	3	24	4	3	3	5,4	31	1	1	100	200
4	—	95—120	25	150	3,7	24	3	2	2	5,4	31	1	1	100	200
5	—	150	35—50	175	4	27	3	2	2	5,4	31	1	1	100	250
6	—	185—240	70	175	4,8	29	3	4	2	5,4	31	1	1	100	250
7	—	300	95—120	175	5,4	31	3	4	2	7	34	1	1	100	250
8	—	—	150—185	200	6,3	33	3	2	2	7	34	1	1	100	250
9	—	—	240—300	200	7,2	35	3	2	2	7	34	1	1	100	250

[1] Комплекты за № 1а, 2а, 3а предназначены для четырехжильных кабелей напряжением до 1 *кв*; комплекты от № 1 до № 9 — для трехжильных кабелей.

[2] Одна бобина содержит около 20 *г* пропитанной хлопчатобумажной пряжи.

§ 35. Выбор стальных (газовых) труб для прокладки изолированных проводов

1. Общие указания

а) При прокладке в одной трубе нескольких проводов одинакового сечения диаметры труб выбираются в зависимости от марки проводов, сечения и числа жил, непосредственно по таблицам, приведенным в п. 3.

б) При прокладке в одной трубе проводов неодинакового сечения необходимо сначала определить сумму произведений:

$$\sum nd^2 = n_1d_1^2 + n_2d_2^2 + n_3d_3^2 + \ldots + n_kd_k = c,$$

где $n_1, n_2, n_3, \ldots, n_k$ — числа проводов одинакового сечения, входящие в общее число проводов, проложенных в одной трубе;

$d_1, d_2, d_3, \ldots, d_k$ — соответствующие им диаметры проводов.

Далее определяют диаметр требующейся трубы d_T непосредственно из таблицы п. 2, в которой для каждого диаметра d_T приведено соответствующее ему наибольшее допустимое значение c, обозначенное в таблице через C.

в) При открытой прокладке применимы трубы всех диаметров, указанных в таблице. При прокладках в перекрытиях, полах, фундаментах не рекомендуется укладывать трубы с диаметром, меньшим $^3/_4''$. При прокладке в тех же условиях, но в местах, где возможна передача трубы динамических усилий, не рекомендуется укладывать трубы с диаметром, меньшим $1''$.

г) В случаях, если длина труб превышает 50 *м* при наличии не более одного изгиба, 40 *м* — при наличии двух изгибов, 20 *м* — при наличии трех изгибов (углы по 90°), следует устанавливать промежуточные протяжные ящики или, в случае отсутствия их, увеличивать диаметр труб на одну ступень.

д) При проектировании диаметр труб определять, исходя из применения проводов ПРТО.

2. Выбор диаметра трубы d_T для прокладки в ней нескольких проводов различных сечений

Общее число проводов в трубе	Номинальные диаметры труб d_T								
	$^1/_2''$	$^3/_4''$	$1''$	$1^1/_4''$	$1^1/_2''$	$2''$	$2^1/_2''$	$3''$	$4''$
	Значения C для труб различных диаметров								
2	69	125	210	378	495	836	1 390	1 940	3[illegible]
3	96	175	290	525	685	1 160	1 930	2 690	4[illegible]
4 и более	89	165	270	488	638	1 075	1 800	2 500	4[illegible]

8. Диаметры (в дюймах) стальных изолированных труб для прокладки нескольких проводов одинакового сечения (фиг. 9).

ПРТО-2000 одножильный

Сеч. мм²	Число проводов в трубе												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
1,5			¾			1			1¼				
2,5	½												
4					1¼						1½	2	
6													
10		1					1½		2				
16				1½									
25	¾	1¼	1½	2					2½				3
35													
50	1	2	2½		3			4					
70			2½	3		4							
95	1½	2½											
120													
150	1½		3										
185													
240	2	4											
300													

ПРТО-1000 одножильный

Сеч. мм²	Число проводов в трубе												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
1,5		½				¾					1		
2,5				¾									
4						1					1¼		
6													
10				1	1¼	1½				1½	2		
16							2						
25	¾	1¼	1½						2½				3
35				½									
50	1	1½	2		2½		3			4			
70		2				3		4					
95	1¼				3		4						
120		2½				4							
150													
185	1½	3											
240	2	4											
300													

ПР-500

Сеч. мм²	Число проводов в трубе												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
1,5		½							¾				
2,5													1
4					¾				1				
6													1¼
10				1		1¼		1½		1½			2
16							1½						
25	¾	1¼							2				2½
35			1½										
50					1½								
70	1	1½	2			2½					3		
95													
120	1¼			3			4						
150		2½											
185				4									
240	1½												
300	2	3											

ПР-380 без изоляционных трубок

Сеч. мм²	Число проводов в трубе							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1					½			¾
1,5		½						
2,5						¾		
4								1
6								
10	½	¾		1		1¼		1½
16		1				1½		
25					1½			2
35	¾	1¼		1½				
50					2			2½
70			1½			2½		
95	1							3
120		2		2½		3		
150	1¼							4

ПРТО-2000 многожильный

Сеч. мм²	Число жил провода		
	2	3	4
1			
1,5	¾	¾	
2,5			
4			1
6			
10	1		
16	1¼		1¼
25		1½	
35			2
50	2		
70			2½
95	2½		
120			3

ПРТО-1000 / КПРТО-1000

Сеч. мм²	Число жил провода												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
1													
1,5		½			¾								1
2,5		¾							1				
4					1					1¼			
6													1½
10						1¼		1½		1	2		
16	1	1¼											
25			1½										
35							2						
50	2								2½				
70													
95	2½									3			
120													

§ 36. Выбор стальных (газовых) труб для прокладки кабелей

1. Общие указания

а) Диаметры труб для прокладки кабелей выбираются непосредственно по табл. 2, 3, 4 и 5, с ограничениями в отношении прокладки труб в перекрытиях и фундаментах, приведенными в § 35, п. „в".

б) При прокладке голых кабелей в случаях, когда длина трубы превышает при наличии одного изгиба 50 *м*, двух изгибов — 30 *м*, трех (не более) изгибов — 20 *м*, следует увеличивать диаметр труб на одну ступень.

в) Прокладка в трубах бронированных кабелей допустима на участках не более 20 *м*. Изгибы (один) допустимы лишь для кабелей без джута.

г) Радиус изгиба, считая по осевой линии труб, должен быть для кабелей с бумажной изоляцией не менее 15-кратного диаметра ст

2. Прокладка в трубах одно- и двухжильных кабелей до 1 000 в с бумажной изоляцией

Сечение жилы кабеля *мм*²	Номинальный диаметр труб в дюймах					
	одножильные кабели			двухжильные кабели		
	СГ	СБГ	СБ	СГ	СБГ	СБ
1,5	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	1
2,5	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	1
4	1/2	3/4	1	3/4	1	1
6	1/2	3/4	1	3/4	1	1 1/4
10	1/2	3/4	1	3/4	1	1 1/4
16	1/2	3/4	1	1	1 1/4	1 1/4
25	3/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4
35	3/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/2
50	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2
70	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2	2
95	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	2	2
120	1 1/4	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2
150	1 1/4	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2
185	1 1/4	2	2	2	2 1/2	2 1/2
240	1 1/2	2	2	—	—	—

3. Прокладка в трубах трех- и четырехжильных кабелей с бумажной изоляцией

Сечение жилы кабеля мм²	Номинальный диаметр труб в дюймах														
	трехжильные кабели на напряжение												четырехжильные кабели 1 000 в		
	1 000 в			3 000 в			6 000 в			10 000 в					
	СГ	СБГ	СБ	СГ	СБГ	СБ	СГ	СБГ	СБ	СГ	СБГ	СБ	СГ	СБГ	СБ
1,5	1/2	3/4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	3/4	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	3/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	3/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4	—	—	—	—	—	—	3/4	1 1/4	1 1/4
10	3/4	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	1	1 1/4	1 1/4
16	3/4	1 1/4	1 1/4	1	1 1/4	1 1/2	1 1/4	1 1/2	2	1 1/2	2	2 1/2	1	1 1/4	1 1/2
25	1	1 1/4	1 1/2	1 1/4	1 1/2	2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2
35	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/4	2	2	1 1/2	2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	1 1/4	1 1/2	2
50	1 1/4	2	2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	1 1/2	2	2
70	1 1/2	2	2	2	2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	2	2	2 1/2
95	2	2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	2	2 1/2	2 1/2
120	2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	2 1/2	3	3	2	2 1/2	2 1/2
150	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	2 1/2	3	3	3	3	4	2 1/2	2 1/2	3
185	2 1/2	2 1/2	3	2 1/2	3	3	3	3	4	3	4	4	2 1/2	3	3
240	2 1/2	3	3	2 1/2	3	4	3	4	4	4	4	4	—	—	—

4. Прокладка в трубах кабелей с резиновой изоляцией

Сечение жилы кабеля мм²	Номинальный диаметр труб в дюймах									
	кабели одножильные СРГ	кабели двухжильные			кабели трехжильные			кабели трехжильные с заземляющей жилой		
		СРГ	СРБГ	СРБ	СРГ	СРБГ	СРБ	СРГ	СРБГ	СРБ
1	1/2	1/2	—	—	1/2	—	—	3/4	—	—
1,5	1/2	1/2	—	—	3/4	—	—	3/4	—	—
2,5	1/2	3/4	—	—	3/4	—	—	3/4	1 1/4	1 1/4
4	1/2	3/4	—	—	3/4	1	1 1/4	3/4	1 1/4	1 1/4
6	1/2	3/4	1	1 1/4	3/4	1 1/4	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4
10	1/2	1	1 1/4	1 1/2	1	1 1/4	1 1/2	1 1/4	1 1/4	2
16	1/2	1	1 1/4	1 1/2	1 1/4	1 1/2	2	1 1/4	1 1/2	2
25	3/4	1 1/4	1 1/2	2	1 1/4	2	2	1 1/2	2	2
35	3/4	1 1/4	2	2	1 1/2	2	2	2	2	2 1/2
50	1	1 1/2	2	2 1/2	2	2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2
70	1	2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
95	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	1 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	1 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	1 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	1 1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5. Прокладка в трубах контрольных кабелей с резиновой изоляцией

5. Прокладка в трубах контрольных кабелей с бумажной и резиновой изоляцией [2]

Сечение жилы кабеля мм²	Условное обозначение марки кабеля [2]	Номинальные диаметры труб в дюймах для прокладки контрольных кабелей с числом жил																
		2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	19	24	27	30	33	37
1	Г	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4*	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
	БГ	3/4	3/4	3/4	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2
	Б	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2*	1 1/2*	2
1,5	Г	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4*
	БГ	3/4	3/4	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2
	Б	1	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2*	2	2	2	2
2,5	Г	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1	1*	1*	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4*	1 1/4*	1 1/4*	1 1/2*	1 1/2*
	БГ	3/4	1	1	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4*	1 1/4	2	2	2	2	2	2
	Б	1	1	1*	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4*	1 1/2	1 1/2*	1 1/2*	2	2	2	2*	2*	
4	Г	3/4	3/4	3/4	—	1	1	1	—	1 1/4								
	БГ	1	1	1	—	1 1/4	1 1/4	1 1/4	—	1 1/4								
	Б	1	1	1 1/4	—	1 1/4	1 1/4	1 1/2	—	1 1/2								
6	Г	3/4	3/4	3/4	—	1	1	1 1/4	—	1 1/4								
	БГ	1	1	1	—	1 1/4	1 1/4	1 1/4	—	1 1/2								
	Б	1	1 1/4	1 1/4	—	1 1/4	1 1/4	1 1/2	—	1 1/2*								
10	Г	3/4 [1]	3/4*	1	—	1	1	1 1/4	—	1 1/4*								
	БГ	1	1	1 1/4	—	1 1/4*	1 1/4*	1 1/2	—	2								
	Б	1 1/4	1 1/4	1 1/4	—	1 1/2*	1 1/2*	2	—	2*								

[1] Для кабелей с резиновой изоляцией в случаях, обозначенных звездочкой (*), следует диаметр трубы выбирать на одну ступень больше, чем указано в таблице.

[2] Условные обозначения, принятые в графе 2
Г — освинцованный кабель без брони,
БГ — бронированный кабель без джута,
Б — то же, но с джутовым покрытием.

Глава 6. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ И ЗАЩИТЫ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

§ 37. Общие указания[1]

1. Выбор плавкой вставки

1. Плавкие вставки рекомендуется выбирать на наименьший номинальный ток, допускаемый условиями эксплоатации установки. Наименьшая допустимая условиями эксплоатации величина номинального тока требуемой вставки определяется: а) величиной расчетного тока цепи; б) величиной токов перегрузки; в) условиями селективного действия защиты последовательных ступеней сети.

2. Номинальный ток плавкой вставки $I_{вс}$ не должен быть меньше расчетного или рабочего тока цепи I_p.

3. Во избежание выключений при кратковременных перегрузках номинальный ток плавкой вставки должен удовлетворять соотношению $I_{вс} = \frac{I_{max}}{\alpha}$, где $I_{вс}$ — номинальный ток плавкой вставки; I_{max} — наибольшая величина тока цепи. Под этой величиной подразумевается: а) для ответвления к одиночным приемникам — наибольшее значение пускового тока $I_п$ или наибольшее значение тока нагрузки приемника; б) для цепей, питающих несколько (n) приемников, — величина, подсчитанная по формуле:

$$I_{max} = I_{p\,(n-1)} + I_п,$$

где $I_{p\,(n-1)}$ — расчетный максимальный ток цепи, обусловленный всеми приемниками, присоединенными к ней, за исключением приемника, имеющего наибольший пусковой ток; $I_п$ — пусковой ток вышеуказанного приемника; α — коэфициент, обусловленный режимом перегрузок и характеристикой предохранителей. В частности, для ответвлений к короткозамкнутым двигателям с нормальными условиями пуска (редкие пуски при небольшой длительности разгона) этот коэфициент может быть принят равным 2,5, а в установках с тяжелыми условиями пуска (частые пуски при большой длительности разгона) — от 1,6 до 2.

2. Выбор величины уставки тока автомата

4. Наименьшая допускаемая условиями эксплоатации уставка тока выключения автоматического выключателя I_a также определяется условиями, указанными в пп. 2 и 3, в соответствии с чем она должна быть не менее: а) $I_a \geqslant 1{,}2\ I_p$; б) $I_a \geqslant 1{,}2\ I_{max}$; в) I_a предыдущей ступени (по направлению к источнику энергии) $\geqslant 1{,}4\ I_a$ последующей ступени, где I_p и I_{max} имеют значения, указанные в пп. 2 и 3.

3. Выбор сечений изолированных проводов и кабелей

5. Сечения проводов и кабелей должны выбираться в соответствии с рабочим током установки, номинальным током предохранителей или током выключения автоматических выключателей таким образом, чтобы температура проводников в эксплоатации не достигала величины, при которой портится изоляция, возникает опасность пожара или взрыва или нарушается механическая прочность проводов.

Сечения проводов и кабелей должны выбираться таким образом

---

[1] Основание: „Правила устройства электроустановок промышленных предприятий" 1943 г.

нагрузки, допускаемые для них по условиям нагрева, были не ниже нагрузок, действительно имеющих место в эксплоатации.

Сечения проводов и кабелей, защищаемых плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, выбранные в соответствии с этим указанием, должны быть, кроме того, проверены и в случае надобности увеличены таким образом, чтобы нагрузки, допускаемые для выбранных сечений по условиям нагрева, отвечали соотношениям, приведенным в п. 8. В ответвлениях к короткозамкнутым двигателям с затяжным пуском (центрифуги, дробилки и т. п.) сечения проводов должны быть, кроме того, проверены на нагрев пусковыми токами. Эту проверку следует производить по соотношениям:

$\frac{I_n}{q} = 35$ *а/мм²* — для проводов и кабелей с резиновой изоляцией и медными жилами;

$\frac{I_n}{q} = 45$ *а/мм²* — для кабелей с бумажной изоляцией и медными жилами,

где I_n — наибольшее значение пускового тока в *а*,

q — сечение проводника в *мм²*.

6. Пропускная способность ответвлений к короткозамкнутым двигателям, установленным во взрывоопасных помещениях, рассчитывается так же, как и для невзрывоопасных помещений. Однако пропускная способность проводов, питающих двигатель, должна быть не менее чем на 25% выше номинального тока двигателя.

7. При определении пропускной способности проводов, прокладываемых открыто в стальных (газовых) трубах, не учитывать снижающих коэффициентов на число параллельно проложенных труб.

4. Предельные значения допустимых соотношений между пропускной способностью[1] проводов и кабелей и номинальным током плавких вставок или током выключения автоматических выключателей

№ п/п	Наименование помещений	Наименование сетей	Назначение и режим работы проводки	Система прокладки проводов	Конструкция проводов и кабелей	Наименьшие допустимые соотношения между пропускной способностью провода и током плавкой вставки или же током выключения автомата	
						плавкие вставки $\left[\frac{I_{пр}}{I_{вс}}\right]_{мин}$	автоматы $\left[\frac{I_{пр}}{I_{а}}\right]_{мин}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Производственные помещения промышленных предприятий, не-	Силовые сети	а) Фидеры и магистрали	В газовой трубе	ПР, ПРТО, СРГ	0,65	0,45
				Открыто	СРГ, НРГ, ВРГ, ПРП, ТПРФ, СБ, СГ и САД	0,66	0,45

[1] Под пропускной способностью провода понимается предельная длительно допустимая нагрузка его при заданных условиях прокладки.

Продолжение

№ групп	Наименование помещений	Наименование сетей	Назначение и режим работы проводки	Система прокладки проводов	Конструкция проводов и кабелей	Наименьшие допустимые соотношения между пропускной способностью провода и током плавкой вставки или же током выключения автомата	
						плавкие вставки $\left[\frac{I_{пр}}{I_{вс}}\right]_{мин}$	автоматы $\left[\frac{I_{пр}}{I_{а}}\right]_{мин}$
1	2	3	4	5	6	7	8
I	пасных в отношении взрыва	То же	То же	Открыто на изолирующих опорах	ПР, ПВМ	0,85	0,6
	То же	То же	б) Ответвления к приемникам с длительным режимом работы	В газовой трубе	ПР, ПРТО, НРГ, ВРГ	0,33	0,23
				Открыто	СРГ, ПРП, ТПРФ, СБ, СГ, СА	0,33	0,23
				Открыто на изолирующих опорах	ПР, ПВМ, ШР	0,85	0,6
	То же	То же	в) Ответвления к приемникам с повторно кратковременным режимом работы для проводов от 10 *мм*² и выше[1]	В газовой трубе	ПР, ПРТО, НРГ, ВРГ	0,46	0,32
				Открыто	СРГ, ПРГ, ТПРФ, СБ, СГ и САД	0,46	0,32

[1] См. главу 7.

Продолжение

№ групп	Наименование помещений	Наименование сетей	Назначение и режим работы проводки	Система прокладки проводов	Конструкция проводов и кабелей	Наименьшие допустимые соотношения между пропускной способностью провода и током плавкой вставки или же током выключения автомата	
						плавкие вставки $\left[\frac{I_{пр}}{I_{во}}\right]_{мин}$	автоматы $\left[\frac{I_{пр}}{I_{а}}\right]_{мин}$
1	2	3	4	5	6	7	8
I	То же	Осветительные сети	Фидеры, магистрали, ответвления	В газовой трубе	ПР, ПРТО, НРГ, ВРГ	1	0,8
				Открыто	СРГ, ПРП, ТПРФ, СБ, СГ, САД	1	0,8
				Открыто на изолирующих опорах	ПР, ПВМ, ШР	1	0,8
II	Помещения, опасные в отношении взрыва	Силовые и осветительные сети	Фидеры, магистрали	В газовой трубе	ПР, ПРТО, НРГ, ВРГ	1,25	1
				Открыто	СРБГ, НРБГ, ВРБГ	1,25	1
				Открыто	СБ	1	0,8
III	Жилые дома, бытовые и общественные помещения, а также служебно-бытовые и	Силовые и осветительные сети	Фидеры, магистрали, ответвления	В газовой трубе	ПР, ПРТО, НРГ, ВРГ,	1,25	1
				Открыто	СРГ, ПРП, ТПРФ	1,25	1

№ групп	Наименование помещений	Наименование сетей	Назначение и режим работы проводки	Система прокладки проводов	Конструкция проводов и кабелей	Наименьшие допустимые соотношения между пропускной способностью проводов и токов плавкой вставки или же тока выключения автомата: плавкие вставки $\left[\frac{I_{пр}}{I_{вс}}\right]_{мин}$	автоматы $\left[\frac{I_{пр}}{I_{а}}\right]_{мин}$
1	2	3	4	5	6	7	8
	складские помещения промышленных предприятий	То же	То же	Открыто на изолирующих опорах	ПР, ПВМ	1,25	1
				Открыто	СБ, СГ, САД	1	0,8

Условные обозначения: $I_{пр}$ — нагрузка провода, допустимая по условиям нагрева при данном режиме работы и данных условиях прокладки;
$I_{вс}$ — номинальный ток плавкой вставки, выбранный в соответствии с указаниями с пп. 2 и 3;
$I_{а}$ — установка тока выключения автомата.

§ 38. Наибольшие длительно допустимые провода и кабели

1. Наибольшие длительно допустимые нагрузки на провода и освинцованные кабели с резиновой изоляцией для температуры окружающей среды +25° С

Сечение токопроводящей жилы мм²	ШР, ПР, ПРГ, при открытой прокладке на изолирующих опорах	ПР, ПРТО-1000 и ПРТО-2000, проложенные в трубах: число одножильных проводов в трубе: 2	3	4	один двухжильный провод в трубе	один трехжильный провод в трубе	СРГ, СРА, СР… ТПРФ, проложенные откры… одножильный	двухжильный
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	10	—	—	—	—	—	—	—
0,75	13	—	—	—	—	—	—	—
1	15	14	13	12	13	11	18	16

Продолжение

Сечение токопроводящей жилы, мм²	ШР, ПР, ПРГ, при открытой прокладке на изолирующих опорах	ПР, ПРТО-1000 и ПРТО-2000, проложенные в трубах					СРГ, СРА, СРП, ТПРФ, проложенные открыто		
		число одножильных проводов в трубе			один двухжильный провод в трубе	один трехжильный провод в трубе	одножильный	двухжильный	трехжильный
		2	3	4					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	20	17	15	14	16	13	22	20	17
2,5	27	24	22	20	22	19	31	27	24
4	36	34	31	27	28	24	41	35	31
6	46	41	37	34	36	31	53	45	39
10	68	57	53	47	49	45	74	65	55
16	92	77	70	63	69	58	99	85	72
25	123	100	91	82	90	76	132	112	95
35	152	121	111	100	109	92	163	137	117
50	192	165	151	135	142	119	204	170	146
70	242	201	184	166	173	154	254	210	179
95	292	245	223	201	216	186	308	—	—
120	342	280	255	230	262	221	356	—	—
150	392	319	292	—	—	—	410	—	—
185	450	—	—	—	—	—	468	—	—
240	535	—	—	—	—	—	553	—	—
300	614	—	—	—	—	—	—	—	—
400	737	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. В таблице указаны нагрузки для проводов и кабелей с нормальной резиновой изоляцией с предельно допустимой температурой нагрева +55° С.

2. Допустимые нагрузки для изолированных проводов и кабелей с алюминиевыми жилами при одинаковом геометрическом сечении с медными жилами составляют 77% от нагрузок медных проводов.

2. Поправочные коэфициенты на температуру окружающего воздуха

Характеристики проводов		Значения поправочного коэфициента при температуре воздуха					
		15°С	20°С	25°С	30°С	35°С	40°С
С оплеткой	С нормальной резиной	1,16	1,08	1,00	0,91	0,83	0,71
	С теплостойкой резиной	1,29	1,23	1,16	1,08	1,0	0,92

Характеристики проводов		Значения поправочного коэффициента при температуре воздуха 15°С	20°С	25°С	30°С	35°С	40°
С свинцовой оболочкой	С нормальной резиной	1,14	1,07	1,00	0,92	0,84	0,76
	С теплостойкой резиной	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,90

3. Наибольшие длительно допустимые нагрузки на голые медные провода

Номинальное сечение, *мм²*	Расчетное активное сопротивление (по ОСТ 7943) *ом/км*	Длительно допустимые нагрузки в *а*		Номинальное сечение, *мм²*	Расчетное активное сопротивление (по ОСТ 7943) *ом/км*	Длительно допустимые нагрузки в *а*	
		в закрытом помещении	на открытом воздухе			в закрытом помещении	на откр... том воз... духе
4	4,500	57	58				
6	3,010	73	76	70	0,266	340	425
10	1,810	103	108	95	0,195	410	510
16	1,150	130	150	120	0,154	490	595
25	0,752	165	205	150	0,123	575	685
35	0,532	210	270	185	0,100	660	780
50	0,370	265	335	240	0,077	785	920

4. Наибольшие длительно допустимые нагрузки на голые алюминиевые и сталь-алюминиевые провода

Марка провода и номинальное сечение *мм²*	Наибольшая длительно допустимая нагрузка *а*	Марка провода и номинальное сечение *мм²*	Наибольшая длительно допустимая нагрузка *а*	Марка провода и номинальное сечение *мм²*	Наибольшая длительно допустимая нагрузка *а*	Марка провода и номинальное сечение *мм²*	Наибольшая длительно...
А-16	120	А- 95	400	АС- 35	210	АС-150	545
А-25	160	А-120	455	АС- 50	265	АС-185	630
А-35	205	А-150	540	АС- 70	330	АС-240	725
А-50	260	А-185	620	АС- 95	415	АСУ-300	855
А-70	320	А-240	720	АС-120	480	АСУ-400	1 070

5. Наибольшие длительно допустимые нагрузки на голые многопроволочные стальные провода

Марка провода	Длительно допустимая нагрузка *а*	Вес 1 *км* *кг*	Марка провода	Длительно допустимая нагрузка *а*	Вес 1 *км* *кг*
Ж- 4	35	63	Ж- 50	90	3...
Ж- 5	40	120	Ж- 70	125	630
Ж- 6	60	180	Ж- 95	140	75...
Ж-35	80	290	Ж-120	175	1 00...

§ 59. Наименьшие допустимые сечения изолированных проводов и кабелей в соответствии с током плавкой вставки ($I_{вс}$). Осветительные сети в производственных помещениях при температуре окружающей среды +25° С

$I_{вс}$, а	Сечение одной жилы, мм²								
	провода марок ПР, ПРГ, проложенные открыто на изолирующих опорах	провода марок СРГ, СРА, СРБ, ТПРФ, ПРП, проложенные открыто			провода марок ПР, ПРГ, ПРТО-1 000 и ПРТО-2 000 в трубах			провода марок ПРТО-1 000 и ПРТО-2 000		кабели с бумажной изоляцией, проложенные открыто
		одно-жильные	двух-жильные	трех-жильные	2 одно-жильных	3 одно-жильных	4 одно-жильных	1 двух-жильный	1 трех-жильный	1 четы-рех-жильный
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5
20	1,5	1	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
25	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4
35	4	2,5	4	4	4	4	6	6	6	6
60	6	6	6	6	10	10	10	10	10	10
80	10	10	16	16	16	16	25	16	25	16
100	16	16	25	25	25	25	35	25	35	25
125	25	25	25	35	35	35	50	35	50	35
160	35	35	35	50	50	50	50	50	70	50
200	50	50	50	70	70	70	95	70	95	70
225	50	50	70	—	70	95	120	95	120	95
260	70	70	—	—	95	120	—	120	—	95
300	95	95	—	—	120	150	—	—	—	120
350	120	120	—	—	150	—	—	—	—	150
430	150	150	—	—	—	—	—	—	—	—

§ 40. Наименьшие допустимые сечения изолированных проводов и кабелей в соответствии с током плавкой вставки ($I_{вс}$). Силовые сети в производственных помещениях при температуре окружающей среды +25° С[1]

$I_{вс}$	Сечение одной жилы, мм²																	
	провода марок ПР, ПРГ, проложенные открыто. Ответвления и магистрали	провода марок СРГ, СРА, СРБ, ТПРФ, ПРП, проложенные открыто						провода марок ПР, ПРГ, ПРТО-1 000, ПРТО-2 000 в трубах						провода марок ПРТО-1 000 и ПРТО-2 000 в трубах				кабель с бумажной изоляцией	
		одножильные		двухжильные		трехжильные		2 одножильных		3 одножильных		4 одножильных		1 двухжильный		1 трехжильный		1 трехжильный	
		ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5
20	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5
25	1,5	1	1	1	1	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	2,5	1	1,5	1	2,5	1,5	1,5
35	2,5	1	1,5	1	2,5	1	2,5	1	2,5	1	2,5	1	4	1	2,5	1	4	1,5	2,5
60	6	1	4	1,5	6	2,5	6	2,5	6	2,5	6	2,5	10	2,5	6	2,5	10	1,5	4
80	10	2,5	6	2,5	10	2,5	10	2,5	10	4	10	4	16	4	10	4	16	2,5	10
100	16	2,5	10	4	10	4	16	4	16	4	16	6	16	6	16	6	25	4	10
125	25	4	16	6	16	6	25	6	16	10	25	10	25	10	25	10	25	6	16
160	25	6	16	10	25	10	25	10	25	10	35	10	35	10	35	16	50	10	25
200	50	10	25	10	35	16	50	16	35	16	35	16	50	16	50	25	50	10	35
225	50	10	35	16	35	16	50	16	50	16	50	25	50	16	50	25	70	16	50
260	70	16	35	16	50	25	70	25	50	25	70	25	70	25	70	35	95	16	50
300	70	16	50	25	70	35	70	25	70	25	70	35	95	25	95	35	95	25	70
350	95	25	70	25	70	35	—	35	95	35	95	50	120	35	95	50	120	25	95
430	120	25	95	35	—	50	—	50	120	50	150	50	—	50	120	70	—	50	120
500	150	35	95	50	—	70	—	50	150	50	—	70	—	70	—	70	—	50	150
600	240	50	150	70	—	70	—	70	—	70	—	95	—	95	—	120	—	70	185
700	300	70	185	70	—	—	—	95	—	95	—	120	—	120	—	—	—	95	240
850	400	70	240	—	—	—	—	120	—	120	—	—	—	120	—	—	—	120	—

[1] Ответвления к переносным электроприемникам, установленным во взрывоопасных помещениях, должны обладать пропускной спо-

§ 41. Общие указания по выбору кабелей с бумажной изоляцией по нагреву током нагрузки

1. Наибольшие длительно допустимые нагрузки указаны для кабелей, проложенных горизонтально. Для вертикально проложенных кабелей нагрузки должны быть снижены до 0,95 от значений, указанных в таблицах.

2. Для кабелей напряжением до 10 *кв* включительно, проложенных горизонтально, наибольшие нагрузки исчислены в соответствии со следующими предельно допустимыми температурами нагрева жил:

Номинальное напряжение кабеля, *кв*	до 3	6	10
Предельно допустимая рабочая температура жилы в °С	80	70	65

3. Прокладка кабелей в земле с расстоянием между кабелями в свету менее 100 *мм* не рекомендуется.

4. При определении наибольших длительно допустимых нагрузок в числе лежащих рядом кабелей не учитываются резервные кабели. Под резервными понимаются кабели, при отключении которых пропускная способность линии достаточна для длительной передачи всей расчетной мощности.

5. При прокладке кабелей в трубах без искусственной вентиляции наибольшая допустимая нагрузка должна быть снижена:

а) для кабелей до 10 *кв* включительно и сечением до 95 *мм*^{2} включительно — до 0,9 от указанной в таблицах;

б) для кабелей до 10 *кв* включительно и сечением от 120 до 185 *мм*^{2} включительно — до 0,85 от указанной в таблицах;

в) для других сечений и напряжений — до 0,8 от указанной в таблицах.

6. При прокладке в земле нескольких труб с кабелями наибольшие допустимые нагрузки должны быть снижены дополнительно в соответствии с таблицей § 47, п. 1.

7. Под расчетной температурой воздуха следует понимать: вне помещений — наибольшую среднюю суточную температуру для данного района, повторяющуюся не менее 3 раз в году; внутри помещений — наибольшую среднюю суточную температуру помещения в месте прокладки. При отсутствии данных — принимать температуру внутри и вне помещений + 25° С.

§ 42. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в а кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых непосредственно в земле при температуре почвы +15° С

Сечение жилы мм²	Одножильные кабели[1] 1 кв	Двухжильные кабели 1 кв	Трехжильные кабели с поясной изоляцией для напряжений			Четырехжильные кабели 1 кв
			3 кв	6 кв	10 кв	
	Максимально допустимая температура жилы кабеля					
	80° С	80° С	80° С	70° С	65° С	80° С
1,5	45	35	30	—	—	—
2,5	60	45	40	—	—	35
4	80	60	55	—	—	50
6	105	80	70	—	—	60
10	140	105	95	85	75	85
16	175	140	120	110	100	115
25	235	185	160	140	125	150
35	285	220	190	170	160	175
50	360	270	235	210	190	215
70	440	325	290	260	225	265
95	520	380	340	310	280	310
120	595	435	390	360	325	350
150	675	500	435	410	375	395
185	755	—	490	460	420	450
240	880	—	570	535	485	—
300	1 000	—	—	—	—	—
400	1 220	—	—	—	—	—
500	1 400	—	—	—	—	—
625	1 520	—	—	—	—	—
800	1 700	—	—	—	—	—

§ 43. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в а кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых на открытом воздухе при температуре воздуха +25° С

Сечение жилы мм²	Длительно допустимая сила тока, а					
	одножильные кабели[1] 1 кв	двухжильные кабели 1 кв	трехжильные кабели с поясной изоляцией для напряжений			четырехжильные кабели 1 кв
			3 кв	6 кв	10 кв	
	Максимально допустимая температура жилы кабеля					
	80° С	80° С	80° С	70° С	65° С	80° С
1,5	32	23	18	—	—	—
2,5	42	32	28	—	—	28
4	55	42	37	—	—	37

[1] Допустимые нагрузки для одножильных кабелей даны для работы при постоянном токе.

Сечение жилы *мм²*	Длительно допустимая сила тока, *а*					
	одножильные кабели[1] 1 *кв*	двухжильные кабели 1 *кв*	трехжильные кабели с поясной изоляцией для напряжений			четырехжильные кабели 1 *кв*
			3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	
	Максимально допустимая температура жилы кабеля					
	80° С	80° С	80° С	70° С	65° С	80° С
6	75	55	45	—	—	46
10	100	75	60	57	55	60
16	120	100	80	70	70	80
25	160	130	105	95	95	100
35	200	150	125	120	110	120
50	245	185	155	150	145	150
70	305	225	200	185	180	185
95	360	275	245	230	215	215
120	415	320	285	265	255	260
150	470	375	330	310	285	300
185	525	—	375	345	325	340
240	610	—	430	400	375	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1 020	—	—	—	—	—
625	1 180	—	—	—	—	—
800	1 400	—	—	—	—	—

§ 44. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в *а*) для кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых в воде при температуре воды + 15° С

Сечение жилы *мм²*	Одножильные кабели, 1 *кв*	Трехжильные кабели с поясной изоляцией для напряжений			Сечение жилы *мм²*	Одножильные кабели, 1 *кв*	Трехжильные кабели с поясной изоляцией для напряжений		
		3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*			3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*
	Максимально допустимая температура жилы кабеля					Максимально допустимая температура жилы кабеля			
	80° С	80° С	70° С	65° С		80° С	80° С	70° С	65° С
10	—	120	—	—	150	880	565	525	475
16	—	155	140	125	185	990	615	570	535
25	—	210	180	160	240	1 140	715	665	615
35	370	250	215	190	300	1 300	—	—	—
50	460	305	265	235	400	1 580	—	—	—
70	570	375	330	290	500	1 820	—	—	—
95	675	440	395	360	625	1 970	—	—	—
120	775	505	455	415					

[1] Допустимые нагрузки для одножильных кабелей даны для работы при постоян-

§ 45. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в *а*) для трехжильных кабелей с отдельно освинцованными жилами на напряжение 20 и 35 *кв* при заземленной нейтрали, прокладываемых в земле и воде при температуре +15° С и в открытом воздухе при температуре +25° С

Сечение жилы *мм*²	Напряжение 20 *кв*			Напряжение 35 *кв*		
	Максимально допустимая температура +50° С					
	прокладка в земле	прокладка в воде	прокладка на воздухе	прокладка в земле	прокладка в воде	прокладка на воздухе
25	110	125	85	—	—	—
35	135	150	95	—	—	—
50	165	190	120	—	—	—
70	205	240	150	200	225	145
95	245	290	175	240	275	175
120	285	340	200	280	325	200
150	320	375	230	315	380	230
185	370	430	260	365	—	260

§ 46. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в *а*) для трехжильных кабелей с отдельно освинцованными жилами на напряжение 20 и 35 *кв* при незаземленной нейтрали, прокладываемых в земле и воде при температуре +15° С и в открытом воздухе при температуре +25° С

Номинальное сечение жилы *мм*²	Напряжение 20 *кв*			Напряжение 35 *кв*		
	Максимально допустимая температура +50° С					
	прокладка в земле	прокладка в воде	прокладка на воздухе	прокладка в земле	прокладка в воде	прокладка на воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	95	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	195	210	145
95	240	275	175	235	255	175
120	275	315	200	270	—	200
150	315	350	230	210	—	230
185	355	390	260	—	—	—

§ 47. Поправочные коэфициенты при определении наибольших длительно допустимых нагрузок на кабели

1. Поправочные коэфициенты на число работающих кабелей, лежащих в земле

Число кабелей	1	2	3	4	5	6
При расстоянии 100 *мм* в свету	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
„ „ 200 „ „ „	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
„ „ 300 „ „ „	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

2. Поправочные коэфициенты на температуру почвы и воды

Для кабелей, работающих при максимальной температуре жилы °С	Температура почвы или воды в месте укладки кабеля, °С									
	—5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,955	0,905	0,85	0,8	0,74
65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
50	1,25	1,20	1,14	1,87	1,00	0,98	0,84	0,76	0,66	0,54

3. Поправочные коэфициенты на температуру воздуха

Для кабелей, работающих при максимальной температуре жилы °С	Температура воздуха в месте прокладки кабеля °С									
	—5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,90	0,85
70	1,29	1,25	1,20	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,82
65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,93	0,87	0,79
50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,0	0,89	0,77	0,63

§ 48. Падение напряжения в трехфазных цепях с одинаковой нагрузкой фаз

1. Пояснения к таблицам

Приведенные в таблицах падения напряжения в цепях 380 *в* трехфазного тока ΔU (в процентах) на 1 *а-км* подсчитаны по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}\,(R\cos\varphi + x\sin\varphi)}{380} \cdot 100\%,$$

где R — активное сопротивление провода на 1 *км* при 25° С;
x — реактивное „ „ „ 1 *км*

При напряжениях, отличающихся от 380 *в*, данные таблиц должны быть умножены на соответствующие коэфициенты, которые при напряжениях 127, 220 и 500 *в* равны (соответственно) 3, 1,73 и 0,76.

Приведенная ниже таблица (п. 2) составлена для расстояний между проводами 15 *см* и симметричного расположения проводов. Она может быть использована также для несимметричного (горизонтального) расположения, считая, что индуктивность крайних фаз при расчетах можно приближенно принять равной индуктивности средней фазы.

Индуктивные сопротивления подсчитаны по формуле:

$$x = \frac{314}{10^4}\left(4{,}6 \log \frac{a}{r} + 0{,}5\right) \text{ом/км},$$

где a — расстояние между осями проводов в *см*;

r — радиус провода в *см*.

При обычных расчетах ($\cos\varphi$ не ниже 0,7) табличными данными можно пользоваться также при расстояниях между проводами, значительно отклоняющихся от 15 *см*. При этом ошибка будет находиться в пределах:

а) для расстояний 10 *см* — не более 8% в сторону преувеличения истинного значения ΔU.

б) для расстояний 20 *см* — не более 10% в сторону преуменьшения истинного значения ΔU.

При расчете падения напряжения в кабельных сетях при всех видах прокладки кабелей и для проводов, проложенных в трубах, следует пользоваться табл. 3.

2. Падение напряжения (в процентах) в открыто проложенных трехфазных линиях 380 *в* на 1 *а-км* при расстоянии между осями проводов 15 *см*

Сечение *мм*²	Значение $\cos\varphi$							
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
1	2,46	2,88	3,28	3,70	4,11	4,52	4,93	5,30
1,5	1,60	1,87	3,14	2,40	2,67	2,94	3,20	3,50
2,5	0,99	1,15	1,31	1,48	1,64	1,81	1,97	2,15
4	0,76	0,86	0,96	1,06	1,15	1,26	1,35	1,46
6	0,55	0,62	0,68	0,75	0,81	0,88	0,94	1,03
10	0,38	0,42	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,64
16	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43
25	0,211	0,228	0,240	0,253	0,266	0,279	0,290	0,305

Продолжение

Сечение мм²	Значение cos φ							
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
35	0,184	0,192	0,199	0,209	0,217	0,225	0,233	0,240
50	0,159	0,162	0,166	0,171	0,177	0,181	0,186	0,190
70	0,131	0,135	0,139	0,143	0,146	0,149	0,151	0,153
95	0,117	0,122	0,125	0,125	0,126	0,128	0,129	0,130
120	0,112	0,115	0,115	0,116	0,117	0,118	0,118	0,118
150	0,103	0,106	0,106	0,106	0,107	0,106	0,106	0,105
185	0,096	0,097	0,097	0,098	0,098	0,097	0,096	0,095
240	0,088	0,090	0,089	0,089	0,089	0,088	0,086	0,085
300	0,087	0,088	0,086	0,086	0,085	0,084	0,082	0,081

Продолжение

Сечение мм²	Значение cos φ							
	0,7	0,75	0,77	0,8	0,85	0,9	0,95	1
1	5,75	6,15	6,32	6,55	6,98	7,40	7,80	8,22
1,5	3,76	4,05	4,11	4,30	4,54	4,76	5,10	5,46
2,5	2,35	2,45	2,53	2,65	2,79	2,95	3,20	3,28
4	1,57	1,65	1,68	1,75	1,82	1,92	2,00	2,05
6	1,07	1,13	1,15	1,18	1,25	1,30	1,35	1,37
10	0,68	0,71	0,72	0,74	0,71	0,80	0,82	0,82
16	0,46	0,48	0,48	0,49	0,51	0,53	0,53	0,51
25	0,315	0,325	0,328	0,332	0,340	0,347	0,344	0,328
35	0,250	0,253	0,255	0,258	0,261	0,263	0,250	0,237
50	0,193	0,195	0,197	0,198	0,197	0,195	0,185	0,164
70	0,155	0,155	0,155	0,155	0,153	0,150	0,142	0,118
95	0,129	0,128	0,127	0,127	0,125	0,120	0,110	0,086
120	0,116	0,115	0,114	0,113	0,109	0,104	0,094	0,068
150	0,104	0,103	0,101	0,099	0,095	0,089	0,078	0,055
185	0,093	0,091	0,089	0,088	0,083	0,078	0,065	0,044
240	0,082	0,080	0,079	0,077	0,072	0,067	0,056	0,034
300	0,078	0,075	0,073	0,072	0,066	0,060	0,048	0,027

3. Падение напряжения (в процентах) в трехфазных линиях на 1 *а-км* при прокладке кабелем [1]

Сечение *мм²*	Значение cos φ							
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
1	2,47	2,88	3,29	3,70	4,11	4,52	4,93	5,35
1,5	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,27	3,5
2,5	0,99	1,15	1,32	1,48	1,65	1,81	1,98	2,15
4	0,67	0,77	0,87	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37
6	0,46	0,52	0,59	0,66	0,72	0,80	0,86	0,92
10	0,28	0,32	0,36	0,40	0,45	0,48	0,52	0,56
16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,37
25	0,129	0,146	0,165	0,177	0,193	0,208	0,222	0,24
35	0,101	0,113	0,123	0,134	0,146	0,157	0,167	0,17
50	0,079	0,086	0,094	0,103	0,109	0,116	0,123	0,13
70	0,064	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,10
95	0,054	0,056	0,061	0,065	0,068	0,072	0,076	0,07
120	0,048	0,051	0,054	0,056	0,059	0,061	0,064	0,06
150	0,043	0,045	0,047	0,050	0,052	0,053	0,055	0,05
185	0,040	0,042	0,043	0,045	0,046	0,047	0,048	0,05
240	0,037	0,038	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043	0,04

Продолжение

Сечение *мм²*	Значение cos φ							
	0,7	0,75	0,77	0,8	0,85	0,9	0,95	1
1	5,75	6,16	6,33	6,56	7,00	7,40	7,98	8,2
1,5	3,80	4,10	4,20	4,35	4,63	4,90	5,20	5,4
2,5	2,30	2,45	2,53	2,63	2,80	2,96	3,13	3,2
4	1,48	1,53	1,61	1,68	1,77	1,87	1,96	2,0
6	0,99	1,07	1,09	1,13	1,19	1,23	1,33	1,3
10	0,61	0,65	0,66	0,68	0,72	0,76	0,79	0,8
16	0,39	0,41	0,42	0,43	0,46	0,48	0,50	0,5
25	0,266	0,270	0,273	0,282	0,296	0,310	0,321	0,3
35	0,190	0,199	0,202	0,207	0,217	0,226	0,234	0,2
50	0,138	0,144	0,146	0,150	0,165	0,161	0,164	0,1
70	0,106	0,108	0,110	0,113	0,116	0,120	0,121	0,1
95	0,081	0,084	0,085	0,087	0,089	0,090	0,090	0,0
120	0,069	0,071	0,071	0,073	0,073	0,074	0,073	0,0
150	0,058	0,060	0,060	0,061	0,061	0,062	0,060	0,0
185	0,051	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,050	0,0
240	0,044	0,044	0,044	0,044	0,043	0,043	0,041	0,0

[1] Падение напряжения в линии, выполненной проводами в стальных трубах, приближенно можно определять по этой же таблице.

§ 49. Шкала номинальных токов плавких предохранителей

1. Предохранители типа ПР-1 (трубчатые, закрытые)

Номинальный ток патрона *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*	Количество вставок на патрон
15	250 и 550	6	1
		10	1
		15	1
60	250 и 550	15	1
		20	1
		25	1
		35	1
		60	1
100	250 и 550	60	1
		80	1
		100	1
200	250 и 550	100	1
		125	1
		160	1[1]
		200	1[1]
400	250 и 550	200	1
		225	2
		260	1[1]
		300	2
		350	2
600	250 и 550	350	2
		430	2
		500	2
		600	2
1 000	250 и 550	600	2
		700	2
		850	2
		1 000	2

2. Предохранители типа СПО (трубчатые, открытые)

Номинальный ток патрона *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*	Количество вставок на патрон
60	500	10	1
		15	1
		20	1
		25	1
		35	1
		60	1
		80	1
160	500	100	1
		125	1
		160	1
260	500	190	1
		225	1
		260	1
360	500	300	1
		360	1

[1] Для патронов на 550 *в* — 2 вставки на патрон.

3. Предохранители завода „Электропульт" (трубчатые)

Номинальный ток патрона *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*
10	250	4 6 10

4. Предохранители типа П (пластинчатые)

Номинальный ток предохранителя *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*	Количество вставок на патрон
60	220	10 15 20 25 35 60	1 1 1 1 1 1
100	220	10 15 20 25 35 60 80 100	1 1 1 1 1 1 1 1
200	220	125 160 200	1 1 1
350	220	125 160 200 225 260 300 350	1 1 1 1 1 1 1
100	550	На ток до 100 *а* по шкале	1
200	550	На ток до 200 *а* по шкале	1
350	550	На ток до 350 *а* по шкале	1
600	550	На ток до 600 *а* по шкале	1

5. Предохранители установочные с прямоугольным основанием, ГОСТ 1138-41 (пробочные типа Н)

Номинальный ток предохранителя *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*	Резьба Эдисона
10	250	4 6 10	Е-14
25	500	6 10 15 20	Е-27
60	500	15 20 25 35 60	Е-33

6. Предохранители установочные с квадратным основанием, ГОСТ 1138-41 (пробочные типа ТЭЦЕД)

Номинальный ток предохранителя *а*	Напряжение *в*	Номинальный ток плавкой вставки *а*	Резьба Эдисона
25	500	6 10 15 20	Е-27
60	500	15 20 25 35 60	Е-33

7. Плавкие вставки из медной проволоки для предохранителей низкого напряжения

Номинальный [1] ток плавкой вставки предохранителя *а*	Число проволок вставки [2]	Диаметр проволоки *мм*	Длина проволоки *мм*	Толщина клеммы *мм*
50	2	0,7	64	0,85
80	2	0,8	64	0,85
100	2	1,0	64	0,85
125	2	1,1	64	0,95
150	3	0,9	67	1,2
200	3	1,15	67	1,2
250	3	1,3	67	1,5
300	4	1,2	67	1,5
350	4	1,3	67	1,5
400	5	1,22	67	1,5
500	6	1,3	50	2,0
600	6	1,4	50	2,4

8. Токи плавления в воздухе для проволок из различных металлов

Токи плавления *а*	Диаметр плавкой вставки в *мм* при материале проволоки				
	серебро	медь	олово	свинец	железо
1	—	0,05	0,19	0,21	0,12
2	—	0,09	0,29	0,33	0,19
3	—	0,11	0,36	0,43	0,25
4	—	0,14	0,46	0,52	0,3
5	0,14	0,16	0,56	0,60	0,42
10	0,25	0,25	0,85	0,95	0,55
15	0,4	0,38	1,11	1,25	0,72
25	0,51	0,46	1,59	1,75	1,01
35	0,62	0,57	1,95	2,2	1,28
50	—	0,73	2,48	2,78	1,61

[1] При токе в 125% от номинального тока плавкой вставки она не должна перегорать в течение одного часа.

При токе в 160% от номинального тока вставки она должна перегорать в течение приблизительно 10—15 мин.

При токе в 200% от номинального тока вставки она должна перегорать не ранее чем в 1 мин.

[2] Проволока для плавких вставок—медная, луженая электролитическим путем.

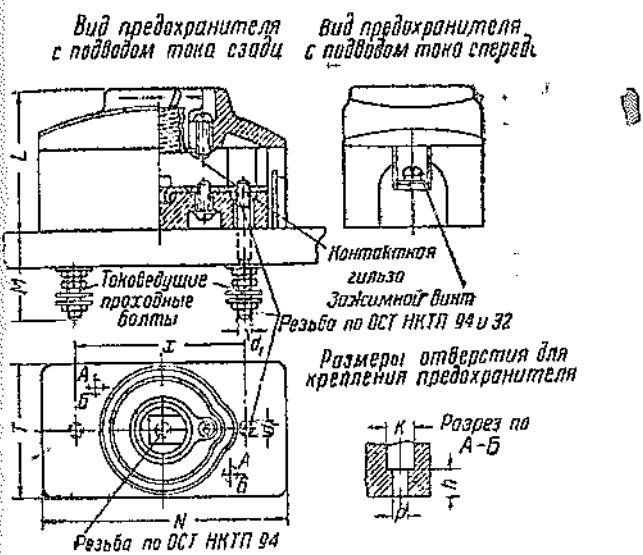
Расстояние между центрами клемм предохранителей—113—120 *мм*, ширина клемм 30—35 *мм*.

[3] Данные, приведенные в таблице, являются приближенными, так как ток плавления зависит не только от диаметра, но и от длины проволоки и от условий охлаждения.

Ток плавления *а*	Диаметр плавкой вставки в *мм* при материале проволоки				
	серебро	медь	олово	свинец	железо
60	0,8	0,83	3,05	3,14	1,81
70	—	0,92	3,10	3,48	2,01
80	1,04	1,00	3,39	3,81	2,20
90	—	1,08	3,67	4,12	2,38
100	—	1,16	3,93	4,42	2,55
120	—	1,31	4,44	4,99	2,88
140	—	1,45	4,92	5,53	3,19
160	—	1,59	5,38	6,04	3,49
180	—	1,72	5,82	6,54	3,77
250	—	2,14	7,24	8,14	4,70

§ 50. Размеры предохранителей

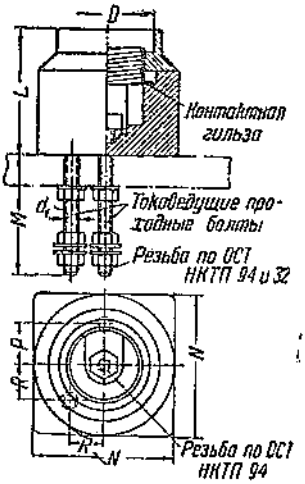
1. Размеры установочных предохранителей с прямоугольным основанием типа Н (фиг. 10)



Фиг. 10.

Резьба Эдисона	Напряжение в	Ток а	D наим.	d_1	M наим.	L наиб.	N наиб.	T наиб.	X наим.	X наиб.	K наим.	P наим.	K наиб.
Е-14	250	10	24	М4	50	40	70	40	45	45,5	8,5	4,5	7,5
Е-27	500	20	35	М5	50	55	90	50	60	61	8,5	4,5	7,5
Е-33	500	60	45	М6	60	60	110	60	75	76	10,5	5,5	9,5

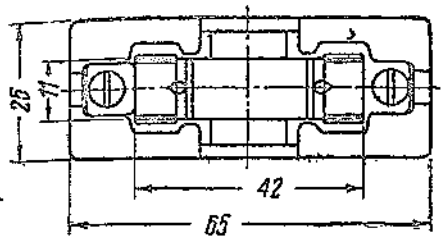
2. Размеры установочных предохранителей с квадратным основанием типа ТЭЦЕД (фиг. 11)



Фиг. 11.

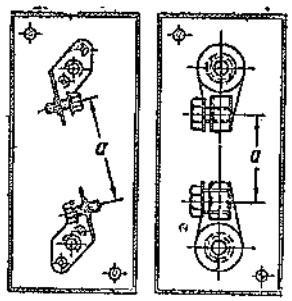
Резьба Эдисона	Напряжение в	Ток а	D наим.	d_1	M наим.	L наиб.	N наиб.	P наим.	P наиб.	R наим.	R наиб.
Е-27	500	20	35	М5	50	50	55	14	14,5	13	13,5
Е-33	500	60	45	М6	60	60	65	18	18,5	16	16,5

3. Размеры предохранителей завода „Электропульт" (фиг. 12)



Фиг. 12.

4. Размеры пластинчатых предохранителей типа П (фиг. 13)



Фиг. 13.

Номинальный ток *а*	Напряжение *в*	Длина *мм*	Ширина *мм*	Расстояние между центрами плавкой вставки „*а*", *мм*
50 100	220 220	245 245	70 70	80
200 350	220 220	290 290	80 80	95
100 200 350	500 500 500	400 400 400	70 80 80	200

Глава 7. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ ДЛЯ ОТВЕТВЛЕНИЙ К ПРИЕМНИКАМ С ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ

§ 51. Общие указания

Выбор сечений проводов для ответвлений к приемникам с повторно-кратковременным режимом работы производится по одной из таблиц, приведенных ниже, согласно нижеследующему:

1. Определяется величина номинального тока плавкой вставки или уставки автомата по формулам:

$$I_{вст} = \frac{I_{max}}{\alpha}$$

$$I_{а} = \alpha_1 I_{max},$$

где $I_{вст}$ — номинальный ток плавкой вставки;

$I_{а}$ — ток уставки автомата;

I_{max} — наибольшая величина тока цепи;

α — коэфициент, обусловленный режимом перегрузки (для ответвлений к короткозамкнутым двигателям принимается равным 1,6—2);

α_1 — коэфициент, принимаемый равным 1,2.

Примечание. Для ответвлений к двигателям постоянного тока и к асинхронным с контактными кольцами номинальный ток плавкой вставки может быть принят равным номинальному току двигателя.

2. Определяется номинальный ток двигателя при ПР = 40%. В случаях, когда параметры двигателя даны при ПР = 25% или ПР = 15%, пересчет на ПР = 40% производится по соотношениям:

$$I_{ПР-40} \approx 0{,}8\, I_{ПР-25}$$

$$I_{ПР-40} \approx 0{,}62\, I_{ПР-15},$$

где $I_{ПР-40}$, $I_{ПР-25}$, $I_{ПР-15}$ — номинальные токи соответственно при ПР = 40%; ПР = 25%; ПР = 15%.

3. По номинальному току плавкой вставки или току уставки автомата (см. п. 1) определяется по таблицам § 52 (графы 1—4 или 5—10) необходимое сечение провода.

4. Сечение провода по тем же таблицам определяется, кроме того, по номинальному току двигателя (графы 11—14), за исключением ответвлений к короткозамкнутым двигателям, установленным во взрывоопасных помещениях, которые выбираются по номинальному току двигателя, увеличенному на 25%.

5. Из двух сечений, определенных по указаниям пп. 3 и 4, выбирается большее.

12. Выбор сечений проводов с защитной металлической оболочкой (СРА, СРБ, СРГ, СРП, ТПРФ) для ответвлений приемникам при повторно-кратковременном режиме работы (ПР = 40%) и температуре окружающей среды 25° С

Сечения проводов по плавкой вставке		Выбор сечений проводов по уставке тока автоматического выключателя						Выбор сечений проводов по номинальному току двигателя			
Наименьшие допустимые сечения проводов мм²		Наименьшие допустимые сечения проводов (q) в мм² в зависимости от уставки тока автоматического выключателя (I_a) в а						Сечение проводов, мм²	Пропускные способности проводов в а при ПР = 40%		
одножильный провод	двухжильный провод	трехжильный провод	одножильный провод		двухжильный провод		трехжильный провод						
			I_a	q	I_a	q	I_a	q		одножильный провод	двухжильный провод	трехжильный провод
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	80	1	70	1	60	1	1	18	16	14
1,5	1,5	1,5	2,5	95	1,5	85	1,5	75	1,5	1,5	22	20	17
2,5	2,5	2,5	4	135	2,5	120	2,5	105	2,5	2,5	31	27	24
4	4	4	6	180	4	150	4	135	4	4	41	35	31
6	4	6	10	230	6	195	6	170	6	6	53	45	39
10	6	10	10	320	10	280	10	240	10	10	104	91	77
10	10	10	16	430	16	370	16	310	16	16	139	119	101
16	10	16	16	570	25	480	25	410	25	25	185	157	133
16	16	16	25	710	35	600	35	510	35	35	228	192	164
25	16	25	25	890	50	740	50	630	50	50	285	238	204
35	25	25	35	1 100	70	910	70	780	70	70	355	294	251
50	35	35	50	1 340	95	—	—	—	—	95	431	—	—
70	35	50	70	1 550	120	—	—	—	—	120	498	—	—
95	50	70	—	1 780	150	—	—	—	—	150	573	—	—
120	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. Общие указания по применению — см. § 51.
2. Поправочные коэфициенты на температуру окружающей среды — см. § 38, п. 2.

53. Выбор сечений одножильных проводов (ПРТО-1
ПРТО-2000, ПРГ, ПР), прокладываемых в трубах, для от
влений к приемникам при повторно-кратковременном реж
работы (ПР-40%) и температуре окружающей среды 25°С

Выбор сечений проводов по плавкой вставке				Выбор сечений проводов по уставке тока автоматического выключателя						Выбор сечений проводов по номинальному току двига		
$I_{вст}$, *а*	Наименьшие допустимые сечения проводов в *мм*² при числе проводов в трубе			Наименьшие допустимые сечения проводов (q) в *мм*² в зависимости от уставки тока автоматического выключателя (I_a) в *а* при числе проводов в трубе						Сечение проводов, *мм*²	Пропускная способность проводов в амперах при ПР-40% при числе проводов в трубе	
	2	3	4	2		3		4			2	3
				I_a	q	I_a	q	I_a	q			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6—35	1	1	1	60	1	55	1	50	1	1	14	13
60	2,5	2,5	2,5	75	1,5	65	1,5	60	1,5	1,5	17	15
80	4	4	4	105	2,5	95	2,5	85	2,5	2,5	24	22
100	4	6	6	150	4	135	4	115	4	4	34	31
125	6	10	10	180	6	160	6	150	6	6	41	37
160	10	10	16	245	10	230	10	205	10	10	80	74
200	16	16	16	335	16	305	16	275	16	16	108	98
225	16	25	25	435	25	395	25	355	25	25	140	127
260	25	25	25	525	35	480	35	435	35	35	169	155
300	25	35	35	720	50	655	50	590	50	50	231	211
350	35	35	50	875	70	800	70	720	70	70	281	258
430	50	50	70	1 060	95	970	95	875	95	95	343	312
500	50	70	70	1 220	120	1 100	120	1 000	120	120	392	356
600	70	95	95	1 380	150	1 270	150	—	—	150	446	403
700	95	95	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—
850	120	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 000	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. Общие указания по применению — см. § 51.

2. Поправочные коэфициенты на температуру окружающей сре
см. § 38, п. 2.

§ 54. Выбор сечений многожильных проводов (ПРТО-1 000, ПРТО-2 000), прокладываемых в трубах, для ответвлений к приемникам при повторно-кратковременном режиме работы (ПР = 40%) и температуре окружающей среды 25° С

Выбор сечений проводов по плавкой вставке				Выбор сечений проводов по уставке тока автоматического выключателя						Выбор сечений проводов по номинальному току двигателя			
		Наименьшие допустимые сечения проводов, мм²		Наименьшие допустимые сечения проводов (q) в мм² в зависимости от уставки тока автоматического выключателя (I_a) в а							Пропускные способности проводов в а при ПР-40%		
$I_{пл.вст}$, а	двухжильный провод	трехжильный провод	четырехжильный провод	двухжильный провод		трехжильный провод		четырехжильный провод		Сечение проводов, мм²	двухжильный провод	трехжильный провод	четырехжильный провод
				I_a	q	I_a	q	I_a	q				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6—25	1	1	1	55	1	50	1	45	1	1	13	11	10
35	1	1,5	1,5	70	1,5	55	1,5	50	1,5	1,5	16	13	12
60	2,5	2,5	4	95	2,5	85	2,5	70	2,5	2,5	22	19	16
80	4	6	6	120	4	105	4	95	4	4	28	24	22
100	6	10	10	160	6	135	6	120	6	6	36	31	27
125	10	10	16	210	10	195	10	170	10	10	68	63	55
160	16	16	25	300	16	250	16	205	16	16	97	81	66
200	16	25	25	390	25	330	25	290	25	25	126	106	92
225	25	25	35	475	35	400	35	345	35	35	153	129	112
260	25	35	50	615	50	515	50	450	50	50	199	167	146
300	35	50	50	750	70	670	70	575	70	70	242	216	183
350	50	50	70	940	95	810	95	695	95	95	302	260	224
430	50	70	95	1 140	120	960	120	840	120	120	366	309	269
500	70	95	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	95	120	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
700	120	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. Общие указания по применению — см. § 51.

2. Поправочные коэфициенты на температуру окружающей среды — см. § 38, п. 2.

§ 55. Размеры, вес и наибольшие длительно допустимые нагрузки шин прямоугольного сечения

1. Медные шины

Размеры шин *мм*	Вес 1 погонного *м* *кг*	Длительно допустимые нагрузки в *а*		Размеры шин *мм*	Вес 1 погонного *м* *кг*	Длительно допустимые нагрузки в *а*	
		переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток			переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
1	2	3	4	1	2	3	4
15×3	0,401	255	255	60×10	5,34	1 805	1 850
20×3	0,534	340	340	65× 6	3,90	1 475	1 490
25×3	0,666	410	410	65× 7	4,05	1 600	1 630
25×4	0,890	480	480	65× 9	5,20	1 820	1 860
30×3	0,800	490	490	65×10	5,78	1 930	1 955
30×4	1,066	570	570	70× 7	4,36	1 710	1 730
35×3	0,934	565	565	70× 8	5,00	1 820	1 850
35×4	1,245	660	660	70× 9	5,60	1 955	2 000
40×3	1,066	645	645	70×10	6,22	2 040	2 125
40×4	1,42	750	750	75× 8	5,34	1 945	2 005
40×5	1,78	850	850	80× 6	4,27	1 795	1 810
45×4	1,60	840	840	80× 7	5,00	1 945	1 990
45×5	2,00	960	960	80× 8	5,70	2 050	2 115
50×4	1,78	925	925	80×10	7,11	2 310	2 415
50×5	2,22	1 050	1 050	90× 7	5,60	2 145	2 225
50×6	2,67	1 155	1 155	90× 8	6,40	2 300	2 385
55×5	2,44	1 130	1 130	90×10	8,00	2 600	2 700
55×6	2,94	1 250	1 260	100× 6	5,34	2 150	2 230
60×5	2,67	1 235	1 245	100× 7	6,22	2 375	2 450
60×6	3,20	1 360	1 375	100× 8	7,11	2 575	2 670
60×7	3,74	1 490	1 510	100×10	8,9	2 865	2 985
60×8	4,26	1 600	1 625	120× 8	8,54	2 965	3 100
60×9	4,80	1 680	1 710	120×10	10,7	3 300	3 460

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха принята равной + 25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева шин до + 90° С.

3. Нагрузки исчислены для случая расположения шин „на ребро". При расположении шин „плашмя" вводить поправочный коэфициент 0,9

2. Алюминиевые шины

Размеры шин, мм	Вес 1 пог. м, кг	Длительно допустимые нагрузки в а		Размеры шин, мм	Вес 1 пог. м, кг	Длительно допустимые нагрузки в а	
		переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток			переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
15×3	0,122	195	195	60×6	0,972	1 030	1 060
20×3	0,162	260	260	60×8	1,296	1 210	1 250
25×3	0,203	330	330	60×10	1,620	1 350	1 405
30×3	0,243	390	390	80×6	1,296	1 340	1 395
40×3	0,432	590	590	80×8	1,728	1 550	1 620
40×4	0,540	660	665	80×10	2,160	1 740	1 850
50×5	0,675	810	820	100×6	1,620	1 655	1 720
60×6	0,810	890	905	100×8	2,160	1 895	2 010
60×6	0,810	940	965	100×10	2,700	2 090	2 270

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха принята равной + 25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева шин до + 90° С.

3. Нагрузки исчислены для случая расположения шин „на ребро". При расположении шин „плашмя" вводить поправочный коэфициент 0,95.

3. Стальные шины

Размеры шин, мм	Вес 1 пог. м, кг	Длительно допустимые нагрузки в а		Размеры шин, мм	Вес 1 пог. м, кг	Длительно допустимые нагрузки в а	
		переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток			переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
1	2	3	4	1	2	3	4
30×2,5	0,314	55	75	20×3	0,47	70	105
20×2,5	0,393	65	95	20×4	0,63	75	120

Продолжение

Размеры шин, *мм*	Вес 1 *пог. м*, *кг*	Длительно допустимые нагрузки в *а*		Размеры шин, *мм*	Вес 1 *пог. м*, *кг*	Длительно допустимые нагрузки в *а*	
		переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток			переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
1	2	3	4	1	2	3	4
25×2,5	0,49	80	115	70× 6	3,30	255	495
25× 3	0,59	85	125	80× 3	1,88	255	380
25× 4	0,79	90	150	80× 4	2,51	270	455
25× 5	0,98	95	170	80× 5	3,14	280	510
30× 3	0,71	100	150	80× 6	3,77	290	565
30× 4	0,94	110	180	80× 8	5,02	305	635
30× 5	1,18	115	200	80×10	6,28	320	780
40× 3	0,94	130	200	100× 3	2,355	320	490
40× 4	1,26	140	235	100× 4	3,14	335	585
40× 5	1,57	145	265	100× 5	3,93	350	645
50× 3	1,18	160	255	100× 6	4,71	365	700
50× 4	1,57	170	290	100× 8	6,28	390	800
50× 5	1,96	180	325	100×10	7,85	410	885
50× 6	2,36	185	360	120×10	9,42	—	1 050
60× 3	1,413	195	295	150×12	14,13	—	1 350
60× 4	1,88	205	345	150×16	18,84	—	1 600
60× 5	2,36	215	390	150×20	23,55	—	1 850
60× 6	2,83	220	425	200×20	31,40	—	2 450
70× 3	1,65	225	345	200×25	39,25	—	2 770
70× 4	2,20	235	400	200×30	47,10	—	3 050
70× 5	2,75	245	450				

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха при равной + 25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева до + 75° С.

3. Нагрузки исчислены для случая расположения шин „на ребр При расположении шин „плашмя" вводить поправочный коэфициент

4. Коэфициенты для исчисления нагрузок многополосных шин

а) Для медных и алюминиевых шин

При постоянном токе:

Число полос	2	3	4
Коэфициенты к нагрузкам однополосных шин (пп. 1 и 2)	1,8	2,6	3,4

При переменном токе:

Размеры шин мм	2 полосы		3 полосы		4 полосы	
	медь	алюминий	медь	алюминий	медь	алюминий
	Коэфициенты к нагрузкам однополосных шин (пп. 1 и 2)					
40×4	1,75	1,75	—	—	—	—
40×5	1,75	1,75	—	—	—	—
50×5	1,75	1,75	—	—	—	—
50×6	1,75	1,75	—	—	—	—
60×5	1,75	1,75	—	—	—	—
60×6	1,70	1,75	2,30	2,45	2,90	3,10
60×8	1,70	1,70	2,25	2,40	2,80	3,00
60×10	1,70	1,70	2,25	2,40	2,70	2,95
80×6	1,70	1,75	2,25	2,40	2,60	3,00
80×8	1,65	1,70	2,20	2,35	2,70	2,95
80×10	1,60	1,65	2,10	2,30	2,60	2,90
100×6	1,65	1,70	2,20	2,35	2,70	2,95
100×8	1,60	1,70	2,10	2,30	2,60	2,90
100×10	1,55	1,60	2,05	2,25	2,50	2,80

На данные коэфициенты умножаются значения нагрузок однополосных шин соответствующего сечения.

б) Для стальных шин

Нагрузки многополосных стальных шин могут быть получены путем умножения нагрузок, указанных в табл. 3, на следующие коэфициенты:

для двух шин 1,65;
„ трех „ 2,0;
„ четырех шин . . . . . 2,5.

§ 56. Размеры, вес и длительно допустимые нагрузки круглых шин

1. Медь круглая

Диаметр *мм*	Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение *мм²*	Длительно допустимые на... *а*	
			переменный ток 50 пер/сек	постоянный т...
6	0,252	28,27	174	174
7	0,342	38,48	217	217
8	0,447	50,27	262	262
9	0,566	63,62	310	310
10	0,698	78,54	357	357
11	0,845	95,03	408	408
12	1,006	113,1	463	463
13	1,180	132,7	520	520
14	1,369	153,9	578	578
15	1,571	176,7	639	639
16	1,788	201,1	698	703
17	2,018	227,0	755	762
18	2,263	254,5	817	830
19	2,521	283,5	871	890
20	2,793	314,2	945	965
23	3,694	415,5	1 145	1 177

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха принята ра... ной + 25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева ... до + 90° С.

2. Сталь круглая

Диаметр *мм*	Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение *мм²*	Длительно допустимые нагру... *а*	
			переменный ток 50 пер/сек	постоянный т...
6	0,222	28,27	35	53
8	0,395	50,27	49	80
10	0,617	78,54	60	108
12	0,888	113,1	72	140
14	1,210	153,9	86	174
16	1,580	201,1	98	212
18	2,000	254,5	114	250
20	2,470	314,2	132	291
26	4,170	530,9	157	422
30	5,550	706,9	180	520

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха приня... равной + 25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева ... до + 75° С.

3. Трубы стальные

Условный проход (диаметр трубы)	Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение трубы *мм²*		Длительно допустимые нагрузки *а*		
				переменный ток 50 пер/сек		постоянный ток
		без паза	с пазом	без паза	с пазом	без паза
¾	0,62	78	72	86	97	138
1	0,82	105	98	106	122	178
1¼	1,25	160	151	133	161	246
1½	1,63	207	199	165	207	315
2	2,42	309	298	207	265	427
2½	3,13	398	388	257	336	545
3	3,84	489	479	292	386	644
3½	4,88	621	610	358	487	745
4	6,61	844	833	447	626	995
4½	8,34	1 061	949	520	740	1 290

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха принята равной +25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева труб до +75°.

3. Ширина паза (прорезь вдоль трубы) принята для всех труб равной 8 *мм*.

§ 57. Размеры, вес и длительно допустимые расчетные нагрузки шин из фасонной стали

1. Швеллеры

№ профиля	Основные размеры *мм*			Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение *мм²*	Длительно допустимые нагрузки *а*	
	высота швеллера	ширина полки	толщина стенки			переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
5	50	37	4,5	5,44	693	390	775
8	80	43	5	8,04	1 024	510	1 100
10	100	48	5,3	10	1 274	610	1 340
14	140	52	6	14,53	1 851	850	1 870

2. Сталь угловая

№ профиля	Основные размеры *мм*	Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение *мм²*	Длительно допустимые нагрузки *а*	
				переменный ток 50 пер/сек	постоянный ток
2,5	25 × 25 × 3	1,12	143	155	233
3	30 × 30 × 4	1,78	227	194	320
3,5	35 × 35 × 4	2,1	267	222	374
4	40 × 40 × 4	2,42	308	263	430
	40 × 40 × 5	2,97	379	278	479
5	50 × 50 × 5	3,77	480	331	596
	50 × 50 × 6	4,47	569	347	640
6	60 × 60 × 6	5,42	691	416	776
	60 × 60 × 8	7,09	903	431	887
7,5	75 × 75 × 8	9,03	1 150	545	1 140
	75 × 75 × 10	11,1	1 410	570	1 240

3. Рудничный рельс

Тип рельса	Основные размеры *мм*			Вес 1 *пог. м* *кг*	Сечение *мм²*	Длительно допустимые нагрузки *а*
	высота рельса	ширина основания	толщина головки			переменный ток 50 пер/сек
7	65	50	25	6,93	885	410
8	65	54	25	8,42	1 076	430
11	80,5	66	32	11,2	1 431	535
15	91	76	37	14,72	1 880	625
18	90	80	40	18,06	2 307	745
24	107	92	51	24,04	3 270	790

Примечания. 1. Температура окружающего воздуха принята равной +25° С.

2. Нагрузки указаны для предельной температуры нагрева шин до +75° С.

§ 58. Поправочные коэфициенты на температуру окружающего воздуха к наибольшим длительно допустимым нагрузкам шин (§ 55—57)

1. Поправочные коэфициенты для медных и алюминиевых шин

Температура окружающего воздуха, °С	10	15	20	25	30	35	40
Коэфициент	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88

2. Поправочные коэфициенты для стальных шин

Температура окружающего воздуха, °С	10	15	20	25	30	35	40
Коэфициент	1,14	1,1	1,05	1,0	0,95	0,90	0,84

§ 59. Упрощенный расчет стальных токопроводов [1]

1. Метод подсчета

Предлагаемый метод основан на том, что полное сопротивление стального токопровода заданного профиля, отнесенное к единице длины, колеблется при встречающихся в практике плотностях тока и расстояниях между фазами лишь в пределах около $\pm 10\%$.

Исходные формулы

$$e^0/_0 = \frac{\sqrt{3}\,[R_w \cos\varphi + (x_1 + x_2)\sin\varphi]\,100}{U_л}\,Il = KIl; \qquad (1)$$

$$K = \frac{e^0/_0}{Il}. \qquad (2)$$

Здесь $e^0/_0$ — потеря напряжения в трехфазной цепи, выраженная в процентах от линейного; R_w — активное сопротивление токопровода переменному току на фазу в *ом/км*; x_1 и x_2 — внутреннее и внешнее реактивные сопротивления на фазу в *ом/км*; l — длина токопровода в *км*; I — ток в токопроводе; φ — угол сдвига между током и напряжением (у потребителя); $U_л$ — линейное напряжение.

Из уравнения (1) видно, что задача определения падения напряжения в стальном токопроводе при заданном I и l сводится к определению величины K.

На основании формулы (1) для напряжения $U_л = 380$ *в* вычислены коэфициенты K при значениях $\cos\varphi$ в пределах от 0,3 до 0,95. Эти коэфициенты вычислялись для каждого профиля токопровода для двух нагрузок:

[1] Предложен инж. С. Л. Дайдис.

минимальной I' и максимальной I'', представляющих собой пограничные значения, за пределы которых нагрузки, встречающиеся на практике, обычно не выходят. Соответствующие им значения R_{10}' и R_{10}'', x' и x'' также приведены в нижепомещенных таблицах.

Порядок пользования таблицами при напряжении сети 380 в следующий:

а) Исходя из принятой величины $e^0/_0$ и заданных I и l, по формуле (2) определяют K.

б) По найденному значению K по таблицам, отвечающим I', определяют различные возможные варианты решений (применение круглого железа, уголков и т. п.). При этом выбранный профиль должен иметь табличное значение K, меньшее или близко совпадающее с расчетным [формула (2)].

в) В тех случаях, когда табличное значение I' близко совпадает с I, значение K также может быть принято равным табличному. В противном случае для найденного профиля дополнительно находят значение R_{10}, отвечающее току I'', и, наконец, путем интерполяции находят уточненное значение K, отвечающее току I.

Следует учитывать, что уточнение расчета в пограничных случаях никогда позволяет перейти к следующему (более легкому) профилю.

г) В случае необходимости производится проверка выбранного профиля по экономической плотности тока.

Прилагаемыми таблицами можно пользоваться также при напряжениях, отличных от 380 в. При этом величины K, определяемые по формуле (2), должны быть умножены на коэфициенты:

при напряжении 220 в	0,577
» » 500 »	1,317

2. Примерный расчет

Выбрать токопровод при $I = 130$ а; $l = 50$ м; $\cos\varphi = 0{,}7$; $e^0/_0 = 5$.

По формуле (2) находим:

$$K = \frac{5}{130 \cdot 0{,}05} = 0{,}77.$$

По таблицам для круглого железа (№ 3) значения K, отвечающие $\cos\varphi = 0{,}7$, превышают 0,77, т. е. нормальные профили круглого железа не проходят. По таблице п. 4а находим: $K = 0{,}785$ при $I' = 100$ а, что соответствует полосе 100×5 мм. Ввиду несовпадения I и I' (130 и 100) производим интерполяцию. Для этого по таблице п. 4б находим, что вышеуказанному профилю 100×5 мм, при $I'' = 200$ а, отвечает $K = 0{,}78$. Интерполируя между 100 и 200 а, получаем:

$$K = 0{,}78 - (0{,}78 - 0{,}70) \cdot \frac{130 - 100}{200 - 100} \approx 0{,}76.$$

Таким образом, уточненное падение напряжения составит:

$$e^0/_0 = 0{,}76 \cdot 130 \cdot 0{,}05 = 4{,}94^0/_0.$$

Поставленная задача может быть разрешена также при помощи других профилей — уголков, швеллеров и газовых труб.

3. Значения K и характеристики для круглой стали

а) *При наименьших нагрузках (I')*

Диаметр круглой стали мм	Значения K при cos φ														I' а	R_w' ом/км	x_1' ом/км	x_2 ом/км	D расстояние между фазами см	l_{max} а
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
3,5	12,7	13,3	13,85	14,4	14,9	15,3	15,8	16,3	16,7	17	17,2	17,4	17,35	16,95	6	33,1	18,6	0,294	13	18
4	10,5	11,0	11,5	11,95	12,35	12,75	13,15	13,45	13,8	13,9	14,2	14,3	14,3	14	8	27,3	15,4	0,276	13	20
5	8,2	8,55	8,95	9,35	9,7	9,5	10,2	10,5	10,7	10,9	11,0	11,15	11,15	10,85	10	21,2	11,9	0,261	13	25
6	6,45	6,75	7,0	7,3	7,6	7,8	8,0	8,25	8,4	8,52	8,7	8,72	8,7	8,52	10	16,6	9,4	0,247	13	31
8	4,65	4,78	4,98	5,16	5,35	5,53	5,7	5,85	5,96	6,08	6,17	6,2	6,18	6,07	15	11,8	6,6	0,223	13	44
10	3,6	3,17	3,93	4,07	4,23	4,36	4,48	4,57	4,7	4,78	4,85	4,87	4,85	4,77	17,5	9,25	5,2	0,215	13	54
12	2,38	2,49	2,59	2,68	2,78	2,86	2,94	3,02	3,08	3,13	3,16	3,18	3,17	3,1	40	6,1	3,4	0,203	13	64
16	2,11	2,2	2,3	2,36	2,45	2,53	2,61	2,67	2,72	2,76	2,8	2,83	2,8	2,74	60	5,3	3	0,175	13	89
20	1,425	1,5	1,55	1,65	1,66	1,7	1,755	1,815	1,835	1,86	1,875	1,88	1,87	1,82	80	3,5	2	0,169	13	118
26	1,14	1,19	1,24	1,28	1,33	1,365	1,4	1,43	1,45	1,475	1,495	1,515	1,49	1,46	80	2,9	1,6	0,152	13	140
30	0,94	0,98	1,02	1,06	1,09	1,12	1,15	1,17	1,196	1,215	1,222	1,239	1,225	1,195	10	2,3	1,3	0,148	13	161

б) *При наибольших нагрузках (I'')*

Диаметр круглой стали мм	Значения K при cos φ														I'' а	R_w'' ом/км	x_1'' ом/км	x_2 ом/км	D см	I_{max} а
	0,3	0,33	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
3,5	11,6	12,15	12,85	13,15	13,65	14,1	14,5	14,85	15,3	15,6	15,7	15,75	15,65	15,45	11	30	17	0,284	13	18
4	9,7	10,17	10,6	11,0	11,4	11,8	12,1	12,4	12,65	12,9	13,1	13,15	13,1	12,75	14	25	14,2	0,276	13	20
5	7,47	7,8	8,12	8,46	8,75	9,05	9,3	9,47	9,7	9,8	9,9	10,0	9,95	9,8	15	19	11	0,261	13	25
6	5,85	6,1	6,36	6,62	6,85	7,08	7,3	7,45	7,62	7,85	7,87	7,9	7,88	7,74	18	15	8,5	0,24	13	31
8	4,2	4,4	4,6	4,76	4,95	5,12	5,87	5,4	5,53	5,62	5,7	5,75	5,74	5,70	21	11	6	0,229	13	44
10	3,25	3,36	3,5	3,63	3,75	3,9	4	4,1	4,18	4,25	4,3	4,33	4,32	4,24	28	8,2	4,6	0,215	13	54
12	2,4	2,51	2,61	2,72	2,81	2,9	2,97	3,06	3,14	3,2	3,23	3,22	3,2	3,15	65	6,1	3,4	0,203	13	64
16	1,76	1,84	1,92	1,98	2,05	2,12	2,15	2,23	2,27	2,32	2,36	2,34	2,32	2,27	80	4,4	2,6	0,175	13	89
20	1,36	1,43	1,48	1,54	1,59	1,64	1,69	1,72	1,77	1,8	1,82	1,81	1,8	1,77	90	3,4	1,9	0,169	13	118
26	1,05	1,1	1,14	1,19	1,23	1,26	1,3	1,33	1,35	1,38	1,39	1,380	1,345	1,31	100	2,6	1,45	0,152	13	140
30	0,87	0,91	0,942	0,977	1,00	1,035	1,065	1,08	1,105	1,12	1,135	1,138	1,125	1,12	160	2,1	1,2	0,143	18	161

4. Значения K и характеристики для полосовой стали

а) При наименьших нагрузках (I')

Размеры полосы *мм*	Значения K при $\cos\varphi$														I' *а*	$R_{ш}'$ *ом/км*	x_1' *ом/км*	x_2 *ом/км*	D расстояние между фазами *см*	$I_{макс.}$ *а*
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
40 × 3	1,59	1,71	1,725	1,785	1,845	1,9	1,945	2,0	2,025	2,055	2,08	2,085	2,07	2,02	35	3,87	2,19	0,254	13	118
50 × 3	1,33	1,385	1,435	1,49	1,53	1,58	1,62	1,66	1,69	1,71	1,725	1,73	1,72	1,675	40	3,2	1,8	0,252	13	144
60 × 3	1,11	1,157	1,2	1,24	1,28	1,315	1,35	1,375	1,4	1,415	1,43	1,435	1,42	1,38	50	2,62	1,47	0,252	15	173
80 × 3	0,875	0,91	0,94	0,97	1,0	1,025	1,05	1,07	1,087	1,1	1,11	1,11	1,095	1,05	70	2,0	1,12	0,261	15	227
100 × 3	0,725	0,745	0,775	0,795	0,825	0,84	0,86	0,875	0,887	0,895	0,90	0,895	0,885	0,855	80	1,6	0,9	0,261	15	283
40 × 4	1,41	1,485	1,55	1,62	1,67	1,72	1,76	1,8	1,84	1,86	1,88	1,885	1,87	1,83	40	3,48	1,96	0,264	13	120
50 × 4	1,2	1,25	1,3	1,34	1,35	1,425	1,46	1,49	1,52	1,54	1,56	1,565	1,55	1,52	50	2,88	1,62	0,235	13	154
60 × 4	1,05	1,09	1,125	1,165	1,2	1,23	1,27	1,295	1,315	1,33	1,345	1,345	1,33	1,3	50	2,46	1,89	0,243	15	184
80 × 4	0,812	0,845	0,862	0,90	0,93	0,955	0,975	0,99	1,01	1,02	1,025	1,028	1,02	1,015	70	1,85	1,05	0,243	15	241
100 × 4	0,677	0,705	0,727	0,748	0,773	0,79	0,81	0,82	0,832	0,84	0,845	0,84	0,83	0,80	90	1,5	0,85	0,243	15	299
40 × 5	1,38	1,45	1,51	1,56	1,61	1,66	1,7	1,75	1,78	1,8	1,82	1,82	1,81	1,76	40	3,39	1,91	0,223	13	132
50 × 5	1,14	1,19	1,235	1,275	1,315	1,36	1,39	1,42	1,45	1,47	1,48	1,485	1,47	1,43	50	2,74	1,54	0,222	13	161
60 × 5	0,98	1,02	1,06	1,09	1,13	1,16	1,195	1,21	1,235	1,25	1,27	1,26	1,25	1,215	60	2,31	1,3	0,23	15	192
80 × 5	0,725	0,755	0,785	0,815	0,84	0,867	0,89	0,91	0,925	0,94	0,945	0,95	0,945	0,927	80	1,76	0,39	0,228	15	250
100 × 5	0,61	0,635	0,655	0,705	0,725	0,745	0,756	0,773	0,785	0,795	0,80	0,795	0,785	0,778	100	1,42	0,8	0,228	15	304

б) При наибольших нагрузках (I')

б) При наибольшем напряжении (*II*)

Размеры полосы мм	Значения K при cos φ														I^{II} а	$R_{ш}^{II}$ ом/км	x_1^{II} ом/км	x_2 ом/км	D см	$I_{вых}$ а
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
40×3	1,46	1,52	1,58	1,63	1,68	1,725	1,78	1,82	1,86	1,87	1,89	1,895	1,88	1,84	70	3,5	2	0,254	13	118
50×3	1,2	1,24	1,295	1,33	1,38	1,416	1,46	1,48	1,519	1,53	1,54	1,54	1,53	1,49	95	2,82	1,62	0,252	13	144
60×3	1,08	1,07$_4$	1,105	1,15	1,18	1,205	1,245	1,27	1,29	1,30	1,312	1,32	1,30	1,265	100	2,4	1,35	0,262	15	173
80×3	0,83	0,865	0,89	0,923	0,95	0,97	1,00	1,02	1,03	1,042	1,05	1,05	1,035	1,01	110	1,9	1,05	0,261	15	227
100×3	0,652	0,705	0,73	0,795	0,77	0,79	0,80	0,815	0,825	0,83	0,835	0,83	0,812	0,79	180	1,45	0,85	0,261	15	282
40×4	1,39	1,45	1,5	1,56	1,60	1,64	1,69	1,74	1,75	1,775	1,785	1,785	1,775	1,74	65	3,3	1,9	0,264	13	120
50×4	1,09	1,14	1,18	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36	1,38	1,395	1,41	1,41	1,40	1,37	85	2,6	1,45	0,235	13	154
60×4	0,95	1,025	1,05	1,09	1,125	1,15	1,18	1,21	1,225	1,245	1,252	1,252	1,245	1,21	95	2,3	1,28	0,243	15	185
80×4	0,75	0,785	0,805	0,84	0,86	0,88	0,90	0,915	0,930	0,936	0,942	0,945	0,933	0,91	120	1,7	0,95	0,243	15	241
100×4	0,632	0,66	0,684	0,7	0,725	0,74	0,755	0,77	0,78	0,785	0,79	0,787	0,775	0,75	130	1,4	0,78	0,243	15	299
40×5	1,26	1,315	1,37	1,41	1,46	1,5	1,545	1,58	1,605	1,635	1,645	1,65	1,644	1,6	70	3,05	1,72	0,223	13	132
50×5	1,02	1,065	1,11	1,15	1,18	1,215	1,25	1,27	1,295	1,31	1,325	1,325	1,315	1,29	90	2,45	1,36	0,222	13	161
60×5	0,89	0,925	0,955	0,99	1,02	1,05	1,07	1,09	1,105	1,12	1,13	1,125	1,115	1,09	120	2,05	1,17	0,23	15	192
80×5	0,69	0,725	0,745	0,76	0,785	0,815	0,832	0,85	0,847	0,855	0,86	0,855	0,85	0,84	140	1,57	0,88	0,228	15	250
100×5	0,575	0,585	0,615	0,633	0,65	0,667	0,68	0,69	0,70	0,706	0,709	0,707	0,70	0,675	200	1,25	0,7	0,228	15	306

5. Значения K и характеристики для угловой стали

а) При наименьших нагрузках (I')

Размеры угловой стали *мм*	Значения K для угловой стали при cos φ														I' *а*	$R_{ср}'$ *ом/км*	x_1' *ом/км*	x_2 *ом/км*	D (расст. между фазами) *см*	max
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
30×30×4	1,08	1,23	1,17	1,21	1,245	1,28	1,315	1,34	1,37	1,38	1,395	1,4	1,39	1,35	50	2,58	1,45	0,23	13	173
40×40×4	0,838	0,87	0,895	0,93	0,96	0,99	1,015	1,03	1,045	1,06	1,068	1,07	1,05	1,025	60	1,94	1,09	0,231	13	235
40×40×5	0,805	0,84	0,87	0,895	0,925	0,95	0,97	0,99	1,01	1,02	1,03	1,03	1,015	0,986	70	1,67	1,05	0,216	13	248
50×50×5	0,67	0,695	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,812	0,825	0,83	0,835	0,835	0,825	0,80	100	1,5	0,85	0,216	13	296
50×50×6	0,66	0,682	0,705	0,725	0,75	0,77	0,785	0,80	0,81	0,82	0,825	0,822	0,81	0,79	110	1,48	0,80	0,214	13	310
60×60×6	0,545	0,567	0,585	0,60	0,62	0,635	0,646	0,655	0,665	0,67	0,673	0,667	0,65	0,635	140	1,18	0,67	0,209	15	372
60×60×8	0,503	0,52	0,54	0,555	0,57	0,585	0,595	0,605	0,615	0,62	0,622	0,621	0,612	0,592	155	1,1	0,62	0,194	15	235
75×75×8	0,422	0,436	0,45	0,462	0,475	0,488	0,495	0,502	0,509	0,512	0,513	0,506	0,50	0,48	180	0,89	0,6	0,194	15	487
75×75×10	0,407	0,421	0,424	0,445	0,455	0,465	0,475	0,482	0,488	0,491	0,493	0,488	0,480	0,463	200	0,85	0,49	0,18	15	510

б) При наибольших нагрузках (I'')

Размеры угловой стали *мм*	Значения K для угловой стали при cos φ														I'' *а*	$R_{ср}''$ *ом/км*	x_1'' *ом/км*	x_2 *ом/км*	D *см*	max
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
30×30×4	1,015	0,065	1,10	1,13	1,17	1,2	1,23	1 255	1.275	1,29	1,305	1,303	1,3	1,26	80	2,4	1,35	0,23	13	173
40×40×4	0,78	0,81	0,842	0,87	0,90	0,92	0,942	0,96	0,975	0,985	0,99	0,98	0,974	0,955	120	1,8	1,0	0,23	13	235
40×40×5	0,722	0,75	0,78	0,8	0,835	0,85	0,87	0,882	0,896	0,91	0,918	0,91	0,90	0,83	140	1,65	0,93	0,216	13	248
50×50×5	0,615	0,633	0,66	0,68	0,70	0,72	0,732	0,747	0,755	0,76	0,765	0,76	0,746	0,73	170	1,36	0,77	0,216	13	296
50×50×6	0,583	0,605	0,63	0,647	0,665	0,683	0,695	0,71	0,72	0,725	0,726	0,724	0,715	0,697	190	1,3	0,73	0,204	13	310
60×60×6	0,50	0,52	0,535	0,552	0,568	0,58	0,59	0,60	0,608	0,612	0,615	0,610	0,596	0,58	250	1,07	0,60	0,219	15	372
60×60×8	0,456	0,48	0,496	0,505	0,525	0,537	0,545	0,557	0,563	0,565	0,57	0,567	0,55	0,54	275	1,0	0,56	0,194	15	487
75×75×8	0,395	0,41	0,42	0,428	0,445	0,455	0,46	0,47	0,474	0,474	0,478	0,47	0,46	0,448	350	0,81	0,45	0,194	15	487
75×75×10	0,374	0,388	0,404	0,418	0,424	0,434	0,444	0,448	0,454	0,454	0,454	0,452	0,445	0,429	400	0,74	0,42	0,18	15	510

6. Значения K и характеристики для шеврронной стали

а) При наименьших нагрузках (I')

6. Значения K и характеристики для швеллерной стали

а) При наименьших нагрузках (I')

Размеры швеллерной стали мм	Значения K для швеллерной стали при cos φ														I' а	$R_{ш}'$ ом/км	x_1' ом/км	x_0 ом/км	D (расст. между фазами) см	I_{max} а
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
50×37×4,5	0,59	0,612	0,63	0,647	0,663	0,68	0,695	0,70	0,713	0,717	0,72	0,72	0,706	0,655	100	1,25	0,7	0,258	30	850
80×43×5,0	0,438	0,452	0,459	0,475	0,487	0,495	0,503	0,510	0,510	0,516	0,514	0,508	0,50	0,478	200	0,86	0,48	0,258	32,2	455
100×48×5,3	0,38	0,392	0,4	0,408	0,417	0,425	0,43	0,433	0,433	0,445	0,434	0,427	0,416	0,395	250	0,7	0,4	0,456	34,2	545
140×58×6	0,318	0,326	0,332	0,337	0,343	0,347	0,349	0,351	0,351	0,348	0,345	0,337	0,326	0,395	300	0,52	0,3	0,27	38,2	760

б) При наибольших нагрузках (I'')

Размеры швеллерной стали мм	Значения K для швеллерной стали при cos φ														I'' а	$R_{ш}''$ ом/км	x_1'' ом/км	x_0 ом/км	D см	I_{max} а
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
50×37× 4,5	0,53	0,55	0,566	0,58	0,595	0,61	0,62	0,63	0,635	0,638	0,64	0,635	0,625	0,61	200	1,1	0,62	0,258	30	350
80×43× 5,0	0,415	0,430	0,44	0,45	0,46	0,47	0,476	0,483	0,485	0,49	0,485	0,475	0,465	0,445	300	0,8	0,45	0,258	32,2	455
100×48×15,3	0,365	0,375	0,383	0,39	0,398	0,408	0,407	0,410	0,412	0,410	0,403	0,40	0,398	0,368	425	0,64	0,37	0,258	34,2	545
140×58× 6	0,293	0,30	0,305	0,305	0,314	0,318	0,316	0,32	0,32	0,316	0,312	0,302	0,293	0,275	600	0,46	0,26	0,27	38,2	760

7. Значения K и характеристики для газовых труб с прорезью

а) При наименьших нагрузках (I')

Номинальные диаметры труб дюймы	Значения K для газовых труб с прорезью при $\cos\varphi$														I'	$R_{ш}'$	x_1'	x_2	D (расст. между фазами)	I_{max}
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	*а*	*ом/км*	*ом/км*	*ом/км*	*см*	*а*
1/4	2,02	2,12	2,2	2,29	2,37	2,44	2,52	2,56	2,62	2,66	2,69	2,7	2,75	2,64	30	5,1	2,87	0,195	13	87
3/8	1,53	1,6	1,66	1,73	1,79	1,87	1,89	1,93	1,97	2,0	2,03	2,05	2,03	1,98	50	3,82	2,15	0,18	13	108
1/2	1,19	1,24	1,29	1,34	1,38	1,425	1,46	1,49	1,52	1,55	1,56	1,57	1,56	1,52	50	2,93	1,65	0,165	13	144
3/4	0,92	0,965	1,0	1,035	1,07	1,105	1,13	1,16	1,18	1,2	1,21	1,22	1,21	1,15	60	2,25	1,27	0,15	13	185
1	0,71	0,745	0,78	0,8	0,827	0,855	0,87	1,89	0,91	0,92	0,93	0,925	0,924	1,895	80	1,72	0,97	0,135	13	237
1 1/4	0,56	0,583	0,605	0,625	0,645	0,662	0,68	0,695	0,705	0,71	0,722	0,725	0,72	0,698	90	1,33	0,75	0,12	13	300
1 1/2	0,46	0,503	0,52	0,54	0,555	0,57	0,587	0,592	0,608	0,618	0,62	0,622	0,62	0,60	120	1,14	0,64	0,113	13	345
2	0,367	0,412	0,420	0,44	0,455	0,467	0,477	0,485	0,493	0,50	0,504	0,503	0,50	0,473	140	0,91	0,51	0,118	15	435
2 1/2	0,308	0,321	0,332	0,341	0,352	0,362	0,37	0,376	0,382	0,386	0,388	0,387	0,384	0,372	180	0,7	0,39	0,1	17,5	560
3	0,266	0,276	0,285	0,293	0,301	0,308	0,315	0,321	0,325	0,327	0,329	0,328	0,323	0,312	225	0,681	0,33	0,995	20	660

б) При наибольших нагрузках (I'')

Номинальный диаметр труб дюймы	Значения K для газовых труб с пазом при $\cos\varphi$														I''	R''	x_1''	x_2	D	I_{max}
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	*а*	*ом*	*ом/км*	*ом/км*	*см*	*а*
1/4	1,91	2,0	2,08	2,15	2,23	2,3	2,36	2,42	2,47	2,51	2,54	2,54	2,52	2,48	45	4,8	2,7	0,195	13	87
3/8	1,465	1,53	1,6	1,66	1,69	1,765	1,8	1,86	1,9	1,93	1,95	1,96	1,95	1,91	60	3,68	2,07	0,18	13	108
1/2	1,115	1,165	1,215	1,26	1,3	1,34	1,37	1,40	1,435	1,455	1,47	1,48	1,45	1,43	80	2,75	1,55	0,105	13	144
3/4	0,875	0,91	0,945	0,975	1,01	1,04	1,065	1,09	1,11	1,13	1,14	1,13	1,12	1,1	110	2,12	1,2	0,15	13	185
1	0,674	0,70	0,728	0,755	0,78	0,80	0,82	0,835	0,85	0,86	0,867	0,87	0,86	0,84	135	1,6	0,91	0,135	13	237
1 1/4	0,537	0,562	0,582	0,61	0,625	0,637	0,65	0,667	0,68	0,686	0,69	0,70	0,63	0,67	140	1,27	0,72	0,112	13	300
1 1/2	0,44	0,45	0,475	0,485	0,507	0,52	0,53	0,545	0,553	0,56	0,565	0,57	0,56	0,546	225	1,03	0,58	0,113	13	345
2	0,37	0,382	0,396	0,41	0,42	0,431	0,44	0,452	0,455	0,46	0,463	0,48	0,455	0,447	275	0,83	0,47	0,118	15	435
2 1/2	0,295	0,305	0,310	0,325	0,337	0,344	0,35	0,357	0,363	0,367	0,369	0,368	0,364	0,352	300	0,65	0,37	0,1	17,5	560
3	0,255	0,264	0,272	0,281	0,288	0,295	0,301	0,307	0,312	0,314	0,316	0,315	0,310	0,299	360	0,515	0,32	0,095	20	660

в) При наибольших нагрузках (I'')

Номинальный диаметр труб дюймы	Значения K для двутавровой стали при $\cos\varphi$														I''	R''	x_1''	x_2	D	I_{max}
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	*а*	*ом*	*ом/км*	*ом/км*	*см*	*а*
10	0,255	0,264	0,272	0,281	0,288	0,295	0,301	0,307	0,312	0,314	0,316	0,315	0,310	0,299	360	0,515	0,32	0,095	20	660

8. Значения K и характеристики для двутавровой стали

а) При наименьших нагрузках (I')

Размеры двутавровой стали *мм*	Значения K для двутавровой стали при $\cos\varphi$														I' *а*	R_w' *ом/км*	x_1' *ом/км*	x_2 *ом/км*	D (расст. между фазами) *см*	I_{max} *а*
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
100×65×4,5	0,343	0,352	0,36	0,367	0,372	0,378	0,382	0,385	0,387	0,384	0,382	0,376	0,364	0,344	300	0,6	0,338	0,263	34,2	675
120×74×5,0	0,309	0,315	0,322	0,327	0,332	0,336	0,339	0,340	0,341	0,339	0,336	0,329	0,323	0,294	300	0,51	0,29	0,26	36,2	770
140×80×5,5	0,284	0,29	0,296	0,30	0,305	0,308	0,309	0,310	0,311	0,308	0,304	0,297	0,287	0,267	400	0,451	0,254	0,259	38,2	880
160×88×6,0	0,266	0,271	0,275	0,279	0,282	0,285	0,286	0,287	0,285	0,282	0,278	0,271	0,26	0,242	400	0,4	0,28	0,257	40	990

б) При наибольших нагрузках (I'')

Размеры двутавровой стали *мм*	Значения K для двутавровой стали при $\cos\varphi$														I'' *а*	R_w'' *ом/км*	x_1'' *ом/км*	x_2 *ом/км*	D *см*	I_{max} *а*
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95						
100×65×4,5	0,322	0,33	0,34	0,343	0,348	0,352	0,356	0,357	0,357	0,355	0,352	0,346	0,376	0,315	500	0,54	0,31	0,263	34,2	675
120×74×5,0	0,291	0,362	0,310	0,314	0,318	0,322	0,324	0,326	0,324	0,322	0,320	0,314	0,299	0,280	500	0,48	0,27	0,26	36,2	770
140×80×5,5	0,274	0,281	0,285	0,289	0,292	0,295	0,296	0,297	0,296	0,294	0,290	0,288	0,269	0,252	600	0,42	0,24	0,259	38,2	880
160×88×6,0	0,255	0,260	0,264	0,267	0,274	0,274	0,274	0,213	0,271	0,268	0,263	0,256	0,244	0,226	650	0,37	0,21	0,257	40	990

Глава 9. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ

§ 60. Общие положения [1]

1. Части установок, подлежащие заземлению

335. В установках с номинальным напряжением выше 150 в по отношению к земле все доступные для прикосновения металлические части, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под таковым вследствие повреждения изоляции, должны быть заземлены. К частям, подлежащим заземлению, относятся: корпусы приборов, аппаратов, электрических машин и трансформаторов, каркасы распределительных устройств и щитов, корпусы кабельных муфт, металлические оболочки проводов и кабелей (если по условиям прокладки нельзя рассматривать как заземлитель), арматура изоляторов распределительных устройств, металлические защитные трубы и ограждения.

Рельсовые пути, находящиеся на территории электрических станций или подстанций, не заземляются. В местах выхода рельсовых путей контур заземления должны устраиваться изолирующие стыки.

336. В установках напряжением 380/220 в и 220/127 в с заземленной нейтралью применять вместо заземления зануление всех частей, перечисленных в п. 335. В сетях, в которых применено зануление, применение заземлений без одновременного присоединения к нулевому проводу (без зануления) запрещается. Для улучшения условий безопасности нулевой провод следует заземлять не только на станции или подстанции, но и в конечных пунктах сети или в местах разветвления магистральных линий. При наличии длинных неразветвленных линий такие повторные заземления рекомендуется устраивать не реже, чем через 1 км.

В жилых, конторских и торговых отапливаемых помещениях с сухим деревянным полом при напряжении установки 380/220 в и ниже зануления и заземления не требуется.

337. В установках с напряжением выше 65 и до 150 в по отношению к земле заземление и зануление выполнять:

а) в помещениях, особо опасных — для всех частей, перечисленных в п. 335;

б) в помещениях с повышенной опасностью — лишь для металлических частей, охватываемых рукой (например рукоятки, маховички, ручки, электрические инструменты и т. п.).

При напряжении 65 в и ниже устройство заземлений и зануления не требуется.

338. Обмотки трансформаторов низшего напряжения (до 500 в включительно), не имеющие непосредственного заземления нейтрали, должны заземляться через пробивной предохранитель.

2. Допустимые величины напряжения прикосновения

339. Напряжения прикосновения при прохождении через заземлитель расчетного тока замыканий на землю (см. пп. 342—343) не должны превосходить в установках более 1 000 в величин, указанных ниже.

---

[1] Выдержки из „Правил устройства электроустановок промышленных предприятий 1943 г., §§ 335—347.

а) Допустимые значения напряжений прикосновения

№ п/п	Характер установки	Допустимые напряжения прикосновения в
1	2	3
1	Электрические установки станций и установки подстанций, обслуживаемые дежурным персоналом	150
2	Установки, не имеющие дежурного персонала, запертые на замок (трансформаторные и фидерные помещения, распределительные пункты, переключательные посты и т. д.)	200
3	Электроустановки в производственных помещениях, независимо от характера помещения . .	65
4	Металлические опоры линий передач:	
	а) с большим движением в полосе трассы линии, для линий с заземленной и незаземленной нейтралью	150
	б) с малым движением в полосе трассы при прохождении участка линии через малонаселенные местности:	
	для линий с незаземленной нейтралью .	300
	для линий с заземленной нейтралью . .	500

При прохождении линии по ненаселенной местности устройства заземления опор не требуется.

340. При применении специальных электродов (контурных и т. п.) высокие напряжения от защищаемого объекта до земли может значительно превышать допускаемое напряжение прикосновения. Данные для выбора коэфициента прикосновения, т. е. отношение напряжения прикосновения к падению напряжения между защищаемым объектом и землей, приведены ниже.

б) Расчетные величины коэфициентов прикосновения

№ п/п	Тип заземления	Коэфициент прикосновения
1	2	3
1	Сосредоточенные заземлители без контура . . .	0,75
2	Контурное заземление, состоящее из труб, соединенных полосой, внутри кирпичного здания при ширине последнего не более 15 *м* . . .	0,5

Продолжение

№ п/п	Тип заземления	Коэффициент прикосновения
1	2	3
3	То же, но при заземлении всех без исключения металлических частей	0,25
4	То же, как в п. 2, но в железобетонном здании	0,25
5	Контур из полосы без труб, расположенный на глубине не более 0,5 *м* в открытых распределительных устройствах	0,5
6	То же с трубами на расстоянии 5—6 *м* друг от друга	0,4
7	То же с трубами на расстоянии 2—3 *м* друг от друга	0,35
8	То же, как в п. 6, при устройстве дополнительных защитных контуров у фундаментов, расположенных внутри основного контура . . .	0,2

341. В случаях, если выполнение заземлений, обеспечивающих требуемые п. 339 величины напряжения прикосновения, затруднительно, допускается устройство изолирующих площадок, исключающих возможность прикосновения к металлическим частям непосредственно с пола помещения.

3. Расчет заземлений

347. Расчет сопротивления заземления производить по формуле:

$$r_з = \frac{U_з}{I_р} = \frac{U_{пр}}{kI_р},$$

где $r_з$ — сопротивление заземления;

$U_з$ — падение напряжения от защищаемого объекта до земли при протекании через сопротивление расчетного тока;

$U_{пр}$ — допускаемое напряжение прикосновения (п. 339);

$I_р$ — расчетный ток замыкания на землю (п. 343);

k — коэффициент прикосновения (п. 340).

343. За расчетный ток замыкания на землю в установках с напряжением выше 1000 *в* принимается:

а) при непосредственно заземленной нейтрали — симметричная составляющая начального значения тока однофазного короткого замыкания;

б) при нейтрали, заземленной через компенсирующее устройство, — ток, могущий протекать через заземление при однофазном замыкании на землю, считая, что не скомпенсировано не менее 20% полного емкостного тока;

в) при изолированной нейтрали — емкостный ток однофазного замыкания на землю.

При наличии в нейтрали активного сопротивления, например для целей защиты генераторов от замыкания на корпус, помимо емкостной составляющей, должна быть учтена также составляющая тока, обусловленная этим сопротивлением.

344. В сетях с рабочим напряжением до 1000 *в* сопротивление заземления не должно превышать 4 *ом*.

Для предупреждения возможности появления двухфазного замыкания на землю устанавливать приборы для контроля изоляции сети.

345. В установках низкого напряжения заземление нейтральных точек генераторов и трансформаторов, соединяемых с землей непосредственно, выполнять так, чтобы напряжение нулевого провода в эксплоатации не превышало 65 *в* при наиболее неблагоприятном состоянии изоляции. Это требование считать выполненным, если сопротивление заземления нейтрали не превышает 4 *ом*. Величина сопротивления каждого из повторных заземлений (п. 336) не должна превышать 10 *ом*.

Заземление через пробивной предохранитель рассчитывать по формуле п. 342 на расчетный ток сети высокого напряжения согласно п. 343. Падение напряжения $U_з$ принимать равным 65 *в* в случае, если заземление нейтрали присоединено к заземлению сети низкого напряжения, и 150 *в*, если оно выполнено раздельно. Коэфициент прикосновения принимать равным единице.

346. Все заземления в системе низкого напряжения, расположенные в одном здании или в смежных зданиях, рекомендуется выполнять электрически (металлически) соединенными между собой. Заземляемая нейтраль должна присоединяться к заземлителю с помощью отдельного заземляющего провода.

4. Расчет заземляющих и зануляющих проводов

347. В высоковольтных установках с заземленной нейтралью сечение заземляющих проводов выбирать так, чтобы при протекании по проводам расчетного тока (п. 343) температура проводов не превосходила 600°.

В высоковольтных установках с незаземленной нейтралью или с нейтралью, заземленной через компенсирующее устройство, а также через большое сопротивление, сечение провода выбирать по нагреву при длительном протекании расчетного тока замыкания на землю (п. 343).

В установках с номинальным напряжением до 1000 *в* с незаземленной нейтралью сечение заземляющих проводов выбирать по наименьшему сечению, допустимому из условий механической прочности (п. 352). Исключение представляют установки во взрывоопасных помещениях, в которых проводимость заземляющих проводов не должна быть меньше $1/_3$ от проводимости фазных проводов. Сечение меди в 25 *мм*^{2} и железа в 100 *мм*^{2} считается достаточным во всех случаях.

348. Зануление рассчитывать так, чтобы:

а) при коротком замыкании между фазами и нулевым (или зануляющим) проводом в любой точке сети ток короткого замыкания превосходил ток плавления плавкой вставки не менее чем в 2,5 раза, а ток отключения автомата — в 1,2 раза;

б) при протекании по нулевому (или зануляющему) проводу номинального тока плавкой вставки или расчетного рабочего тока линии, защищенной автоматом, падение напряжения в проводе не превосходило 65 *в*.

§ 61. Заземлители и заземляющие провода

1. Следует использовать имеющиеся на строительстве естественные заземлители (трубопроводы, обсадные трубы, металлические основания, заложенные в земле) и лишь при отсутствии или недостаточности естественных заземлителей прибегать к устройству искусственных.

2. При определении расчетного (наибольшего за год) удельного сопротивления грунта следует замеренную величину удельного сопротивления умножать, в зависимости от времени замера, на коэфициенты, приведенные в следующей таблице.

Глубина заложения заземлителей	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Менее 0,8 *м* (полосы, кабели)	1,05	1,05	1,0	1,6	1,95	2,0	2,2	1,55	1,6	1,55	—	1,8
0,8—3,5 *м* (трубы, водопровод)	1,20	1,10	1,0	1,2	1,3	1,55	1,75	1,55	1,7	1,5	1,35	1,2

3. В помещениях, не опасных в отношении взрыва, допускается использование стальных труб электропроводки, а также ферм, балок и т. в качестве заземляющих и зануляющих проводов. При этом должны быть соблюдены следующие указания:

а) должны быть обеспечены надежные контакты в соединениях;

б) используемые металлические конструкции должны быть доступны для наблюдения и иметь отличительные признаки, позволяющие распознавать в них часть заземляющей сети;

в) проводимость используемых металлических частей должна быть не меньше проводимости соответствующих проводов.

4. При использовании металлических конструкций в качестве заземляющих магистралей должны быть, в дополнение к п. 3, соблюдены следующие требования:

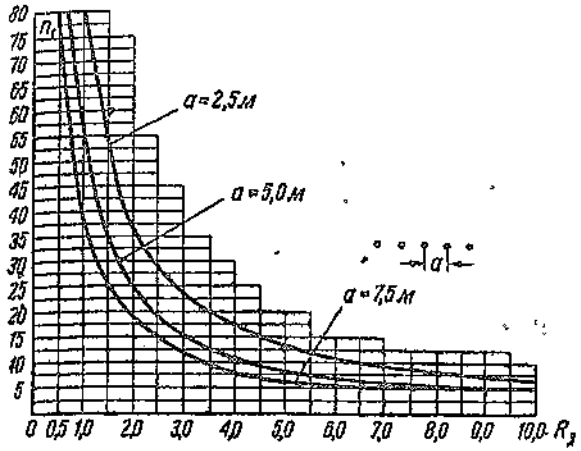
а) магистрали смешанного характера из полос и металлических конструкций могут содержать эти последние не более чем на одном участке;

б) используемые металлические конструкции должны быть доступны для обслуживания и иметь наглядную трассу.

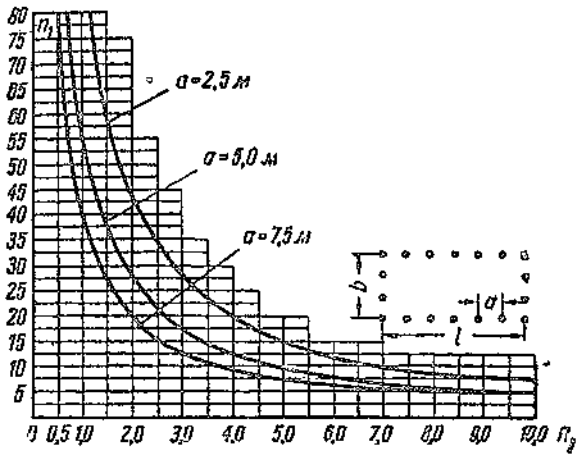
§ 62. Упрощенный расчет заземляющих устройств

1. Порядок расчета

а) Диаграмма фиг. 14 дает количество труб n_1 (в зависимости от заданного сопротивления растеканию $R_з$ и расстояния a между трубами) при заземлителе с разомкнутым контуром. При этом удельное



Фиг. 14.



Фиг. 15.

сопротивление грунта ρ_1 предполагается равным 0⁴ *ом см*, диаметр трубы 2″, длина трубы 2,5 *м*. Диаграмма фиг. 15 дает те же соотношения и при тех же характеристиках, но при замкнутом контуре с соотношением сторон контуров большим или равным 0,25.

б) По одному из двух графиков (фиг. 14 и 15) определяется число труб в предположении, что удельное сопротивление грунта $\rho = 1 \cdot 10^4$ *ом см*.

в) Определяется приближенное число труб n_2, отвечающее заданному удельному сопротивлению грунта ρ_2 (в *ом см*):

$$n_2 = n_1 \cdot \rho_2 \cdot 10^{-4},$$

г) Пользуясь табл. 2, определяют на пересечении горизонтали с вертикалью n_2 коэфициент K для пересчета числа труб.

д) Определяют уточненное количество труб n_3, потребное для устройства заземления.

е) Определяют длину соединительной ленты $l = 1{,}05\ a \cdot n_3$, где a — расстояние между трубами.

2. Коэфициенты K для пересчета количества труб при удельных сопротивлениях грунта, отличных от $\rho_1 = 1 \cdot 10^4$ *ом см*

а) Расстояние между трубами $a = 2{,}5$ м

n_1 \ n_2	5	10	15	20	25	30	40	60	80
5	1	1,15	1,236	1,282	1,317	1,352	1,390	1,430	1,45
10	0,87	1	1,074	1,110	1,15	1,177	1,205	1,25	1,26
15	0,81	0,93	1	1,045	1,063	1,088	1,125	1,165	1,17
20	0,78	0,90	0,96	1	1,035	1,053	1,088	1,110	1,13
25	0,76	0,87	0,94	0,97	1	1,024	1,053	1,088	1,10
30	0,74	0,85	0,92	0,95	0,98	1	1,024	1,053	1,07
40	0,72	0,83	0,89	0,92	0,95	0,98	1	1,024	1,04
60	0,70	0,80	0,86	0,90	0,92	0,95	0,98	1	1,02
80	0,69	0,79	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1

б) Расстояние между трубами $a = 5$ м

n_1 \ n_2	5	10	15	20	25	30	40	60	80
5	1	1,063	1,10	1,137	1,190	1,236	1,282	1,30	1,31
10	0,94	1	1,035	1,063	1,11	1,165	1,205	1,22	1,23
15	0,91	0,97	1	1,044	1,088	1,125	1,165	1,190	1,20
20	0,88	0,94	0,96	1	1,053	1,088	1,137	1,15	1,16
25	0,84	0,90	0,92	0,95	1	1,053	1,074	1,088	1,10
30	0,81	0,86	0,89	0,92	0,95	1	1,044	1,053	1,06
40	0,78	0,83	0,86	0,88	0,93	0,96	1	1,024	1,03
60	0,77	0,82	0,84	0,87	0,92	0,95	0,98	1	1,02
80	0,76	0,81	0,83	0,86	0,90	0,94	0,97	0,98	1

в) Расстояние между трубами $a = 7{,}5$ м

$\frac{l_2}{a_1}$	5	10	15	20	25	30	40	60	80
5	1	1,053	1,063	1,074	1,088	1,10	1,11	1,125	1,137
10	0,95	1	1,012	1,024	1,035	1,044	1,053	1,163	1,074
15	0,94	0,99	1	1,012	1,024	1,035	1,044	1,053	1,063
20	0,93	0,98	0,99	1	1,012	1,024	1,035	1,044	1,053
25	0,92	0,97	0,98	0,99	1	1,012	1,024	1,035	1,044
30	0,91	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,012	1,024	1,035
40	0,90	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,012	1,024
60	0,89	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,012
80	0,88	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1

г) Проводимость полосы, связывающей ряд трубчатых заземлителей, может быть учтена следующим образом.

Сопротивление растеканию R полосы, длиной l, шириной b и толщиной δ, проложенной на глубине t в почве с удельным сопротивлением ρ, может быть определена по следующей формуле (все размеры в см):

$$R = \frac{0{,}366}{l}\,\rho\left[\lg\frac{l^2}{bt} + 0{,}301\right].$$

Добавочная проводимость заземлителя, обусловленная соединительной полосой $\left(\frac{1}{R'}\right)$, составляет только часть проводимости той же полосы, но проложенной отдельно. Указанная добавочная проводимость растекания может быть определена, исходя из коэфициентов использования $\frac{R}{R'}$, приведенных в таблице.

Коэфициенты использования соединительной полосы ряда трубчатых заземлителей

Отношение расстояния между трубами к длине трубы	Число труб в ряду								
	3	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,81	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,91	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,94	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Применением приведенных в таблице коэфициентов учитывается также экранирующее влияние полосы на трубы, почему дополнительных коэфициентов для учета этого последнего воздействия вводить не следует.

3. Примерный подсчет

Требуется рассчитать заземление с сопротивлением растекани 1,24 *ом*, которое осуществляется с помощью труб диаметром 2″, дли ной 2,5 *м*. Расстояние между трубами $a = 5$ *м*, контур замкнут, удельное сопротивление грунта — $0{,}5 \cdot 10^4$ *ом см*.

а) По графику (фиг. 13) находим: $n_1 = 48$ труб.

б) Приближенное число труб: $n_2 = 48 \cdot 0{,}5 = 24$ трубам.

в) По табл. 2 определяем: при $n_1 = 48$ и $n_2 = 24$, $K = 0{,}93$.

г) Уточненное количество труб: $n_3 = n_2 \cdot K = 24 \cdot 0{,}93 = 22$.

д) Потребное количество соединительной ленты: $l = 1{,}05 \cdot a \cdot n_3 = 1{,}05 \cdot 5 \cdot 22 = 116$ *м*.

§ 68. Расчет сопротивления растеканию оболочек кабелей

1. Это сопротивление (в омах) при удельном сопротивлении гру $1 \cdot 10^4$ *ом см* определяется по формуле:

$$R_к = \frac{0{,}89}{d_к \sqrt{K_0 K_к}} \left[2 - 0{,}082 \ln \frac{4h}{d_к}\right] \left[1 + e^{-0{,}82 \frac{L}{d_к}} \sqrt{\frac{K_0}{K_к}}\right] \beta;$$

$$\beta = 1 + \frac{K_0}{K_{дю}} \ln \frac{d_{дю}}{d_к},$$

где $d_к$ — диаметр кабеля по броне в сантиметрах;

K_0 — удельная проводимость почвы в $\frac{1}{ом\ см}$;

$K_к$ — проводимость металлических оболочек (железной и свинцовой на 1 *см* длины кабеля в $\frac{1}{ом\ см}$;

h — глубина траншеи в сантиметрах;

L — длина кабеля в сантиметрах;

$e = 2{,}7183$ (основание натуральных логарифмов);

$\frac{K_0}{K_{дю}}$ — соотношение между проводимостями почвы и джута;

$d_{дю}$ — диаметр кабеля по джуту в сантиметрах.

Сопротивление растеканию металлических оболочек нескольких одинаковых кабелей в общей траншее:

$$R_{пк} = \frac{R_к}{\sqrt{n}}.$$

На основании приведенных выше формул составлен график фиг.

2. Пользование: а) Для кабелей напряжением 6 *кв* при удельном сопротивлении грунта $1 \cdot 10^4$ *ом см* значения $R_к$ определяются непосредственно по графику.

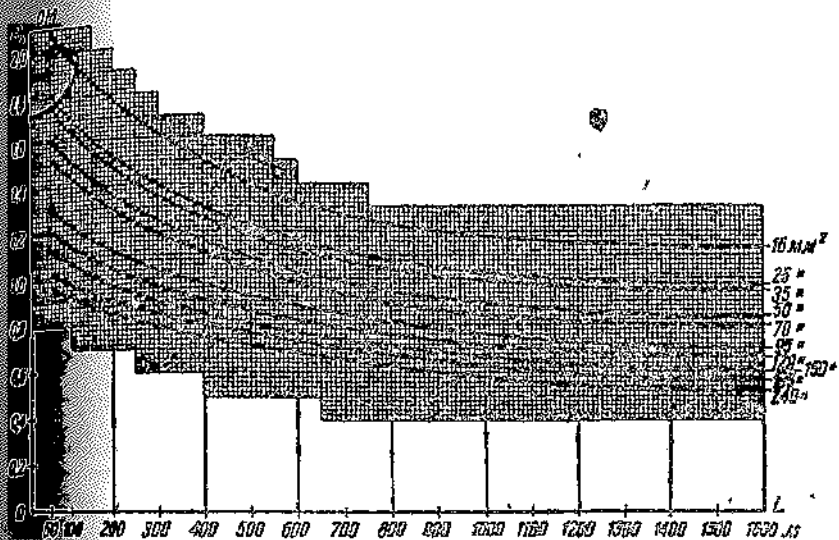
б) Для кабелей напряжением 1 *кв* и 10 *кв* значения, найденные по графику, должны быть умножены соответственно на коэфициенты 1,28 и 0,86.

в) При удельных сопротивлениях почвы $\rho_0 \neq 1 \cdot 10^4$ *ом см* значения $R_{кг}$, определенные согласно указаниям пп. 1 и 2, должны быть умножены на коэфициент α согласно следующей таблице:

ρ_0	$0{,}3 \cdot 10^4$	$0{,}5 \cdot 10^4$	$0{,}8 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$12 \cdot 10^4$	$1{,}5 \cdot 10^4$
α	0,54	0,70	0,89	1	1,12	1,25

Продолжение

ρ_0	$2 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
α	1,47	1,65	1,8	2,1	2,35



Фиг. 16. График для определения сопротивления растеканию $R_{кг}$ оболочек кабелей напряжением 6 *кв* в зависимости от длины *L* подземного участка кабеля (удельное сопротивление почвы $R_0 = 1 \cdot 10^4$ *ом см*). Кабель проложен на глубине *h* не менее 70 *см*.

г) В приводимой ниже таблице указаны допустимые токи нагрузки ($I_д$) для свинцовой оболочки кабелей из расчета протекания тока в течение 2 час.

Допустимые двухчасовые нагрузки токами замыкания на землю (для свинцовых оболочек кабелей

Сечение жилы мм²	Напряжение кабеля			Сечение жилы мм²	Напряжение кабеля		
	1 кв (норм. свинцовая оболочка)	6—10 кв			1 кв (норм. свинцовая оболочка)	6—10 кв	
		(норм. свинцовая оболочка)	(утоньш. свинцовая оболочка)			(норм. свинцовая оболочка)	(утоньш. свинцовая оболочка)
16	25	75	55	95	70	145	90
25	30	85	60	120	75	160	100
35	35	90	70	150	85	175	110
50	50	120	75	185	90	190	120
70	60	130	80	240	105	210	125

§ 64. Расчет сопротивления растеканию водопровода ($R_в$)

Это сопротивление (в омах) при удельном сопротивлении грунта $\rho_0 = 1 \cdot 10^4$ *ом см* определяется по формуле:

$$R_в = \frac{0{,}89}{d_н\sqrt{K_0 K_в}}\left[2-0{,}082\ln\frac{4h}{d_н}\right]\left[1+e^{-0{,}82\frac{L}{d_н}\sqrt{\frac{K_0}{K_в}}}\right],$$

где $K_в$ — проводимость железной трубы на 1 *см* длины в $\frac{1}{\text{ом см}}$:

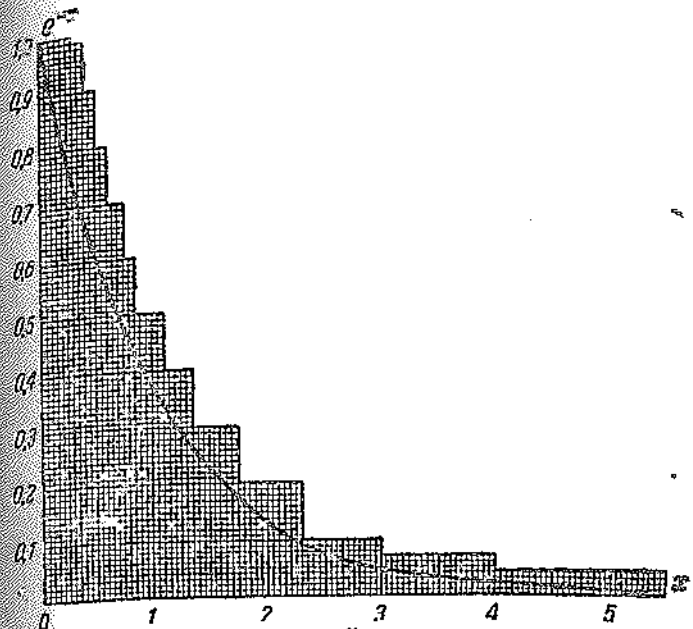
$$K_в = K_{ж\text{ел}}\pi\left[1-\frac{d_в^2}{d_н^2}\right]\pi;$$

Действительные диаметры водопроводных труб (в сантиметрах)

Номинальный диаметр дюймы	Обыкновенные трубы (до 10 *ат*)		Усиленные трубы (до 16 *ат*)	
	$d_н$	$d_в$	$d_н$	$d_в$
1	3,35	2,70	3,35	2,55
1¼	4,225	3,575	4,225	3,425
1½	4,80	4,10	4,80	3,95
2	6,00	5,30	6,00	5,10
2½	7,55	6,80	7,55	6,65
3	8,85	8,05	8,85	7,90
4	11,40	10,60	11,40	10,40
5	14,00	13,10	14,00	12,90
6	16,50	15,60	16,50	15,40

$d_н$ — наружный диаметр трубы в сантиметрах (см. таблицу);
$d_в$ — внутренний диаметр трубы в сантиметрах (см. таблицу);

h — глубина прокладки водопроводных труб в сантиметрах;
L — длина водопроводных труб, проложенных в земле в сантиметрах;
$e = 2{,}7183$ (основание натуральных логарифмов),
значения $e^{-\alpha}$ см. фиг. 17.



Фиг. 17. Значения $e^{-\alpha}$ в функции от α.

При длине водопровода более 2—3 *км* второй множитель в правой части уравнения (2) может быть принят равным единице.

На фиг. 18 изображен график для определения значений R_0 при $\rho_0 = 1 \cdot 10^4$ *ом см*.

Сопротивление растеканию разветвления из нескольких труб определяется как величина, обратная сумме проводимостей отдельных ветвей.

Порядок расчета: а) сопротивление растеканию труб с номинальным диаметром от $1\frac{1}{2}$ до 6″ (по ОСТ 16820-39), при $\rho_0 = 1 \cdot 10^4$ *ом см* определяется непосредственно по графику (фиг. 18);

б) при удельных сопротивлениях почвы $\rho_0 \neq 1 \cdot 10^4$ *ом см* значения R_0, определенные согласно пп. 1 и 2, должны быть умножены на коэфициент a согласно таблице § 63, стр. 141.

§ 65. Расчеты занулений

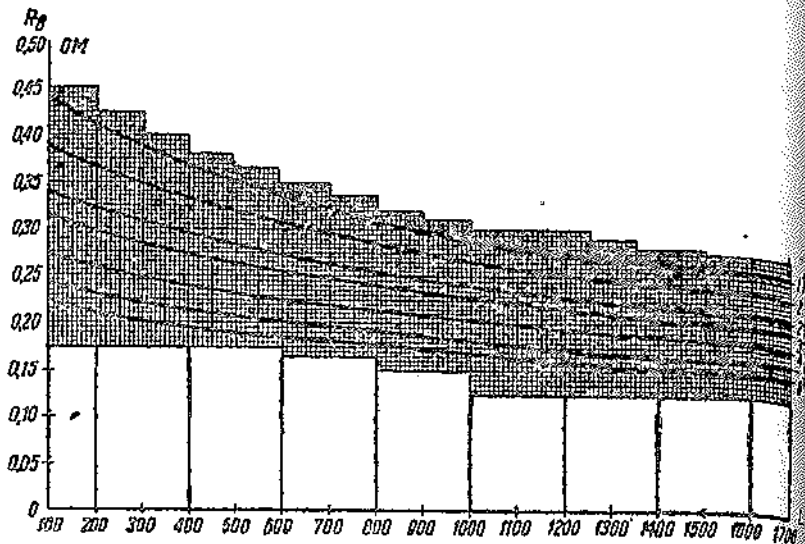
1. Общие указания

а) Величина полного сопротивления нулевого провода определяется по формуле:

$$z_0 \geqslant \frac{65}{I_н}, \qquad (1)$$

где z_0 — полное сопротивление нулевого провода в омах ($z_0 = \sqrt{r_0^2 + x^2}$), считая от источника питания до места повреждения;

$I_н$ — номинальный ток плавкой вставки предохранителя (или уставки автомата) в амперах.



Фиг. 18. График для определения сопротивления растеканию стальных труб водопровода $R_з$ в зависимости от длины подземного участка труб. (Предполагается, что удельное сопротивление почвы $R_0 = 10^4$ *ом см* и что трубы проложены на глубине 200 см)

В качестве материала для нулевых проводов, прокладываемых параллельно от фазных, должна применяться сталь. Следует, по возможности, использовать нетоковедущие металлические конструкции: газовые трубы, электропроводки, тросы для подвески проводов, фермы и т. п.

б) Величины номинальных токов плавких вставок ($I_{вст}$) или токов уставок автоматов ($I_а$) должны удовлетворять условиям:

$$2{,}5\ I_{вст} \leqslant \frac{E_ф}{(r_0 + r_ф)^2 + x^2};$$

$$1{,}2\ I_а \leqslant \frac{E_ф}{\sqrt{(r_0 + r_ф)^2 + x^2}},$$

где $E_ф$ — номинальное фазовое напряжение сети в вольтах;

r_0 — активное сопротивление нулевого провода в омах, считая от источника питания до места повреждения;

$r_ф$ — активное сопротивление фазового провода в омах, считая от источника питания до места повреждения;

x — индуктивное сопротивление петли — нулевой провод — фазовый провод в омах ($x = x_0 + x_ф$).

Для облегчения расчетов ниже приводятся таблицы (пп. 2 и 3).

2. Длины (l м) стальных проводов, соответствующие наибольшему допустимому значению полного сопротивления z_0 [формула (1)]

$I_н$ / a	Диаметр круглой стали, мм				$I_н$ / a	Номинальный диаметр стальных труб, дюймы						
	4	5	6	8		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
6	335				60	300						
10	220	270	350		80	235	295					
15	153	205	245		100	193	240	300				
20	133	165	193	255	125	160	200	250	310			
25		125	160	215	160	125	160	200	250	295		
35			115	160	200		130	165	210	235	290	
					225			150	190	210	255	
					260			130	165	185	225	
					300				145	165	215	240
					350					145	190	220
					430						147	185
					500							160

Продолжение

$I_н$ / a	Размеры полосовой стали, мм																
	3×25	3×30	3×40	3×50	3×60	3×70	3×80	3×90	3×100	4×30	4×40	4×50	4×60	4×70	4×80	4×90	4×100
35	285	325								225	280						
60	173	205	260	310						175	220	260	295				
80	135	160	195	240	280	310				147	180	215	250	277			
100		130	167	195	230	255	280	310			148	180	205	230	255	270	
125			137	160	190	210	235	260	285			155	165	190	210	225	243
160				140	152	170	200	210	230				158	155	175	185	205
200					122	135	155	170	185					137	155	170	185
225						123	138	152	170						135	150	155
260							120	135	147							130	140
300									130								

Примечание. а) $I_н$ — номинальный ток плавкой вставки;
б) расстояние между проводами равно 15 *см*.

3. Наибольшие допустимые значения полных сопротивлений петли фазовый провод — нулевой провод (в *ом*)

а) При защите плавкими вставками [формула (2)]

Напряжение сети *в*	$E_ф$ *в*	Номинальные токи плавких вставок ($I_{вст}$), *а*								
		6	10	15	20	25	35	60	80	100
380/220	220	14,7	8,8	5,86	4,4	3,52	2,52	1,47	1,10	0,88
220/127	127	8,5	5,08	3,38	2,54	2,03	1,45	0,85	0,635	0,508

Продолжение

Напряжение сети *в*	$E_ф$ *в*	Номинальные токи плавких вставок ($I_{вст}$), *а*							
		160	200	225	260	300	350	430	500
380/220	220	0,55	0,44	0,392	0,339	0,293	0,252	0,205	0,176
220/127	127	0,318	0,254	0,226	0,196	0,169	0,146	0,118	0,102

б) При защите автоматическими выключателями [формула (3)]

Напряжение сети *в*	$E_ф$ *в*	Величина уставок тока автоматических выключателей (I_a), *а*								
		50	70	90	120	150	180	220	260	300
380/220	220	3,67	2,61	2,04	1,53	1,22	1,02	0,83	0,704	0,61
220/127	127	2,12	1,51	1,18	0,882	0,704	0,588	0,48	0,406	0,352

Продолжение

Напряжение сети *в*	$E_ф$ *в*	Величина уставок тока автоматических выключателей (I_a), *а*							
		400	450	510	570	630	700	770	840
380/220	220	0,467	0,406	0,36	0,321	0,29	0,261	0,238	0,218
220/127	127	0,27	0,234	0,208	0,185	0,167	0,151	0,137	0,126

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОД И СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

§ 1. Кинематика и динамика электропривода

(Основные формулы)

1. Кинематические зависимости

Если φ — угол поворота тела вокруг оси (в радианах) и t — время (в секундах), то при вращении угловая скорость и угловое ускорение определяются по формулам, приведенным ниже в таблице.

Вращение	Угловая скорость	Угловое ускорение
Равномерное	$\omega = \frac{\varphi}{t}$ сек.$^{-1}$	—
Равнопеременное	—	$\varepsilon = \frac{\omega}{t}$ сек.$^{-2}$
Переменное	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ сек.$^{-1}$	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ сек.$^{-2}$

Если рассматривать точку тела на расстоянии r от оси вращения, то угловая скорость:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} = 0{,}10472n \approx 0{,}1n \text{ сек.}^{-1} \qquad n = 9{,}55\omega;$$

линейная скорость:

$$v = \omega r = \frac{\pi Dn}{60} = 0{,}10472nr \approx 0{,}1nr;$$

касательное (тангенциальное) ускорение:

$$a = \frac{dv}{dt} = \varepsilon r.$$

2. Основное уравнение движения

При прямолинейном движении:

$$Q = Q_{ст} + Q_{дин} = Q_{ст} + m\frac{dv}{dt}.$$

При вращательном движении:

$$M_{дв} = M_{ст} + M_{дин} = M_{ст} + J\frac{d\omega}{dt} = M_{ст} + \frac{GD^2}{375}\cdot\frac{dn}{dt},$$

где $Q_{ст}$ и $Q_{дин}$ — статическая и динамическая составляющие силы сопротивления (нагрузки); $M_{ст}$ и $M_{дин}$ — статический и динамический моменты сопротивления; m и J — масса и соответствующий момент инерции движущегося (вращающегося) тела; GD^2 — маховой момент вращающегося тела.

Избыточный момент $M_{изб}$, необходимый для разгона:

вращающихся масс с маховым моментом ΣGD^2 до скорости n об/мин в течение времени t:

$$M_{изб} = \frac{\Sigma GD^2 n}{375}\ кГм.$$

прямолинейно движущихся масс весом G до скорости v *м/сек* в течение времени t, при котором двигатель разгоняется до n об/мин:

$$M_{изб} = 0{,}975\frac{\Sigma Gv^2}{nt}\ кГм.$$

Если задан $M_{изб}$ и $M_{дв} = \text{const}$, то из последних формул может быть найдено время разгона t.

а) Поступательное движение

Если Q — сила (*кг*), сообщающая массе m $\left(\frac{кг\cdot сек^2}{м}\right)$ ускорение a (*м/сек*), G—вес (*кг*) и g—ускорение свободного падения ($\cong 9{,}81$ *м/сек*^{2}), то

$$Q = ma \quad \text{или} \quad Q = \frac{G}{g}a; \quad G = mg,$$

откуда

$$m = \frac{G}{g} = \frac{Q}{a} \approx 0{,}102G; \quad a = \frac{Q}{м} = \frac{Q}{G}g.$$

Работа силы Q, составляющей с направлением скорости точки угол φ,

$$A = \int Q\cos\varphi\, ds\ кГм.$$

Если $Q = \text{const}$ и $\varphi = 0$, то $A = Qs$.

Мощность есть работа силы в единицу времени, т. е.

$$P = \frac{dA}{dt} = Q\cos\varphi\frac{ds}{dt} = Qv\cos\varphi \ кГм/сек.$$

Если Q и v постоянны по величине и совпадают по направлению, то:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Qs}{t} = Qv \ кГм/сек.$$

В практических единицах:

$$P_{ЛС} = \frac{P}{75} = \frac{Qv}{75} \ ЛС \quad \text{или} \quad P_{квт} = \frac{P}{102} = \frac{Qv}{102} \ квт.$$

б) Вращательное движение

Динамический момент

$$M_{дин} = J\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \ кГм.$$

Кинетическая энергия („живая сила") вращающегося тела

$$W = \frac{J\omega^2}{2} \ кГм = 0{,}00548\,Jn^2 \ кГм = \frac{GD^2n^2}{7\,200} \ кГм = \frac{GD^2n^2}{729\,000} \ квт\text{-}сек$$

где J — момент инерции тела относительно вращения в $кГм/сек^2$, а GD^2 — в $кГм^2$.

Работа, производимая моментом вращающегося тела:

$$A = \int M\,d\varphi = \int M\omega\,dt \ кГм.$$

Если M и ω — постоянные величины, то при n об/мин

$$A = M\varphi = M\omega t = M\frac{\pi n}{30}t \ кГм.$$

Мощность, развиваемая твердым телом, вращающимся равномерно:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{M\varphi}{t} = M\omega = \frac{M\pi n}{30} = \frac{Qr\pi n}{30} = Qv \ кГм/сек.$$

$$P_{ЛС} = \frac{P}{75} = \frac{M\omega}{75} = \frac{Mn}{716{,}2} = 0{,}0014\,Mn \ ЛС;$$

$$P_{квт} = \frac{P}{102} = \frac{M\omega}{102} = \frac{Mn}{974} \approx 0{,}001\,Mn \ квт.$$

в) Сводка формул для вращательного движения

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Единица измерения	Формулы и примечания
1	Скорость вращения	n	сек.$^{-1}$	об/мин	
2	Угловая скорость	ω	сек.$^{-1}$	сек.$^{-1}$	$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} = \frac{n}{9{,}55} \approx 0{,}1\,n$
3	Угловое ускорение	ε	сек.$^{-2}$	сек.$^{-2}$	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$
4	Момент инерции	J	*кГм сек*^{2}	*кГм сек*^{2}	
5	Маховой момент	GD^2	*кГм*^{2}	*кГм*^{2}	$GD^2 = 4gJ \approx 39{,}2J \approx$
6	Ускоряющий или тормозящий момент	$M_{дин}$	*кГм*	*кГм*	$M = J\frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{d}{}$ (при переменном ускорении) $M = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{n}{t}$ *кГм* (при постоянном ускорении)
7	Крутящий момент (движущий или сопротивления)	$M_{дв}$ $M_{ст}$	*кГм*	*кГм*	$M = 716\frac{P\,(лс)}{n} =$ $= 974\frac{P\,(квт)}{n} \cong \frac{P(}{n}$
8	Мощность (отдаваемая двигателем или воспринимаемая рабочей машиной)	P	*кГм сек*$^{-1}$	*квт*	$P = M\omega \quad P\,(квт) = \frac{M}{97}$ $1\ квт = 1{,}36\ лс =$ $= 102\ кГм/сек$

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Единица измерения	Формулы и примечания
9	Работа	A	$кГм$	$квт\text{-}ч$	$P=\frac{dA}{dt}$; 1 $квт\text{-}ч = 1{,}36$ $ЛС\text{-}ч \approx$ $\approx 367\,000$ $кГм =$ $= 860$ больших калорий
10	Кинетическая энергия	W	$кГм$	$квт\text{-}сек$	$W=\frac{J\omega^2}{2}$ $кГм =$ $=\frac{GD^2n^2}{7\,200}$ $кГм =$ $=\frac{GD^2n^2}{729\,000}$ $квт\text{-}сек$ 1 $квт\text{-}сек \approx 102$ $кГм =$ $= 239$ калорий

г) Сводка формул для поступательного движения

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Единица измерения	Формулы и примечания
1	Скорость движения	v	$м\ сек^{-1}$	$м/сек$	1 $м/сек = 60$ $м/мин =$ $= 3{,}6$ $км/час$
2	Линейное ускорение	a	$м\ сек^{-2}$	$м/сек^2$	$a=\frac{dv}{dt}$
3	Масса	m	$м^{-1}\ кг\ сек^2$	$кг$ (масса)	$m = 102\ G$, G — вес в тоннах
4	Сила	Q	$кГ$	$кГ$ (сила)	$Q = ma$
5	Мощность	P	$кГм\text{-}сек^{-1}$	$ЛС$; $квт$	$P=\frac{Qv}{75}$ $ЛС = \frac{Qv}{102}$ $квт$

Продолжение

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Единица измерения	Формулы и примечания
6	Работа	A	*кГм*	*ЛС-ч; квт-ч*	$P = \frac{dA}{dt}$
7	Кинетическая энергия	W	*кГм*	*кГм*	$W = \frac{mv^2}{2}$ W (*кГм*) = $=51\,Gv^2$ (G — в тоннах) $\approx \frac{Gv^2}{20}$ (G — в килограммах)
8	Приведенный маховой момент масс, движущихся прямолинейно	$GD^2_{пр}$	*кГм²*	*кГм²*	$GD^2_{прив} \approx 365\frac{Gv^2}{n^2}$ *кГм²*

д) Момент инерции и маховой момент

Зависимость между моментом инерции J и маховым моментом GD^2

$$J = mR^2_{ин} = \frac{G}{g}\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{GD^2}{4g}$$

или

$$GD^2 = 4gJ = 39{,}24J \approx 40J$$

D и $R_{ин}$ — диаметр и соответствующий радиус инерции тела.

В практических единицах момент инерции

$$J = 0{,}102GR^2_{ин} \cdot кГм\ сек^2 = 0{,}00102Gr^2_{ин}\ кГм\ сек^2,$$

где G — в *кг*; $R_{ин}$ — в *м* или, соответственно, $r_{ин}$ в *см*.

Маховой момент GD^2 может быть выражен в *тм²* или в *кГм²* или в *кГсм²*, в соответствии с тем, как выражен вес тела G (*т*, *кг* или *г*) и диаметр инерции D (*м* или *см*). Связь между величинами GD^2 в метрических и английских мерах:

GD^2 *кГм²* $= 5{,}93WR^2$; фунт-фут.². WR^2 фунт-фут.² $= 0{,}169GD^2$ *кГм²*. $G_1D_1^2$ тела, вращающегося с числом n_1 об/мин, приведенный к валу, вр

вращающемуся с n_2 об/мин, равен $G_2D_2^2 = G_1D_1^2\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = G_1D_1^2\frac{1}{i^2}$, где передаточное число $i = \frac{n_2}{n_1}$.

Приведенный маховой момент масс, прямолинейно движущихся со скоростью v *м/сек* (отнесенный к валу, вращающемуся с n об/мин):

$$GD^2_{прив} \cong 365\frac{Gv^2}{n^2}\ кГм^2.$$

Приведенный вес вращающихся масс — $G_{прив} = \frac{GD^2n^2}{365v^2}$ *кг*. Момент инерции J относительно некоторой оси Z равен моменту инерции J_{z_0} относительно параллельной оси Z_0, проходящей через центр тяжести тела, плюс произведение массы тела на квадрат расстояния d между осями, т. е. $J_z = J_{z_0} + md^2$.

GD^2 тела цилиндрической формы относительно его оси вращения равен:

$$GD^2 \approx 4\gamma LD^4 \cdot 10^{-13}\ кГм^2,$$

где D — диаметр основания и L — высота цилиндра (D и L в *мм*), γ — удельный вес материала в *кг/м*^{3} (диаметр инерции цилиндра принят равным 0,7 от наружного диаметра цилиндра).

GD^2 якоря больших машин постоянного тока (D якоря $> 1{,}4$ *м*) определяется с точностью до 8% по формуле:

$$GD^2 = 1{,}6l_a\,(D + D_i)^3 \cdot (D - D_i) + 0{,}4D^4 + 3{,}5D_к l_к\ тм^2,$$

где D и D_i — наружный и внутренний диаметры железа якоря в метрах; l_a — длина железа якоря в метрах; $D_к$ и $l_к$ — диаметр и длина коллектора в метрах. Если известен вес якоря $G_я$ в тоннах и его диаметр $D_я$ в метрах, то маховой момент может быть определен с точностью до 12% по формуле: [1]

$$(GD^2) = 0{,}43D_я^2 \cdot G_я\ тм^2.$$

Центробежная сила

$$Q_n = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r\frac{G}{g}r\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \approx 0{,}001Grn^2\ кг,$$

где m — масса $\left(\frac{кг\ сек^2}{м}\right)$; G — вес (*кГ*); $g = 9{,}81$ *м/сек*^{2}; v — скорость вращения (*м/сек*).

$$v = 3{,}13\sqrt{\frac{Q_n r}{G}}\ м/сек;$$

$$n = 30\sqrt{\frac{Q_n}{Gr}}\ об/мин.$$

Напряжение в ободе шкива или маховика от центробежной силы

$$\sigma = \left(\frac{\gamma}{g}\right)v^2 = \left(\frac{\gamma}{g}\right)\omega^2r^2 \cong 0{,}001\gamma n^2r^2\ кг/м^2,$$

[1] См. „Вестник электропромышленности", № 8, 1939 г.

где γ — удельный вес материала в $кг/м^3$, r — в метрах. Для чугуна $\gamma = 7250$ $кг/м^3$, и тогда

$$\sigma = 8{,}1 n^2 r^2 \ кг/м^2 = 0{,}00081 n^2 r^2 \ кг/см^2 \ (\text{где } r \text{ в } м)$$

или

$$\sigma = 0{,}0739 v^2 \ кг/см^2 \ (\text{где } v \text{ в } м/сек),$$

т. е. зависит только от окружной скорости вращения.

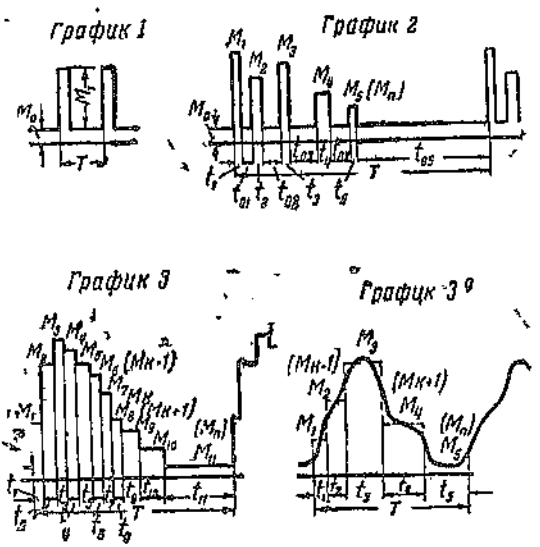
Кинетическая энергия твердого тела при поступательном и вращательном движениях

$$W = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + 0{,}00548 Jn^2 = \frac{365 G_1 v^2 + GD^2}{7200},$$

где J — момент инерции тела в $кГм\ сек^2$; G — масса вращающихся частей; G_1 — масса поступательно-движущихся частей.

е) Формулы среднего квадратичного момента при переменной циклической нагрузке

Приводимые здесь формулы позволяют: 1) быстро вычислить средний квадратичный момент M (мощность) и 2) легко проследить влияние выбора тех или иных параметров привода на величину среднего квадратичного момента (мощности). Четыре характерных графика, к которым может быть сведено большинство встречающихся на практике графиков нагрузки, приведены на фиг. 1.



Фиг. 1.

Характерные графики нагрузки электроприводов. График 1 — двухучастковый график нагрузки (металлорежущие станки); график 2 — многоучастковый график нагрузки (катный стан); график 3 — то же (ступенчатая нагрузка); график 3а — криволинейный[1] график нагрузки (наиболее общий случай: ножницы, пилы, прессы и т. п.).

[1] Всякий криволинейный график (3а) путем замены его соответствующими ступенями нагрузки сводится к многоучастковому графику 3.

При отсутствии значительных маховых масс (формула С. А. Пресса, график 1)

$$M = M_{max}\sqrt{\gamma(1+\alpha)-\alpha},$$

где M_{max} и $M_{ср}$ — максимальный и средний моменты по заданному графику нагрузки ($M_{max} = M_1$); M_0 — момент холостого хода,

$$\gamma = \frac{M_{ср}}{M_{max}}, \qquad \alpha = \frac{M_0}{M_{max}}.$$

Для металлорежущих станков . . . . . $\alpha = 0{,}1 - 0{,}25$
станков в крупносерийном и массовом производстве . . . . . $\gamma = 0{,}75 - 0{,}9$
станков универсального типа . . . . . $\gamma = 0{,}6 - 0{,}7$

При наличии значительных маховых масс (формула Л. Б. Гейлера)

$$M = M_{ср} + (M_{эфф} - M_{ср})\, e^{-cT_n},$$

где $T_n = \frac{n_0 GD^2 s_n}{375 M_n}$ сек.; n_0 — синхронное число об/мин; T — продолжительность периода нагрузки в сек.; s_n — номинальное скольжение; $e = 2{,}71828$; M_n — номинальный момент двигателя; $M_{ср}$ и $M_{эфф}$ — среднеарифметический и среднеквадратичный моменты по заданному графику.

$$C = \frac{1}{2T}\cdot\frac{(M_1 - M_0)^2}{M_{эфф}(M_{эфф} - M_{ср})} \quad \text{(фиг. 1, график 1)};$$

$$C = \frac{1}{2T}\cdot\frac{\sum(M_k - M_0)^2}{M_{эфф}(M_{эфф} - M_{ср})} \quad \text{(фиг. 1, график 2)};$$

$$C = \frac{1}{2T}\cdot\frac{\sum M_k(M_k - M_{k-1})}{M_{эфф}(M_{эфф} - M_{ср})} \quad \text{(фиг. 1, графики 3 и 3а)}.$$

Глава 2. ДАННЫЕ ИЗ НОРМ И СТАНДАРТОВ

§ 2. Основные требования ГОСТ 183-41. Машины электрические. Допустимые перегрузки и нагревы электрических машин

1. Допустимые перегрузки электродвигателей по току и по моменту

Для асинхронных и синхронных двигателей трехфазного тока ГОСТ 183-41 (§§ 75—78) устанавливает допустимые перегрузки по моменту, а для двигателей постоянного тока — перегрузки по току, согласно следующему:

а) Кратность максимального момента $\left(a = \frac{M_{max}}{M_{ном}}\right)$ у всех асинх
ных двигателей (кроме крановых): $a \geqslant 1{,}8$ — для двигателей с контакт
кольцами и $a \geqslant 1{,}65$ — для двигателей с короткозамкнутым ротором.
У крановых двигателей при ПВ = 25%:

Двигатели	При мощности до 8 *квт* включительно	При мощности выше 8 *квт*
С контактными кольцами .	$a \geqslant 2{,}2$	$a \geqslant 2{,}75$
С короткозамкнутым ротором	$a \geqslant 1{,}9$	$a \geqslant 2{,}3$

б) Синхронные двигатели (при $\cos\varphi = 0{,}8$ опереж.) $a >$
в) Двигатели постоянного тока (кроме крановых) до
выдерживать кратковременную перегрузку по току на 50% (перегр
по току для крановых двигателей устанавливаются ГОСТ на кран
двигатели постоянного тока). Все вышеуказанные перегрузки поним
при номинальном напряжении, частоте и токе возбуждения и при раб
соединении обмоток.

**2. Допускаемые превышения температур Δt при температуре ок
ждающего воздуха $\leqslant +35°$ С [1] (§§ 85—87)**

	Изоляция класса		
	A		B
1) Обмотки машин переменного тока большой мощности (> 5 000 *ква*)	65° [2]		85° [2]
2) Обмотки машин переменного тока, меньших чем в п. 1; многослойные обмотки возбуждения; якорные обмотки, соединенные с коллектором	60°	65° [3]	75°
3) Однорядные обмотки возбуждения и стержневые обмотки роторов асинхронных машин	70°	70° [3]	95° [3]

[1] Если машина должна работать при t охлаждающего воздуха, отличной от +3
в пределах от +25° С до +45° С, то допустимые превышения Δt соответственно ме
против указанного выше. Эти Δt и соответствующие им изменения мощности у
ваются заводом-изготовителем.
[2] Измеряется помощью заложенного детектора.
[3] Измеряется по методу сопротивления.

Продолжение

	Изоляция класса	
	A	B
Железные сердечники и другие части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	65°	85°
Контактные кольца	70°	90°
Коллекторы	65°	85°
Подшипники скольжения	45°	45°
Подшипники качения	60°	60°

1. Пусковые моменты. Испытания на кратковременную перегрузки по току (§§ 95—99).

Цель испытаний — проверка механической мощности машины и обеспечивает бесперебойной работы в условиях эксплоатации, в которых перегрузки по току неизбежны.

Машины постоянного тока мощностью более 1 *квт* должны быть в состоянии выдерживать на испытательном стенде 50%-ную перегрузку по току в течение 15 сек.

Машины переменного тока должны быть в состоянии выдерживать на испытательном стенде 50%-ную перегрузку по току:

а) при мощности до 1000 *ква* включительно — в течение 15 сек.;

б) при больших мощностях (за исключением гидро- и турбогенераторов) в течение 2 мин.;

в) турбо- и гидрогенераторы в течение 2 мин.

При всех вышеуказанных испытаниях величина напряжения не оговаривается.

Машины синхронные должны выдерживать испытание прочности конструкции на ударный ток короткого замыкания в режиме холостого хода генератором при номинальной скорости вращения и при 125% номинального напряжения.

2. Кратности начального и минимального вращающих моментов трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (§ 74) должны соответствовать данным, указанным в таблице (значения $M_{нач}$ и M_{min} — см. фиг. 2).



Фиг. 2.
Моменты $M_{нач}$ и M_{min}.

	$M_{нач}/M_н$	$M_{min}/M_н$
Все двигатели, кроме крановых	$\geqslant 0{,}9$	$\geqslant 0{,}6$
Крановые двигатели при ПВ = 25% . . .	$\geqslant 1{,}65$	$\geqslant 1{,}4$

§ 8. Крутящий момент и передаточное число

1. Крутящий (вращающий) момент

Если r — радиус ($м$) и D — диаметр ($м$) окружности (колеса, шкива барабана и т. п.), на которой приложена сила Q, то $M = Qr = \frac{QD}{2}$ $кГм$.

В практических единицах:

$$M = 716{,}2\,\frac{P\ ЛС}{n}\ кГм =$$

$$= 71\,620\,\frac{P\ ЛС}{n}\ кГсм \approx 720\,\frac{P ЛС}{n}\ кГм \approx 72\,000\,\frac{P\ ЛС}{n}\ кГсм$$

(ошибка от округления = 0,53%) или

$$M = 974\,\frac{P\ квт}{n}\ кГм = 97\,400\,\frac{P\ квт}{n}\ кГсм.$$

2. Передаточное число

Если D_1 и n_1 — диаметр и число об/мин ведущего колеса (шкива), D_2 и n_2 — диаметр и число об/мин ведомого шкива, i передаточное число, то

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\text{об/мин ведущего колеса}}{\text{об/мин ведомого колеса}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1};\qquad D_1 n_1 = D_2 n_2$$

(без потери скорости).

Здесь передаточное число i определяется как отношение чисел оборотов в направлении силового потока (такое определение принято в ОСТ-ВКС 8089 „Зубчатые зацепления"). Часто определяют передаточное число в обратном смысле, т. е. как отношение числа об/мин ведомого вала к числу об/мин ведущего.

Если M_1 и M_2 — моменты на валу ведомом и, соответственно, ведущем, и к. п. д. передачи η, определяемый как отношение мощностей, то вместо следующие соотношения:

Приближенные соотношения $D_1 n_1 \cong 1{,}03 D_2 n_2$ (с потерей скорости — ременная передача).

$$M_2 = M_1\,\frac{n_1}{n_2} = iM_1.$$

Точные соотношения ($i > 1$): потеря скорости (скольжение)

$$\sigma = \frac{\frac{n_1}{i} - n_2}{\frac{n_1}{i}},$$

$M_2 = \frac{\eta_1}{1-\sigma} M_1$ (для ременной, эластичной передачи);

$M_2 = \eta i M_1$ (для зубчатой, жесткой передачи).

§ 47. Коэффициент полезного действия механических передач

Род механической передачи		к. п. д.
Ременная передача		0,94—0,98
Ременная передача „Леникс"		0,95—0,98
Клиноременная передача		0,80—0,98
Передача стальной лентой		0,98—0,99
Червячная передача		0,90
Зубчатая передача:		
а) шлифованные зубья		0,99
б) точно нарезанные зубья		0,98
в) менее точно нарезанные зубья		0,975
г) необработанные зубья		0,96
Цилиндрическая с косыми зубьями		0,97—0,98
Цилиндрическая с шевронными зубьями		0,985
Коническая зубчатая передача		0,97—0,98
Планетная передача		0,98
Фрикционная передача		см. стр. 160
Винтовая передача		0,70—0,80
Трение опор:		
а) плохая смазка		0,94
б) хорошая смазка		0,97
в) кольцевая смазка		0,98
г) шариковый подшипник		0,99
Барабан канатный	Включая потери на трение в опорах	0,95
Барабан цепной		0,97
Блок канатный		0,97
Блок цепной $\alpha = 90°$		0,96
Блок канатный $\alpha = 180°$		0,96
Блок цепной $\alpha = 180°$		0,94
Полиспаст при $i = 2:1$		0,98
Полиспаст при $i = 3:1$		0,96
Полиспаст при $i = 4:1$		0,94

1. Коэфициент полезного действия вала червяка

Угол подъема нарезки . .	4°	6°	8°	10°	15°	20°
Червяк и колеса из чугуна необработанные, смазанные ($\mu = 0{,}15$)	0,29	0,35	0,44	0,48	0,56	0,60
Стальной червяк по бронзе, фрезерованный, масляная ванна ($\mu = 0{,}1$) . . .	0,37	0,45	0,52	0,57	0,64	0,68
Тщательно выполненная конструкция, в масляной ванне ($\mu = 0{,}05$)	0,54	0,60	0,66	0,69	0,74	0,77

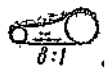
Таблица учитывает потери в опорах, равные 10%. Результирующ... к. п. д. для червячной передачи $\eta = \eta_s \cdot \eta_b$, где η_b — к. п. д. опор чер... вячного колеса, η_s — к. п. д. вала червяка.

2. Средние данные для нормальных к. п. д. различных звеньев передачи

Наименование звена	Средний к. п. д.
Канатная передача	0,90
Ременная передача	0,95
Зубчатая передача	0,97
Ступень трансмиссии	0,95
Генератор	0,92
Сеть при групповом приводе	0,98
Сеть при одиночном приводе	0,97
Одиночный нерегулируемый двигатель . .	0,88
Одиночный регулируемый двигатель . . .	0,82

§ 5. Передаточные числа и расположение ременных передач

Расположение привода (фиг. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10) определяет устимое передаточное число. Эта зависимость указана следующей

Расположение передачи	Наибольшее допустимое передаточное число (при нормальном расстоянии между осями валов)	
Горизонтально или наклонно к горизонтальному	Нижняя ветвь ведущая	Верхняя ветвь ведущая
	 Фиг. 3.	 Фиг. 4.
Наклонно вниз	Нижняя ветвь ведущая	Верхняя ветвь ведущая
	 Фиг. 5.	 Фиг. 6.
Наклонно вверх	Нижняя ветвь ведущая	Верхняя ветвь ведущая
	 Фиг. 7.	 Фиг. 8.
Вертикально вниз или вверх	Пригод вниз	Привод вверх
	 Фиг. 9.	 Фиг. 10.

§ 6. Разме[illegible]еменных шкивов для электродвигателей[1]

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при натяжном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	B_p мм	D_1 мм	B_1 мм	B_{p_1} мм	D_2 мм	B_2 мм	B_{p_2} мм	Пределы мощности, *квт*				
10	23	50	40	30							0,06—0,125				
12	30	50	40	30							0,1 —0,15				
		63	40	30							0,16—0,21				
14	30	50	40	30				Во всех случаях указанный в таблице диаметр шкива является минимальным			0,15—0,25				
		63	40	30	50	40	30				0,26—0,37				
16	40	63	40	30	50	40	30				0,2 —0,4	0,1 —0,17			
		80	40	30	63	40	30				0,41—0,6	0,18—0,25			

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при натяжном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	$B_р$ мм	D_1 мм	B_1 мм	$B_{р_1}$ мм	D_2 мм	B_2 мм	$B_{р_2}$ мм	Пределы мощности, квт				
18	40	63	40	30	50	40	30	Во всех случаях указанный в таблице диаметр шкива является минимальным			0,3 —0,65	0,2 —0,45			
		100	50	40	80	40	30				0,66—0,97	0,46—0,7			
19/20	50	100	50	40	80	40	30				0,5 —1	0,3 —0,6			
		125	50	40	100	50	40				1,1 —1,42	0,61—0,9			
22	50	100	50	40	80	40	30				0,8 —1,45	0,5 —0,9			
		125	50	40	100	50	40				1,46—2	0,91—1,3			
24/25	60	125	60	50	100	50	40				1,3 —2,4	0,8 —1,4			
		160	60	50	125	50	40				2,5 —3,2	1,5 —2			
28	60	125	85	70	125	50	40				1,9 —3	1,2 —2,1			
		160	85	70	125	60	50				3,1 —4,2	2,2 —3			

Продолжение

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при натяжном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	$B_р$ мм	D_1 мм	B_1 мм	$B_{р_1}$ мм	D_2 мм	B_2 мм	$B_{р_2}$ мм	Пределы мощности, квт				
30	80	160	100	80	125	85	70				2,7—4	1,7—3,2			
		250	100	80	160	85	70				4,1—5,9	3,3—4,7			
32	80	160	100	90	125	85	70				3,8—5	2,3—3,9	0,8—1,9		
		250	100	90	160	85	70				5,1—7,1	4,0—5,2	2,0—3		
35	80	200	125	100	160	85	70	Во всех случаях указанный в таблице диаметр шкива является минимальным			5,0—7,2	3,0—4,7	1,5—3		
		250	125	100	200	100	90				7,3—9,5	4,8—6,3	3,1—4,5		
40	110	250	125	100	200	100	90				7,0—10	4,5—7,2	2,5—5		

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при двойном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	B_p мм	D_1 мм	B_1 мм	B_{p_1} мм	D_2 мм	B_2 мм	B_{p_2} мм	Пределы мощности, квт				
45	110	250	150	125	200	125	100	Во всех случаях указанный в таблице диаметр шкива является минимальным			12 —16,5	8,0—11	5,0—7,5		
		220	150	125	250	125	100				16,6—20,5	11,1—14,5	7,6—10		
50	110	300	175	150	250	150	125				17,5—24	12,5—16,5	8,0—11,5	6,0— 9,0	
		400	175	150	320	150	125				24,5—30	16,6—20,5	11,6—15	9,1—12	
55	110	300	200	175	250	150	125				24,5—32	17,5—22	12 —16,5	9,0—12,5	
		400	200	175	320	150	125				32,5—40	22,5—27	16,6—20,5	12,6—16	
60	140	360	200	175	300	200	175				34—43	22 —28,5	16 —21	12 —16,5	
		450	290	175	360	200	175				43,5—52	29 —35	21,1—26	16,6—20,5	
65	140	400	250	225	360	200	175				45—57	30 —38,5	20 —27,5	16—22	
		500	250	225	400	200	175				57,5—70	39—47	28—35	22,5—28	

Продолжение

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при натяжном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	$B_р$ мм	D_1 мм	B_1 мм	$B_р$ мм	D_2 мм	B_2 мм	$B_{р_2}$ мм	Пределы мощности, *квт*				
70	140	450	250	225	360	250	200				60—70	40—48,5	28—35	22—28	
		560	250	225	450	250	200				70,5— 85	49—57	35,5—42	28,5—34	
75	140	450	300	250	400	250	225				75—90	48—60	35—45	27—35	16,5—26
		560	300	250	450	250	225	400	400	350	90,5—110	60,5—73	45,5—55	35,5—44	26,5—36,5
80	170	400	350	300	320	250	225	320	450	400	90—100	60—73	45—55	35,5—44	28—35
		500	350	300	400	250	225	400	450	400	111—130	73,5—86	55,5—65	44—52	35,5—42
		630	350	300	500	250	225	500	450[1]	400	131—150	86,6—100	65,5—75	58,5—60	42,5—50
85	170	450	350	300	360	250	225	360	450	400	115—130	70—97,5	60—73	45—55	35—44
		500	350	300	400	250	225	400	450	400	131—150	98—115	73,5—87	55,5—65	44,5—54

Конец вала		Шкив нормальный		Ремень	Шкив при натяжном ролике		Ремень	Шкив при добавочном подшипнике		Ремень	Число об/мин				
											1 500	1 000	750	600	500
d мм	l мм	D мм	B мм	B_p мм	D_1 мм	B_1 мм	B_{p_1} мм	D_2 мм	B_2 мм	B_{p_2} мм	Пределы мощности, квт				
85	170	630	350	300	500	250	225	400	450	400	См. сноску 4	115,5—133	87,5—100	65,5—78	54,5—64
		710	350	300	560	250	225	560	450	400	„	133,5—150	101—115	78,5—91	64,5—76
90	170	710	400	350	560	300	250	560	450	400	„	140—170	100—120	80—110	68—86
								630	450[1]	400	„	171—199	121—145	111—130	87—100
								710	500[2]	450	„	200—230	146—170	131—150	101—120
100	210							710	600	550	„	См. сноску 4	150—225	120—140	100—135
								710	500	450[3]	„	„	226—265	141—190	136—165
110	210							900	500	450[3]	„	„	См. сноску 4	150—205	125—170
								900	600	500[3]	„	„	„	206—270	171—225
120	210							1 000	600	550[3]	„	„	„	См. сноску 4	220—300

d — диаметр конца вала; l — длина ступицы шкива; D — наружный диаметр шкива; B — ширина шкива; B_p — ширина ремня.

[1] Для 1 000 об/мин допускается шкив ∅ 560 × 500, ширина ремня 450 *мм*.
[2] Для 1 000 об/мин допускается шкив ∅ 560 × 600, ширина ремня 550 *мм*.
[3] Ремень двойной толщины.
[4] Эти машины строятся только для соединения муфтой, зубчатой или канатной передачами.

§ 7. Расстояние между валами для ременных передач

При ременной передаче с нормальными шкивами допускается мгновенная перегрузка не более 20% номинального момента. В случаях бо́льших мгновенных перегрузок требуются шкивы больших размеров, причем при мгновенной перегрузке на 100% требуется шкив с увеличенным на 50% диаметром или шириной.

Минимальные расстояния между центрами валов, соединенных ременной передачей, для нормальных диаметров шкивов и передаточных чисел указаны в следующей таблице.

Диаметр меньшего шкива *мм*	Минимальное допустимое расстояние в *мм* между центрами валов (без натяжного ролика) при передаточных числах				
	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
360	2 900	3 400	3 800	4 200	5 200
400	3 100	3 600	4 000	4 600	5 760
450	3 300	3 800	4 200	5 100	6 300
500	3 500	4 000	4 500	5 700	7 100
560	3 700	4 300	4 900	6 400	8 000
630	3 900	4 600	5 300	7 100	9 000
710	4 100	4 800	5 900	8 600	10 200
800	4 400	5 200	6 600	9 100	—
900	4 700	5 600	7 400	—	—
1 000	5 000	6 000	8 200	—	—

Глава 4. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

§ 8. Рабочие токи электродвигателей

Рабочие токи электродвигателей при полной нагрузке определяются по следующим формулам:

Постоянный ток. $$I = \frac{1\,000\,P_н}{\eta_н U_н} = CP_н \text{ ампер.}$$

Трехфазный ток. $$I = \frac{1\,000\,P_н}{\sqrt{3}\,\eta_н U_н \cos\varphi_н} = C_1 P_н \text{ ампер,}$$

где $P_н$ — мощность в *квт*; $U_н$ — рабочее напряжение в *в*; $\cos\varphi_н$ — коэффициент мощности; $\eta_н$ — к. п. д.

Все величины относятся к полной номинальной нагрузке. Постоянные величины-множители при $P_н$ объединены в один коэфициент C (или C_1), который определяет количество ампер, забираемых электродвигателем на 1 *квт* мощности при полной нагрузке. При ориентировочных подсчетах можно пользоваться коэфициентами C и C_1 из следующих таблиц.

Двигатели постоянного тока

Рабочее напряжение *в*	Мощность двигателя *квт*	Значение C *а/квт*
110	Для всех мощностей	6
220		4
440		2
500		1,8

Примечание. Для крановых двигателей значения C выше на 25%—50% (большие значения относятся к меньшим мощностям и наоборот).

Двигатели трехфазного тока

Рабочее напряжение *в*	Мощность двигателя *квт*	Значение C_1 *а/квт*
110	До 4	8—10
	>4	6
220	До 2	4
	>2	3
380	До 2	2,5
	>2	2
500	До 2	1,75
	>2	1,5
3 000	Всех мощностей	0,25
6 000	То же	0,12

§ 9. Сопротивление обмоток электрических машин

1. Основные расчетные формулы

Номинальные сопротивления. а) Для двигателей постоянного тока номинальное сопротивление R_n — такое, которое при неподвижном якоре и номинальном напряжении сети U_n обусловит номинальный ток I_n в якоре, т. е. $R_n = \frac{U_n}{I_n}$ *ом*.

б) Для асинхронных двигателей с кольцами под R_n понимается такое активное сопротивление фазы ротора, которое при неподвижном роторе и номинальных частоте и напряжении обусловит номинальный ток I_{2n} в роторе, т. е. $R_n = \frac{E_2}{1{,}73\, I_{2n}}$ *ом*, где E_2 — электродвижущая сила между кольцами неподвижного разомкнутого ротора (у двигателей повторно-кратковременного режима E_2 и I_{2n} относятся к 25% ПВ).

Действительные сопротивления (ориентировочные формулы):

для генераторов: $R_{якг} \approx \frac{U_n^3}{2\,P_n}(1-\eta)\,\frac{1}{\eta}\,10^{-3}$ *ом*; для двигателей $R_{якд} \approx \frac{U_n^2}{2\,P_n}(1-\eta)\,\eta \cdot 10^{-3}$ *ом*, где U_n — рабочее напряжение в *в*; P_n — номинальная мощность в *квт*; η — к. п. д. при полной нагрузке. Менее точная формула, общая для генераторов и двигателей: $R_{як} \cong \frac{0{,}5\,U_n}{I_n}(1-\eta)\,10^{-3}$, или еще более приближенная; $R_{як} \approx \frac{0{,}03\,U_n}{I_n}$.

2. Формулы для двигателей различного рода

Шунтовой двигатель. $R_{як} = \frac{U_n}{I_n} \cdot \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 0{,}5\,(1-\eta)\frac{U_n}{I_n}$ ом

$$R_{дв} = R_{як}.$$

Компаундный двигатель. Принято: ампервитки сериесные = ампервиткам шунта при $I = I_n$; $R_{як}$ — как для шунтового двигателя; $R_{сер} = 0{,}2\,R_{як}$.

$$R_{дв} = 1{,}2\ R_{як} = 0{,}6\ (1-\eta)\ \frac{U_n}{I_n}\ ом.$$

Сериесный двигатель. $R_{як}$ — как для шунтового двигателя; $R_{сер} = 0{,}5\,R_{як}$.

$$R_{дв} = 1{,}5\,R_{як} = 0{,}75\,(1-\eta)\ \frac{U_n}{I_n}\ ом.$$

$R_{дв}$ — полное сопротивление между клеммами, равное сопротивлению якоря $R_{як}$ + сопротивление сериесной обмотки $R_{сер}$.

Сопротивление катушек сериесных электромагнитных тормозов к двигателям (в среднем)

$$R_{торм} = 0{,}5 R_{як}.$$

Асинхронный двигатель. Сопротивление фазы ротора

$$R_{рот} \approx \frac{0{,}6\ s_n E_2}{I_{2n}} = \frac{E_2^2}{P_n}\ s_n\ 10^{-3}\ ом,$$

$$I_{2n} = 588\ \frac{P_n}{E_2\,(1-\eta)} = 610 \div 640\ \frac{P_n}{E_2}\ а,$$

где s_n — номинальное скольжение двигателя.

Омическое сопротивление одной фазы обмотки находится по формуле $R = \frac{l}{kqa}$ ом, где l — общая длина проводников в $м$; k — удельная проводимость меди; q — поперечное сечение провода в $мм^2$; a — число параллельных ветвей обмотки. Так как для меди $k = 57$ при 18° С, то для нормальных условий нагрева (повышение температуры $\Delta t = 45$–50° С) можно принимать $k = 48$. В общем случае точное значение $k = \frac{57}{(1 + 0{,}004\,\Delta t)}$, где Δt — повышение температуры. При переменном токе токи Фуко и неравномерное распределение плотности тока по сечению проводника обусловливают увеличение активного сопротивления R_a проводника по сравнению с омическим сопротивлением R_g, полученным при помощи измерения постоянным током. Отношение $K_f = \frac{R_a}{R_g}$ называется коэфициентом Фильда и составляет для обмотки статора асинхронных двигателей:

для тонких проводов прямоугольного или круглого сечения	1,04—1,12
для проводов больших сечений	1,15—1,30

Для определения сопротивлений x, y, z трехфазных обмоток при недоступности нулевой точки измеряют сопротивления между парами зажимов 1—2 (A), 2—3 (B), 3—1 (C) и тогда:

В случае:	При соединении обмоток в звезду	При соединении обмоток треугольником
неравенства сопротивлений отдельных фаз	$x=\frac{1}{2}(A-B+C)$ $y=\frac{1}{2}(B-C+A)$ $z=\frac{1}{2}(C-A+B)$	$x=\frac{2(AB+BC+CA)-(A^2+B^2+C^2)}{2(B+C-A)}$ $y=\frac{2(AB+BC+CA)-(A^2+B^2+C^2)}{2(C+A-B)}$ $z=\frac{2(AB+BC+CA)-(A^2+B^2+C^2)}{2(A+B-C)}$
равенства сопротивлений отдельных фаз	$x=y=z=\frac{1}{2}\cdot A$	$x=y=z=\frac{3}{2}\cdot A$

Если к двум зажимам 1—2 трехфазной обмотки с недоступной нулевой точкой подать напряжение, то мощность, потребляемая обмоткой, независимо от схемы включения, звездой или треугольником, выражается одной и той же формулой $P=1{,}5\ I_л^2 R_ф$ *вт*, где $I_л$ — ток в *а* в линейном проводе и $R_ф=A$ — сопротивление в *ом*, измеренное между зажимами.

§ 10. Асинхронные и синхронные машины

1. Технические показатели асинхронных двигателей нормального исполнения

Мощность двигателя *квт*	Ходовое число об/мин	Падение напряжения в обмотках статора %	Плотность тока в обмотках $a/мм^2$		Практические пределы величин	
			статора	ротора	к. п. д.	cos φ
0,1—1	3 000	11—6	4,4—4	6,7—5,8	0,70—0,81	0,70—0,80
1,1— 7,5	1 500	6—4	4 —3,7	5,8—5,1	0,80—0,86	0,80—0,85
7,6— 25	1 000	4—3	3,7—3,5	5,1—4,8	0,86—0,89	0,83—0,88
26 — 100	750	3—2	3,5—3,3	4,8—4,5	0,88—0,91	0,87—0,91
101 —1000	500	~2	~3,2	4,5—4,4	0,92—0,93	0,90—0,93
>1000	300	~1,5	~3	4,4—4,2	0,93—0,94	~0,93

2. Плотность тока в обмотках в зависимости от сечения провода

Сечение провода *мм²*	Плотность тока в обмотках *а/мм²*
0,5— 1	6 —6,5
1,5— 4	5,5—4,5
4 — 10	4,5—4
10 — 20	4 —3,5
25 — 60	3,5—3
60 —120	3 —2,5
120 —240	2,5—2,25

3. Падение напряжения в обмотках синхронных машин

Мощность *ква*	Падение напряжения %
2— 10	20—15
10— 25	15—10
25— 100	12— 8
100—1 000	9— 7
1 000—5000	7— 5
>5 000	5— 3

4. Расстояния при изоляции обмоток от железа

Напряжение *в*	Изоляция паза	Толщина *мм*	Расстояние обмоток от корпуса и между фазами *мм*	Длина выступа изоляционной трубки *мм*
550	Бумага	1	10	5—10
1 000	Бумага	1,2	15	5—10
3 300	Миканит	2	25	7—12
6 600	Слюда	3	30	9—14
1 100	Слюда	3,5	40	13—17

5. Изменение мощности асинхронного двигателя в зависимости от исполнения корпуса

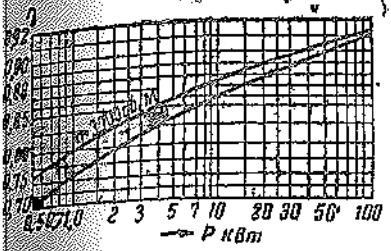
Число об/мин	Мощность открытого типа	Защищенный с вентиляцией		Закрытый с вентиляцией		Совершенно закрытый	
		до 100 *квт*	от 100 до 1 000 *квт*	до 100 *квт*	от 100 до 1.000 *квт*	до 3 *квт*	от 3 до 50 *квт*
3 000	1	1	0,9	0,85	0,85	0,4	—
1 500	1	1	0,9	0,85	0,8	0,4	0,25
1 000	1	1	0,85	0,85	0,75	0,45	0,30
750	1	0,95	0,85	0,80	0,75	0,5	0,45
500 и ниже	1	0,95	0,90	0,80	0,7	0,5	0,45

Плотность тока в обмотках асинхронных двигателей:

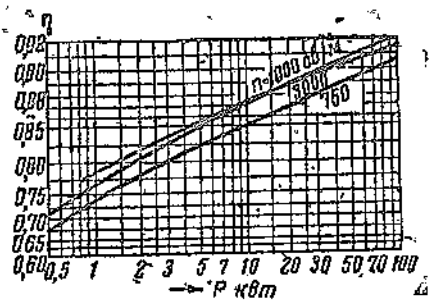
Обмотка статора (нормальный, открытый тип)	от 3	до 4,5	$a/мм^2$
Обмотка статора (нормальный, закрытый тип)	„ 2	„ 3	„
Обмотка ротора	„ 3,5	„ 4	„

Вследствие лучших условий охлаждения ротора иногда допускаются более высокие значения: от 4 до 6 $a/мм^2$.

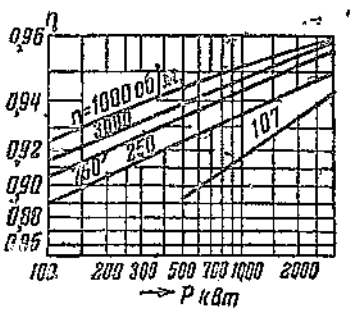
6. Коэфициент полезного действия асинхронных электродвигателей (средние значения для двигателей нормального типа, фиг. 11, 12 и 13) [1]



Фиг. 11. К. п. д. асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.



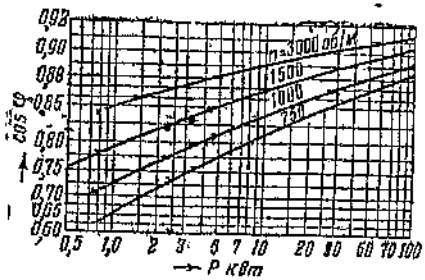
Фиг. 12. К. п. д. асинхронных двигателей с контактными кольцами до 100 *квт*.



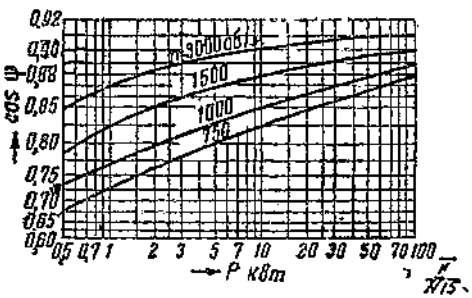
Фиг. 13. К. п. д. асинхронных двигателей с контактными кольцами свыше 100 *квт*.

[1] Величины к. п. д. относятся к номинальной нагрузке.

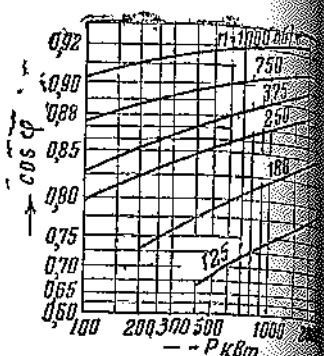
телей нормального типа, фиг. 14, 15 и 16) [1]



Фиг. 14. Cos φ асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.



Фиг. 15. Cos φ асинхронных двигателей с контактными кольцами до 100 *квт*.



Фиг. 16. Cos φ асинхронных дви телей с контактными кольц свыше 100 *квт*.

[1] Величины cos φ относятся к номинальной нагрузке.

Технические данные для выбора проводов и предохранителей

Тип	об/мин	Мощность квт	$I_{ном}$ а	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
АД				
21/2	3 000	1,6	3,5	8
22/2		2,2	4,6	8
31/2		3,2	6,6	8
32/2		4,2	8,5	9
41/2		5,1	10,3	8
42/2		7,2	14,3	7,5
51/2		10	19,8	7,5
52/2		12	23,9	7,5
61/2		16	31,4	5,5
62/2		20	38,6	6
71/2		28	53,7	5,5
72/2		35	66,5	6
81/2		48	91	5,5
82/2		60	112	6
91/2		80	148	5
92/2		96	177	5,5
101/2		118	218	5
102/2		148	272	5,5
21/4	1 500	1,0	2,5	5
22/4		1,5	3,5	5
31/4		2,2	5	5,5
32/4		3,2	6,9	6
41/4	1 500	4,3	9,2	6,5
42/4		5,8	12	6,7
51/4		7,8	16	7,5
52/4		10,0	20,3	8
21/6	1 000	0,55	1,7	4
22/6		0,85	2,5	4
31/6		1,2	3,2	5
32/6		1,8	4,6	5
41/6		2,7	6,5	6
42/6		3,5	8,2	6
51/6		5	11,3	6
52/6		6	13,2	6
51/8	750	2,8	7,5	4
52/8		3,5	9	4
АДО				
21/2	3 000	1,4	3,1	9
22/2		1,7	3,8	9,5
31/2		2,5	5,5	9,5
32/2		3,0	6,6	11,0
41/2		4,1	8,8	9,5
42/2	3 000	4,8	10,5	9,5
51/2		6,5	13,9	9,5
52/2		7,5	16,0	9,5
21/4	1 500	0,8	2,1	6
22/4		1,1	2,9	6,5
31/4		1,7	4,2	6,5
32/4		2,3	5,6	7
41/4		3,4	7,8	7,5
42/4		4,2	9,6	7,5
51/4		6,0	13,1	9
52/4		7,0	15,7	10
21/6	1 000	0,5	1,7	4
22/6		0,7	2,4	4,5
31/6		1,0	3,0	5
32/6		1,4	4,1	5,5
41/6		2,0	5,4	7,5
42/6		2,5	5,8	7,5
51/6		3,6	9,2	7,5
52/6		4,5	10,9	7,5
51/8	750	2,1	6,2	5
52/8		2,6	7,3	5

Продолжение

Тип	об/мин	Мощность *квт*	$I_{ном}$ *а*	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
И2				
20/4	1 500	1,3	2,9	5
21/4		2,2	5	5,5
30/4		3,7	7,8	6
31/4		5,2	10,7	7
20/6	1 000	0,8	2,1	4
21/6		1,3	3,2	4
30/6		2,5	5,8	4,5
31/6		3,5	7,9	5
МА-200				
202-1/4	1 500	13	25,8	6,5
202-2/4		17	33,4	6,5
203-1/4		22	42,8	6,5
203-2/4		28,5	54,6	6,5
204-1/4		37	70,3	6,5
204-2/4		48	90,2	6,5
205-1/4		60	112	6
205-2/4		72	134	6
206-1/4		85	158	6
206-2/4		105	194	6
202-1/6	1 500	9,1	19,4	6
202-2/6		11,8	25	6
203-1/6		15,2	31,6	6
203-2/6		19,7	40,5	6
204-1/6		25,5	51,7	6
204-2/6		32	63,6	6
205-1/6		40	79,5	6
205-2/6		48	93	6
206-1/6		58	111	6
206-2/6		72	136	6
202-1/8	1 000	6,4	14,4	4,5
202-2/8		8,3	18,4	4,5
203-1/8		11	24	5,5
203-2/8		14	29,9	5,5
204-1/8		18,1	38	5,5
204-2/8		23,5	48	5,5
205-1/8		30	60,8	5,5
205-2/8		36	71,7	5,5
206-1/8		44	86,3	5,5
206-2/8		53	103	5,5
И				
10/2	3 000	0,35	0,91	6
11/2		0,75	1,75	6
10/4	1 500	0,25	0,735	6
11/4		0,52	1,35	6
УТ и УТМ				
1500/6,8	1 500	6,8	15,4	5,5÷6,5
1500/10		10	22,1	
1500/14,5		14,5	31,8	
1500/20,8		20,5	44,5	
1500/29		29	61	
1500/40		40	82,3	
1500/55		55	110	
1500/75		75	149	
1000/4,5	1 000	4,5	11	5,5÷6,5
1000/6,8		6,8	15,8	
1000/10		10	22,1	
1000/14,5		14,5	32	
1000/20,5		20,5	43,8	
1000/29		29	61	
1000/40		40	83,2	
1000/55		55	112,5	
750/2,85	750	2,85	7,4	7
750/4,5		4,5	11,3	7

Тип	об/мин	Мощность кат	$I_{ном}$ а	$\frac{I_{макс}}{I_{ном}}$
УТ и УТМ				
750/6,8	750	6,8	16,4	7
750/10		10	23,4	7
750/14,5		14,5	34	5 ÷ 6
750/20,5		20,5	47,2	5 ÷ 6
750/29		29	62,2	5 ÷ 6
750/40		40	85,3	5 ÷ 6
МА-140				
142-1/4	1500	5,5	11,6	5,5
142-2/4		8,0	16,3	6,5
143-1/4		11,4	23	5,5
143-2/4		16,0	31,5	6
144-1/4		21,5	42,2	6,5
144-2/4		29	56,2	7
145-1/4		40	77,2	6
145-2/4		53	101	6,5
149-1/4		72	145	6,5
146-2/4		95	185	6,5
142-1/6	1000	3,8	8,9	5
142-2/6		5,5	12,5	5,5
143-1/6		8,0	17,5	5
143-2/6	1000	11	23,5	5,5
144-1/6		15	32	5
144-2/6		20,5	42,8	6
145-1/6		28	55,5	5,5
145-2/6		38	75	5,5
146-1/6		50	97	6
146-2/6		65	126	6
142-1/8	750	2,7	7,1	5
142-2/8		4,0	10,1	5
143-1/8		5,8	13,9	5,5
143-2/8		8	18,4	6
144-1/8		11	26	5,5
144-2/8		15	34,6	6
145-1/8		21	45,4	5,5
145-2/8		28	60,5	6
146-1/8		37	78,1	5,5
146-2/8		50	104,5	5,5
ИЗО$_2$				
20/4	1500	1,1	2,7	5,5
21/4		1,95	4	6,5
30/4		3,2	6,8	6,5
31/4		4,5	9,3	7,5
20/6	1000	0,75	2,1	4
21/6		1,1	2,9	4,5
30/6		2	4,9	5
31/6		3	7,8	5,5
БАО$_2$				
31/4	1500	5	10,6	6
32/4		7	14,6	7
41/4		10	20,6	6,5
42/4		15	30,5	7,5
51/4		20,5	42,2	6
52/4		29	57,6	6,5
31/6	1000	3,5	8,2	4
32/6		5	11,5	5
41/6		7	15,7	5
42/6		10	21,7	6
51/6		15	31,2	6
52/6		20,5	41,9	6,5
31/8	750	2,3	6,3	3,5
32/8		3,5	9,1	4
41/8		5,5	13	4
42/8		8	18,6	4,5
51/8		10	22,4	5
52/8		15	33	5

Продолжение

Тип	об/мин	Мощность *квт*	$I_{ном}$ *а*	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
АТ				
811/4	1500	29	56	5
812/4		34	65	4,8
813/4		40	76	4,8
821/4		46,5	87,5	4,8
911/4		55	103	5,6
921/4		65	121	5,6
931/4		75	136	5,5
811/6	1000	20,5	42	5,2
812/6		24,5	50	5,3
813/6		29	58,5	5,4
821/6		34	68	5,2
911/6		40	80	4,8
921/6		46,5	92	5
931/6		57	110	5,5
811/8	750	16	34	4,5
812/8		19	40	4,9
813/8		22,5	46,5	4,9
821/8		26	53,5	4,6
911/8		37	63	4,3
921/8		36	72,5	4,3
931/8		44	88	5,2

Тип	об/мин	Мощность *квт*	$I_{ном}$ *а*	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
МКМБ — форма „С"				
11/4	1500	3,8	7,9	6,5
12/4		5,5	11,2	6,5
13/4		7,2	14,3	6,5
14/4		9,5	19,2	6,5
15/4		13	25,8	6,5
11/6	1000	2,5	5,75	6
12/6		3,5	7,85	6
13/6		4,5	10	6
14/6		6	13,1	6
15/6		8,7	18,7	6
15/8	750	7,3	16,3	5,5
МКМБ — форма „К"				
11/4	1500	1,8	4,25	6,5
12/4		2,2	5,3	6,5
13/4		2,7	6,4	6,5
14/4		3,4	7,5	6,5
15/4		4,5	9,5	6,5

Тип	об/мин	Мощность *квт*	$I_{ном}$ *а*	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
11/6	1800	1,2	3,0	6
12/6		1,6	3,8	6
13/6		2,0	5,1	6
14/6		2,4	6,3	6
15/6		3,6	7,9	6
15/8	750	2,8	6,8	5,5
aPRV				
119-3000	3000	7,5	15,3	6,5
119d-3000		11	21,8	6,5
139-3000		15	29	6
139d-3000		22	42,2	6
159-3000		30	57,2	6,5
159d-3000		40	76	6
189-3000		50	93	6,5
189d-3000		64	119	6
209-3000		80	147	5,5
209d-3000		100	184	5,5
229-3000		125	229	6
229d-3000		160	292	6
98a-1500	1500	4,5	9,7	4,5
98c-1500		6,8	14,3	5,5

aPRV

Тип	об/мин	Мощность квт	$I_{пов}$ а	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
108g-1500	1 500	14,5	30	5
138e-1500		20,5	42	5
138h-1500		29	58	5
166g-1500		40	78	5
166h-1500		55	104	5
98e-1000	1 000	4,5	10,7	4,5
108d-1000		6,8	15,6	4,5
108g-1000		10	22,5	4,5
138e-1000		14,5	32	4,5
138h-1000		20,5	44,5	4,5
166g-1000		29	61	4
166h-1000		40	82	4
108d-750	750	4,5	11	4
108g-750		6,8	16	4
138e-750		10	23,2	4
138h-750		14,5	33	4
166g-750		20,5	45	4
166h-750		29	61	4

МКБ — форма „С"

7/2	3 000	0,74	1,7	4,2
8/2		1,5	3,2	6
9/2		2,58	5,3	6
12/2		3,62	7,2	6
13/4	1 500	3,7	8	5,2
14/4		5,5	11,5	5,2
15/4		7,4	15,1	5,2
17/4		11	22,1	5,2
13/6	1 000	2,2	5,4	4
14/6		3,2	7,6	4
15/6		4,5	10,4	4
17/6		7,4	16,5	5
18/6		8,8	19	5

МКБ — форма „К"

7/2	3 000	0,5	1,2	4,2
8/2		0,7	1,5	6
9/2		1,4	3	6
12/2		1,8	3,7	6
13/4	1 500	1 8	3,9	5,2
14/4		2,2	4,6	5,2
15/4		3,0	6,1	5,2
17/4		3,7	7,4	5,2
13/6	1 000	1,2	2,9	4
14/6		1,6	3,8	4
15/6		2,0	4,6	4
17/6		2,6	5,8	5
18/6		3,5	7,5	5

МТ

51/4	1 500	6,8	13,8	6,5
52/4		8,2	16,5	6,5
61/4		10,5	21	6,5
62/4		13	25,9	6,5
71/4		18	35,4	6,5
72/4		22,5	43,8	6,5
81/4		30	57,8	6,5
82/4		37,5	71,5	6,5
51/6	1 000	4,5	10	6
52/6		5,5	12	6
61/6		7,5	16,2	6
62/6		10	21,3	6
71/6		14	29,4	6
72/6		18	37,3	6
81/6		22,5	46,1	6
82/6		28	56,5	6
61/8	750	5,2	11,9	5,5
62/8		7,1	15,9	5,5
71/8		10	21,8	5,5
72/8		13	28	5,5
81/8		17	35,8	5,5
82/8		21	43,5	5,5

§ 12. Механические характеристики асинхронных двигат

(по каталожным данным)

1. Двигатели с короткозамкнутым ротором

а) По приближенной формуле Клосса

Должны быть заданы 3 величины: 1) номинальное скольжение дв
теля s_n; 2) номинальный момент двигателя M_n; 3) кратность опрокидыв
щего момента $\mu_к = \frac{M_к}{M_n}$.

Тогда механическая характеристика, т. е. $M = f(s)$, может быть пр
ставлена для двигателей с нормальной беличьей клеткой формулой:

$$\frac{M}{M_к} = \frac{2}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s}},$$

где

$$M_к = M_n \mu_к;$$

$$s_к = s_n (\mu_к + \sqrt{\mu_к^2 - 1}).$$

б) По уточненной формуле Клосса

Должны быть заданы 4 величины: 1) номинальное скольжение дв
гателя s_n; 2) номинальный момент двигателя M_n; 3) кратность опроки
вающего момента $\mu_к = \frac{M_к}{M_n}$; 4) кратность пускового момента $\mu_0 = \frac{M_{пуск}}{M_n}$.

Тогда $M = f(s)$ может быть представлена для двигателей с норма
ной беличьей клеткой так:

$$\frac{M}{M_к} = \frac{2 + q}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s} + q},$$

где

$$M_к = M_n \mu_к;$$

$$s_к = \frac{s_n + \sqrt{s_n \frac{\mu_к - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \frac{\mu_к - 1}{\mu_1 - 1}}};$$

$$q = \frac{\left(\frac{1}{s_н} + s_к\right)\frac{\mu_0}{\mu_к} - 2}{1 - \frac{\mu_0}{\mu_н}},$$

где

$$\mu_1 = \frac{\mu_к}{\mu_0}.$$

2. Двигатели с контактными кольцами

Формулы

Должны быть заданы следующие каталожные данные: 1) номинальное скольжение двигателя s_n; 2) номинальный момент двигателя M_n (или мощность P_n, *вт*); 3) кратность опрокидывающего момента $\mu_к = \frac{M_к}{M_n}$; 4) номинальный ток ротора I_2 и 5) напряжение на кольцах ротора при пуске E_2. Выражение $M = f(s)$ имеет тот же вид, что и при короткозамкнутом роторе, т. е.

$$\frac{M}{M_к} = \frac{2 + q}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s} + q},$$

где

$$s_к = \frac{s_n\left[1 + \sqrt{ks_n(\mu_к - 1)}\right]}{1 - ks_n(\mu_к - 1)}; \qquad (1)$$

$$k = 3\frac{I_2^2 E_2^2 (1 - s_n)^2}{\mu_к P_n^2 s_n}; \qquad (2)$$

$$q = ks_к - 2. \qquad (3)$$

Приведенные формулы верны только в том случае, если каталожные данные достаточно точны. Иногда заводы, изготовляющие двигатели, дают в каталогах приближенные значения s_n и $\mu_к$. В этих случаях определение величин q и $s_к$ по формулам (1), (2) и (3) может дать неверные значения.

Пример. Найти аналитическое выражение для механической характеристики двигателя типа МКА 13/6; 2,2 *квт* ($P_n = 2\,200$ *вт*); $s_n = 0{,}085$, $\mu_к = 1{,}8$; $I_2 = 41$ *а*; $E_2 = 36$ *в*. Тогда по формулам (1), (2) и (3):

$$k = \frac{3 \cdot 41^2 \cdot 36^2 (1 - 0{,}085)^2}{1{,}8 \cdot 2\,200^2 \cdot 0{,}085} = 7{,}5;$$

$$s_к = \frac{0{,}085\left[1 + \sqrt{7{,}5 \cdot 0{,}085 \cdot (1{,}08 - 0{,}8)}\right]}{1 - 7{,}5 \cdot 0{,}085(1{,}08 - 0{,}8)} = 0{,}294;$$

$$q = 7{,}5 \cdot 0{,}294 - 2 = 0{,}204;$$

$$\frac{M}{M_к} = \frac{2 + 0{,}204}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s} + 0{,}16}.$$

Так как

$$M_n = 975\frac{2{,}2}{1\,000(1 - 0{,}085)} = 2{,}35\ кГм; \qquad M_к = 1{,}8 \cdot 2{,}35 = 4{,}22\ кГм,$$

то окончательно

$$\frac{M}{4{,}22} = \frac{2{,}204}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s} + 0{,}204} \quad \text{или} \quad M = \frac{9{,}31}{\frac{s}{s_к} + \frac{s_к}{s} + 0{,}204} = f(S).$$

Кратность пускового момента:

$$\mu_0 = \frac{M_{пуск}}{M_н} = \frac{2{,}204}{\frac{1}{0{,}294} + 0{,}294 + 0{,}204} = 0{,}56.$$

По приближенной формуле Клосса имели бы:

$$S_к = 0{,}085\,(1{,}8 + \sqrt{1{,}8^2 - 1}) = 0{,}28, \text{ вместо } 0{,}294;$$

$$\mu_0 = \frac{2}{\frac{1}{0{,}28} + 0{,}28} = 0{,}52, \text{ вместо } 0{,}56,$$

т. е. приближенная формула дает значение μ_0, заниженное на 8%.

§ 13. Работа асинхронного двигателя при отклонении напряжения сети от номинального

Кривые (фиг. 17) построены по формуле:

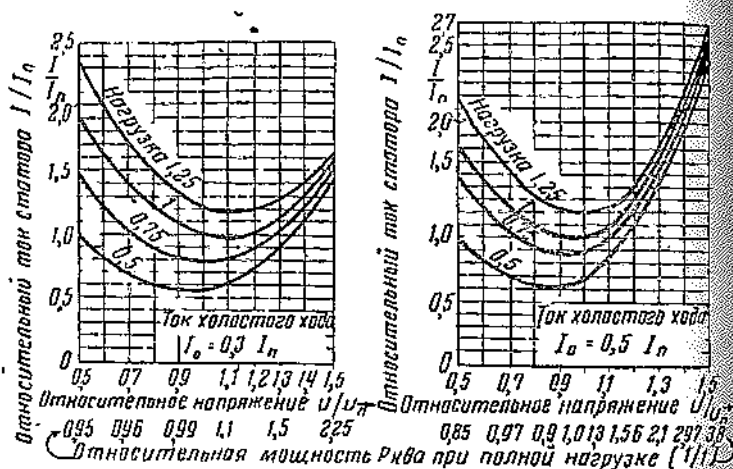
$$i^2 = i_0^2 x^2 + (1 - i_0^2)\left(\frac{m}{x}\right)^2,$$

где $i = \frac{I}{I_n}$ — относительный ток статора;

$i_0 = \frac{I_0}{I_n}$ — относительный ток холостого хода;

$x = \frac{U}{U_n}$ — относительное напряжение;

$m = \frac{M}{M_n}$ — относительный момент нагрузки (все величины в долях от номинальных).



Фиг. 17. Типовые кривые изменения тока статора при различных напряжениях на зажимах и при различных нагрузках на валу двигателя.

	Относительные величины %	Опрокидывающий момент M_{max}	Синхронное число об/мин n_0	Скольжение $s_н$	Обороты при полной нагрузке	К. п. д. при нагрузке			cos φ при нагрузке			Ток при полной нагрузке I	Ток $I_{пуск}$	Нагрев при полной нагрузке
						1/1	3/4	1/2	1/1	3/4	1/2			
Напряжение	110	+21	Без изменения	−17	+1	+0,5 до +1	Практически без изменения	−1 до −2	−3	−4	−5 до −6	−7	+10 до +12	−3°C до −4°C
	90	−19		+23	−0,5	−2		+1 до +2	+2	+3 до +4	+5 до +6	+11	+10 до +12	+6C° до +7°C
Частота	105	−10	+5	Практически без изменения	+5	Несколько увеличивается			Несколько увеличивается			Несколько уменьшается	−5 до −6	Несколько уменьшается
	95	+11	−5		−5	Несколько уменьшается			Несколько уменьшается			Несколько увеличивается	+5 до +6	Несколько увеличивается

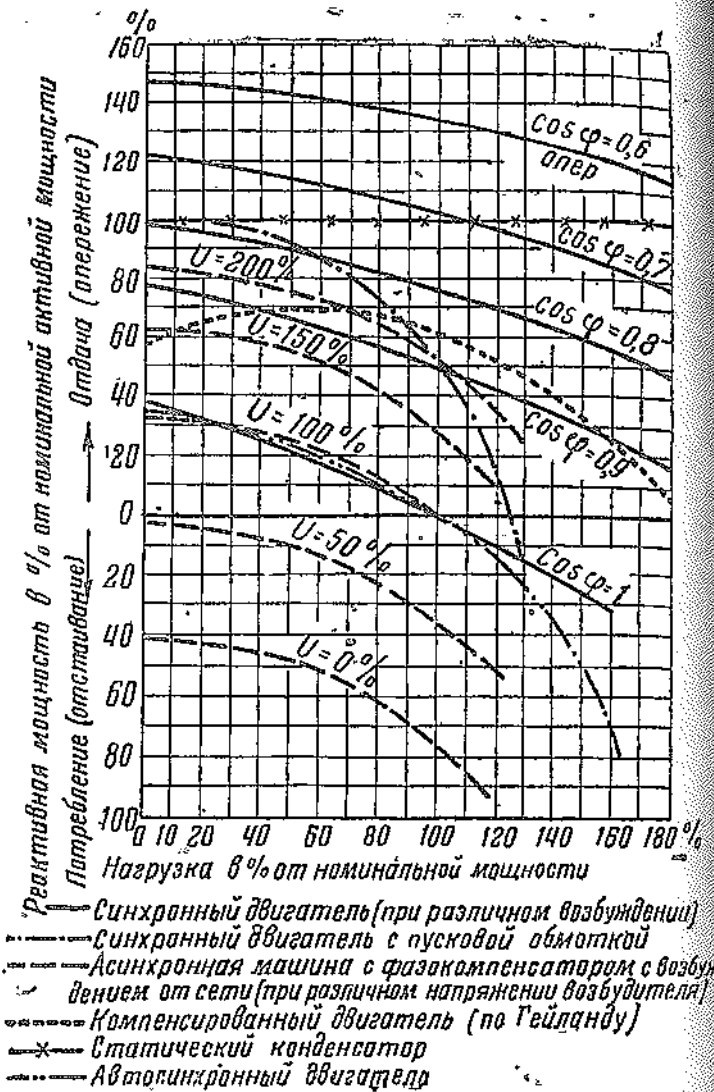
В таблице даны процентные надбавки (+) или вычеты (−) к номинальным величинам при 90 и 110% напряжения и при 95 и 105% частоты. Данные являются ориентировочными и относятся к двигателям нормального типа малых и средних мощностей.

При напряжении в сети $U \gtrless U_{ном}$ пусковой и опрокидывающий моменты получают значения:

$$M'_{пуск} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^2 M_{пуск}; \quad M'_{опр} = \left(\frac{U}{U_{ном}}\right)^2 M_{опр}.$$

При работе двигателя с постоянным моментом нагрузки $M_{ст}$, в случае снижения напряжения, скольжение s двигателя возрастает до величины $s' \approx s\left(\frac{U_{ном}}{U}\right)^2$, т. е. скорость его несколько падает.

§ 14. Изменение реактивной мощности электродвигателя различного типа (при постоянном возбуждении и меняющейся нагрузке на валу, фиг. 18)



Фиг. 18.

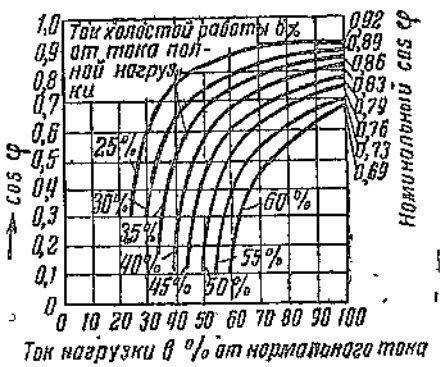
§ 15. Определение cos φ и коэфициента загрузки асинхронного двигателя с помощью амперметра

Для точного определения коэфициента загрузки m и cos φ работающих асинхронных двигателей необходимо пользоваться точными измерительными приборами, причем, как правило, требуется предварительная остановка электродвигателя. Ниже приводятся способы приближенного определения m и cos φ помощью постоянно установленного амперметра для лиц, знающей Дитца, т. е. без остановки двигателя. Оба способа основаны на упрощенной круговой диаграмме и относятся к двигателям нормальной конструкции.

1-й способ. Должны быть известны: а) номинальный cos φ и б) ток холостого хода в процентах от номинального тока.

Пример. Электродвигатель 220 *в*; 6,74 *квт*; $I_н = 20{,}6$ *а*; $\cos\varphi_н = 0{,}86$; $I_{хол} = 0{,}35\, I_н$. Пусть ток нагрузки по амперметру $I = 10{,}3\ a = 0{,}5\, I_н$.

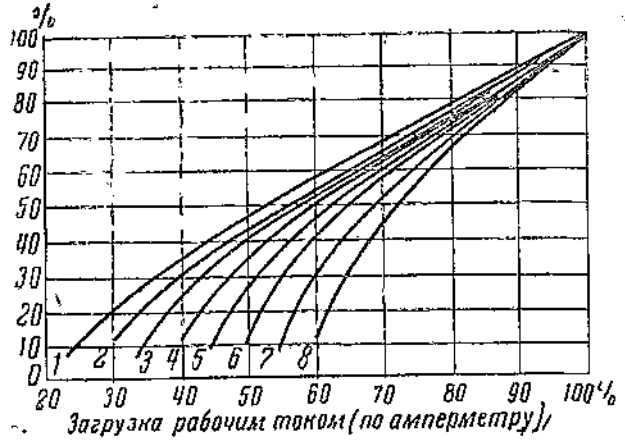
Идя от деления „50%“ на оси абсцисс (фиг. 19) вверх до пересечения с кривой „35%“, находим cos φ = 0,68. Забираемая при этом двигателем из сети мощность: $\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10{,}3 \cdot 0{,}68 = 2{,}61$ *квт*, что составляет $\frac{2{,}61}{6{,}74} = 0{,}39$, т. е. 39% от потребляемой мощности при 100% нагрузке.



Фиг. 19. Диаграмма Шюллера для определения коэфициента загрузки двигателя (1-й способ).

2-й способ. На диаграмме (фиг. 20) ищем точку пересечения вертикали на точки „50%“ на оси абсцисс ($I = 0{,}5\, I_н$) с кривой „3“ („cos φ = = 0,86“), что дает загрузку в 40%.

Оба способа допустимы, если фактическое напряжение сети $U_{раб}$ отличается от номинального $U_{ном}$ не более, чем на ± 10%, и в этом случае найденный коэфициент нагрузки должен быть умножен на дробь $\frac{U_{раб}}{U_{ном}}$. Оба способа неприменимы, если а) отклонение $U_{раб}$ от $U_{ном}$ больше ± 10% и 2) нагрузка переменного характера (прессы, ножницы и т. д.).



Фиг. 20. Диаграмма для определения коэфициента загрузки двигателя (2-й способ).

Кривые: *1* — для $\cos\varphi = 0{,}92$; *2* — $\cos\varphi = 0{,}89$; *3* — $\cos\varphi = 0{,}86$; *4* — $\cos\varphi$ =
5 — $\cos\varphi = 0{,}79$; *6* — $\cos\varphi = 0{,}76$; *7* — $\cos\varphi = 0{,}73$; *8* — $\cos\varphi = 0{,}69$

§ 16. Машины постоянного тока

1. Уменьшение скорости шунтовых двигателей постоянного т при переходе от холостого хода к полной нагрузке в %

Мощность двигателя *квт*	Двигатели без добавочных полюсов	Двигатели с добавочными полюсами
До 1	6—9	8—12
5	3—5	6—10
25	1—2	4— 6
50	1	—
100	0—1	—

2. Изменение напряжения генераторов постоянного тока между холостым ходом и полной нагрузкой в %

Тип генератора	Генераторы с независимым возбуждением	Генераторы с самовозбуждением
Без добавочных полюсов .	8—12	15—20
С добавочными полюсами .	6—10	10—16
Турбогенераторы	5— 8	18—12

3. Допустимая плотность тока в обмотках машин постоянного тока при перегреве до 60° С

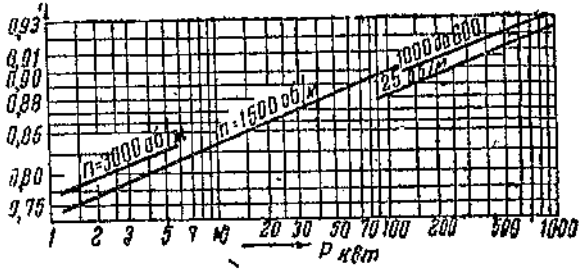
Тип машины	Обмотка якоря *а/мм²*	Обмотка добавочных полюсов *а/мм²*	Шунтовая обмотка *а/мм²*	Сериесная обмотка *а/мм²*
Машины до 150 *квт*, при числе об/мин от 700 до 1 500, с вентилятором на валу	4—5	2,5—3	2,5—3 [1]	0,8—2
Машины открытого типа без вентилятора на валу до 500 *квт*, при числе об/мин от 300 до 750	4—5	1,8—3 [2]	1,8—2	
Тихоходные машины открытого типа до 300 *квт*, при числе об/мин до 300	3,5—4,5	1,8—2,5 [2]	1,4—1,6	

[1] Для увеличения поверхности охлаждения шунтовые катушки разделены на отдельные шайбы, между которыми имеются каналы для воздуха.

[2] Большие значения плотностей тока относятся к катушкам добавочных полюсов, выполненным из голой меди, намотанной на ребро.

4. Коэфициент полезного действия электродвигателей постоянного тока

Средние значения для электродвигателей нормального типа (фиг. 2



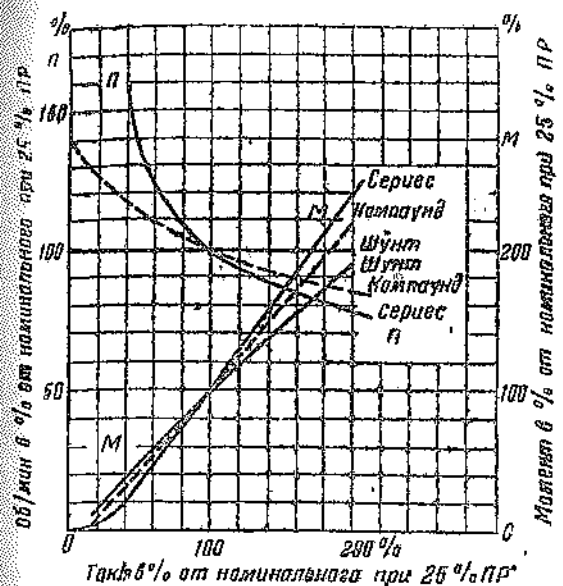
Фиг. 21. К. п. д. электродвигателей постоянного тока (ориентировочные средние значения).

Разделение потерь и к. п. д. машин постоянного тока нормального типа

(Полезная мощность на валу принята за 100%; потери — в % от полезной мощности)

Мощность, *квт*	1,5	3	6	12	25	60	150	400
об/мин	1 700	1 500	1 300	1 100	950	700	400	200
На гистерезис, % . . .	3,3	2,7	2,4	2,0	1,7	1,6	1,5	1,45
На токи Фуко, % . . .	5,7	4,7	4,0	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7
В меди якоря, % . . .	6,2	4,8	3,9	3,1	2,5	2,0	1,7	1,5
На трение и вибрацию коллектора, % .	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,45	1,4
На возбуждение, % . .	7,0	5,2	4,6	3,3	2,4	1,8	1,5	1,3
Сумма потерь, % . . .	28,6	23,0	19,8	15,7	12,6	10,3	8,65	7,55
К. п. д.	77,8	81,3	83,5	86,4	88,5	90,7	92,0	93,0

5. Универсальные характеристики крановых электродвигателей постоянного тока (фиг. 22)



Фиг. 22. Универсальные характеристики крановых электродвигателей постоянного тока.

Механическая характеристика сериесного двигателя приближенно может быть выражена формулой:

$$m = \frac{3i^2}{1+2i},$$

$$m = \frac{M}{M_{ном}}, \qquad i = \frac{I_я}{I_{я.\,(ном)}}.$$

Эти данные относятся к двигателям с ПР = 25%. Токи I и мощности P при других ПР находятся приближенно по формулам:

$$I_{15} = I_{25}\sqrt{\frac{25}{15}} \approx 1{,}3\ I_{25}; \qquad I_{40} = I_{25}\sqrt{\frac{25}{40}} = 0{,}8\ I_{25}$$

соответственно

$$P_{15} = 1{,}3\ P_{25}; \quad P_{40} = 0{,}8\ P_{25}.$$

Число об/мин двигателей при ПР = 15% и 40% находится по кривым фиг. 22 соответственно токам $I_{15} = 130\%$ и $I_{40} = 80\%$.

§ 17. Работа машины постоянного тока в качестве двигателя и в качестве генератора

1. Скорость вращения

Пусть числа об/мин при работе машины двигателем и генератором будут соответственно: $n_{дв}$ и $n_г$. Выражение для электродвижущей силы машины $E = U \pm \Delta U$, где ΔU — падение напряжения в обмотке якоря; знак «—» относится к случаю работы двигателем, а знак «+» к работе генератором. Если бы магнитный поток при работе машины генератором можно было оставить таким же, как при работе двигателем, то имели бы соотношение:

$$\frac{n_г}{n_{дв}} = \frac{E_г}{E_{дв}} = \frac{U_г + \Delta U}{U_{дв} - \Delta U}.$$

Чтобы иметь возможность, в случае необходимости, несколько увеличить напряжение генератора, не увеличивая магнитного потока машины, число об/мин повышают еще на 5—10%, что дает окончательную формулу:

$$n_г = \frac{(1{,}05 \div 1{,}1)\, n_{дв}(U_г + \Delta U)}{U_{дв} - \Delta U}.$$

Пример. Электродвигатель 10 *квт*, $n_{дв} = 950$ об/мин, 220 *в*, 60 *а*. Определить данные этой же машины при работе ее генератором на сеть 230 *в*.

Пусть ΔU при полной нагрузке равно 10%, что составляет от 220 *в* 22 *в*. Тогда

$$n_г = \frac{1{,}1 \cdot 950\ (230 + 22)}{220 - 22} = 1\,310 \text{ об/мин}.$$

Определим мощность машины при работе ее генератором. Ток возбуждения $i_в$ примем в 5% от номинального, т. е. $i_в = 0{,}05 \cdot 55 = 2{,}75$ *а*, так как ток якоря $I_{як}$ из условий нагрева в обоих случаях должен быть одинаковым, то $I_{дв} = I_{як} + i_в$, $I_г = I_{як} - i_в$, откуда $I_г = I_{дв} - 2i_в = 55 - 2 \cdot 2{,}75 = 49{,}5$ *а*.

Мощность генератора $P_г = U_г I_г = 230 \cdot 49{,}5 \cdot 10^{-3} = 11{,}4$ *квт*.

2. Направление вращения при изменении режима работы

При переходе машины постоянного тока с двигательного режима на генераторный должен перемениться знак у мощности $P = EI = C\Phi n I$. Чтобы получился отрицательный знак у P, должен перемениться знак у одного или сразу у всех трех множителей n, Φ, I.

Возможны две группы вариантов:

а) Полярность зажимов не изменяется

Величина E должна сохранить свой знак, так как она действует против напряжения сети, следовательно должен сохраниться знак и у произведения $n\Phi = (-n)(-\Phi)$, тогда как величина I при перемене работы должна менять свой знак.

Случаи	До перемены режима работы	После перемены режима работы
1	$+n \quad +\Phi \quad +I$	$+n \quad +\Phi \quad -I$
2	$+n \quad +\Phi \quad +I$	$-n \quad -\Phi \quad -I$

Для сериесной машины характерно, что и I и Φ всегда имеют один и тот же знак (случаи 2 и 4). Следовательно, переход с двигателя на генератор или наоборот всегда связан с переменой направления вращения.

У шунтовой машины при таком переходе Φ и I имеют различные знаки, если последние у них до того были одинаковыми (случаи 1 и 3). Это происходит от того, что в шунтовых машинах знак перед Φ, независимо от режима работы (генератор или двигатель), зависит от полярности сети, тогда как знак перед I при переходе с двигателя на генератор или наоборот меняется относительно напряжения сети. Это приводит к тому, что шунтовая машина при перемене режима работы сохраняет направление вращения.

б) Полярность зажимов меняется

Величина E изменяет свой знак и тем самым меняет знак или n или Φ, тогда как I сохраняет свой знак.

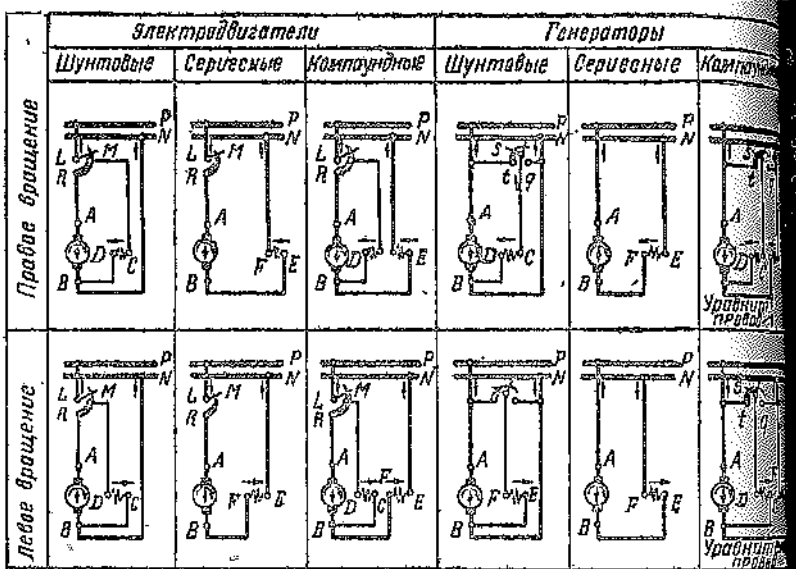
Случаи	До перемены направления работы	После перемены направления работы
3	$+n \quad +\Phi \quad +I$	$+n \quad -\Phi \quad +I$
4	$+n \quad +\Phi \quad +I$	$-n \quad +\Phi \quad +I$

3. Изменение направления вращения без изменения режима работы

При перемене направления вращения, согласно ос... ному уравнению, меняется знак как перед n, так и пере... или перед I, так как знак мощности должен остаться неизменным. Т... образом практически, при перемене направления вра... машины постоянного тока, необходимо изменить направление тока в якоре или в обмотке возбуждения (последнего следует избегать, ... большой индуктивности обмоток полюсов, а также из-за возмож... размагничивания машины).

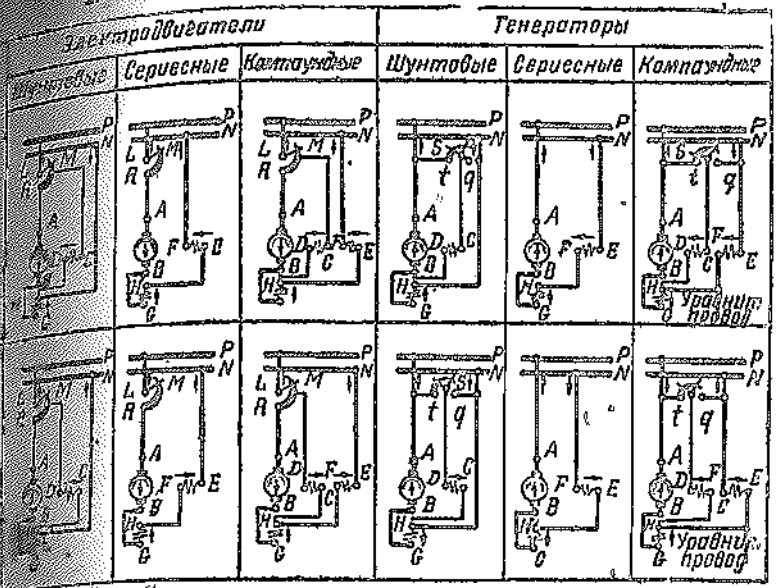
§ 18. Нормальные схемы внутренних соединений машин постоянного тока

1. Машины без добавочных полюсов (фиг. 23)



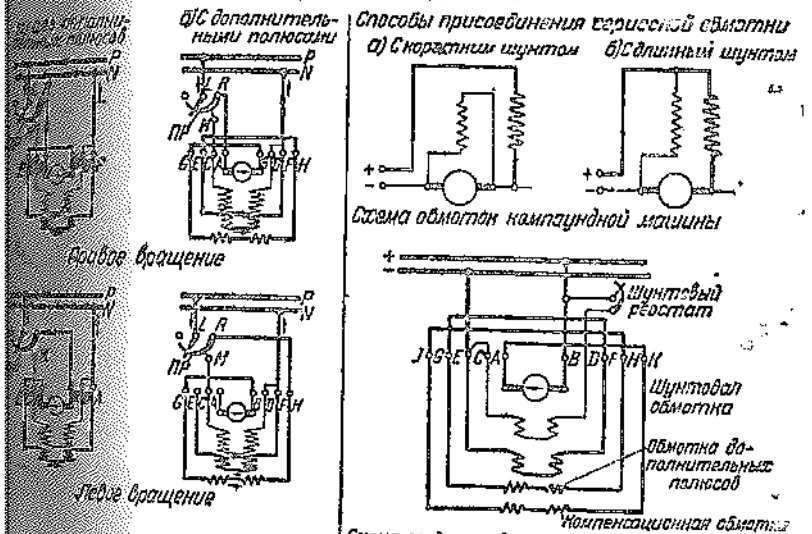
Фиг. 23. Нормальные схемы внутренних соединений машин постоянного тока без добавочных полюсов.

2. Машины с добавочными полюсами (фиг. 24)



Фиг. 24. Нормальные схемы внутренних соединений машин постоянного тока с добавочными полюсами.

3. Схемы внутренних соединений электродвигателей с компаундным возбуждением (фиг. 25)

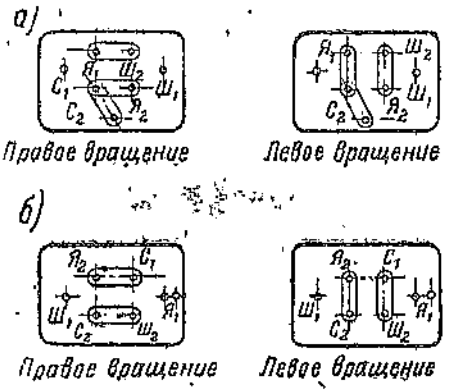


Фиг. 25. Схемы внутренних соединений электродвигателей с компаундным возбуждением.

§ 19. Расположение и обозначение выводов обмоток

1. Обмотки двигателей постоянного тока

Для двигателей ХЭМЗ постоянного тока типов ПН5—ПН17,5 (фиг.
и ПН28,5 — ПН85 (фиг. 26б).



Фиг. 26. $Я_1$; $Я_2$ — обмотка якоря; $Ш_1$, $Ш_2$ — шунтовая обмотка; $С_1$, $С_2$ — сериесная обмотка.

Завод „Электросила" на зажимах машин постоянного тока ста
следующие обозначения:

На зажимах обмотки:

Якорной (щетки)	A и B
Шунтовой (щетки)	C и D
Сериесной (или компаундирующей)	E и F
Дополнительных полюсов	G и H

Эти 8 букв приняты также большинством заводов Западной Евро
хотя у нас они еще не стандартизованы.

Компенсационные обмотки клеймятся теми же буквами, что
обмотки дополнительных полюсов, т. е. G и H. На европейских заво
применяются для концов обмоток постороннего возбуждения буквы J

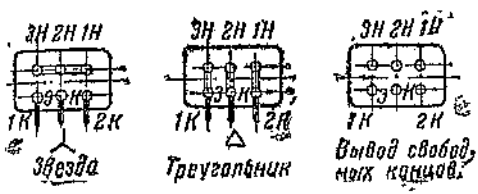
При повторении одних и тех же обозначений на машине к бук
прибавляются индексы; например, на двухколлекторных маши
$A_1 — B_1$; $A_2 — B_2$; на машинах с дополнительными полюсами и комп
сационной обмоткой: $G_1 — H_1$; $G_2 — H_2$.

Прочие обозначения: линия (независимо от полярности) —
сеть двухпроводная $N — L$; сеть трехпроводная $N — O — P$, пуско
реостат $L — M — R$; выводы у магнитных регуляторов $s — t$; соедине
с выключающим контактом — q.

2. Обмотки статора асинхронных двигателей

Фазы	ХЭМЗ: начало обмотки	ХЭМЗ: конец обмотки	„Электросила": начало обмотки	„Электросила": конец обмотки	Им. Лепсе: начало обмотки	Им. Лепсе: конец обмотки	„Вольта": начало обмотки	„Вольта": конец обмотки
I	C_1 (U)	C_4 (X)	U	X	1Н	1К	Начало фаз помечается красной краской	—
II	C_3 (V)	C_5 (Y)	V	Y	2Н	2К		
III	C_6 (W)	C_6 (Z)	W	Z	3Н	3К		

Буквы в скобках — прежние обозначения. У двигателей всех типов выводятся 6 концов обмотки статора в виде изолированных проводов с припаянными наконечниками



Фиг. 27. Расположение выводов обмотки статора у двигателей завода Лепсе (то же у двигателей завода Электросила, но с другими обозначениями выводов).

При 220/380 *в* — 6 концов обмотки статора; при 500 *в* — только 3 конца

3. Полярность выводов (зажимов) машин постоянного тока

а) Таблица, приведенная на фиг. 28, относится как к простым (однократным) петлевым и волновым обмоткам, так и к сложным (многократным) обмоткам.

Знак рода обмотки якоря и направление его вращения, легко определить полярность щеток по таблице		Генератор		Двигатель	
Род обмотки якоря		Полярность щетки, расположенной против северного полюса			
Петлевая неперекрещенная	С радиальными петушками	−	+	−	+
	С эвольвентными петушками	+	−	+	−
Петлевая перекрещенная	С радиальными петушками	+	−	+	−
	С эвольвентными петушками	−	+	−	+
Волновая	Неперекрещенная	−	+	−	+
	Перекрещенная	+	−	+	−

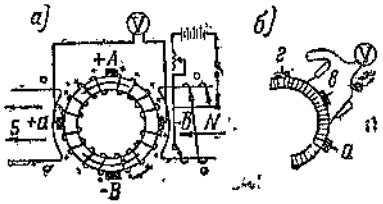
Фиг. 28. Определение полярности выводов машин постоянного тока.

б) При отсутствии данных о роде обмотки, полярность щеток оп
деляется опытным путем, как указано ниже.

4. Полярность щеток при различных обмотках якоря

а) Опытное определение полярности щеток (фиг. 29)

Для определения полярности щеток, при заданной полярности гл
ных полюсов и заданном направлении вращения якоря, нужно с помо
щупов или проводников *а* и *b* (фиг. 29*б*) определить в момент вклю
ния (при неподвижном якоре) полярность двух точек коллектора *а* и
расположенных приблизительно посредине между разноименными щетка

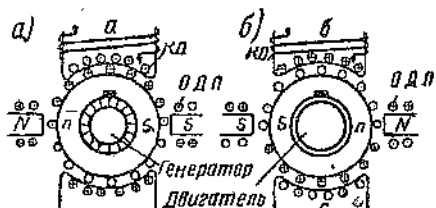


Фиг. 29. Опытное определение полярности щеток машин постоянного тока.

Полярность точек *а* и *b* определяется по отклонению вольтм
в момент выключения рубильника *С* (фиг. 29, *а*). Отнеся найден
полярность в сторону вращения якоря к ближайшим щеткам, полу
исходную полярность этих щеток. В монтажной практике приме
еще следующий способ: возбуждают полюсы машины небольшим то
надлежащего направления, дают якорю небольшой толчок в сторону
нормального вращения и по отклонению стрелки милливольтметра,
ключенного к щеткам, определяют полярность. Толчок сообщают яко
от руки, рычагом, талью или краном, в зависимости от величины яко

б) Соединение якоря с коммутационными обмотками

Коммутационные обмотки (обмотки добавочных полюсов О. Д. П
а также компенсационная обмотка (К. О.) соединяются последовател
с обмоткой якоря, причем К. О. подключается к обмотке якоря встреч
Направления токов (а не электродвижущей силы) в проводниках обмо

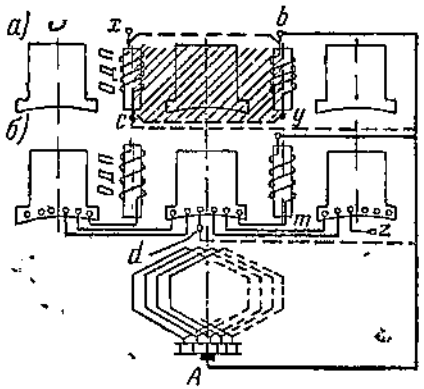


Фиг. 30. Полярность выводов машин постоянного тока: а) для генераторного режима; б) для двигательного режима.

якоря, К. О. и О. Д. П. показаны крестиками (+) и точками (·) для ге
раторного режима (фиг. 30, *а*) и для двигательного режима (фиг. 30,
Чередование полярностей главных и вспомогательных полюсов: в генераторе за северным главным полюсом в направлен
вращения следует южный добавочный полюс, а в двигателе
северный добавочный полюс.

...ения якоря с коммутационными обмотками даны в таблице.

Род обмотки		Щетка A соединяется с одним из выводов (фиг. 31)
Петлевая правая (неперекрещенная)	С радиальными петушками	b, c, d
	С эвольвентными петушками	x, y, z
Петлевая левая перекрещенная	С радиальными петушками	x, y, z
	С эвольвентными петушками	b, c, d
Волновая	Неперекрещенная	b, c, d
	Перекрещенная	x, y, z



Фиг. 31. Чередование полярностей главных и вспомогательных полюсов: а) без компенсационной обмотки; б) с компенсационной обмоткой.

При петлевой правой с радиальными петушками, петлевой левой с эвольвентными петушками и волновой неперекрещенной обмоткой щетка A (фиг. 31) соединяется с любым выводом (b, c, d) коммутационных обмоток, входящих в контур магнитного потока двух добавочных полюсов, между которыми расположена щетка. Для других родов обмоток якоря, указанных в таблице, щетка A соединяется с любым выводом (x, y, z) коммутационных обмоток, входящих в ближайший соседний контур магнитного потока двух добавочных полюсов.

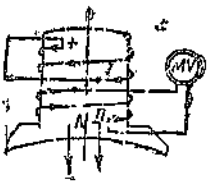
5. Опытное определение полярности выводов

а) Опытное определение полярности выводов обмоток возбуди

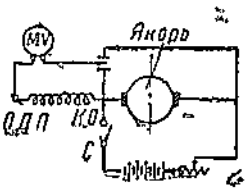
К обмотке возбуждения подводится постоянный ток. С помощ магнитной стрелки определяют магнитную полярность полюса, по чего по правилу штопора устанавливается полярность выводов обмо

При нескольких обмотках на полюсах машины полярность их мо определить индуктивным методом по схеме фиг. 32.

К обмотке, полярность которой уже установлена, подводят посто ный ток, а затем включают и прерывают его рубильником *с*. В мо включения в обеих обмотках индуктируется встречная э. д. с., которая одноименном зажиме второй обмотки создает положительный потен что и обнаруживается стрелкой милливольтметра.



Фиг. 32. Индуктивный метод определения полярности выводов обмотки возбуждения.



Фиг. 33. Опытное определение правильности подключения коммутационных обмоток к обмотке якоря.

б) Опытное определение правильности подключения коммутацион обмоток к обмотке якоря (фиг. 33).

При правильном соединении обмоток ампервитки обмотки добав ных полюсов (О. Д. П.) и компенсационной обмотки (К. О.) направле против ампервитков обмотки якоря, а при неправильном — совпада На этом основании применяется следующий способ.

Переключатель вольтметра ставится в нижнее положение (фиг. 3 и прерывается ток в якоре рубильником *С*; при положении щеток нейтрали получим некоторое отклонение стрелки вольтметра.

Если при переводе переключателя в верхнее положение отклонени стрелки увеличится, то соединение коммутационных обмоток с якоре неправильно; если же отклонение стрелки уменьшится, то соединени правильно.

§ 20. Механическая прочность электродвигателей

1. Предельно допустимые скорости вращения электродвигателей

Согласно ГОСТ 183-41 „Машины электрические" (§ 90 все электрические машины должны выдерживать в течение 2 мин. бе вредных деформаций испытание при скорости вращения на 20% выш номинальной. Асинхронные двигатели, питаемые от вспомогательны генераторов гидростанций, должны быть рассчитаны на повышение ско рости вращения на 50% сверх номинальной. Сериесные двигатели постоянного и переменного токов должны выдерживать повышение ско рости вращения на 20% сверх наибольшей указанной на щитке, но не меньше чем на 50% сверх номинальной.

Предельные числа об/мин, которые практически можно допустить для машин постоянного тока, определяются механической прочностью якоря и коллектора. Можно исходить из следующих ориентировочных цифр:

Мощность *квт*	Повышение *n* об/мин в % от нормального
1— 5	50—60
5— 25	До 40
25— 50	30
50—100	25
>100	20

Испытательное число об/мин коллектора по данным завода „Динамо"

Род машины	Испытательное число об/мин [1]
Крановые двигатели с добавочными полюсами	3*n*
Тяговые двигатели	2,5*n*
Крановые двигатели без добавочных полюсов	2*n*
Компрессорные двигатели	1,5*n*
Нормальные машины	1,2*n*

[1] *n* — номинальное число об/мин.

9. Практические величины воздушных зазоров в электрических машинах

а) Асинхронные двигатели

квт	3 000 об/мин		1 500—500 об/мин	
	нормальный δ *мм*	увеличенный δ *мм*	нормальный δ *мм*	увеличенный δ *мм*
0,12—0,25	0,25	0,4	0,2	0,3
0,3 —0,75	0,3	0,5	0,25	0,4
1 — 2	0,35	0,5	0,3	0,5
3 — 7,5	0,5	0,8	0,35	0,65
10 — 15	0,65	1,0	0,4	0,65
20—40	0,80	1,25	0,5	0,8
50 — 75	1,0	1,5	0,65	1,0
100	1,25	1,75	0,8	1,25
125—150	1,25	1,75	8	1,25
200—250	1,50	2,00	1,0	1,5

б) Машины постоянного тока

квт	δ *мм*
До 50	От 1,5 до 3
„ 100	До 5
>200	Не меньше 5 (до 10 *мм*)

в) Синхронные генераторы

Нормальные машины

квт	об/мин	δ *мм*
800	375	10
2 800	750	13,5
5 700	250	14
6 000	500	15

Турбогенераторы

ква	об/мин	δ *мм*
6 000	3 000	15
10 000	3 000	20
40 000	1 500	20—25

§ 21. Вес электрических машин

Вес электрической машины ориентировочно может быть опре... по одной из формул:

$$G = K_1 \sqrt[4]{M^3} \text{ кг} \quad \text{или} \quad G = K_2 \sqrt{\left(\frac{P}{n}\right)^3} \text{ кг},$$

где M — номинальный крутящий момент двигателя в *кГм*; P — моще... его в *квт*; n — номинальное число об/мин; K_1 и K_2 — коэфициенты, ... таблицу ниже.

Бо́льшие значения коэфициентов относятся к тихоходным ... шинам (750 об/мин и ниже) или машинам старого выпуска; ме... шие — к машинам быстроходным или нового выпуска. Принято груп... ровать электрические машины по мощности и весу следующим обр...

Группа машин	Мощность при ходовых об/мин *квт*	Вес *кг*
Малые	0— 25	0— 400
Средние	25—100	450—1 200
Большие	> 100	> 1 200

При грубых подсчётах можно принимать у больших машин для с... них об/мин (кроме турбо- и гидрогенераторов) следующие соотно... весов частей: ротор — 50%, верхняя часть статора — 25%, нижняя ча... статора — 25% от веса машины без подшипников и фундаментной пли...

	Род машин	K_1	K_2
Машины постоянного тока	Тихоходные машины	30—35	5 250— 6...
	Трамвайные двигатели 550 *в* .	40—45	7 000— 7...
	Тяговые двигатели 1,5 и 3 *кв* .	35—40	6 100— 7...
	Нормальные открытые типы, 4-полюсные, с стальной станиной	45—50	7 900— 8...
	Нормальные открытые типы, 4-полюсные, с чугунной станиной	50—55	8 750— 9...
	Высокооборотные машины, 4-полюсные	90—100	15 300—17...

Продолжение

	Род машин	K_1	K_2
Асинхронные двигатели	Малой мощности	50— 55	8 750— 9 600
	Средней мощности	45— 50	7 900— 8 750
Синхронные машины 50 гц	Средней мощности	24— 30	4 200— 5 250
	Турбогенераторы 2-полюсные	70— 80	12 500—14 000
	То же, 4-полюсные	75— 85	13 000—15 000
	Тихоходные машины	90—100	15 300—17 500

Примечания. 1. Веса для всех машин даны с допуском ±7% и включают веса салазок, шкивов и муфт.
2. Для двигателей АМ веса даны для формы $Ш_2$, защищенного исполнения, на 2 щитовых подшипниках, со свободным концом вала.
3. Веса двигателей АД и МА даны для защищенного исполнения.

Ориентировочный вес меди асинхронных двигателей 1 500 об/мин:

Мощность, *квт*	1	5	100
Вес, *кг/квт*	1,5	0,65	0,23

Вес двигателей трехфазного и постоянного тока нормальных типов

Тип	Мощность (*квт*) при синхронном числе об/мин			Вес *кг*
	1 500	1 000	750	
А-21	1,0	0,55	—	25
А-22	1,5	0,85	—	29
А-31	2,2	1,2	—	35
А-32	3,2	1,8	—	42
А-41	4,3	2,7	—	56
А-42	5,8	3,5	—	65
А-51	7,8	5,0	2,8	79
А-52	10,8	6,0	3,5	89
МА-201/1	8	5,7	—	83
МА-201/2	10,4	7,3	—	94
МА-202/1	13,0	9,1	6,4	119
МА-202/2	17,0	11,8	8,3	134
МА-203/1	22,0	15,2	11,0	175

Тип	Мощность (*квт*) при синхронном числе об/мин			Вес, кг
	1 500	1 000	750	
МА-203/2	28,5	19,7	14,0	195
МА-204/1	37,5	25,5	18,1	240
МА-204/2	46,0	32,0	23,5	265
МА-205/1	60,0	40,0	30,0	380
МА-205/2	72,0	48,0	36,0	410
МА-206/1	85,0	58,0	44,0	481
МА-206/2	105,0	72,0	53,0	520

	Тип	Мощность (*квт*) при синхронном числе об/мин					Вес, кг
		1 500	1 000	750	600	500	
Двигатели с контактными кольцами	АМ-114	125	80	60	45	—	
	АМ-115	150	100	75	55	40	
	АМ-116	170	120	90	70	50	
	АМ-117	190	140	100	85	60	
	АМ-125	—	165	120	105	75	
	АМ-126	240	195	140	125	90	
	АМ-127	275	225	165	145	105	
	АМ-128	320	260	190	165	125	
	АМ-136	375	—	220	—	—	
	АМ-137	430	310	260	190	150	
	АМ-138	—	360	300	220	175	
	АМ-147	—	—	—	260	220	
	АМ-148	—	—	370	300	255	
	АМ-1410-12	—	—	—	360	310	
Двигатели с короткозамкнутым ротором	БАМ-114	125	80	60	45	—	
	БАМ-115	150	100	75	55	40	
	БАМ-116	170	120	90	70	50	
	БАМ-117	190	140	100	85	60	
	БАМ-125	—	165	120	105	75	
	БАМ-126	240	195	140	125	90	
	БАМ-127	275	225	165	145	105	
	БАМ-128	320	260	190	165	125	
	БАМ-136	375	—	220	—	—	
	БАМ-137	430	310	260	190	150	
	БАМ-138	—	360	300	220	175	
	БАМ-147	—	—	—	260	220	
	БАМ-148	—	—	370	300	255	
	БАМ-1410-10	—	—	—	360	310	

Продолжение

Тип	Мощность (*квт*) при синхронном числе об/мин					Вес *кг*
	3 000	1 500	1 000	750	600	
ДПП-2,5	0,7	0,25	0,28	—	—	18,5
ДПП-5	1,05	0,52	0,3	—	—	42
ДПП-10	2,4	1,0	0,65	—	—	60
ДПП-17,5	3,7	1,75	1	—	—	75
ДПП-25,5	5,3	2,8	1,6	—	—	90
ДПП-45	7	4,4	2,5	—	—	107
ДПП-68	10	6,5	3,7	—	—	141
ДПП-85	—	9,8	5,8	—	—	179
ДПП-100	—	15	9,5	5,8	—	254
ДПП-145	—	21	13,5	8,5	—	290
ДПП-205	—	34,5	22	15,5	—	450
ДПП-290	—	45	30	20,5	—	526
ДПП-400	—	74	46	—	24,5	790
ДПП-550	—	100	60	—	32	910
ДПП-750	—	115	76	—	40,5	1 280
ДПП-1 000	—	133	105	72	55,5	1 470
ДПП-1 320	—	170	130	88	68	1 830
ДПП-1 750	—	200	167	118	80	2 100

§ 22. Крановые и металлургические двигатели постоянного и трехфазного тока завода „Динамо“ при ПВ = 25%[1]

1. Двигатели постоянного тока

Тип	*квт*	об/мин		Ток *а*
		сериесный	компаундный	
	КП 1932 г.			
КП 22/1002	3	1 000 *	—	18
КП 30/1002	4,5	1 050	—	26
КП 55/1003	6	1 000	—	35
КП 75/1003	8	960	—	45
КП 110/734	12	370	—	65
КП 160/704	16,5	850	—	85
КП 220/615	26	730	—	135
КП 300/555	37	665	—	190

[1] См. примечание на стр. 209.

Продо...

Тип	квт	об/мин		Ток
		сериесный	компаундный	а
КП 400/516	40	550	—	20
500/496	50	510	—	25
640/467	64	475	—	32
800/447	80	440	—	40
1000/428	100	430	—	50
1250/418	120	385	—	60
КПД 1936 г.				
КПД 22/1002	4,5	1 100	1 350	2
30/1002	6*	1 050	1 250	3
55/1003	8*	1 050	1 250	4
75/1003	12	1 100	1 250	6
110/734	18	970	1 100	9
150/704	25	900	975	12
220/615	35	800	920	18
300/655	50	750	875	25
400/516	60	650	775	30
500/456	70	570	675	36
640/467	85	540	610	42
800/447	100	450	500	50
1 000/428	120	480	530	61
1 250/418	136	400	450	68

Тип	квт		об/мин		Ток
	сериесный	компаундный	сериесный	компаундный	сериесный
КПД 1939 г.					
КПД 22/1002	4,5		1 180	1 370	26,5
30/1002*	6		1 090	1 390	35
55/1003*	8		1 100	1 250	45
75/1003	12		1 100	1 260	65

Тип	квт		об/мин		Ток, *а*	
	сериесный	компаундный	сериесный	компаундный	сериесный	компаундный
КПД 110/734	18		970	1 100	94	
150/704 *	25		895	975	130	
220/615 *	37		790	920	192	
300/555 *	50		745	875	255	
400/516	59		650	775	300	
500/496	67		605	690	340	
640/467	80		545	645	400	
800/447	95		460	505	475	
1000/428	120		500	550	600	
1250/418	132		565	590	675	
КПДН и КПД 1941 г.						
КПДН 1 III *	2,8		1 380	1 550	17	
2 V *	4,4	4,3	1 210	1 525	26	25,5
2 III *	5,5		1 200	1 450	31	
3 V *	7,8		1 130	1 430	44	
3 III *	11,5	11	1 190	1 320	62	59
4 V *	17,5	17,4	970	1 180	91	90
4 III *	23,2	32,4	910	1 050	120	116
КПД 220/615 *	33,5	35	805	955	175	183
300/555 *	43	43,5	785	900	220	229
400/516 *	52	50	675	790	265	255
500/996 *	58	55	660	775	295	280
640/467 *	69	66	560	705	345	330
800/447 *	82	80	510	570	410	400
1250 *	145		425	485	525	

2. Двигатели трехфазного тока

Тип	квт	об/мин	Ток, *а*	
			статор	ротор
КТ				
22/1002	2,2	1 000	7	9,1
30/1002	3		9,4	10,5
40/1003	4		10,6	21,5

Тип	квт	об/мин	Ток, а	
			статор	рото
55/1003	5,6	1 000	14,5	19
75/1004	8		20	52
110/1004	12		28,5	52
110/755	11	750	27	100
150/755	15		35	109
220/756	28		49	112
300/756	30		63,5	113
300/607	30	600	72	110
400/607	40		90,5	112
500/608	50		113	126
640/608	64		161	127
4800/609	80		182	163
1000/609	100		217	163
1200/609	125		285	165

Тип	квт	об/мин	Ток, а	
			номинальный	пусков
		КТК		
22/1002	2,4	1 000	6,8	21
30/1002	3,4		9,1	27
40/1003	4,5		11,3	43
55/1003	6,2		15,5	70
75/1004	9		20,5	105
110/1004	18,5		30	165
110/755	12	750	37,5	126
150/755	16,5		39	163
220/756	23		51,5	247
300/756	32		68	315

Примечания к § 22. 1. Данные по двигателям постоянного относятся к 220 *в*.

2. Мощности и об/мин сохраняют свои значения и для 440 *в*, с чения токов должны быть разделены на 2; соответствующие вели для двигателей, отмеченных звездочкой, см. каталоги.

3. Данные тока статора для двигателей КТ и КТК относятся к 0 для 220 *в* — умножать на 1,73.

4. Токи ротора двигателей КТ не зависят от напряжения сети.

5. Значения мощностей, токов и об/мин для двигателей трехфа тока 500 *в* — см. каталоги.

§ 23. Асинхронные электродвигатели до 100 *квт*

(Сводка типов по мощностям и об/мин)

1. Двигатели с короткозамкнутым ротором, открытые и защищенные

Тип	АД				АДО			
об/мин	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000	750
Мощность, *квт*:								
	—	—	0,55	—	—	—	0,5	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
До 1	—	—	0,85	—	—	0,8	0,7	—
	—	1	—	—	—	—	1	—
	—	—	1,2	—	1,4	1,1	1,4	—
От 1	1,6	1,5	1,8	—	1,7	1,7	2	2,1
	2,2	2,2	2,7	2,8	2,5	2,3	2,5	2,6
до 5	3,2	3,2	3,5	3,5	3	3,4	2,6	—
	4,2	4,3	5	—	4,8	4,2	4,5	—
	5,1	5,8	6	—	6,5	6	—	—
	7,2	7,8	—	—	7,5	7	—	—
От 5	10	10	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	—	—
до 20	16	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
От 20	28	—	—	—	—	—	—	—
	35	—	—	—	—	—	—	—
до 50	—	—	—	—	—	—	—	—
	48	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
От 50	60	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
до 105	79	—	—	—	—	—	—	—
	93	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
Завод-изготовитель	„Электросила"							

Продолжение

Тип	АДТ				АДТО		
об/мин	3 000	1 500	1 000	750	3 000	1 500	1 000
Пределы мощности, квт							
До 1	— — — —	— — 0,85 —	0,5 — 0,65 —	— — — —	— — — —	— — 0,7 0,9	0,4 0,5 — 1
От 1 до 5	1,3 1,7 2,6 3,2 4,5	1,1 1,7 2,5 3,7 4,5	1,2 1,6 2,5 3 4,4	— — 2,4 2,9 —	1,1 1,4 2,1 3,7 4,7	— 1,4 2 3 3,7	— 1,8 2 3,5 4,2
От 5 до 20	5,7 7,8 9,2 — — — —	6,5 7,8 — — — — —	5,2 — — — — — —	— — — — — — —	6,2 7,2 — — — — —	5,2 6,2 — — — — —	— — — — — — —
От 20 до 50	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —
От 50 до 105	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —
Завод-изготовитель	„Электросила"						

Тип	МКБ						МА-200		
	форма С			форма Б					
Объем	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
Предельная мощность, кВт									
До 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
От 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	2,5	—	—	2,5	—	—	—	—
до 5	3,8	3,5	—	3,8	3,5	—	—	—	—
	—	4,8	—	—	4,8	—	—	—	—
От 5	5,5	—	6	5,5	5,9	5,2	—	—	6,4
	7,4	7,4	7,5	2,4	—	5,8	—	—	8,3
	—	8,8	—	—	8,1	—	—	9,1	11
до 20	12	—	—	11	—	—	13	11,8	14
	—	—	—	—	—	—	17	15,2	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	18,1
	—	—	—	—	—	—	—	19,7	—
От 20	—	—	—	—	—	—	22	25,5	23,5
	—	—	—	—	—	—	28,5	32	30
	—	—	—	—	—	—	37	—	36
до 50	—	—	—	—	—	—	—	40	—
	—	—	—	—	—	—	48	48	44
От 50	—	—	—	—	—	—	—	58	53
	—	—	—	—	—	—	60	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
до 105	—	—	—	—	—	—	72	72	—
	—	—	—	—	—	—	85	—	—
	—	—	—	—	—	—	105	—	—
Завод-изготовитель	ЯЭМЗ						ХЭМЗ		

Продолжение

Тип	И-2		АТ и МА			ТАКЭМ	
об/мин	1 500	1 000	1 500	1 000	750	1 500	750
Пределы мощности, *квт*							
До 1	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	0,8	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
От 1 до 5	—	1,3	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	2,2	2,5	—	—	—	—	—
	3,7	3,5	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
От 5 до 20	5,2	—	—	—	—	6	—
	—	—	—	—	—	8	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	14,5	—
	—	—	—	—	16	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	20,5	19	—	—
От 20 до 50	—	—	—	24,5	20,5	—	—
	—	—	29	29	26	—	—
	—	—	34	34	31	—	—
	—	—	40	40	36	—	—
	—	—	46,5	46,5	44	—	—
От 50 до 105	—	—	55	—	—	—	—
	—	—	—	57	—	—	—
	—	—	65	—	—	—	—
	—	—	75	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
Завод-изготовитель	„Электросила"		„Вольта"			„Ревтруд"	

Тип	МКА						МАМ					
	форма С			форма Е			форма С			форма Е		
об/мин	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
Продолжительный режим, квт												
До 10	—	2,5	—	—	2,5	—	—	—	—	—	—	—
	3,8	3,5	—	3,8	3,2	—	—	—	—	—	—	—
	—	4,5	—	—	4,8	4,1	—	—	—	—	—	—
	5,5	—	5,5	5,5	5,9	5,9	—	—	—	—	—	—
	7,4	7,4	6,6	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	8,8	8,8	—	8,1	8,1	—	—	—	—	—	—
От 0 до 20	11	11,5	11,8	11	10,5	11	—	—	—	—	—	—
	15	15	18,2	14	14	14	—	—	—	—	—	—
	18,5	—	—	18	—	18,5	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—
От 20 до 50	22,5	22,5	20,6	21	26	23,5	—	—	—	—	—	—
	30	29	26	28	—	29,6	—	—	—	—	—	—
	37	38	39	33,8	33	—	—	—	—	—	—	—
	—	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
От 50 до 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65
	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—	95

Завод-изготовитель: ЯЭМЗ

Тип		АМ			МА-200 [1]				
об/мин		1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000
Предельная мощность, квт	До 10	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
	От 10 до 20	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
	От 20 до 50	—	—	—	—	—	24,5	—	—
		—	—	—	—	33	31	—	—
		—	—	—	—	40,5	39	—	36
		—	—	—	48	51	48	53	42
	От 50 до 100	—	—	60	68,5	—	—	65	54
		—	80	75	75	63	—	81	67
		95	100	90	92	—	—	100	—
Завод-изготовитель		„Электросила“			ХЭМЗ				

[1] Сняты с производства.

Закрытые

с короткозамкнутым ротором

Тип	АЗГ			МКБ форма К			ТТ		
об/мин	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
Мощность кВт	—	—	0,45	—	—	—	—	—	—
	—	0,65	0,65	—	—	—	—	—	—
	—	0,5	0,8	—	—	—	—	—	—
	1	—	1	—	—	—	—	—	—
	1,35	1,3	—	—	1,2	—	—	—	—
	1,8	1,75	—	1,8	1,6	—	—	—	1,5
	2,2	—	—	2,2	2	2,2	2,2	2,2	2
	—	—	—	3	2,6	2,8	3,2	2,8	—
	—	—	—	3,7	3,5	—	4,5	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Завод-изготовитель	„Электросила"			ЯЭМЗ					

Продолжение

Тип	Закрытые с контактными кольцами			Взрывобезопасные с короткозамкнутым ротором				
	МКА форма К			УТ [1]			МА-140	
об/мин	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000
Мощность *квт*	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	1,2	—	—	—	—	—	—
	1,8	1,6	1,8	—	—	—	—	—
	2,2	2	2,5	—	—	—	—	—
	3	2,6	—	—	2,85	—	—	—
	3,7	3,3	3,7	—	—	—	—	3,8
	5,2	5	5	—	4,5	4,5	—	—
	5,9	6	—	6,8	6,8	6,8	5,5	5,5
	8,1	—	—	—	—	—	8	8
	—	—	—	10	10	10	11,4	11
	—	—	—	14,5	14,5	14,5	16	15
	—	—	—	20,5	20,5	20,5	—	20,5
	—	—	—	—	—	—	21,5	—
	—	—	—	29	29	29	29	28
	—	—	—	—	—	—	—	38
	—	—	—	40	40	40	40	—
	—	—	—	—	—	—	—	50
	—	—	—	55	55	—	53	—
	—	—	—	75	—	—	72	65
	—	—	—	—	—	—	95	—
Завод-изготовитель	ЯЭМЗ			ХЭМЗ				

[1] Снят с производства.

Взрывобезопасные

с короткозамкнутым ротором

кВт	МА-170			БАО-2			ТАГ	
об/мин	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	0,52	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	1	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	1,6	—
	—	—	—	—	—	—	—	2
	—	—	—	—	—	2,3	2,7	2,75
	—	—	—	—	3,5	3,5	—	—
	—	—	4,8	5	5	—	4,2	—
	—	7	6,6	7	7	5,5	6,3	—
	9	9	9	—	—	8	—	—
	11,5	11,5	11,5	10	10	10	—	—
	14,5	14,5	15	15	15	15	—	—
	19	19	18	20,5	20,5	—	—	—
	22,5	22,5	—	—	—	—	—	—
	27	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
Завод-изготовитель	„Электросила"						„Ревтруд"	

Продолжение

Тип	Взрывобезопасные								
	с короткозамкнутым ротором			с контактными кольцами					
	УТМ[1]			УТМ[1]			УТ[1]		
об/мин	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750	1 500	1 000	750
Мощность *квт*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	2,85	—	—	—	—	2,85	—
	—	4,5	4,5	—	—	—	—	4,5	4,5
	6,8	6,8	6,8	—	—	—	6,8	6,8	6,8
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	10	10	—	—	—	10	10	10
	14,5	14,5	—	—	—	14,5	14,5	14,5	14,5
	20,5	—	—	—	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	29	29	29	29	29	29
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	40	40	40	40	40	40
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	55	55	—	55	—	—
	—	—	—	75	—	—	75	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Завод-изготовитель	ХЭМЗ								

[1] Сняты с производства.

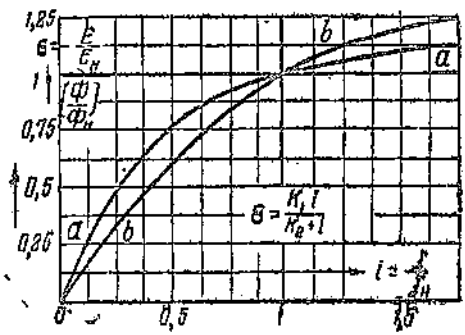
24. Универсальные характеристики холостого хода электрических машин

Характеристики холостого хода (или намагничивания), т. е. зависимости $E=f(x)$ или $\Phi=f(I)$, где E — э. д. с. на зажимах электрической машины, Φ — магнитный поток, I — ток возбуждения, — играют большую роль при разного рода расчетах и испытаниях в проектных и наладочных работах (расчет сопротивлений для регулировки напряжения и скорости, регулировка возбуждения, приемо-сдаточные испытания и т. п.). Благодаря стандартизации производства и стремлению к максимальному использованию материалов в электромашиностроении, электрические машины, выпускаемые различными заводами, имеют весьма сходные характеристики холостого хода. Вследствие этого возможно пользоваться так называемыми „универсальными" (или типизированными, обобщенными) характеристиками, дающими в аналитической или графической форме зависимость в относительных (или процентных) величинах $\varepsilon=f(i)$ или $\varphi=f(i)$, где $\varepsilon=E/E_н$; $\varphi=\Phi/\Phi_н$; $i=I/I_н$, а индекс $н$ относится к номинальным значениям:

1. Машины постоянного тока

(генераторы и двигатели)

Приближенное аналитическое выражение характеристики $\varepsilon=f(i)$ — кривой на диаграмме (фиг. 34). Коэфициенты K_1 и K_2 указаны ниже в таблице,



Фиг. 34. Диаграмма зависимости $\varepsilon=f(i)$ для машин постоянного тока. *a* — сильно насыщенные машины; *b* — слабо насыщенные машины.

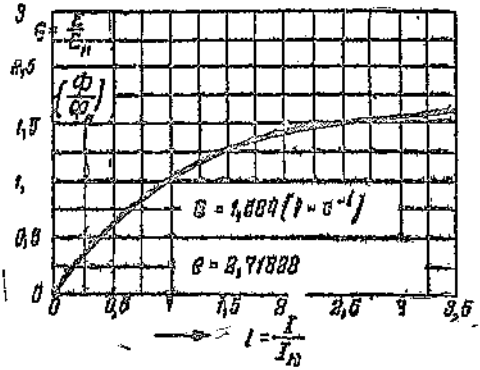
для конкретных машин они могут быть найдены по двум известным (например из опыта) точкам характеристики.

№ п/п	Машины	Характеристики	K_1	K_2
1	Машины современного выпуска	*a*	1,5	0,5
2	Старые машины и возбудители	*b*	3	2

2. Синхронные машины (турботипа и с выступающими полю

Приближенное аналитическое выражение характеристики дано на диаграмме (фиг. 25). В диапазоне от $i = 0$ до $i = 1$ более т является выражение:

$$\varepsilon = 2{,}55 \cdot \left(1 - e^{-0{,}6\frac{i}{i_н}}\right).$$



Фиг. 25. Диаграмма зависимости $\varepsilon = f(i)$ для синхронных машин.

Глава 5. ПУСК И ХОД ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

§ 25. Расчет пусковых сопротивлений для электродвигат

1. Допустимые пики тока для электродвигателей постоянного т

При номинальной скорости

Учитывая возможные отклонения действительных токов от расчет (из-за неточности подбора и изготовления сопротивлений, колеба напряжения в сети и т. д.), рекомендуются по условиям коммут следующие пики тока:

$I_{доп} \approx 300\%$ для двигателей 1— 10 *квт*
$I_{доп} \approx 250\%$ » » 10—150 »
$I_{доп} \approx 200\%$ » » 150 *квт*

При скоростях ниже номинальной

Пики тока рекомендуется принимать не выше, чем при номинал скорости. Как исключение, допускается ток трогания $= 1{,}25\, I_{доп н}$.

При скоростях выше номинальной

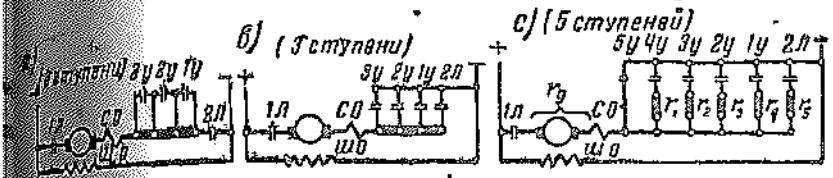
$$I_{доп} \cong I_{доп н}\frac{n_н}{n},$$

где $I_{доп}$ и $I_{доп н}$ — максимально-допускаемые токи при скоростях, со ветствующих n и $n_н$.

2. Условия для расчета пусковых сопротивлений

Заданы	Нормальный режим пуска	Форсированный режим пуска
а) Количество ступеней сопротивлений — m б) Статический момент — M_0. Рассчитать сопротивления	Следует задаться величиной переключающих моментов M_2 на ~10—20% выше величины M_c и проверить величину пиковых моментов M_1, которые не должны быть выше допускаемых	Следует задаться максимально допускаемой величиной пиковых моментов M_1 и проверить величину моментов переключения M_2, которые не должны быть меньше статического M_c.
а) Статический момент — M_0 б) Режим пуска Найти количество ступеней сопротивлений и рассчитать его	Следует задаться и M_1 и M_2 ближе к статическому или к максимально допускаемому, смотря по тому, требуется ли нормальный или форсированный пуск. Необходимо при этом проверить, чтобы количество ступеней было целым. Разница между M_1 и M_2 выбирается из условий плавности пуска.	

3. Схемы включения двигателей постоянного тока (фиг. 36)



Фиг. 36. Схемы включения двигателей постоянного тока (число ступеней на всех схемах указано примерное): *а*—сопротивления последовательны, контакторы последовательны; *б*—сопротивления последовательны, контакторы параллельны; *в*—сопротивления параллельны, контакторы параллельны.

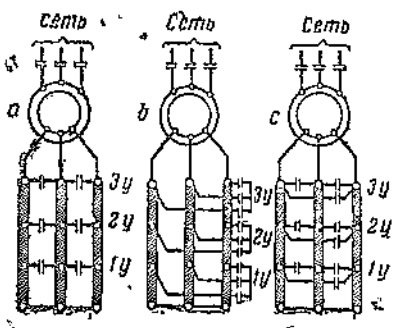
Расчетная таблица пусковых сопротивлений (таблица относится к схеме *в* и пригодна для двигателей: шунтовых, сериесных и компаундных)

Включены контакты	Полное сопротивление цепи %	Внешнее сопротивление цепи	Сопротивления секций %
1Л—2Л	R_5	$r_{e_5} = R_5 - r_g$	$r_5 = r_{e_5}$
1Л—2Л,1У	R_4	$r_{e_4} = R_4 - r_g$	$r_4 = \frac{r_{e_5} \cdot r_{e_4}}{r_{e_5} - r_{e_4}}$

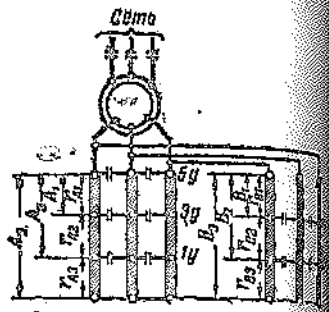
Продолжение

Включены контакты	Полное сопротивление цепи %	Внешнее сопротивление цепи %	Сопротивление секций %
1Л—2Л.1У.2У	R_3	$r_{в_3} = R_3 - r_д$	$r_3 = \frac{r_{в_3} \cdot r}{r_{в_3} - r}$
1Л—2Л.1У.2У.3У	R_2	$r_{в_2} = R_2 - r_д$	$r_2 = \frac{r_{в_2} \cdot r}{r_{в_2} - r}$
1Л—2Л.1У.2У.3У.4У	R_1	$r_{в_1} = R_1 - r_д$	$r_1 = \frac{r_{в_1} \cdot r}{r_{в_1} - r}$
1Л.5У	$r_д$	0	0

4. Схемы включения для асинхронных двигателей с кольцами (фиг. 37, 38 и 39)



Фиг. 37. Включение пусковых сопротивлений в одинарную звезду.



Фиг. 38. Включение пусковых сопротивлений в двойную звезду.
По этой схеме возможно включение контакторов по любой из схем, приведенных на фиг. 37, *a*, *b* и *c* (на данной фигуре для примера принято включение контакторов по схеме *c*).



Фиг. 39. Присоединения контакторов ускорения (фиг. 37, *a*—*c*) сзади панели.

5. Аналитический способ расчета пусковых сопротивлений для электродвигателей шунтовых постоянного тока и асинхронных с кольцами

а) Ход расчета

1) Определяется отношение $\lambda = \frac{M_1}{M_2}$ одним из следующих способов:

а) Количество ступеней m задано; пуск форсированный. Задаемся максимально допускаемыми пиками моментов $M_1{}^0/_0$ и находим:

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{10^4}{r_g{}^0/_0 \, M_1{}^0/_0}}$$

б) Количество ступеней m задано; пуск нормальный. Задаемся переключающими моментами $M_2{}^0/_0$ на 10—20% выше $M_{ном}{}^0/_0$ и находим:

$$\lambda = \sqrt[m+1]{\frac{10^4}{r_g{}^0/_0 \, M_2{}^0/_0}}.$$

Проверка: $M_1{}^0/_0 = \lambda M_2{}^0/_0$ должно быть $< M_{доп}{}^0/_0$.

в) Количество ступеней m неизвестно. В зависимости от требуемых режима и плавности пуска задаемся $M_1{}^0/_0$ и $M_2{}^0/_0$ и находим:

$$m = \lg \frac{10^4}{r_g{}^0/_0 \, M_1{}^0/_0} : \lg \frac{M_1{}^0/_0}{M_2{}^0/_0}.$$

Проверка: m должно быть целым числом и тогда $\lambda = M_1{}^0/_0 : M_2{}^0/_0$.

2) Сопротивление ступеней в случае последовательного их соединения:

$$r_1 = r_g(\lambda - 1), \quad r_2 = r_1\lambda, \quad r_3 = r_2\lambda, \quad \ldots, \quad r_m = r_{m-1}\lambda.$$

3) Полные сопротивления цепи, необходимые при параллельно соединенных секциях или неравномерном включении ступеней:

$$R_1 = R_g\lambda, \quad R_2 = R_1\lambda, \quad R_3 = R_2\lambda, \quad \ldots, \quad R_m = R_{m-1}\lambda.$$

Примечание. В случае асинхронных двигателей в формулах вместо r_g должно быть r_p, причем $r_p{}^0/_0 \approx s_n{}^0/_0$, где s_n — номинальное скольжение двигателя.

б) Области применения различных схем включения сопротивлений и контакторов

1. Двигатели постоянного тока. Схема „a“ применяется для двигателей малой и средней мощности до 150 *квт*, 220 *в*, работающих при любом режиме, с небольшим числом ступеней сопротивления.

Схема „b“ — для мелких и средних двигателей до ~300 *квт* при 220 *в*, работающих при длительном режиме (для двигателей с повторно-кратковременным или кратковременным режимом работы схему „b“ применять не следует).

Схема „c“ — преимущественно для крупных двигателей (иногда для средних), начиная с ~150 *квт*, 220 *в*, а также для повторно-кратковременного или кратковременного режима работы при большом числе пусковых ступеней. Схемы „b“ и „c“ (включение контакторов „в обхват“) позволяют обходиться контакторами меньшей величины.

2. Асинхронные двигатели (фиг. 37 и 38). Схема „a“ наиболее широкое распространение.

Схема „b“ применяется редко при сравнительно высоких напр... ниях в роторе.

Схема „c“, благодаря включению контакторов треугольником, ... в них меньшие токи и иногда позволяет применять контакторы мен... величины.

Схема фиг. 38 применяется для крупных двигателей.

Практические данные для подбора пусковых реостатов к трехфазным асинхронным двигателям

Отношение, $\frac{E_2}{I_2}$ [1]	Полное сопротивление реостата, *ом*	Допустимый ток, а
0,42—0,75	3 × 0,734	280—140
0,75—1,3	3 × 1,11	180— 87,4
1,3 —2,4	3 × 2	136— 64
2,4 —4,2	3 × 2,89	100— 59
4,2 —7,5	3 × 4,5	76— 47

6. Расчет пусковых сопротивлений (или реакторов) в цепи стат... для короткозамкнутых двигателей

Пусковые сопротивления (*r ом*) или реакторы (*X ом*) в цепи стат... применяются для снижения величин: 1) пускового тока в *a* раз (к... это требуется по условиям сети), либо 2) пускового момента двига... в *b* раз (когда это требуется по условиям приводимого механизма ... обеспечения плавного пуска, причем $\frac{M_{пуск.\ двиг}}{M_{пуск.\ мех}} = b$, т. е. необходим... пусковой момент механизма составляет $1/b$-ую долю от располагаем... пускового момента двигателя). Расчет величин r и X производится ... следующим формулам:

1-й случай. Снижение пускового тока в *a* раз.

Омическое сопротивление

$$r = \sqrt{r_{ск}^2 a^2 + X_{ск}^2 (a^2 - 1)} - r_{ск}.$$

Реактивное

$$X = \sqrt{r_{ск}^2 (a^2 - 1) + X_{ск}^2 a^2} - X_{ск}.$$

2-й случай. Снижение пускового момента в *b* раз

$$r = \sqrt{r_{ск}^2 b + X_{ск}^2 (b - 1)} - r_{ск}$$

$$X = \sqrt{r_{ск}^2 (b - 1) + X_{ск}^2 b} - X_{ск}.$$

Основные соотношения для пусковой цепи двигателя:

$$Z_{ск} = \frac{U_н}{\sqrt{3} I_п}; \quad r_{ск} = Z_{ск} \cos \varphi; \quad X_{ск} = \sqrt{Z_{ск}^2 - r_{ск}^2} \approx 2 r_{ск},$$

где $r_{ск}$, $X_{ск}$ и $Z_{ск}$ — активное, реактивное и соответствующее полно... сопротивление статора при коротком замыкании; $U_н$ — номинальное на... пряжение; $I_п$ — пусковой ток двигателя; $\varphi_к$ — угол сдвига между ток... и напряжением при пуске.

[1] E_2 и I_2 — номинальное напряжение и ток ротора.

§ 25. Механические характеристики асинхронных двигателей с контактными кольцами и включенными сопротивлениями

Нижеследующие формулы, выведенные на основе формулы Клосса, позволяют рассчитать основные параметры двигателя с сопротивлением в цепи ротора, выключаемым по ступеням или постоянно включенным (последнее применяется для упрощения схемы коммутации и обслуживания).

Обозначения (все — в относительных величинах по отношению к номинальным):

$\mu = \frac{M}{M_n}$ — кратность нагрузки; $\mu_к = \frac{M_к}{M_n}$ — кратность опрокидывающего момента;

$\sigma = \frac{s}{s_n}$ — относительное скольжение; $i_a = \frac{I_{пуск}}{I_n}$ — кратность пускового тока;

$\rho = \frac{(R_{доб} + R_{рот})}{R_{рот}}$ — относительное сопротивление цепи ротора.

1. Относительное скольжение при данных относительных сопротивлении ρ и нагрузке μ:

$$\sigma = \rho \frac{\frac{\mu_к}{\mu} - \sqrt{\left(\frac{\mu_к}{\mu}\right)^2 - 1}}{\mu_к - \sqrt{\mu_к^2 - 1}}. \qquad (1)$$

2. Относительное сопротивление цепи ротора, обеспечивающее заданное относительное скольжение σ при заданной нагрузке μ:

$$\rho = \sigma \frac{\mu_к - \sqrt{\mu_к^2 - 1}}{\frac{\mu_к}{\mu} - \sqrt{\left(\frac{\mu_к}{\mu}\right)^2 - 1}}. \qquad (2)$$

3. Относительный момент двигателя при заданном относительном скольжении σ и заданном относительном сопротивлении ρ цепи ротора:

$$\mu = 2\mu_к \frac{\left(\frac{\sigma}{\rho}\right)\left(\mu_к - \sqrt{\mu_к^2 - 1}\right)}{1 + \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^2 \left(\mu_к - \sqrt{\mu_к^2 - 1}\right)^2}. \qquad (3)$$

4. Относительный пусковой ток двигателя при относительном сопротивлении ρ в цепи ротора:

$$i_a \approx \frac{1{,}23}{\sqrt{(\rho s_n)^2 + \left(\mu_к - \sqrt{\mu_к^2 - 1}\right)^2}}. \qquad (4)$$

1. Асинхронный двигатель имеет $s_n = 0{,}05 = 5\%$ и $\mu_к = 3$. Найти скольжение на естественной характеристике при моменте нагрузки $\mu = 2$). Имеем $\rho = 1$.

По формуле (1):

$$\sigma = 1\,\frac{\frac{3}{2} - \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 - 1}}{3 - \sqrt{3^2 - 1}} = 2{,}17; \quad s = 2{,}17 \cdot 0{,}05 = 0{,}108.$$

2. Двигатель с $s_n = 0{,}04$ и $\mu_к = 2{,}6$. Найти сопротивление ротора, обеспечивающее пусковой момент в 200%. Имеем:

$$\sigma = \frac{s_{пуск}}{s_n} = \frac{1}{0{,}04} = 25.$$

По формуле (2) кратность сопротивления:

$$\rho = 25\,\frac{2{,}6 - \sqrt{2{,}6^2 - 1}}{\frac{2{,}6}{2} - \sqrt{\left(\frac{2{,}6}{2}\right)^2 - 1}} = 10{,}65.$$

3. Двигатель с данными, как в примере 1. В ротор введено кратное сопротивление $\rho = 5$ и (вариант) — десятикратное $\rho = 10$. Найти величины пусковых моментов. Имеем:

$$\sigma = \frac{1}{0{,}05} = 20.$$

По формуле (3)

при $\rho = 5$:

$$\mu_{пуск} = 2{,}3 \cdot \frac{\frac{20}{5} \cdot (3 - \sqrt{3^2 - 1})}{1 + \left(\frac{20}{5}\right)^2 \cdot (3 - \sqrt{3^2 - 1})^2} = 0{,}84.$$

При $\rho = 10$:

$$\mu_{пуск} = 2{,}3 \cdot \frac{\frac{20}{10} \cdot (3 - \sqrt{3^2 - 1})}{1 + \left(\frac{20}{10}\right)^2 (3 - \sqrt{3^2 - 1})^2} = 1{,}58.$$

4. Для смягчения характеристики асинхронного двигателя в [illegible] введено сопротивление $\rho = 5$. Двигатель имеет $s_n = 0{,}03$ и $\mu_к = 2{,}5$. Найти пусковой толчок тока. По формуле (4,:

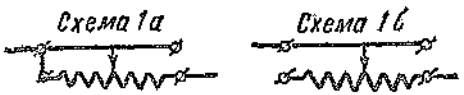
$$I_a = \frac{1{,}23}{\sqrt{(5 \cdot 0{,}03)^2 + (2{,}5 - \sqrt{2{,}5^2 - 1})^2}} = 4{,}9.$$

§ Регулировочные реостаты

1. Схема включения и выбор реостатов

Реостаты возбуждения машин постоянного тока подбираются таким образом, чтобы в нормальных условиях ток возбуждения можно было регулировать от 50 до 100% номинального тока возбуждения, величина которого приведена ниже в табл. 1. Например, имеется динамомашина постоянного тока 20 *квт*, 220 *в*. Ее номинальный ток равен 20 000 : 220 = 91 *а*. Ток возбуждения по нижеприведенной таблице принимаем равным 3%, что при 91 *а* составляет 2,73 *а*. Следовательно нужно иметь реостат 220 *в* с регулировкой, примерно, от 1,5 *а*. Сопротивление его будет в этом условии (если пренебречь сопротивлением обмотки возбуждения) 220 : 1,5 = 146 *ом*.

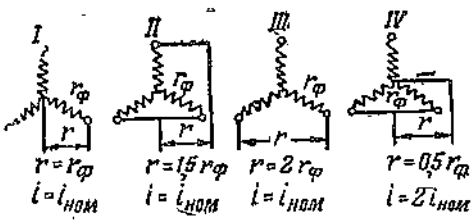
Реостаты возбуждения машин с независимым возбуждением подбираются по напряжению и току обмотки возбуждения.



Фиг. 40. Схемы включения реостатов Рустрата.

Реостаты в цепях возбуждения синхронных машин обычно не ставятся, а регулировка тока возбуждения производится изменением возбуждения генератора, питающего обмотку возбуждения синхронной машины.

Реостаты Рустрата в цепях возбуждения полезно включать (фиг. 40) по схеме 1 а, так как в случае нарушения контакта между проволокой и витком цепь не будет разомкнута, как в схеме 1 б.



Фиг. 41. Возможные схемы включения трехфазных реостатов для постоянного или однофазного тока.

Применение трехфазных реостатов для постоянного или однофазного тока (фиг. 41).

В трехфазных реостатах точка соединения всех трех фаз (нулевая), в большинстве случаев, соединена с корпусом.

Схема включения сопротивлений для широкой регулировки показана на фиг. 42.



Фиг. 42.

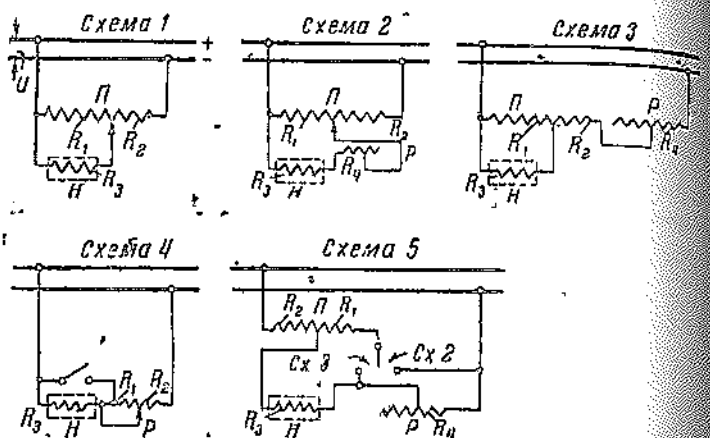
Таблица 1

Ток возбуждения — в зависимости от мощности

Мощность *квт*	Ток шунтовой обмотки в % от номинального тока
0,5— 1	20—10
1 — 2	10— 8
2 — 6	8— 5
6 — 10	5— 3
10 — 100	3— 2
100 —1 000	2— 1

2. Потенциометрические схемы регулирования тока, напряжения, скорости

Основные схемы (фиг. 43)



Фиг. 43. Потенциометр (схема 1). Последовательное включение потенциометра и реостата (схемы 2 и 3). Комбинированное включение потенциометра и реостата (схемы 4 и 5). *Н* — потребитель.

Если число контактов у потенциометра — $n_п$, у реостата $n_р$, общее число ступеней тока (не считая нулевой) равно $(n_п - 1)$, при схеме 2 и $(n_п - 1) \cdot (2n_р - 1)$ — при схеме 3. При схеме 3 можно получить таких малых значений тока, как при схеме 2. Схема 4 позволяет использовать сопротивление попеременно как потенциометр и как реостат. Схема 5 служит для получения наиболее тонкой регулиров-

Обозначения см. стр. 226 и фиг. 44; кроме того, примем $I_{B(0)} = \frac{U}{R_B}$ и $R_1 + R_2 = R$, тогда отношение $\frac{I_B}{I_{B(0)}}$ равно:

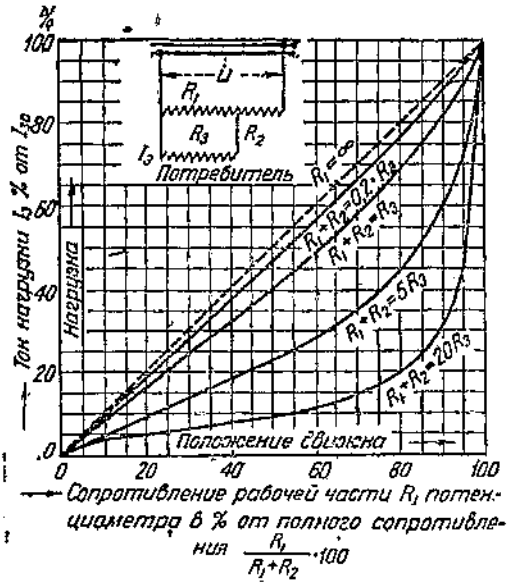
Для схемы 1

$$1 : \left(\frac{R_2}{R_B} + 1 + \frac{R_B}{R_1}\right); \qquad (1)$$

Для схемы 3

$$1 : \left(\frac{R}{R_B} + 1 + \frac{R}{R_1}\right). \qquad (2)$$

По формуле (1) построены характеристики, приведенные на диаграмме (фиг. 44), из которых видно, что потенциометр следует приме-



Фиг. 44. Диаграмма для определения сопротивления рабочей части потенциометра в зависимости от тока нагрузки.

лять при регулировании малых процентных значений тока; при больших же процентных значениях тока — применять реостат.

Области применения потенциометра: 1) стабилизация напряжения при питании потребителя с переменной нагрузкой пониженным напряжением, например, цепи катушек контакторов и возбуждения шунтовых двигателей при питании от сети постоянного тока повышенного напряжения; 2) регулирование возбуждения в агрегатах Леонарда; 3) регулирование скорости двигателей постоянного тока малой мощности в широких пределах и др.

§ 28. Прямой пуск электродвигателей асинхронных и синхронных

1. Общие положения и существующие требования

Согласно „Правилам устройства электроустановок промышленных предприятий" допускаются следующие максимальные потери напряжения в сети до шин ближайшего распределительного пункта для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных двигателей:

При нормальной работе (установившийся режим двигателя:

$$\Delta e \leqslant 8\% \text{ для нормальных условий}$$
$$\Delta e \leqslant 12\% \text{ для аварийных условий}$$

При пуске двигателя:

$$\Delta e \leqslant 10\% \text{ при частых пусках}$$
$$\Delta e \leqslant 15\% \text{ при редких пусках}$$

При пуске двигателя значения Δe могут быть повышены до 20% и более, если обеспечен требуемый пусковой момент для пускаемого механизма и если это не нарушает режима работы других двигателей. При прочих условиях величины $\Delta e\%$ могут приниматься большими: а) в случае приводов с редкими пусками и б) при раздельных трансформаторах для силы и света.

Практические указания. Можно принимать ориентировочно следующие предельные величины мощностей короткозамкнутых двигателей при прямом пуске и питании:

1) от электростанции малой мощности — 0,1 — 0,12 на 1 *ква* мощности генератора;

2) через трансформатор — до 30% мощности трансформатора при редких пусках и до 20% — при частых пусках двигателя;

3) от высоковольтной сети — $\leqslant 3\%$ от мощности трехфазного короткого замыкания этой сети.

На стр. 229 показан способ расчета дополнительного $\Delta e\%$, возникающего в трансформаторе при пуске двигателя, а на стр. 230 способ расчета суммарного $\Delta e\%$ — от существующей нагрузки и от пусковой мощности двигателя.

2. Пуск в ход асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

Если асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором или синхронный двигатель с асинхронным пуском пускается в ход от понижательного трансформатора, соизмеримой с ним мощности (например, когда мощность двигателя составляет 0,3 и выше от мощности питающих трансформаторов), то фактическая кратность K_2 пускового тока двигателя будет ниже кратности пускового тока K_1, задаваемой заводом, за счет ограничения величины пускового тока реактивностью трансформатора. В случаях, когда можно пренебречь реактивностью сети, кратность K_2 может быть определена по приближенной формуле:

$$K_2 = \frac{100\,K_1}{100 + 5{,}5\,m},$$

где $m = \frac{P_1}{P_2} = \frac{\text{мощность двигателя, } ква}{\text{мощность трансформатора, } ква}$.

Пример. Асинхронный короткозамкнутый двигатель 20 *квт*, $\cos\varphi_n = 0{,}87$, с кратностью пускового тока $K_i = 6$ присоединен к трансформатору мощностью $P_т = 30$ *ква*. Имеем $P_1 = 20 : 0{,}87 = 23$ *ква*; относительная мощность $m = 23 : 30 = 0{,}77$, следовательно: $K_2 = \frac{100 \cdot 6}{100 + 5{,}5 \cdot 0{,}77} = 5{,}75$.

$\cos\varphi_п$ короткозамкнутого двигателя при пуске может быть определен по формуле

$$\cos\varphi_п = \cos\varphi_n \left[K_м \cdot \frac{1}{(1 - s_n) K_i} + \gamma K_i (1 - \eta_n) \right], \qquad (1)$$

где $\cos\varphi_п$ и $\cos\varphi_n$ — коэфициенты мощности в первый момент пуска и при номинальной нагрузке; $K_м$ — кратность пускового момента; K_i — кратность пускового тока; s_n и η_n — номинальные скольжение и к. п. д.; γ — доля потерь в меди от общих потерь ($\gamma \approx 0{,}3 - 0{,}4$) при полной нагрузке.

Пример. Двигатель МА-201-1/4, 8 *квт*, 1 460 об/мин, $K_i = 6{,}5$; $1 - \eta_n = 0{,}13$; $K_м = 0{,}9$; $\gamma = 0{,}33$; $s_n = 0{,}028$; $\cos\varphi_n = 0{,}87$.

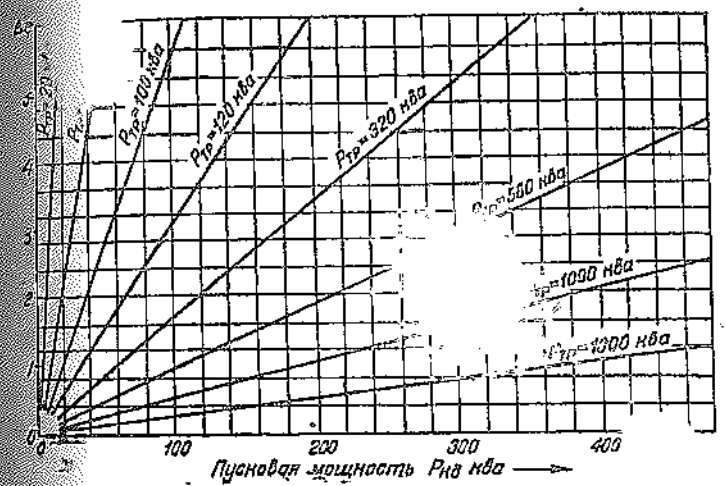
$$\cos\varphi_п = 0{,}87 \left\{ 0{,}9 : [(1 - 0{,}028) \cdot 6{,}5] + 0{,}33 \cdot 6{,}5 \cdot 0{,}13 \right\} = 0{,}364.$$

Другая формула для определения $\cos\varphi_п$ дана Джонсоном:

$$\cos\varphi_п \approx \frac{\eta_n \cos\varphi_n}{1 - s_n} \cdot \frac{(K_м + 0{,}025\, K_i^2)}{K_i}. \qquad (2)$$

Для вышеуказанного численного примера получаем $\cos\varphi_п = 0{,}36$. Рекомендуется брать среднее значение из результатов расчета по формулам (1) и (2).

3. Допустимая мощность короткозамкнутого двигателя при прямом пуске от полного напряжения сети (фиг. 45)



Фиг. 45. Максимальная пусковая мощность короткозамкнутого двигателя при прямом пуске в зависимости от допустимой дополнительной потери напряжения в трансформаторе.

График (фиг. 45) дает возможность определить наибольшую допустимую величину пусковой мощности короткозамкнутого двигателя $P_{кд}$ квт при прямом пуске от полного напряжения сети в зависимости от допустимой величины дополнительной потери напряжения Δe в трансформаторе.

Номинальная мощность $P_{до}$ квт короткозамкнутого двигателя, для которого допустимо непосредственное включение на сеть, определяется из формулы:

$$P_{кд} = \frac{P_{до} K}{\cos\varphi_н \eta_н},$$

где $P_{кд}$ находится по графику; K — кратность пускового тока двигателя, $\cos\varphi_н$, $\eta_н$ — номинальные коэфициенты мощности и к. п. д. Идя от точки $P_{кд}$ по оси абсцисс вверх до луча соответствующей мощности питающего трансформатора, получаем в пересечении величину дополнительного падения напряжения $\Delta e\,^0/_0$ в трансформаторе в момент пуска. Обратно: по заданному $\Delta e\,^0/_0$ можем найти $P_{кд}$ и соответствующий $P_{тр}$.

4. Падение напряжения при пуске с учетом существующей нагрузки.

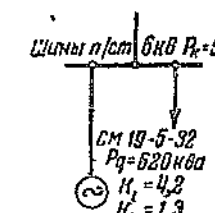
Если $P_н$ и $\cos\varphi_н$ — существующая нагрузка на шинах и ее коэфициент мощности, $P_д$ — номинальная мощность в *ква* электродвигателя (синхронного или асинхронного), пускаемого от полного напряжения сети, K_t — кратность его пускового тока, $K_м$ — кратность его пускового момента, $\cos\varphi_п$ — коэфициент мощности двигателя в момент пуска, $\Delta U_ш$ — относительное падение напряжения на шинах в долях от фазового напряжения сети, $P_к$ — мощность короткого замыкания на шинах в *ква*, — то пусковая мощность двигателя $P_{кд} = K_t P_д$ *ква*. Величина $\cos\varphi_к$ может быть определена по формулам, приведенным на стр. 229, или весьма приближенно по формуле $\cos\varphi_к \approx \frac{K_м}{K_t}$. Падение напряжения $\overline{\Delta U}_ш$ определяется по следующей формуле:

$$\overline{\Delta U}_ш = \left(\frac{\overline{\Delta U'}_ш}{U_н}\right) = \frac{\overline{K_t P_д} + \overline{P}_н}{\overline{P}_к} \cong \frac{K_t P_д + P_н}{P_к}.$$

В развернутом (алгебраическом) виде:

$$\Delta U_ш = \sqrt{\left(\frac{K_t P_д \sin\varphi_к + P_к \sin\varphi_н}{P_к}\right)^2 + \left(\frac{K_t P_д \cos\varphi_н + P_н \cos\varphi_н}{P_к}\right)^2}.$$

Пример (фиг. 46). Проверить возможность прямого пуска высоковольтного синхронного двигателя, если $\Delta U_ш$ должно быть $\leqslant 15\,^0/_0$. Имеем:



Фиг. 46.

$$\cos\varphi_к \approx \frac{K_м}{K_t} = \frac{1{,}3}{4{,}2} = 0{,}31;$$

$$\sin\varphi_к = 0{,}95.$$

По точной формуле (2):

$$\Delta U_{\%} = \sqrt{\left(\frac{4{,}2 \cdot 620 \cdot 0{,}95 + 3\,000 \cdot 0{,}6}{50\,000}\right)^2 + \left(\frac{4{,}2 \cdot 620 \cdot 0{,}31 + 3\,000 \cdot 0{,}8}{50\,000}\right)^2} =$$

$$= 0{,}107 = 10{,}7\%.$$

По приближенной формуле (1)

$$\Delta U_{\%} = \frac{(4{,}2 \cdot 620 + 3\,000)}{50\,000} = 0{,}112 = 11{,}2\%.$$

Разница в результатах на 0,5%.

Наибольшая мощность в *кет* двигателей с короткозамкнутым ротором, при прямом пуске которых от полного напряжения сети колебание напряжения на шинах будет $\leqslant 15\%$.

Кратность пускового момента к номинальному моменту	Мощность трансформатора, *ква*													
	180		240		320		420		550		750		1 000	
	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$	$K_i=6$	$K_i=5$
70	41	50	54	55	70	72	86	88	105	126	134	161	166	187
65	44	52	57	68	74	86	103	123	112	135	144	171	169	202
60	46	55	60	71	78	93	108	130	119	142	152	183	180	216
55	48	58	62	75	82	97	113	135	125	151	161	193	192	230
50	50	60	65	78	85	102	118	142	132	158	170	204	204	246
45	52	63	68	82	89	106	123	148	139	167	180	216	216	260

Примечания. 1. Таблица подсчитана по приближенной формуле (1).

2. При переводе мощности двигателей из *ква* в *кет* принято среднее значение $\cos\varphi = 0{,}9 \cdot 0{,}8 = 0{,}72$.

3. Мощности короткого замыкания в сети низкого напряжения подсчитаны, исходя из предположения, что ток короткого замыкания ограничивается только реактивностью трансформатора (реактивное сопротивление внешней сети ≈ 0). При наличии точных данных о мощности короткого замыкания величина последней подсчитывается для ближайших шин высокого или низкого напряжений, от которых питается двигатель.

§ 29. Пусковые устройства для асинхронных двигателей с контактными кольцами

1. Ток ротора и сечение проводов к реостату

Роторные данные двигателя (напряжение на кольцах двигателя при пуске — e вольт и номинальный ток ротора — i ампер) могут быть взяты из каталога или по щитку двигателя.

При отсутствии величины i она может быть определена по приближенным формулам.

а) Трехфазный ротор

$$i = \frac{500}{\eta \cos\varphi} \cdot \frac{P_n}{e} \text{ ампер} \quad \text{или} \quad i = \frac{1\,000}{1{,}73\sqrt{\eta \cos\varphi}} \cdot \frac{P_n}{e} \text{ ампер.}$$

б) Двухфазный ротор

Ток в крайних контактных кольцах:

$$I_1 = i_B = \frac{450}{\eta \cos\varphi} \cdot \frac{P_n}{e} \text{ ампер.}$$

Ток в среднем кольце:

$$i_2 = \sqrt{2}\, i_1 \approx 1{,}5\, i_1 = \frac{675}{\eta \cos\varphi} \cdot \frac{P_n}{e} \text{ ампер},$$

где P_n — мощность в *квт*; η — к. п. д. и $\cos\varphi$ коэфициент мощности (номинальные значения). Провода к реостату (кратковременная нагрузка) выбираются по нижеследующей таблице. Если двигатель имеет приспособления для короткого замыкания и последнее производится в реостате, то соединительные провода выбираются по общей таблице для длительно допустимых нагрузок и должны быть проверены при длинных проводах в цепи ротора, по формуле:

$$q = \frac{\sqrt{3}\, l i n_0}{k e n_1} = 0{,}03\, l \frac{i}{e} \frac{n_0}{n_1} \text{ мм}^2,$$

где l — длина проводов от колец к реостату в *м*; k — удельная проводимость (57 для меди); n_0 — синхронное число об/мин; n_1 — допущенное сниженное число об/мин (сверх нормального скольжения), e и i — выше. По этой же формуле наоборот, при известном q может быть определено сниженное число об/мин n_1, обусловленное сопротивлением проводов в цепи ротора.

Допускаемые нагрузки для соединительных проводов от контактных колец к пусковому реостату (2—3 пуска в час)

Сечение медного провода или жилы кабеля *мм*²	3 одножильных провода марок ПР и ПРТО, прокладка в трубах			Трехжильные кабели с бумажной изоляцией		
	пуск			пуск		
	легкий (вхолостую или с $^1/_2$ нагрузкой) *a*	тяжелый (с $^1/_1$ нагрузкой) *a*	весьма тяжелый *a*	легкий (вхолостую или с $^1/_2$ нагрузкой) *a*	тяжелый (с $^1/_1$ нагрузкой) *a*	весьма тяжелый *a*
1	37	27	23	—	—	—
1,5	48	32	27	57	44	36
2,5	63	45	40	86	66	55
4	88	65	56	112	86	71
6	106	78	67	143	110	91
10	152	117	96	180	139	115
16	200	156	127	238	184	151
25	260	202	165	323	250	206
35	328	246	202	378	292	240
50	432	335	275	478	370	304
70	526	408	335	600	465	382
95	638	495	406	738	570	470
120	730	565	465	867	670	552
150	835	647	532	990	767	632

2. Конструкция и технические данные реостатов

Пусковые реостаты нормальной конструкции изготовляются: 1) для пуска двигателей при половинном моменте (или вхолостую), либо 2) для

...при полном моменте. Пусковой (пиковый) ток I_{max} реостата ...

...пуске с $^1/_2$ нагрузкой . . . . . $\frac{I_{max}}{I_n} \approx 0{,}7—0{,}8$

... » полной » (при полном моменте) $\frac{I_{max}}{I_n} \approx 1{,}4—1{,}6$

При тяжелых условиях пуска (большие маховые массы, затяжной пуск) . . . . . $\frac{I_{max}}{I_n} \approx 2\ —2{,}5$

...устранения обгорания первых контактов при включении и ...ключении и для уменьшения толчков тока в сети реостаты, помимо ...бочих пусковых ступеней, снабжаются одной или несколькими пред-...рительными ступенями.

Пуски предполагаются подряд, непосредственно один за другим, ...без промежутки, равные двойному времени пуска. Указанные в таб-...ле числа пусков подряд и частота пусков определены из условия ...минальной мощности при полной нагрузке и времени пуска $t = 2\sqrt{P_н}$, где $P_н$ — номинальная мощность двигателя в *квт*.

При выборе реостатов, помимо мощности двигателя и условий пуска, ...обходимо учитывать роторные данные двигателя и допустимый ток ...последнего контакта реостата.

В тех случаях, когда ток нагрузки двигателя в период пуска или же ...кращении его превышает допустимый длительный ток последнего ...нтакта выбранного реостата, но такой реостат можно применять только ...я двигателей с приспособлением для подъема щеток; для двигателей же ...фазировочным ротором следует выбирать реостат соответственно ...ьшей величины. Масляные реостаты нормального типа не предназна-...ены для частых пусков, ни для больших пусковых толчков тока, ...ни для регулирования скорости.

Для каждой величины реостата имеется от 3 до 9 величин сопро-...влений, определяемых каждое отношением $\frac{e}{i_н}$,

где e — напряжение между кольцами при неподвижном роторе;

$i_н$ — номинальный ток в контактном кольце двигателя.

Фактическое значение $\frac{e}{i_н}$ двигателя может отличаться на $\pm 30\%$ от ...ного, указанного в каталоге сопротивлений. При других условиях ...ска требуемое $\frac{e}{i_н}$ реостата может быть вычислено из соотношения:

$$\left(\frac{e}{i_н}\right) \text{реостата} = \frac{1{,}3}{a}\left(\frac{e}{i_н}\right) \text{двигателя},$$

где a — новая напряженность пуска, т. е. отношение среднего пускового момента (тока) к номинальному моменту (току) двигателя.

При составлении спецификации на реостат следует указывать: 1) тип, ...ность и роторные данные двигателя; 2) статический момент при пуске ...нагрузкой (полной, половинной или вентиляторной); 3) тип реостата; ...4) в случае пуска под постоянной ($^1/_1$; $^1/_2$) нагрузкой — каталожный номер ...противления и номенклатурный номер; 5) при меняющейся во время пуска ...грузке — номенклатурный номер и сопротивление по расчету.

Пример формулировки. Реостат масляный к двигателю МА 205-214, ...торый $e = 156$ *в*, $i_н = 254$ *а*, для пуска под нагрузкой $^1/_1$. Номенклатур-...ный № 34164-I, тип РМ-1643, с сопротивлением каталожный № с 416403.

Технические данные пусковых реостатов ХЭМЗ

Реостат									Сопротивление				
	максимальная мощность двигателя в *квт* при пуске с нагрузкой		макс. допустимый ток для последнего контакта реостата I_{max}	число пусков подряд	частота пусков в час	число ступеней		Ток включения на первой позиции в долях от номинального	пуск с полной нагрузкой		пуск с половинной нагрузкой		максимально нагрузочный ток ротора при пуске $\frac{I}{a}$
величина (габарит) реостата	$^1/_1$	$^1/_2$				предварительных	общее		максимальная мощность двигателя *квт*	пределы значений $\frac{e}{I_н}$	максимальная мощность двигателя *квт*	пределы значений $\frac{e}{I_н}$	
2	10	20	90	3	3	—	—	1,4	10	0,42—2,4	20	0,38—1,2	120— 22
3	20	40	90	3	2	—	6	1,3	20	0,42—2,4	40	0,66—1,2	120— 31
(2)	(25)	(50)							(25)	(0,6 —6,8)	(50)	(0,6 —3,4)	
4	40	80	150	3	1,5	1	8	1,1	20	0,42—2,4	40	0,38—1,2	180— 57
									40	2,41—13	80	1,31—6,5	
(3)	(50)	(100)							(50)	(0,6 —3,4)	(100)	(0,24—1,7)	
5	75	150	180	2	0,75	1	8	1,1	40	0,42—1,3	75	0,38—0,65	242—104
									75	0,76—7,5	150	0,66—3,75	
(4)	(100)	(200)							(100)	(0,6 —6,8)	(200)	(0,84—3,4)	
6	150	300	280	3	1,0	1	12	1,1	75	0,42—1,3	150	0,38—0,65	330—195
									150	1,31—4,2	300	0,66—2,1	
(5)	(175)	(350)							(175)	(0,6 —4,8)	(350)	(0,6 —2,4)	
	300	600	400	3	0,75	2	14	0,5	150	0,42—0,75	300	0,38—0,65	470—375
									300	0,76—2,4	500	0,66—1,2	
(6)	(300)	(500)							(300)	(0,6 —6,8)	(600)	(0,84—3,4)	
8	500	750	560	3	0,6	2	16	0,5	300	0,42—0,75	500	0,38—0,65	665—485
									500	0,76—2,4	1 000	0,66—1,2	
(7)	(500)	(1000)							(500)	(0,84—4,8)	(1 000)	(0,84—2,4)	

Примечания. 1. Цифры в скобках относятся к единой серии реостатов 1941 г.

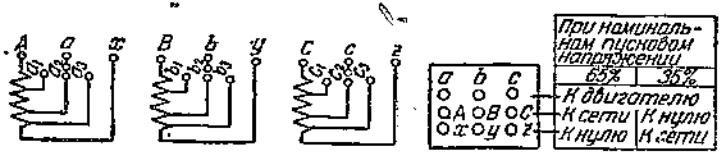
2. Для каждой величины реостата существует от 3 до 5 величин сопротивлений, у которых $\frac{e}{I_н}$ лежит в указанных пределах.

30. Пусковые и максимальные моменты (статические) для разных рабочих машин в процентах от номинального момента

(Ориентировочные средние значения)

№ п/п	Наименование рабочих машин	Пусковой начальный момент	Входной момент при 95% скорости	Максимальный момент во время работы
1	Моторгенераторы	5—15	5—15	150
2	Центробежные насосы: пуск с закрытой задвижкой	10—30	50—70	150
	Центробежные насосы: пуск с открытой задвижкой	10—30	100	150
3	Турбокомпрессоры и вентиляторы: пуск с закрытой задвижкой	10—30	10—30	150
4	Поршневые насосы, пуск без нагрузки	40	40	150
5	Поршневые компрессоры, пуск без нагрузки	20—30	20—30	140
6	Мешалки	100—200	100	175
7	Дефибреры непрерывного действия, пускаемые с отодвинутым балансом	20—50	20—50	150
8	Пробилки и дезинтеграторы, пускаемые под нагрузкой	200	150	300
9	Мельницы для угля	150	100	200—250
10	Шаровые и трубчатые мельницы: мокрого помола	0—50	ок. 100	200
	Шаровые и трубчатые мельницы: сухого помола	100—200	ок. 100	200—250
11	Блюминги, слябинги, рельсо-балочные станы, броневые станы	35	25	250—350
12	Рельсо-балочные станы; непрерывно-заготовочные станы для полосовой и листовой стали с групповым приводом; трубопрокатные (пирсинг) станы и станы для развальцовки труб	40	30	250
13	Мелкосортные станы и станы для прокатки труб	60	40	250
14	Непрерывные проволочные станы с групповым приводом	75	40	200—250
15	Непрерывные станы для горячей прокатки полос с индивидуальным приводом	25	20	250
16	Трубопрокатные станы	40	30	300—350
17	Листовые и жестекатальные станы: горячей прокатки	125	100	300—500
	Листовые и жестекатальные станы: холодной „	200	150	250
18	Медепрокатные, заготовительные станы	50	35	250
19	Отделочные станы для медных полос	150	125	250

§ 31. Автотрансформаторы пусковые, трехфазные, масляные



Фиг. 47. Схема выводов на пусковом автотрансформаторе.

Ступени напряжения, в % % от номин. (фиг. 47)	Номин. напряжение, в	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000
	Величина автотрансф.	Мощность при номинальных первичных напряжениях в киловольтамперах											
		при общей длительности пусков											
		2,25 мин.			1,5 мин.			0,75 мин.			0,375 мин.		
75	I	—	329	—	—	346	—	—	415	—	—	533	—
	II	—	593	—	—	625	—	—	750	—	—	998	—
	III	1 080	1 080	1 080	1 130	1 130	1 130	1 410	1 410	1 410	1 915	1 915	1 915
	IV	1 795	1 795	1 795	1 995	1 995	1 995	2 490	2 490	2 490	3 390	3 390	3 390
	V	3 230	3 230	3 230	3 590	3 590	3 590	4 660	4 660	4 660	6 270	6 270	6 270
	VI	—	5 750	5 750	—	6 380	6 380	—	8 300	8 300	—	11 170	11 170
	VII	—	10 800	10 800	—	11 950	11 950	—	16 150	16 150	—	20 950	20 950
	VIII	—	18 200	18 200	—	21 200	21 200	—	28 700	28 700	—	37 200	37 200

Процент питания, в % от нормального (фиг. 47)	Величина автотрансф.	380 в	3 000	6 300	500	3 300	6 600	800	3 000	6 300	870	3 300	6 600
		Мощность при номинальных первичных напряжениях в киловольтамперах											
		при общей длительности пусков											
		3 мин.			2 мин.			1 мин.			½ мин.		
65	I	—	247	—	—	260	—	—	312	—	—	416	—
	II	—	446	—	—	470	—	—	964	—	—	750	—
	III	765	765	765	850	850	850	1 060	1 060	1 060	1 440	1 440	1 440
	IV	1 350	1 350	1 350	1 500	1 500	1 500	1 875	1 875	1 875	2 550	2 550	2 550
	V	2 430	2 430	2 430	2 700	2 700	2 700	3 510	3 510	3 510	4 720	4 720	4 720
	VI	—	4 320	4 320	—	4 800	4 800	—	6 240	6 240	—	8 400	8 400
	VII	—	7 650	7 650	—	9 000	9 000	—	12 150	12 150	—	15 750	15 750
	VIII	—	13 600	13 600	—	16 000	16 000	—	21 600	21 600	—	28 000	28 000
		4,2 мин.			2,8 мин.			1,4 мин.			0,7 мин.		
55	I	—	177	—	—	186	—	—	224	—	—	298	—
	II	—	319	—	—	336	—	—	396	—	—	537	—
	III	548	548	548	610	610	610	760	760	760	1 030	1 030	1 030
	IV	965	965	965	1 075	1 075	1 075	1 345	1 345	1 345	1 825	1 825	1 825
	V	1 740	1 740	1 740	1 930	1 930	1 930	2 510	2 510	2 510	3 380	3 380	3 380
	VI	—	3 090	3 090	—	3 440	3 440	—	4 470	4 470	—	6 000	6 000
	VII	—	5 480	5 480	—	6 450	6 450	—	8 200	8 200	—	11 300	11 300
	VIII	—	9 740	9 740	—	11 450	11450	—	15 500	15 500	—	20 000	20 000
		1,8 мин.			1,2 мин.			0,6 мин.			0,3 мин.		
45	I	—	188	—	—	198	—	—	238	—	—	317	—
	II	—	345	—	—	363	—	—	435	—	—	580	—
	III	594	594	594	660	660	660	825	825	825	1 120	1 120	1 120
	IV	1 040	1 040	1 040	1 155	1 155	1 155	1 445	1 445	1 445	1 965	1 965	1 965
	V	1 855	1 855	1 855	2 060	2 060	2 060	2 680	2 680	2 680	3 620	3 620	3 620
	VI	—	3 340	3 340	—	3 710	3 710	—	4 830	4 830	—	6 500	6 500
	VII	—	5 900	5 900	—	6 925	6 925	—	9 350	9 350	—	12 120	12 120
	I	—	10 500	10 500	—	12 400	12 400	—	16 700	16 700	—	21 700	21 700

Продолжение

Ступени напряжения, в % от номин. (фиг. 47)	Номин. напряжение, *в*	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000	500	3 000	6 000
	Величина автотрансф.	Мощность при номинальных первичных напряжениях в киловольтамперах											
		при общей длительности пусков											
		3 мин.			2 мин.			1 мин.			1/2 мин.		
35	I	—	114	—	—	120	—	—	144	—	—	192	—
	II	—	209	—	—	220	—	—	264	—	—	352	—
	III	360	360	360	400	400	400	500	500	500	680	680	680
	IV	630	630	630	700	700	700	875	875	875	1 190	1 190	1 190
	V	1 125	1 125	1 125	1 250	1 250	1 250	1 625	1 625	1 625	2 190	2 190	2 190
	VI	—	2 025	2 025	—	2 250	2 250	—	2 925	2 925	—	3 940	3 940
	VII	—	3 570	3 570	—	4 200	4 200	—	5 670	5 670	—	7 350	7 350
	VIII	—	6 375	6 375	—	7 500	7 500	—	10 120	10 120	—	13 120	13 120
		5,9 мин.			3,9 мин.			2 мин.			1 мин.		
25	I	—	58	—	—	61	—	—	73	—	—	98	—
	II	—	107	—	—	112	—	—	135	—	—	180	—
	III	184	184	184	204	204	204	255	255	255	346	346	346
	IV	321	321	321	357	357	357	445	445	445	607	607	607
	V	575	575	575	637	637	637	830	830	830	1 115	1 115	1 115
	VI	—	1 030	1 030	—	1 150	1 150	—	1 490	1 490	—	2 010	2 010
	VII	—	1 820	1 820	—	2 140	2 140	—	2 890	2 890	—	3 740	3 740
	VIII	—	3 250	3 250	—	3 820	3 820	—	5 160	5 160	—	6 700	6 700

Примечания. 1. Номинальный режим работы автотрансформатора — 2-минутная нагрузка.

2. $U\% = 100\,\frac{U_{н1}}{U_{н2}}$, где $U_{н1}$ и $U_{н2}$ — номинальное первичное и соответствующее вторичное напряжения.

3. При двух или нескольких пусках подряд следует выбирать автотрансформатор, считая длительность пуска равной сумме длительностей двух или нескольких пусков.

4. Перед очередным после любого из режимов работы автотрансформаторов I — V величин должен быть не менее 4 час., для VI — VIII величин — не менее 6 час.

§ 32. Реакторы пусковые, масляные с железным сердечником

Номинальный ток *а*	Реактивное сопротивл. в омах на фазу	Реактанц % при 3 000 *в*	Реактанц % при 6 000 *в*	Типовая мощность *ква*	Пусковая мощность *ква*
135	18	—	70	100	980
180	3,3	около 35	около 17,5	30	320
	5,7	60	30	50	554
	10,0	—	52	100	970
320	1,05	20	—	30	322
	1,9	35	1,75	50	585
	3,3	около 60	около 30	100	1 010
	5,7	—	52	180	1 750
560	0,6	около 20	—	50	565
	1,05	„ 35	около 17,5	100	990
	1,8	„ 60	„ 30	180	1 690
	3,2	—	„ 52	320	3 010
	4,3	—	70	560	4 050
750	1,8	—	40	320	3 050
	3,2	—	70	560	5 400
1000	0,35	20	—	100	1 050
	0,6	около 35	около 17,5	180	1 800
	1,05	60	30	320	3 150
	1,8	—	около 52	560	5 400

Пределы регулирования сопротивления масляных реакторов

Ступени	Реактивное сопротивление, *ом*										
+15%	0,40	0,69	1,21	2,07	2,18	3,68	3,8	4,95	6,55	11,5	20,7
Основной вывод	0,35	0,6	1,05	1,8	1,9	3,2	3,3	4,3	5,7	10	18
—15%	0,30	0,515	0,91	1,55	1,64	2,75	2,85	3,7	4,9	8,6	15,5

Коэфициент для перехода от допустимого пускового тока при ... минутном режиме к токам при трех- и одноминутном режимах

Трехминутный режим		0,9
Одноминутный режим	На ступени сопротивления —15%	1,15
	На основном выводе	1,1
	На ступени +15%	1

Пояснения. 1. Трехфазные реакторы служат для ограничения пус... вого тока короткозамкнутых асинхронных и синхронных двига... и предназначены для внутренней установки.

2. Номинальный ток пускового реактора (указанный на табличке) ... максимально допустимый ток его при двухминутном режиме, рав... среднеквадратичному току за период пуска двигателя при включен... реакторе (для всех ступеней).

3. Одно- или двухминутным режимом работы реактора счита... такой, при котором суммарная длительность, следующих один за дру... пусков составляет соответственно 1 или 2 мин.

4. Допустимый пусковой ток при одно- или трехминутном реж... определяется умножением номинального тока на коэфициенты, приве... ные выше в таблице.

5. Перерыв между двумя сериями пусков должен быть не ме... 4 час. для пусковых реакторов при типовой мощности 30—100 ... и не менее 6 час. при типовой мощности 180—560 *ква*.

6. Все реакторы, указанные в таблице, изготовляются на рабо... напряжение 6 000 *в*, но могут быть применены также в сетях 3 000 ... По требованию заказчика они могут быть изготовлены и на 10 000 ... с теми же реактивностями.

7. Обмотки пусковых реакторов снабжаются двумя дополнительны... ответвлениями на каждой фазе для возможности регулирования реак... ного сопротивления в пределах, указанных в табл. на стр. 239, с ... ском ± 7%. Диапазон регулирования может быть расширен до ±2...

8. Превышение температуры обмоток над температурой окружа... щей среды не должно превосходить 135° С.

§ 33. Пуск синхронных и короткозамкнутых асинхронных двигателей

1. Основные указания и формулы

Прямой пуск (при полном напряжении сети) синхронных ... асинхронных короткозамкнутых двигателей применяется во всех случа... когда это допустимо с точки зрения мощности источников, питающ... сеть, падения напряжения в сети и влияния этого падения на рабо... других приемников, а также с точки зрения прочности закрепле... лобовых частей обмоток двигателей.

Кратности пусковых моментов (m_n) и пусковых токов (i_n) синхронных двигателей при прямом пуске колеблются в следующих пределах:

m_n = 1,35 до 3,5 (последнее значение относится к синхронным двигателям с опережающим cos φ порядка 0,65—0,7);

i_n = от 4,5 до 7 (бо́льшие значения относятся к быстроходным двигателям, — меньшие к тихоходным).

Прямой пуск наиболее целесообразен для тихоходных двигателей (n < 600 об/мин), имеющих $m_n \approx 1$ и относительно небольшой пусковой ток $i_n \approx 3 \div 4$. Для быстроходных двигателей (n = 600—3 000 об/мин с пусковым моментом $m_n \approx 1{,}5$—2 и пусковым током $i_n = 5 \div 6$, случаях, чаще всего, для привода механизмов с относительно небольшим пусковым моментом (центробежные вентиляторы, насосы, моторгенераторы), обычно применяется пуск от пониженного напряжения.

Пуск от пониженного напряжения (помощью реактора или автотрансформатора) применяется для ограничения пускового тока при сохранении, однако, достаточной величины пускового момента. Основные соотношения:

Пусковая величина	При реакторе	При автотрансформаторе
В обмотке двигателя	$i_n = i \cdot U'_n$	$i'_n = i_n \cdot U'_n$
В сети		$i'_n = i_n \cdot U'^2_n$
Момент	$m'_n = m_n U'^2_n$	$m'_n = m_n \cdot U'^2_n$

$U'_n = U/U_n$ — относительное напряжение на зажимах двигателя при пуске

Заданием является потребная для привода величина m_n (а иногда и величина m_{max}). Если получающаяся при реакторе величина i'_n (для заданного m'_n) недопустима для сети, то нужно применить автотрансформатор.

При заданных величинах U_n и i'_n необходимый номинальный реактанс пускового реактора в процентах находится по формуле:

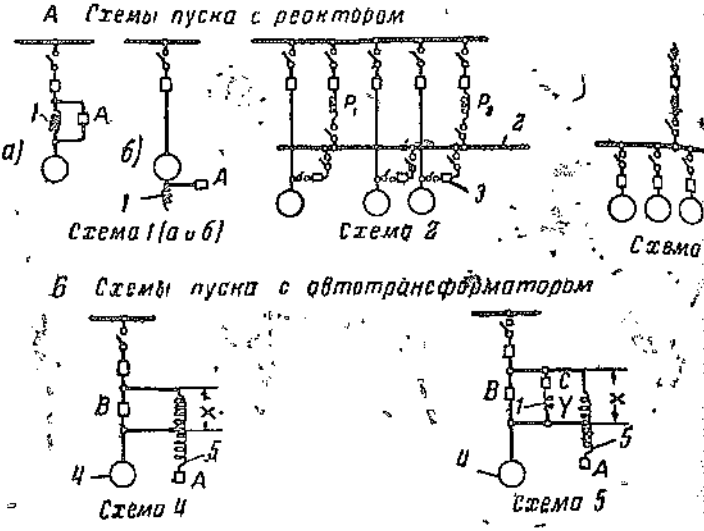
$$x_{pn}\% = \frac{1}{i'_n}\left(\frac{1}{U'_n} - 1\right) \cdot 100\%.$$

Основные формулы по реакторам — см. стр. 228.

2. Принципиальные схемы пуска синхронных двигателей

Пуск синхронных двигателей производится по принципиальным схемам, приведенным ниже на фиг. 48, причем пуск с реактором осуществляется при помощи схем 1 (*а* и *б*), 2 и 3, а пуск с автотрансформатором — при помощи схем 4 и 5.

Схема 1 (*а* и *б*). Преимущества схемы 1*б* перед 1*а* в том, что реактор и масляный выключатель лучше защищены от короткого замыкания в линии благодаря добавочному реактансу двигателя, что дает возможность рассчитать их на меньший ток. Недостатки этой схемы заключаются в необходимости вывода 6 концов двигателя и прокладки добавочного кабеля, если реактор и его масляный выключатель не расположены вблизи самого двигателя.



Фиг. 48. Принципиальные схемы пуска синхронных двигателей. Схема 1—(*а* и *б*); схема 2—с групповым реактором P_1; схема 3 — с одним фидерным реактором; схема 4—нормальная схема Корндорфера; схема 5—комбинированная (реактор параллельно с автотрансформатором)

1—реактор; *2*—пусковые шины; *3*—пусковой масляный выключатель; *4*—синхронный двигатель; *5*—автотрансформатор.

Схема 2 с групповым реактором P_1. Реактор P_2 — резервный. Эта схема требует добавочных блокировок. Экономия по затратам тем значительнее, чем больше число двигателей. Такая же схема может быть применена и для группового автотрансформатора.

Схема 3 с одним фидерным реактором (порядка 5%) применяется для тихоходных двигателей, приблизительно одинаковой мощности. Реактор в данной схеме остается постоянно включенным.

Схема 4, нормальная схема Корндорфера, применяется для мощных двигателей, особенно быстроходных (схема — с разомкнутым нулем).

Схема 5 — комбинированная, в ней реактор работает нормально с автотрансформатором. Применяется для крупных и особенно быстроходных двигателей. Схема обеспечивает более плавный пуск, чем схема

3. Выбор схемы пуска

Пример. Выбрать схему пуска для электропривода непрерывного заготовочного стана с 6 клетями. Двигатель синхронный 3 900 кв

4 900 *ква* при $\cos\varphi = 0{,}8$ опер.), 100 об/мин. Характеристика двигателя (при полном напряжении): $m_н = 1{,}2$; $m_к = 2{,}5$; $m_{вх} = 0{,}8$; кратность пускового тока $i_п = 4$. Требуется при пуске ограничить пусковую мощность до 9 000 *ква* (вместо $4 \cdot 4\,900 = 19\,600$ *ква*) с тем, чтобы для стана были обеспечены $m_п \geqslant 0{,}4$ для трогания механизма с места и $m_{вх} \geqslant 0{,}3$.

Минимальное напряжение при пуске находится из равенства

$$0{,}4 = 1{,}2\ U'^2_п,$$

откуда

$$U'_п = \sqrt{\frac{0{,}4}{1{,}2}} = 0{,}58 = 58\%.$$

а) Пробуем сначала применить реакторный пуск. При напряжении на двигателе 58% от номинального, на реактор приходится $100 - 58 = 42\%$. По кратности пускового тока $i_п = 4$ определяем пусковое реактивное сопротивление двигателя $100 : 4 = 25\%$. Когда двигатель пускается от сети с последовательно включенным реактором, напряжение на зажимах двигателя и на зажимах реактора распределяется пропорционально реактивным сопротивлениям двигателя (25%) и реактора (x %), т. е.

$$25 : x = 58 : 42,$$

откуда

$$x = 18{,}1\%$$

(по отношению к базисной мощности двигателя 4 900 *ква*).

Полное реактивное сопротивление цепи

$$18{,}1 + 25 = 43{,}1\%$$

Пусковой ток (а также пусковые *ква*):

$$100 : 43{,}1 = 2{,}3,$$

или 230% от номинального

Это дает пусковую мощность $4\,900 \cdot 2{,}3 = 11\,200$ *ква*, что больше заданных 9 000 *ква*.

Таким образом в данном случае реакторный пуск неприменим из-за ограниченной мощности системы.

б) Автотрансформаторный пуск. Ток в обмотках статора $I = 0{,}58\ I_{пуск} = 0{,}58 \cdot 400\% = 232\%$. Ток в линии $I'_п = 0{,}58 \cdot 232 = 135\%$, т. е. пусковые *ква* $= 1{,}35 \cdot 4\,900 = 6\,600$ *ква*, что составляет от пусковых *ква* при прямом пуске только $(6\,600 : 19\,600) \cdot 100 \approx 30\%$.

При напряжении $U'_п = 0{,}58$ входной (подсинхронный) момент составляет:

$$m_{вх} = 0{,}8 \cdot 0{,}58^2 = 0{,}267 = 26{,}7\%.$$

Так как требуется несколько больший подсинхронный момент (30%), то применяем ступень автотрансформатора в 65%, и тогда $m_{вх} = 0{,}8 \cdot 0{,}65^2 = 0{,}333 = 33{,}3\%$. Соответствующий пусковой ток (и пусковые *ква*) $135 \cdot \left(\frac{65}{58}\right)^2 = 168\%$, т. е. $1{,}68 \cdot 4\,900 = 7\,800$ *ква*, что остается ниже заданного предела.

4. Выбор типа пускового реактора

Пример. Требуется реактор для пуска синхронного двигателя 750 *кв*, 6 *кв*, 72 *а*, 500 об/мин (555 *квт* при $\cos\varphi = 0{,}8$ опер.), $i_n = 5{,}5$; m_n Пусковой момент должен быть не ниже 0,6 нормального. Минимальное напряжение U_n.

$$0{,}6 = 1{,}9\ U'^2_n,$$

откуда

$$U'_n = \sqrt{\frac{0{,}6}{1{,}9}} = 0{,}56.$$

Пусковой ток при пуске от полного напряжения $I_n = 5{,}5 \cdot 72 = 395$ *а*

» » » » » минимального » $I'_n = 0{,}56 \cdot 395 = 22$

Соответствующие реактивные сопротивления:

Фазы двигателя	Фазы двигателя и реактора
$x_{дв} = \frac{6\,000}{\sqrt{3} \cdot 395} = 8{,}8$ *ом*	$x_{дв} + x_{реакт} = \frac{6\,000}{\sqrt{3} \cdot 222} = 15{,}6$

Вычитая, находим $x_{реакт} = 15{,}6 - 8{,}8 = 6{,}8$ *ом*. Следовательно, буется реактор с сопротивлением

$$x_p = 15{,}6 - 8{,}8 = 6{,}8\ ом$$

на ток 222 *а*. По таблице стандартных реакторов ищем реактор на ближайшее меньшее реактивное сопротивление, т. е. реактор на 5,7 *ом* фазу, 6 *кв*, 180 *а* (типовая мощность 50 *ква*), при котором пусковой

$$I''_n = \frac{6\,000}{\sqrt{3}\,(8{,}8 + 5{,}7)} = 238\ а,$$

пусковое напряжение:

$$U''_n = \frac{I''_n}{I_n} = \frac{238}{395} \approx 0{,}6.$$

Пусть длительность пуска будет 15 сек. = 0,25 мин., а число пу подряд 3. Стандартные реакторы рассчитаны на одноминутную ра при номинальном токе. При работе с током, отличным от номинальн длительность t изменяется обратно пропорционально квадрату т Таким образом реактор должен удовлетворять условию:

$$I^2_p \cdot 1 = I^2_n \cdot t \cdot n,$$

где n — число пусков. Выбранный выше реактор на 180 *а* этому усло не удовлетворяет, так как

$$238^2 \cdot 0{,}25 \cdot 3 > 180^2 \cdot 1.$$

Поэтому нужно взять следующий тип реактора — на те же 5,7 но на 320 *а* (типовая мощность 180 *ква*), для которого условие вы няется: $320^2 \cdot 1 > 238^2 \cdot 0{,}25 \cdot 3$. Но если число пусков ограничить д то можно применить первый тип реактора, так как при этом оказыв выполненным условие

$$180^2 \cdot 1 > 238^2 \cdot 0{,}25 \cdot 2 \text{ или } 32\,400 > 28\,322.$$

5. Выбор типа пускового автотрансформатора

Для выбора пускового автотрансформатора определяют: 1) потребное минимальное пусковое напряжение U'_n (см. стр. 243), 2) продолжительность пуска t (см. п. 6) и 3) задаются числом пусков подряд — n.

Так как по ОСТ автотрансформаторы выполняются только на 6 вторичных напряжений 25—35—45% и 55—65—75%, то следует из них выбирать ближайшее большее к подсчитанному U'_n. Например, если $U'_n = 0{,}5$, то следует принять 55%; если $U'_n = 0{,}4$, то следует принять 45% и т. п.

Пусковая мощность автотрансформатора при пуске напряжения U'_n равна $P_n = P_{ква} \cdot i_n \cdot U^2_n$, где $P_{ква}$ — пусковая мощность двигателя в *ква*; i_n — кратность пускового тока. Полное число *ква-мин* за n пусков: $P_n \cdot n \cdot t$ *ква-мин*, где t — длительность одного пуска в минуту.

Согласно ОСТ мощности автотрансформаторов двухминутные, а поэтому должно удовлетворяться условие $2P_{авт} > P_n \cdot n \cdot t$, где $P_{авт}$ — мощность автотрансформатора в *ква*.

Для напряжения 25—35—45% следует брать мощность $P_{авт}$, указанную для 35%, а для напряжения 55—65—75% — мощность, указанную для 65%.

Пример. Мощность синхронного двигателя 500 *ква*. При пуске от низкого напряжения $i_n = 5$. Минимальное напряжение при пуске $U'_n = 0{,}5$ (по расчету). Выбираем $U'_n = 0{,}55$, т. е. 55% номинального напряжения. Продолжительность пуска при пуске от напряжения $U'_n = 0{,}55$ (вычисленная по данным п. 6) равна $t = 30$ сек. $= 0{,}5$ мин. и число пусков $n = 3$. Тогда

$$P_n = P_{ква} \cdot i_n \cdot U^2_n = 500 \cdot 5 \cdot 0{,}55^2 = 760 \text{ ква}.$$

Полное число *ква-мин* при трех пусках подряд:

$$P_n \cdot n \cdot t = 760 \cdot 3 \cdot 0{,}5 = 1\,140 \text{ ква-мин}.$$

Исходя из этой величины, следует выбрать автотрансформатор, имеющий при 65% двухминутную мощность 700 *ква* (III величина), так как для этого типа оказывается выполненным условие:

$$2P_{авт} > P_n \cdot \frac{n}{2} \cdot t \text{ или } 2 \cdot 700 = 1\,400 > 1\,140 \text{ ква-мин}.$$

6. Продолжительность пуска электродвигателей синхронных и асинхронных

Продолжительность пуска t сек. электродвигателя, соединенного с приводным механизмом, определяется по формулам:

$$t = GD^2_0 \int_0^n \frac{dn}{M_{изб}} \approx GD^2_0 \frac{n_0}{M_{изб\ ср}} \text{ сек.} \qquad (1)$$

Для разгона вхолостую ротора двигателя (не связанного с приводным механизмом) под действием момента $M = M_н = \text{const}$ требуется время:

$$t_0 = \frac{GD^2_{рот} n^2_0}{365\,000 \cdot P_н} \text{ сек.} \qquad (2)$$

При пуске электропривода от пониженного напряжения U' ... разгона

$$t = t_0 \frac{1}{U'(M_{д.\,ср} - M_c)} \cdot \frac{GD^2_0}{GD^2_{рот}} \text{ сек.},$$

где n_0 — синхронное число об/мин;

GD^2_0 — суммарный маховой момент всех вращающихся частей, ... денных к валу двигателя, в $кГм^2$;

GD^2 — маховой момент ротора двигателя в $кГм^2$;

$P_н$ — номинальная мощность двигателя в $квт$;

$U' = \frac{U}{U_н}$ — относительное напряжение на зажимах двигателя;

M — момент; индексы: $д$ — двигатель; $н$ — номинальный; $п$ — пуск... вой; $с$ — статический; $изб$ — избыточный; $ср$ — средний; $к$ — ... симальный, опрокидывающий; $вх$ — входной. Величины M ... см. стр. 235; $M_{изб} = (M_д - M_c)$; относительные моме... (в долях от номинального $M_н$) обозначены малыми буквами ...

Точный расчет t по формуле (1) требует знания: а) механическ... характеристики двигателя $M_д = f(n)$; б) статической характерис... механизма $M_c = f(n)$; в) суммарного махового момента GD^2_0 и про... дится путем графического интегрирования. Приближенный расчет ... формулам (2) производится на основе средней величины момента дв... теля, принимаемой постоянной в процессе пуска, т. е. $M_{д.\,ср} = \text{con}$... Обычно принимают:

Для синхронного двигателя	Для асинхронного двигателя
если $M_{вх} \geqslant M_п$, то $M_{д.\,ср} = 1{,}1\ M_п \div M_п$	$M_{д.\,ср} = (0{,}45 \div 0{,}5)(M_п + M_{вх})$
если $M_{вх} < M_п$, то $M_{д.\,ср} = \frac{1}{2}(M_п + M_{вх})$	

Пример. Найти время разгона двигателя, приводящего компрессо... при пуске от 65% номинального напряжения. Двигатель типа СМ... -6-36, 580 *ква*, 410 *квт*, 6 *кв*, $\cos\varphi = 0{,}8$, 167 об/мин. По катал... завода „Электросила" „Синхронные машины" для данного двига... (в относительных величинах) $m_п = 1{,}25$; $m_{вх} = 0{,}8$; $GD^2_{рот} = 8\,950\ кГ$... $t_0 = 1{,}7$ сек. Средний пусковой момент $m_{д.\,ср} = \frac{1}{2} \cdot (1{,}25 + 0{,}8) =$ ... Для компрессора $m_c = 0{,}3 = \text{const}$ (во время всего периода пус... $GD^2_{компр} = 0{,}25\ GD^2_{рот}$, так что $GD^2_0 = 1{,}25\ GD^2_{рот}$. При пуске от ... номинального напряжения (т. е. $U' = 0{,}65$) время разгона:

$$t = 1{,}7 \frac{1{,}25}{0{,}65^2 \cdot 1{,}025 - 0{,}3} = 16 \text{ сек.}$$

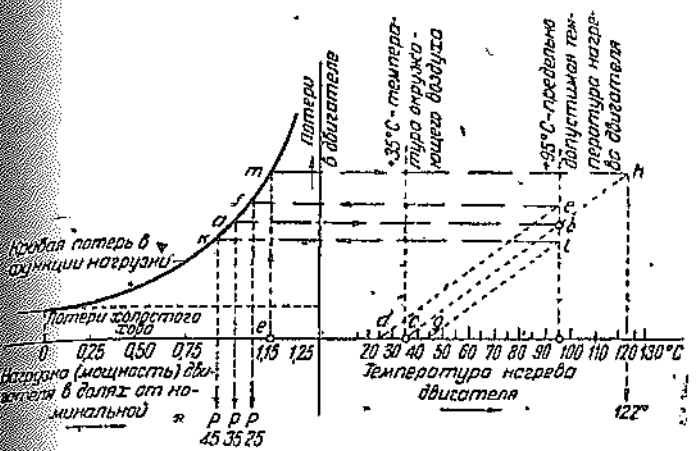
Если пуск производится от полного напряжения (т. е. $U' = 1$) ...

$$t = 1{,}7 \frac{1{,}25}{1{,}025 - 0{,}3} \approx 3 \text{ сек.}$$

26. ВЫБОР МОЩНОСТИ ПРИВОДНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Пересчет мощности (допустимой нагрузки) двигателя при разных тепловых режимах (фиг. 49)

Предварительно должна быть построена универсальная диаграмма (фиг. 49) теплового режима двигателя. В левой части диаграммы строится (лучше всего на миллиметровой бумаге) кривая потерь двигателя в функции нагрузки, например на основе кривой к. п. д. двигателя. В правой части в произвольном масштабе откладываются по горизонтали температуры в градусах Цельсия, примерно от 25° до 120° С. В точке шкалы, соответствующей нагреву двигателя при номинальной нагрузке, например 95° С, проводится перпендикуляр. Из точки *1* в левой части также проводится перпендикуляр до пересечения с кривой потерь в точке *a*. Из последней проводится горизонталь до пересечения с перпендикуляром



Фиг. 49. Номограмма для пересчета мощности (допустимой нагрузки) двигателя при разных тепловых режимах.

шкалы температур в точке *b*. Соединяя точку *b* с точкой *c* (+35° на шкале температур), получаем прямую *bc*, характеризующую теплоотдачу двигателя. Данный метод расчета носит ориентировочный характер и применим для диапазона изменения температуры окружающего воздуха, приблизительно, от +20° до +50° С.

Пример 1. На какую мощность может быть нагружен двигатель, если температура окружающего воздуха равна +25° С (пониженная против номинированной +35°)? Из точки *d* (+25°) проводим линию *de* параллельно *bc*, до пересечения с вертикалью в точке *e*, а из последней — горизонталь *ef* до пересечения с кривой потерь в точке *f*. Перпендикуляр из точки *f* на шкалу нагрузок определяет искомую мощность $P_{25} \approx 1{,}1 P_{35}$.

Пример 2. Насколько должна быть снижена номинальная мощность двигателя, если температура окружающего воздуха равна +45° С? Из точки *g* (+45°) проводим прямую *gl*, параллельную *cb*, и затем — горизонталь *lk*, как в предыдущем примере. Перпендикуляр из точки *k* на шкалу нагрузок определяет искомую мощность $P_{45} \approx 0{,}9 P_{35}$.

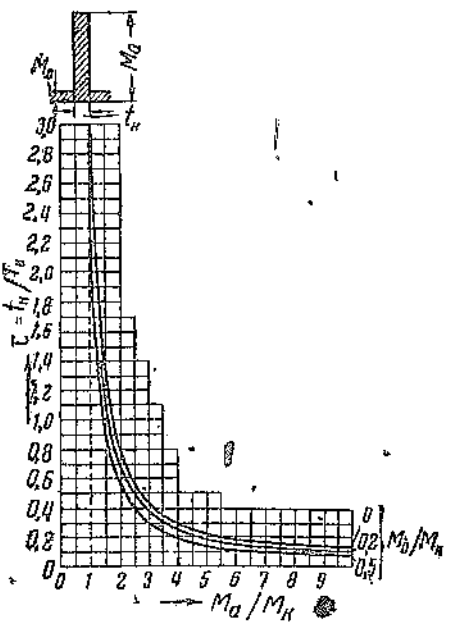
Пример 3. До какой температуры будет нагреваться двигатель, работая с перегрузкой на 16%? На шкале нагрузок находим точку e, отвечающую нагрузке в 1,16, и проводим перпендикуляр em до пересечения с кривой потерь. Пересечение горизонтали mh с продолжением линии в точке h определяет на шкале температур искомую $t = 122°$ С. Аналогично находится нагрев двигателя при недогрузках.

Потери при любой нагрузке P_x находятся как $P_x\left(\frac{1}{\eta_x} - 1\right)$, η_x — к. п. д. двигателя при нагрузке P_x. Цифры, приведенные на диаграмме (фиг. 49), носят иллюстративный характер и относятся к рассмотренному конкретному случаю.

§ 35. Динамическая устойчивость электропривода с асинхронным двигателем

1. Формулы [1] и кривые

Электромеханические постоянные привода



Фиг. 50. Кривые динамической устойчивости двигателей.

$$T_н = \frac{n_0 GD^2 s_н}{375\, M_н} \text{ сек},$$

$$T_п = \frac{n_0 GD^2 s_п}{375\, M_п} \text{ сек},$$

$$T_н = 2T_п.$$

n_0 — синхронное число об/мин.;

GD^2 — приведенный маховой момент к валу двигателя в $кГм^2$;

$s_н$ и $M_н$ — опрокидывающее скольжение и момент в $кГм$;

$s_п$ и $M_п$ — номинальное скольжение и момент в $кГм$.

Формулы

1. Допустимая продолжительность пика:

$$t_н = 2\tau T_п = 2\tau \frac{n_0 GD^2}{375\, M_п} s_п \text{ сек}.$$

2. Необходимая величина махового момента:

$$GD^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{t_н}{\tau} \cdot \frac{375\, M_п}{n_0 s_п} \; кГм^2.$$

[1] Расчет ведется по методу, предложенному инж. Л. Б. Гейлером.

3. Допустимая величина пика нагрузки (момента).

Вычисляется величина:

$$\tau = \frac{1}{2}\,\frac{t_{\kappa}}{T_{\pi}} = \frac{1}{2}\cdot\frac{375\cdot M_{\pi}\,t_{\kappa}}{n_0 GD^2 s_{\pi}}. \qquad (3)$$

По величине τ находится из кривой (фиг. 50) соответствующее значение допустимого пика $\frac{M_a}{M_{\kappa}}$.

2. Числовые примеры

1) Привод кривошипного пресса с асинхронным двигателем 58 *квт*, 580 об/мин. Приведенный GD^2 на валу двигателя = 90 *кГм*^{2}; $s_{\pi} = 0{,}13$. Кратность опрокидывающего момента $a = 2$. Момент холостого хода $M_0 = 0$. Пик момента $M_{\kappa} = 140$ *кГм*. Найти допустимую продолжительность пика момента.

Номинальный момент $M_{\pi} = \frac{975\cdot 58}{1\,500\,(1-0{,}13)} = 43{,}3$ *кГм*. Электромеханическая постоянная $T_{\pi} = \frac{1\,500\cdot 90\cdot 0{,}13}{375\cdot 43{,}3} = 1{,}08$ сек. Опрокидывающий момент $M_{\kappa} = 43{,}3\cdot 2 = 86{,}6$ *кГм*. Отношение $\frac{M_a}{M_{\kappa}} = 140 : 86{,}6 = 1{,}62$. Из кривой (стр. 248) динамической устойчивости двигателей при $M_0 = 0$ и $\frac{M_a}{M_{\kappa}} = 1{,}62$ находим $_{a}\tau = 1{,}16$. Таким образом, допустимая продолжительность пика по формуле (1) $t = 2\cdot 1{,}16\cdot 1{,}08 = 2{,}34$ сек.

2) Условия, как выше, но. $s_{\pi} = 0{,}03$ и задана продолжительность пика $t_{\kappa} = 1$ сек. Найти GD^2, обеспечивающий устойчивость электропривода. По формуле (2):

$$GD^2 = \frac{1}{2\cdot 1{,}16}\cdot\frac{375\cdot 43{,}3}{1\,500\cdot 0{,}03} = 156\ \text{кГм}^2.$$

3) Листовой стан трио 520 *мм*; двигатель 400 *квт*; $n_0 = 750$ об/мин; $s_{\pi} = 0{,}02$; $GD^2 = 31\,200$ *кГм*^{2}; $a = \frac{M_{\kappa}}{M_{\pi}} = 1{,}8$; $M_0 = 190$ *кГм*. Продолжительность первого прохода $t = 0{,}6$ сек. Найти величину пика момента, допустимую в течение 0,6 сек.

Имеем: $M_{\pi} = 975\cdot 400 : [750\,(1-0{,}02)] = 534$ *кГм*. Опрокидывающий момент $M_{\kappa} = 534\cdot 1{,}8 = 960$ *кГм*. Отношение: $\frac{M_a}{M_{\kappa}} = \frac{190}{960} \approx 0{,}2$. Электромеханическая постоянная: $T_{\pi} = \frac{750\cdot 31\,200\cdot 0{,}02}{375\cdot 534} = 2{,}34$ сек. По формуле (3) $\tau = \frac{0{,}6}{2\cdot 2{,}34} = 0{,}13$. На кривой динамической устойчивости для $\frac{M_0}{M_{\kappa}} = 0{,}2$ (фиг. 50) находим, что $\tau = 0{,}13$ соответствует значению $\frac{M_a}{M_{\kappa}} = 7{,}25$, т. е. максимальная величина пика момента $M_a = 7{,}25\cdot 960 = 4\,960$ *кГм*.

§ 36. Приближенные формулы для определения мощности приводного двигателя металлорежущих станков

Тип станка	Приближенная мощность двигателя, *ЛС*
Токарный станок центровой	$^1/_{100}$, умноженная на высоту центров в миллиметрах
» » лобовой	$^1/_{300}$ до $^1/_{500}$, умноженные на диаметр обрабатываемого предмета в миллиметрах
» » карусельный	$^1/_{140}$, умноженная на диаметр обрабатываемого предмета в метрах
Сверлильный станок	$^1/_{10}$ до $^1/_{15}$, умноженные на диаметр отверстия в миллиметрах
Фрезерный »	10, умноженные на площадь стола в кв. метрах
Зубо-фрезерный станок	$^1/_3$, умноженная на модуль
Строгальный станок поперечный	$^1/_{150}$, умноженная на ширину строгания в миллиметрах
» » продольный	2,5, умноженные на длину стола в метрах
Шеппинг и долбежный станок	$^1/_{50}$ до $^1/_{100}$, умноженные на ход резца в миллиметрах
Шлифовальный станок	$^1/_{80}$ до $^1/_{50}$, умноженные на диаметр круга в миллиметрах
Дыропробивной пресс	$^1/_{40}$, умноженная на толщину листа и на диаметр отверстия в метрах
Круглая пила	10, умноженные на диаметр пилы в метрах

Мощность приводного двигателя для станка $P = \frac{P_s v}{75 \cdot 60 \cdot \eta}$ *ЛС*, где сопротивление резанию $P_s = K_s F$; F — площадь сечения стружки в $мм^2$; K_s — коэфициент резания в $кг/мм^2$ (см. ниже табл. „Значение коэфициента резания“); v — скорость резания в $м/мин$; η — к. п. д. станка при полной нагрузке для строгальных и долбежных станков $\approx 0{,}6$; для токарных, сверлильных и фрезерных $\approx 0{,}7$ (при малой нагрузке к. п. д. падает до 0,15).

Значение коэфициента резания

Обрабатываемый материал	K_s
Чугун $H_B = 100$—120 $кг/мм^2$	0,3
» $H_B = 120$—160 »	0,45
» $H_B = 160$—200 »	0,9
» $H_B = 200$—220 »	0,6

Продолжение

Обрабатываемый материал		$K_в$
Сталь машиноподелочная	$\sigma_в = 30-40$ кг/мм²	0,65
»	$\sigma_в = 40-50$ »	0,75
»	$\sigma_в = 50-60$ »	0,85
»	$\sigma_в = 60-70$ »	0,95
»	$\sigma_в = 70-80$ »	1,00
»	$\sigma_в = 80-90$ »	1,20
»	$\sigma_в = 90-100$ »	1,30
Сталь хромоникелевая	$\sigma_в = 40-50$ »	0,85
»	$\sigma_в = 50-60$ »	0,90
»	$\sigma_в = 60-70$ »	0,95
»	$\sigma_в = 70-80$ »	1,10
»	$\sigma_в = 80-90$ »	1,25
»	$\sigma_в = 90-100$ »	1,40
Стальное литье	$\sigma_в < 40$ »	0,65
» »	$\sigma_в = 40-45$ »	0,75
» »	$\sigma_в > 45$ »	0,90
Чугун	$\sigma_в < 20$ »	0,30
»	$\sigma_в = 20-30$ »	0,40
»	$\sigma_в \geqslant 30$ »	0,45
Цветные металлы	$\sigma_в < 22$ »	0,25
»	$\sigma_в = 22-36$ »	0,30
»	$\sigma_в = 36-48$ »	0,40
Алюминий	$H_B = 60-80$ »	0,20
»	$H_B = 80-100$ »	0,30

H_B — твердость; $\sigma_в$ — сопротивление разрыву.

§ 37. Основные данные для расчета электроприводов поршневых и центробежных насосов

1. Общие данные. Если $H_в$ — высота всасывания (от нижнего уровня до центра насоса); $H_д$ — высота нагнетания (от центра насоса до верхнего уровня); $H_Δ$ — высота напора на потери в трубопроводе; $H = H_в + H_д + H_Δ$ — полный манометрический напор в $м$; γ — удельный вес поднимаемой жидкости в $кг/м^3$; Q — ее объем в $м^3/сек$; η — общий

к. п. д. насоса, то потребная на валу насоса мощность P =

Для холодной воды $\gamma = 1000$ *кг/м*³ и тогда:

$$P = 13{,}33\frac{QH}{\eta}\ ЛС \approx 10QH\ квт.$$

При определении мощности электродвигателя следует к мощности добавлять величины, указанные в табл. 1.

При P *ЛС*	До 1	1—2	2—5	5—10	10—50	50—100
Добавлять %	100—150	50—100	20—50	15—30	10—15	5—10

Один тоннометр (*тм*) поднятой массы жидкости эквивалентен 0,0037 *ЛС-ч*; 270 *тм* — 1 *ЛС-ч*; 367 *тм* — 1 *квт-ч*.

2. Поршневые насосы. Числа об/мин на рабочем валу: $n = 50 — 100$; быстроходные насосы $n = 100 — 300$. Рабочий напор достигает 300—1 000 *м* (прессовые насосы). Высота всасывания зависит от барометрического давления, скорости жидкости в всасывающей трубе, температуры жидкости и пр. Предельная высота всасывания для холодной воды $H_в = 7$ *м* (см. табл.).

Высота всасывания воды в *м*

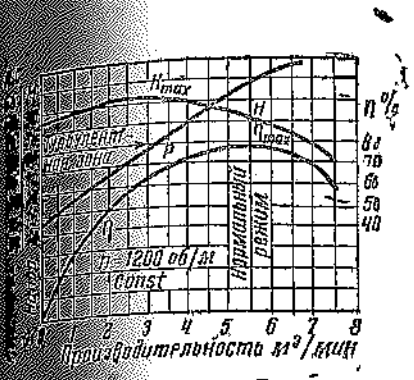
об/мин	Температура воды				
	0°	20°	30°	50°	60°
50	7	6,5	6	4	2,5
90	5,5	—	4	2,5	1
120	4,5	4	3,5	1,5	0,5
180	2,5	2	1,5	0	0

В случае густых и вязких жидкостей следует высоту всасывания уменьшить, а иногда подводить жидкость самотеком. Средние значения к. п. д. для насосов хорошего качества и при коротких трубопроводах $\eta = 0{,}9 — 0{,}98$; для нормальных насосов $\eta = 0{,}8 — 0{,}85$; для более дешевых насосов $\eta = 0{,}69 — 0{,}75$; для ручных насосов $\eta = 0{,}5$.

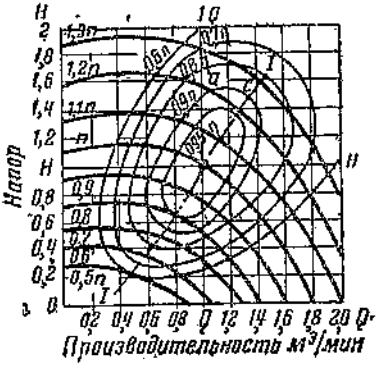
Виды насосов. По конструкции поршневые насосы делятся на: 1) насосы простого действия (производят при каждом ходе только всасывание или нагнетание) характеризуются неравномерным графиком работы и требуют маховиков; равномернее работают сдвоенные насосы простого действия с углом между кривошипами 90° и построенные — „Триплекс" с углом между кривошипами 120°; 2) насосы двойного действия (характеризуются более равномерной работой)

...ертикальные насосы (производят нагнетание при каждом ходе, ...ение 1 раз в 2 хода).

...Центробежные насосы. В зависимости от высоты подъема ...ают насосы низкого ($H \leqslant 15$ *м*), среднего ($H \leqslant 40$ *м*) и высо... 40 *м*) давления. По числу колес, установленных последова... (с целью увеличения H), насосы бывают одно- и многоступенча... ($H > 60$ *м*); по числу параллельно установленных колес ... увеличения расхода Q) насосы делятся на простые, сдвоен... ...ные и т. д.; по расположению вала — на насосы горизон... и вертикальные; по способу подвода жидкости — на насосы ...ым и тройным подводом. Обыкновенные центробежные насосы ... направляющий аппарат без лопаток. Турбинные насосы снаб... ...правляющим аппаратом с лопатками. Числа об/мин ходо... ...500—1500, реже — 3 000 об/мин. Высота всасывания должна быть ...ольше (для холодной воды не более 5—6 *м*). Вода при 100° С ...на входить в насос с избытком давления в 3—4 *м* водяного столба. ...ота нагнетания при помощи многоступенчатых насосов может дово...



Фиг. 51. Рабочие характеристики одноступенчатого турбонасоса.



Фиг. 52. Универсальные характеристики центробежного насоса при разных значениях Q, H и n.

...ина до 2 000 *м* и более. К. п. д. обыкновенных насосов равен 0,4—0,65, ...бинных — 0,65—0,85 и более.

...Режим работы. Режим, на который насос рассчитан и при ...ором его к. п. д. является наибольшим, называется нормальным. При ...менении числа об/мин изменяются производительность Q, напор H, ...ность P и к. п. д. η. Если Q, H, P и η соответствуют числу n об/мин, ...Q', H', P' и η' — числу n', то:

$$\frac{H'}{H} = \left(\frac{n'}{n}\right)^2; \qquad \frac{Q'}{Q} = \frac{n'}{n}; \qquad \frac{P'}{P} = \left(\frac{\eta}{\eta'}\right)\left(\frac{n'}{n}\right)^3 \approx \left(\frac{n'}{n}\right)^3.$$

...На практике обычно n — постоянно. При разных положениях за... ...и следовательно, при разных Q величины H, P и η будут ...ичаться.

5. Рабочие характеристики одноступенчатого ... насоса (фиг. 51). При увеличении подачи Q свыше нор... ($Q = 5{,}5$ *м*³/*мин*) создаваемый напор H резко падает, а насос пер... жается (кривая P) из-за ухудшения к. п. д.

6. Универсальные характеристики центробежного ... соса при разных значениях Q, H и η (фиг. 52). Значения Q, H ... соответствующие нормальному режиму, приняты за единицу.

Пример. Если $n' = 1{,}2n$, то при нормальном Q напор $H = 1$... но к. п. д. снижается до $\eta' = 0{,}85\eta$ (точка a на диаграмме).

§ 38. Основные данные для расчета электроприводов вентиляторов, воздуходувок и компрессоров

Машины, служащие для изменения плотности воздуха, в зависи... от рабочего давления P разделяются на: 1) вентиляторы (при $P <$ 1 ... вод. ст., т. е. $< 0{,}1$ *ат*); 2) воздуходувки ($P = 0{,}1$ до 2—3 *ат*) и 3) ... прессоры ($P > 2$—3 *ат*).

Вентиляторы разделяются на: 1) вентиляторы низкого давл... ($P < 100$ *мм* вод. ст.); 2) среднего давления ($P < 400$ *мм* вод. ... 3) высокого давления ($P > 400$ *мм* вод. ст.). За нормальные услови... вентиляторов принимают: температуру воздуха $+20°$ С, влажность ... давление — 760 *мм* рт. ст. (1,033 *кг*/*см*²).

При этих условиях воздух имеет удельный вес $\gamma = 1{,}2$ *кг*/*м*³, ... ный объем $V = \frac{1}{\gamma} = 0{,}833$ *м*³/*кг*. Высота воздушного столба, эквива... ная атмосферному давлению (760 *мм* рт. ст.), равна 8 610 *м*. Пер... от воздушного столба к водяному и обратно (при 20° С):

1 *м* возд. ст. = 1,2 *мм* вод. ст.;
1 *мм* вод. ст. = 0,833 *м* возд. ст.

Мощность, требующаяся на валу вентилятора, $P = \frac{Q_{сек} H}{75\eta}$ *ЛС*, ... $Q_{сек}$ — производительность вентилятора в *м*³/*сек*; H — полный ... в *мм* вод. ст.; η — к. п. д. (для малых вентиляторов $\eta = 0{,}3$—0,5 ... больших вентиляторов $\eta = 0{,}4$—0,7).

На практике мощность приводного двигателя центробежного ... лятора должна быть больше расчетной мощности P на следую... величины:

При P *ЛС*	до 1	1—2	2—5	более ...
Добавлять %	100	50	25	15—10

Области применения центробежных вентиляторов в зависимости от развиваемого напора (в миллиметрах водяного столба) указана в нижеследующей таблице:

	Низкое давление $h_{em} < 200$ мм	Среднее давление $h_{em} < 700$ мм	Высокое давление $h_{em} < 1500$ мм
(1) Для перемещения чистого воздуха и газов, с незначительной примесью пыли, водяных паров и т. п. при $t° < 200°$ С	Для отсасывания пыли от наждачных станков, текстильных машин; для удаления опилок, стружек, лузги; для подачи воздуха под колосниковые решетки; для дымососов и пр.	Для дутья в кузнечные горны, нефтяные печи, вагранки и т. п.	

Встречающиеся на практике конструкции вентиляторов: а) центробежные (центрифугальные) вентиляторы — „Сирокко", Шиле, Рато; б) осевые (винтовые, пропеллерные) вентиляторы — „Сирокко", Шиле, ЦАГИ (применяются для перемещения больших масс воздуха при малых давлениях).

Воздуходувки и компрессоры. 1) Поршневые воздуходувки и компрессоры одно-, двух- и многоступенчатые, от которых различают: воздуходувки для металлургических заводов (избыточное давление воздуха в доменных воздуходувках 0,3—0,75 *ат*, в мартеновских — при временной работе — двойное давление; в бессемеровских — 1,5—2 *ат*); компрессоры для холодильных установок аммиачные, сернистые, углекислотные и др., компрессоры высокого давления в химической промышленности развивают давление до 200—300 *ат* (и выше); к. п. д. компрессоров $\eta = 0{,}6$ до $0{,}7$.

2) Турбовоздуходувки и турбокомпрессоры применяются при больших подачах воздуха, при давлениях до 8—12 *ат* и при условии, что $Q^2 > 1\,000p$, где Q — подача в $м^3/мин$ и p — избыточное давление в *ат*. Если $Q^2 < 1\,000p$, то следует применять либо поршневые, либо ротативные воздуходувки и компрессоры. При $p < 3$ *ат* машины называются воздуходувками, а при $p > 3$ *ат* — компрессорами.

3) Ротационные воздуходувки и компрессоры. Область применения — малые подачи при большом числе об/мин и при условии, что $Q^2 < 1\,000p$. В практике встречаются конструкции воздуходувок Рутса, Беггера, Ривелла и др.; компрессоры Виттига.

Воздуходувки Рутса применяются при подачах до 400 $м^3/мин$ при давлениях от 600 до 8 000 *мм* вод. ст.; они получили распространение в литейных цехах; к. п. д. = 0,65—0,83.

Компрессоры Виттига на 4—5 *ат* — одноцилиндровые и до 8 *ат* — двухцилиндровые; строятся на подачу от 30 до 4 800 $м^3/час$ при числе об/мин соответственно от 2 850 до 420. Ротативные машины тех же моделей могут работать также в качестве вакуумнасосов.

Воздуходувки Ривелла изготовляются для избыточного давления от 0,3 до 1,5 *ат* при числе об/мин до 2 500.

К. п. д. турбовоздуходувок и компрессоров $\eta = 0{,}4$—$0{,}5$; при больших мощностях $\eta =$ до $0{,}7$.

§ 39. Коэфициенты спроса по мощности (K_c) и коэфи... мощности для определения нагрузок по группам электри... приемников

№ п/п	Наименование группы приемников		K_c
1	Индивидуальный привод металлообрабатывающих станков	Цехи горячей обработки металлов при крупносерийном и поточном производстве	0,27
2		Цехи холодной обработки металлов при крупносерийном и поточном производстве	0,2
3		Цехи холодной обработки металлов при мелкосерийном и индивидуальном производстве	0,18
4	Вентиляторы	Производственные	0,7
5		Санитарно-гигиенические	0,65
6	Насосы, моторгенераторы, трансмиссии		0,7
7	Приемники с повторно-кратковременным режимом	Краны цеховые	0,15—0,2
8		Производственные механизмы	0,2 —0,4
9	Механизмы непрерывного транспорта и обработки земли в литейных цехах	Не сблокированные	0,5
10		Непрерывно действующие	0,65
11	Печи	Сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,8
12		Индукционные, низкой частоты	0,8
13		Индукционные, высокой частоты	0,8
14		Плавильные	0,9
15	Сварочные машины и аппараты	Трансформаторы сварочные	0,35
16		Однопостовые моторгенераторы	0,35
17		Многопостовые моторгенераторы и нагреватели заклепок	0,5 —0,7
18		Точечные и шовные	0,35
19		Стыковой сварки	—
20	Освещение		0,8

[1] См. также часть 1 „Справочника".

...коэффициенты спроса по мощности (K_c), указанные в таблице, включают потери в сети и приемниках, т. е. относятся к нагрузке на шинах низшего напряжения трансформаторов. При наличии обоснованных более точных данных значений коэффициента спроса надлежит руководствоваться этими последними.

Максимальная расчетная нагрузка подстанции (в *ква*) определяется следующим образом.

Суммируются номинальные мощности (в *квт*) отдельных приемников по группам (P'), исключая из них числа все резервные двигатели, двигатели, установленные на недействующих частях параллельных технологических потоков, все двигатели монтажных кранов и вспомогательного подъема.

Определяются максимумы потребляемой активной мощности на стороне низшего напряжения порознь для каждой характерной группы приемников по формуле: $P'_{макс.} = K_c P'_{н}$.

Выбирается максимальная расчетная нагрузка подстанции (в *ква*), как геометрическая сумма максимумов активной и реактивной мощности, потребляемых всеми присоединенными к подстанции характерными группами приемников, по формуле:

$$P_{макс.} = \sqrt{(\Sigma P'_{макс.})^2 + (\Sigma P'_{макс.} \operatorname{tg}\varphi)^2}.$$

В качестве достаточным приближением для практических расчетов величина эта может быть принята равной арифметической сумме максимумов активной мощности (в *квт*), потребляемых всеми присоединенными к подстанции характерными группами приемников, по формуле:

$$P_{макс.} = \Sigma \frac{P'_{макс.}}{\cos\varphi},$$

где $\cos\varphi$ — коэффициент мощности, значение которого берется из таблицы, соответственно для каждой группы приемников.

10. Коэффициенты спроса по току (K_t) и коэффициенты мощности для определения рабочего тока фидеров

Наименование группы приемников	Значение коэффициента K_t при количестве приемников					Расчетный $\cos\varphi$
	1	2—3	5—6	более 10	более 30	
Индивидуальный привод металлообрабатывающих станков	Определяется по формулам, приведенным в таблице § 40					0,68
Вентиляторы: производственные	1,4					
Вентиляторы: санитарно-гигиенич.	1,3					0,8
Насосы, мотор-генераторы, трансмиссии	1,4					0,8
						0,8
Приемники с повторно-кратковременным режимом работы (краны и производственные механизмы)	Определяется по специальной инструкции Главэлектромонтажа.					0,5
Механизмы непрерывного транспорта и обработки земли в литейных цехах	Принимается на основе технологического процесса; наивысшее значение для сблокированных систем $K_t = 1{,}4$					0,75

Продолжение

№ п/п	Наименование группы приемников		Значение коэфициента K_i при количестве приемников				
			1	2—3	5—6	более 10	30
7		Небольшие печи сопротивления, нагревательные приборы, шкафы	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
8	Печи	Индукционные, низкой частоты			3,5		
9		Индукционные, высокой частоты			8,0		
10		Плавильные			1,5		
11	Сва-	Трансформаторы сварочные	2,7	2,5	1,9	1,5	1,4
12	рочные аппа-	Однопостовые моторгенераторы, точечные и шовные машины			0,95		
13	раты и ма-	Многопостовые моторгенераторы и нагреватели заклепок	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2
14	шины	Точечные и шовные			0,95		
15		Для стыковой сварки					
16	Освещение				1,3		

Коэфициенты спроса по току (K_i), указанные в табл., включают потери в сети и к. п. д. приемников. При наличии обоснованных более точных данных значений коэфициента спроса надлежит пользоваться этими последними.

Максимальная расчетная сила тока фидера (в *а*) определяется следующим образом.

Суммируются номинальные мощности (в *квт*) отдельных приемников по характерным группам (P'_n), исключая из их числа все резервные двигатели, двигатели, установленные на недействующих частях параллельных технологических потоков, все двигатели монтажных кранов и вспомогательного подъема.

Определяются расчетные максимумы тока, потребляемые каждой характерной группой приемников ($I'_{маке.}$), по формулам:

при напряжении сети 220 *в*: $I'_{маке.} = 1{,}73\ K_i P_n$

» » » 380 *в*: $I'_{маке.} = K_i P_n$

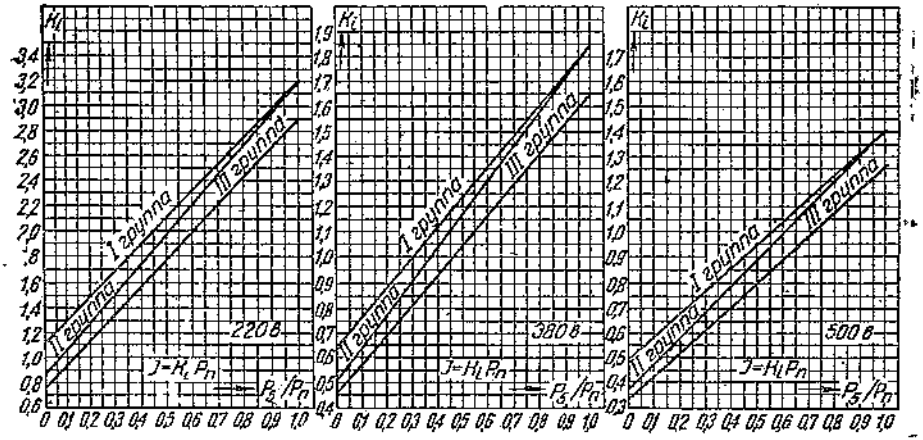
» » » 500 *в*: $I'_{маке.} = 0{,}76\ K_i P_n$

Максимальная расчетная сила тока фидера ($I_{маке.}$), с достаточным приближением для практических расчетов, принимается равной арифметической сумме максимумов тока, потребляемых всеми, присоединенными к фидеру характерными группами приемников, по формуле:

$$I_{маке.} = \Sigma I'_{маке.}$$

§ 41. Формулы для подсчета тока фидеров питающих двигатели одиночного привода металлообрабатывающих станков

Группа	Характеристика электропривода		Напряжение сети 220 в	Напряжение сети 380 в	Напряжение сети 500 в
I	Крупносерийное поточное производство	Цехи горячей обработки металлов	$I=3{,}2\,P_5+1{,}1\,P_{n-5}$	$I=1{,}85\,P_5+0{,}64\,P_{n-5}$	$I=1{,}4\,P_5+0{,}49\,P_{n-5}$
II		Цехи холодной обработки металлов	$I=3{,}2\,P_5+0{,}85\,P_{n-5}$	$I=1{,}85\,P_5+0{,}49\,P_{n-5}$	$I=1{,}4\,P_5+0{,}37\,P_{n-5}$
III	Цехи мелкосерийного и индивидуального производства		$I=0{,}9(3{,}2\,P_5+0{,}85\,P_{n-5})$	$I=0{,}9(1{,}85P_5+0{,}49P_{n-5})$	$I=0{,}9(1{,}4\,P_5+0{,}37P_{n-5})$



Фиг. 53. Коэфициент K_i для определения тока фидера группы станков в функции $\frac{P_5}{P_n}$.

На фиг. 53 приводятся кривые для определения коэфициента спроса по току (K_i), с помощью которых также можно определить расчетный максимум тока для группы двигателей индивидуального привода станков.

Принятые обозначения:

I — расчетный ток фидера в *а*;

P_5 — номинальная суммарная мощность наиболее мощных пяти двигателей в *квт*;

$P_{н-5}$ — номинальная суммарная мощность в *квт* остальных двигателей;

P_n — номинальная суммарная мощность в *квт* всех двигателей.

Значения мощностей относятся к ... двигателя

§ 42. Условные обозначения — силовые сети

1. Общие указания

1. Приведенные ниже обозначения предназначаются для применения на планах силовых сетей.

2. Графическая часть обозначений, как правило, отражает тот основной признак, достаточный для различения группы или категории обозначаемого элемента, имея в виду, что все уточнения (сложный тип, напряжение и пр.) воспроизводятся соответствующими спецификациями на чертежах.

3. Цифровая часть обозначений содержит наиболее существенные сведения, как-то: установочный номер или номер по спецификации, величину по мощности или силе тока и пр. В части обозначения машин эти указания приводятся непосредственно внутри графического обозначения; в части аппаратуры — с правой стороны от обозначения; в части токопроводов — над соответствующими линиями приводятся указания о марке проводников, числе одинаковых проводников, а также сечении жил каждого из них, а под линиями — указания о способе прокладки и длине в один конец.

4. Кроме вышеупомянутых обозначений и цифровых указаний, в случае многомоторного привода, рядом с соответствующим принятым обозначением основного двигателя приводятся указания о числе и мощности остальных двигателей такого же рода, по следующей форме:

2×3	1×6
1×15	и т. д.

(первая цифра — число двигателей, вторая — мощность в *квт*).

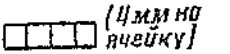
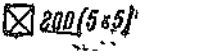
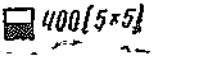
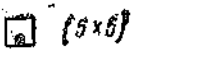
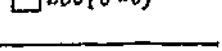
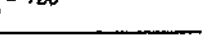
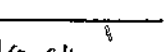
5. Указания о размерах отдельных графических символов, которые надлежит придерживаться в проектах, приведены непосредственно в соответствующих таблицах.

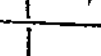
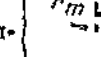
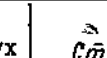
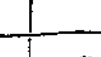
Объект	Обозначение
Генератор переменного тока (№ 1; 200 *квт*)	 (Ф-10)
Генератор постоянного тока (№ 1; 200 *квт*)	 (Ф-10)
Электродвигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором (№ 18; 5 *квт*)	 (Ф-8)
Электродвигатель асинхронный с контактными кольцами (№ 7; 150 *квт*)	 (Ф-8)
Электродвигатель синхронный (№ 3; 750 *ква*)	 (Ф-8)
Электродвигатель переменного тока коллекторный (№ 21; 30 *квт*)	 (Ф-8)
Электродвигатель постоянного тока (№ 42; 205 *квт*)	 (Ф-8)
Моногенератор (№ 3 асинхронный двигатель с контактными кольцами и генератор постоянного тока 200 *квт*)	 (Ф-8)

Объект	Обозначение
Трансформатор (№ 3; 100 *ква*)	
Ртутный выпрямитель (№ 2; 400 *а*)	
Аккумуляторная батарея (№ 2; 80 *а-ч*)	
Электросварочный аппарат переменного тока (№ 8; 20 *ква*)	
Электросварочный аппарат постоянного тока (№ 9; 10 *квт*)	
Электролитический приемник (№ 4; до 100 *а*)	
Термический приемник однофазный (№ 40; 1 *квт*)	
Термический приемник трехфазный (№ 30; 6 *квт*)	

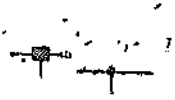
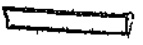
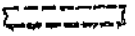
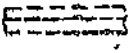
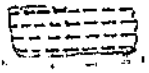
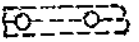
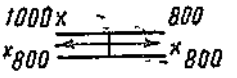
Примечания. 1. Основные размеры в миллиметрах, определяющие габариты символов, указаны в скобках в графе „Обозначение", остальные размеры — по усмотрению.

2. При необходимости указать напряжение, тип и т. п., эти данные приводятся с правой стороны символа.

Объект	Обозначение
Распределительный щит	 (4 мм на ячейку)
Силовой или распределительный пункт	 (4 мм на ячейку)
Станция магнитная	 (4 мм на ячейку)
Распределительный ящик высокого напряжения (до 6)	 200 (5×5)
Ящик (400 *а*)	 400 (5×5)
Выключатель магнитный (ПМ или ПАМ)	 (5×5)
Выключатель в кожухе (200 *а*)	 200 (5×5)
Выключатель (160 *а*, плавкая вставка 125 *а*)	 160/125 (2×4)
Трехфазный автотрансформатор	(ф-6)
Масляный реактор	 (ф-6)
Масляный реостат	 (3×6)

Объект обозначения	Обозначение
Нерегулируемое сопротивление (комплект из элементов)	
Конденсатор статический (батарея)	
Кнопочная станция (трехкнопочная)	
Линия переменного тока (кабель СГ-3 × 70 *мм*² в газовых трубах 1¼″, длиною 20 *м*)	
Линия постоянного тока (два провода марки ПР 25 *мм*² в газовых трубах 1¼″, длиной 30 *м*)	
Линия заземления или зануления (стальные полосы 4 × 25 *мм*, длиною 50 *м*)	
Крановые троллеи (три фазы, каждая из 1 уголка № 5, длиной 120 *м*)	
Шинный токопровод (три фазы, каждая из двух стальных полос 100 × 3 *мм*, длиной 30 *м*)	
Линия к подвижному приемнику (кабель КПРТО, 6 жил × 4 *мм*², длиною 15 *м*)	
Цепь управления (кабель КПРТО, 5 жил × 2,5 *мм*² в газовых трубах ¾″, длиною 16 *м*)	

[1] В проектах, совмещающих силовые сети с осветительными, для обозначения силовых сетей следует применять заметно более жирные линии, чем для осветительных.

Объект	Обозначение
Отдельные опоры	
Кабельный канал, перекрытый съемными плитами	
Закрытый кабельный канал (без съемных плит)	
Кабельный туннель	
Кабельный блок	
Клапаны туннелей, блоков, закрытых кабельных каналов	
Кубы в месте изменения сечения	
Сплошная сборка на опорах	
Сплошная сборка на кронштейнах	
Опора промежуточная Опора анкерная	

§ 43. Технические данные шинных сборок, изготовляемых Главэлектромонтажем

Тип	Размер сечения короба, *мм*	Длина секции, *м*	Число ответвлений на секцию, шт.	Материал гребенок	Расстояние между гребенками, *мм*	Расстояние между шинами, *мм*	Сечение стальных шин, *мм*	Максимальная нагрузка, *а*	Расстояние между опорами	Вес секции (около), *кг*
В металлическом кожухе конструкции инженера Гольдберга	100 × 65	3	8	Асбоцемент	700	30	25 × 4	85	6	46
То же, старый тип завода № 2 Главэлектромонтажа	108 × 88	6	5	Пластмасса	400	30	25 × 4	85	6	53
То же, новый тип	140 × 60	3	4	То же	350	30	25 × 4	85	3	26
В асбоцементных трубах („ацеидовые")	Диаметр 100; 120			Крепление на трубе	1000	50	25 × 4	85	3	33
В деревянном коробе конструкции инж. Гольдберга	164 × 190	6	5	Дерево	500	40	25 × 3	80	6	51
То же конструкции Центроэлектромонтажа	144 × 100	3	4	То же	400	30	25 × 4	85	4	36

§ 44. Технические данные катушек контакторов и реле[1]

1. Контакторы трехфазного тока типа КТ

Тип контактора	Рабочее напряжение катушки, в					Режим работы
	24	110/127	220	380	500	
КТ-1 ≂	—	1 170	2 340	—	—	Длительный
	—	34,7	128,5	—	—	
	—	0,31	0,23	—	—	
КТ-1 ~	—	—	2 340	4 050	5 320	Длительный
	—	—	188,5	405	693	
	—	—	0,23	0,17	0,15	
КТ-2 ≂	700	3 000	5 850	—	—	Длительный
	3,6	68	264	—	—	
	0,86	0,41	0,29	—	—	
КТ-2 ~	180	955	1 650	2 800	3 700	Длительный
	0,307	8,05	22,7	78	133	
	1,45	0,64	0,51	0,25	0,31	
КТ-3 ≂	—	2 000	3 700	—	—	Длительный
	—	26,5	100	—	—	
	—	0,59	0,41	—	—	
КТ-3 ≂	—	2 000	3 700	—	—	Кратковременный
	—	26,5	100	—	—	
	—	0,59	0,41	—	—	

[1] В настоящее время завод выпускает контактор типа КТ-2Е с иными габаритными данными и габаритами.

Продолжение

Тип контактора	Рабочее напряжение катушки, *в*					Режим работы
	24	110/127	220	380	500	
КТ-3 ~	—	460	800	1 380	1 800	Длительный
	—	1,93	6,12	14,95	26,2	
	—	1,0	0,74	0,64	0,55	
КТ-3 ~	600	345	720	1 240	1 630	Кратковременный
	1,94	0,713	3,23	10,1	18	
	1,25	1,56▲	1,08▲	0,8▲	0,69▲	
КТ-4 =	—	1 400	2 900	—	—	Длительный
	—	1193	52,7	—	—	
	—	0,86	0,59	—	—	
КТ-4 ~	—	212	424	730	960	Длительный
	—	0,335	1,42	4,5	7,9	
	—	1,95▲	1,35▲	1,0▲	0,86▲	
КТ-5 =	—	1 200	2 100	—	—	Длительный
	—	9,74	31,1	—	—	
	—	1,0	0,74	—	—	
КТ-5 ~	—	116	232	400	527	Длительный
	—	0,079	0,333	1,035	1,815	
	—	3,53	2,44	1,81	1,56	

Обозначения:
= постоянный ток
~ переменный ток
▲ провод марки ПБД

Числа в табл. обозначают:
Верхнее — число витков катушки
Среднее — сопротивление в *ом*
Нижнее — диаметр провода в *мм*

Примечания. 1. Все провода — марки ПЭП, а со знаком ▲ — ПБД.
2. Напряжение 110 *в* относится к постоянному току, 127 *в* — к переменному току.
3. В случаях использования одних и тех же катушек для разных напряжений постоянного и переменного тока применяется добавочное сопротивление.

2. Контакторы постоянного тока типа КП и реле РЭ

Тип аппарата	Рабочее напряжение катушки, *в*					Режимы работы
	55	110/127	220	440	500	
КП II	4 000	11 000	15 000	—	—	Длительный
	101	570	1 600	—	—	
	0,31	0,23	0,15	—	—	
КП-1	4 900	10 000	20 000	35 000	43 000	Длительный
	119	483	1 900	6 500	9 420	
	0,35	0,25	0,18	0,13	0,12	
КП-3	500	9 650	20 000	38 800	39 000	Длительный
	75	302	1 255	4 770	5 230	
	0,51	0,35	0,25	0,18	0,17	
КП-5	—	8 750	17 200	33 000	39 000	Длительный
	—	179	703	2 630	3 710	
	—	0,49	0,35	0,25	0,23	
КП-6	—	6 800	12 500	7 500	12 500	Длительный
	—	126	423	151	423	
	—	0,51	0,38	0,49	0,38	
КП-7	—	6 540	6 540	—	13 330	Длительный
	—	101	101	—	384	
	—	0,55	0,55	—	0,41	

Тип контактора или реле	Рабочее напряжение катушки, *в*							Режим работы
	24	55	110/127	220	380	440	500	
РЭ-100 ⎓ без демпфера	2 500 29,7 0,47	5 500 152 0,31	10 100 620 0,2	21 500 2 530 0,15	— — —	40 000 10 480 0,10	47 000 12 930 0,10	Длительный
РЭ-100 ⎓ с демпфером	1 750 37,5 0,38	3 200 155,5 0,25	6 750 644 0,18	12 500 2 650 0,12	— — —	24 000 9 170 0,09	29 000 11 380 0,09	Длительный
РЭ-120 ~	202 0,356 1,45	— — —	925 8,56 0,59	1 850 35,6 0,41	3 200 119 0,20	— — —	4 200 188 0,27	Длительный
РЭ-180 ⎓ без демпфера	2 000 23,5 0,55	4 500 111,5 0,38	8 500 418 0,27	18 000 1 678 0,20	— — —	— — —	36 000 8 930 0,12	Длительный
РЭ-180 с демпфером	1 360 20,4 0,55	2 500 90,3 0,35	5 500 395 0,25	11 000 1 539 0,18	— — —	19 350 6 000 0,12	24 000 7 630 0,12	Длительный

Обозначения:

⎓ постоянный ток
~ переменный ток

Числа в таблице обозначают:

Верхнее — число витков катушки
Среднее — сопротивление в *ом*
Нижнее — диаметр провода в *мм*

Примечания. 1. Напряжение 110 *в* относится к постоянному току, 127 *в* — к переменному току.

2. В случаях использования одних и тех же катушек для разных напряжений постоянного и переменного тока применяют добавочные сопротивления.

3. Технические данные контакторов, магнитных пускателей и реле

а) Токи и мощности, потребляемые катушками контакторов и пускателей

Тип аппарата	Мощность *вт*	Ток в *а* при напряжении 110 *в*		220 *в*		380 *в*		500 *в*	
		длительный	пусковой	длительный	пусковой	длительный	пусковой	длительный	пусковой
ПМ-0	5,5	0,168	0,94	0,085	0,46	0,042	0,18	0,027	0,13
ПМ-1 КТ-1	16	0,3	2,0	0,16	1,05	0,08	0,65	0,065	0,46
ПМ-2 КТ-2	29	0,68	2,89	0,34	1,45	0,197	0,84	0,15	0,63
ПМ-3 КТ-3	36	1,36	13	0,68	6,55	0,394	3,78	0,3	2,88
— КТ-4	96	3,9	37,6	1,95	18,8	1,13	10,9	0,86	8,3
— КТ-5	140	7,25	113	3,63	56,5	2,1	32,8	1,59	24,8

б) Величины cos φ катушек контакторов и магнитных пускателей

Тип аппарата		110 *в*		220 *в*		380 *в*		500 *в*	
		при длительной работе	при пуске	при длительной работе	при пуске	при длительной работе	при пуске	при длительной работе	при пуске
—	ПМ-0	0,297	0,532	0,295	0,542	0,345	0,805	0,608	0,848
КТ-1	ПМ-1	0,485	0,728	0,454	0,728	0,526	0,649	0,491	0,695
КТ-2	ПМ-2	0,387	0,912	0,387	0,908	0,388	0,910	0,387	0,921
КТ-3	ПМ-3	0,240	0,252	0,240	0,250	0,240	0,240	0,240	0,240
КТ-4	—	0,224	0,232	0,224	0,234	0,224	0,230	0,224	0,232
КТ-5	—	0,176	0,113	0,175	0,113	0,175	0,112	0,176	0,112

в) Технические данные катушек (относятся к моменту отпадания сердечника)

Тип пускателя или реле	220 в			380 в			500 в		
	напряжение отпадания сердечника %	полное сопротивление, ом	cos φ	напряжение отпадания сердечника %	полное сопротивление, ом	cos φ	напряжение отпадания сердечника, %	полное сопротивление, ом	cos φ
ПМ-0	48	4 400	0,27	54	13 800	0,22	50	20 000	0,20
ПМ-1	52	3 500	0,24	49	5 360	0,26	—	—	—
ПМ-2	—	—	—	41	2 240	—	—	—	—
РЭ-120	29	—	0,29	30	—	0,26	—	—	—

4. Максимальные допустимые токи включения магнитных пускателей

По ОСТ 7341 магнитные пускатели пригодны для короткозамкнутых двигателей с $I_{пуск} \leqq 6{,}5 \cdot I_н$. Для малых двигателей пускатели могут применяться и при $I_{пуск} > 6{,}5\ I_н$, при условии, что номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление — $I_{вст} \leqq 4\ I_н$, где $I_н$ — ток нагревательного элемента.

а) Допустимое число z включений в час магнитных пускателей

По данным ХЭМЗ: для магнитных пускателей . . . . . $z \leqq 15$,
для контакторов типа КТ (с магнитным гашением) . . . . . $z \leqq 60$.

Величина z для пускателей ПМ при малых нагрузках может быть значительно повышена за счет сокращения срока службы пускателя (путем более частой замены контакторов и трущихся частей пускателя). Так, пускатель ПМ-1, 220 в может работать с $z = 1\,500$ при ПР = 15% и при токовой нагрузке в 5% от номинального тока.

б) Минимальное напряжение, при котором аппарат надежно удерживается во включенном состоянии

Аппарат	Минимальное напряжение в %
Реле ЭП41	70
Реле РМН[1]	30—70
Реле, встроенные в приводы КАМ П-Ш .	65
Магнитные пускатели и контакторы . . .	50—60
Автоматы	40—60

[1] В настоящее время не изготовляются.

4. Технические данные контакторов Харьковского электромеханического завода

Отечественные контакторы постоянного тока

Тип контактора	Номинально допустимая нагрузка, *а*				Допустимый ток включения	Допустимый ток выключения	Число включений в час	Время срабатывания, сек.		Напряжение втягивающей катушки, *в*	Мощность, потребляемая катушкой, *вт*
	длительная (не более 8 час.) номинальная	непрерывная	Крановая (ПВ-25%) металлургическая (ПВ-40%)					втягивание	отпускание		
			220 *в*	500 *в*							
КП-11-3	40	—	—	—	трехкратный номинальный	10-кратный номинальный	Неограниченное	0,09	0,03	24; 48; 55; 110; 220	20
КП-1003-3	80	—	—	—				—	—	110; 220	25
КП-3 (КПД-3)	150 (225)	115	180	170				0,11	0,07	48; 110	18
КП-4 (КПД-4)	300 (450)	220	350	330				0,22	0,08	220; 440	20
КП-5 (КПД-5)	600 (850)	460	575	450				0,32	0,12	500	40
КП-6 А	1 500	1 500	—	—			Для редких включений	—	—	110; 220	160
КП-7 А	2 500	2 500	—	—				—	—	440; 500	200

Контакторы переменного тока

Типы контакторов					Наибольшая допустимая нагрузка[1]			Допустимый ток включения	Допустимый ток отключения	Время срабатывания, сек.		Номинальное напряжение катушки, *в*		Мощность, потребляемая катушкой, *вт*	
однополюсный	двухполюсный	трехполюсный	четырехполюсный	пятиполюсный	длительная (не более 8 час.), номинальная	непрерывная	крановая или металлургических			втягивание	отпускание	переменный ток	постоянный ток	переменный ток	постоянный ток
(КТ-11)	КТ-12	КТ-13	(КТ-41)	—	40	—	—	4-кратный номинальный	10-кратный номинальный	0,05÷0,08 сек.	0,02÷0,05 сек.	110, 220; 24, 110; 220, 380, 500, 660	110, 220, 600	—	—
(КТ-12)	КТ-22	КТ-32	(КТ-42)	(КТ-52)	80 (100)	55	90							29	12
(КТ-13)	КТ-23	КТ-33	(КТ-43)	(КТ-53)	150 (225)	115	175							40	17
(КТ-14)	КТ-24	КТ-34	(КТ-44)	(КТ-54)	300 (450)	225	350							80	39
(КТ-15)	КТ-25	КТ-35	(КТ-45)	(КТ-55)	600	450	700							130	45
(КТ-16)	(КТ-26)	(КТ-36)	—	—	1 200	—	—							—	—
(КТ-17)	(КТ-27)	(КТ-37)	—	—	2 500	—	—							—	—

6. Технические данные магнитных пускателей

Выбор магнитных пускателей для короткозамкнутых двигателей

Нереверсивные пускатели

тип пускателя		мощность двигателя в *квт* при напряжении, *в*			
защищенный	пыленепроницаемый	110	220	380	500
ПМ-0	ПМ-160	2,2	4	5	5,5
ПМ-1	ПМ-101	6,5	11	15	18
ПМ-2	ПМ-102	10	20	29	28
ПМ-3	ПМ-103	20	40	65	75
ПМ-4	ПМ-104	—	40	70	80
		—	55	95	110
		—	75	130	150
ПМ-5	—	—	95	165	200
		—	125	225	270
		—	160	280	340

Реверсивные пускатели

тип пускателя		мощность двигателя в *квт* при напряжении, *в*			
защищенный	пыленепроницаемый	110	220	380	500
ПМ-50	ПМ-150	2,2	4	5	5,5
ПМ-52	ПМ-152	10	20	29	28
ПМ-53	—	20	40	65	75

Данные для выбора арматур к пускателям в пыленепроницаемом исполнении

Тип пускателя	Тип арматуры	
	ввод главной цепи	ввод цепи управления
ПМ-100 — ПМ-150	АКМ $^1/_1$	—
ПМ-101	АКМ $^1/_4$	—
ПМ-102 — ПМ-152	АКМ $^1/_5$	АКМ $^1/_1$
ПМ-103 — ПМ-153	АКМ $^1/_7$	—
ПМ-104	АКМ $^1/_9$	—

Перечисленные магнитные пускатели имеют питание контрольных цепей только переменным током; при необходимости питания постоянным током нужно пользоваться схемами № 1 и 2, приведенными в „Бюллетене электропрома", 1939 г., № 7.

Блок-контакты (мостиковые). Наибольший допустимый ток, *а*

Длительно допустимый постоянный или переменный ток	Постоянный ток, разрываемый в индуктивной цепи, *в*			Переменный ток до 500 *в*	
	110	220	500	включаемый	разрываемый
20	2,5	2,0	0,5	100	200

Тепловые реле

Тип пускателя	тип реле	номинальный ток, *а*
ПМ-1, ПМ-2, ПМ-3	ТТ-12	—
ПМ-4	ТТ-21	150, 200, 270
ПМ-5	ТТ-31	300, 400, 500

Типы предохранителей	Напряжение, в	Номинальный ток предохранителя, а														
		10	15	25	60	80	100	160	200	260	350	360	400	500	600	1 000
		Ток плавкой вставки, а														
ПР-1	До 600	—	6	—	15; 20	—	60	—	100	—	—	—	225	—	—	600
		—	10	—	25; 35	—	80	—	125	—	—	—	260	—	430	700
		—	15	—	60	—	100	—	160	—	—	—	300	—	500	850
		—	—	—	—	—	—	—	200	—	—	—	350	—	600	1 000
Е-14	250	2; 4; 6; 10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Е-27	500	—	—	6; 10; 15; 20; 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Е-33		—	—	—	20; 25; 35; 60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПУ-25	250	—	—	6; 10; 15; 20; 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПУ-60		—	—	—	35; 60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Линейные предохранители	250	6; 10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SPO	До 550	—	—	—	—	10; 15	—	100	—	160	—	300	—	430	—	—
		—	—	—	—	20; 25	—	125	—	225	—	360	—	500	—	—
		—	—	—	—	35; 60	—	160	—	260	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
П	250	—	—	—	10; 15	—	80	—	125	—	225	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	260	—	—	—	—	—
		—	—	—	20; 25	—	100	—	160	—	300	—	—	—	—	—
		—	—	—	15; 60	—	—	—	200	—	350	—	—	—	—	—
	550	—	—	—	—	—	10; 15	—	125	—	225	—	—	—	430	700
		—	—	—	—	—	20; 25	—	160	—	260	—	—	—	500	850
		—	—	—	—	—	25; 60	—	200	—	300	—	—	—	600	1 000
		—	—	—	—	—	30; 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—

§ 44. Размещение аппаратов и приборов на пультах

1. Общая компоновка

Аппараты и приборы на пультах рекомендуется размещать, исходя из следующих основных положений:

1. Аппараты управления должны быть ближе к оператору и притом аппараты, требующие частого манипулирования — у переднего края пульта; измерительные приборы — у заднего края пульта.

2. Командо-контроллеры, несмотря на более частое манипулирование — или за кнопками, универсальными переключателями и другими вспомогательными аппаратами, или по боковым сторонам пульта, чтобы, по возможности, исключить случайные задевания рукояток управления рукой или рукавом.

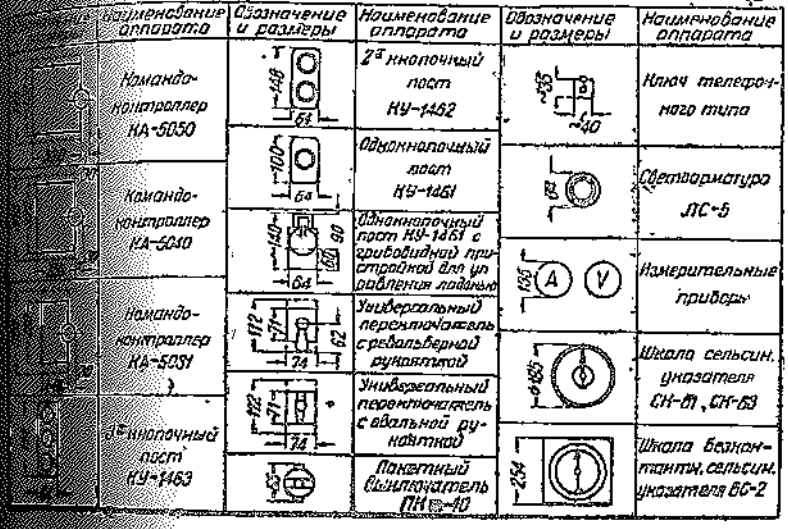
3. Аппараты, требующие частого манипулирования, должны быть справа (под правую руку), а редкого — слева.

4. По возможности располагать аппараты так, чтобы отразить действительное расположение управляемых механизмов в цехе.

5. Сигнальные лампы располагать под аппаратами управления, к ним относящимися.

2. Расстояние между аппаратами и приборами

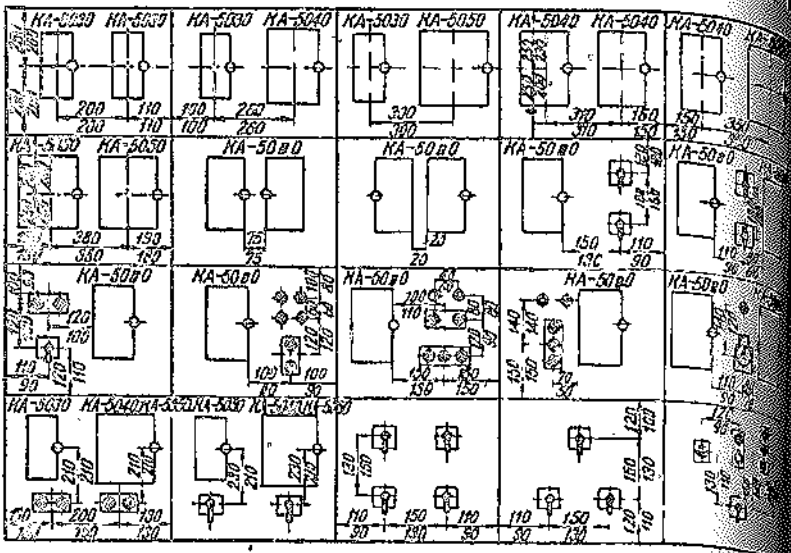
Основные размеры аппаратов и приборов указаны на фиг. 54.



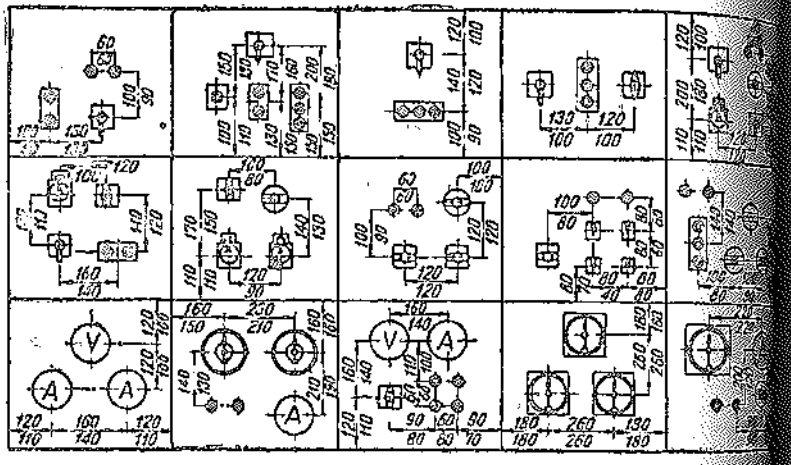
Фиг. 54.

На фигурах 55 и 56 приведены расстояния между аппаратами и приборами при различных их сочетаниях: минимальные — под размерными линиями и рекомендуемые — над размерными линиями.

Минимальные расстояния указаны как минимально допустимые по пряжению между контактами и корпусами по условиям подвода



Фиг. 55.

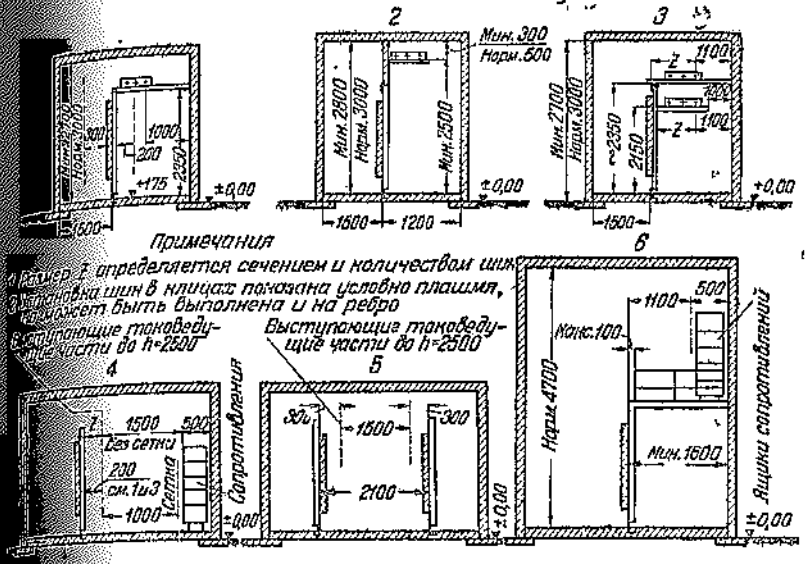


Фиг. 56.

подсоединения проводов, а также по условиям манипулирования. Рекомендуемые расстояния обеспечивают удобное манипулирование и компактное расположение аппаратов.

§ 45. Габариты помещений для станций магнитных и постов управления

1. Помещения для станций магнитных. Основные размеры, которыми надлежит руководствоваться при определении габаритов помещений для щитов станций магнитных (СМ) и установки щитов СМ, даны на фиг. 57.



Фиг. 57. Габариты помещений для щитов станций магнитных.

Количество выходов из помещения с задней стороны щита СМ должно быть:

а) при длине щита СМ до 4 *м* — не менее одного (рекомендуется устройство двух выходов);

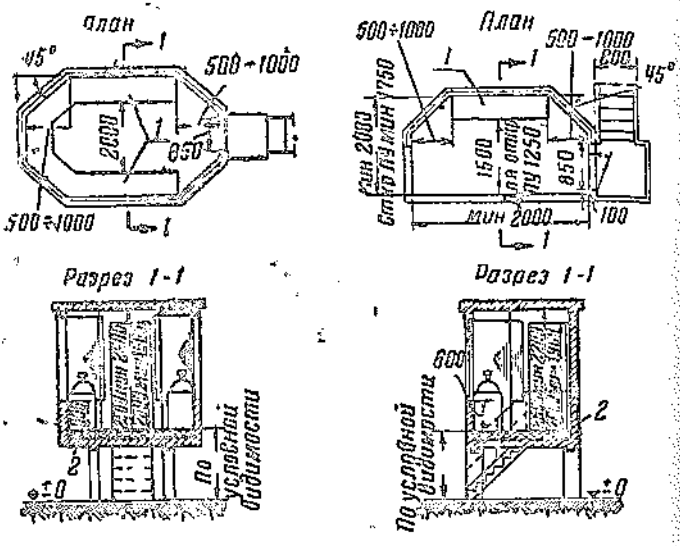
б) при длине щита СМ от 4 до 18 *м* — не менее двух;

в) при длине щита СМ от 18 до 35 *м* — не менее трех.

Части щитов, находящиеся под напряжением, расположенные с торцов щитов со стороны входа, должны быть ограждены металлическими сетками или сплошными покрытиями.

Выходы из каждого помещения, содержащего части под высоким напряжением, должны быть расположены так, чтобы на расстоянии не более 20 *м* (считая по пути персонала) от наиболее удаленных точек помещения имелся выход наружу или в безопасное место.

Расстояние от задней стороны одиночно стоящей панели до стены может быть принято 650 *мм*.



Фиг. 58. Габариты помещений для постов управления. *1*—место установки аппаратуры; *2*—подливка 150 *мм* для труб электропроводки.

2, Помещения для постов управления (фиг. 58). В зависимости от назначения и габаритов пультов и столов управления, а также температурных условий среды, посты управления (ПУ) располагаются в закрытых помещениях или открыто. Основные исходные размеры помещений ПУ даны на фиг. 58. Закрытые ПУ рекомендуется выполнять длиной не менее 2 *м* и высотой 2,5 *м*. Минимальную высоту помещения ПУ (2,2 *м*) надлежит принимать только в стесненных условиях. При определении отметки и конфигурации ПУ особое внимание необходимо уделять видимости участков технологического оборудования, управляемого с поста. Для облегчения конструкции, помещения ПУ рекомендуется выполнять металлическими, без подливки бетона для труб электропроводки. При этом трубы и кабели укрепляются под ПУ в конструкциях или в канале.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

§ 1. Световые величины и единицы

Определение	Математическое выражение	Единица: название и обозначение	Единица: размерность	Примечания
Лучистая мощность, оцениваемая по производимому ею световому ощущению	$F=\int_{\lambda=0,38}^{\lambda=0,77} E_\lambda V_\lambda d\lambda$	Люмен *лм*	—	1. В формуле: E_λ — лучистая мощность, V_λ — относительная видность излучения, λ — длина волны в микронах. 2. Механический эквивалент света 0,00161 *вт/лм*.
Отношение светового потока к телесному углу, в котором он заключается	$I=\frac{F}{\omega}$	Свеча *св*	$\frac{лм}{стерадиан}$	1. В формуле: ω — телесный угол. 2. В иностранной литературе принята свеча Гефнера (*НК*), равная 0,85—0,87 международной свечи.
Отношение светового потока к площади освещаемой им поверхности	$E=\frac{F}{S}$	Люкс *лк*	$\frac{лм}{м^2}$	Более крупная единица — Фот (*фб*); 1 *фб* = 1 *лм/см*^{2} = 10 000 *лк*. В английских странах применяется футсвеча (*fc*), равная 10,76 *лк*.
Отношение силы света поверхности в рассматриваемом направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению	$B=\frac{I}{S\cos\alpha}$	Стильб *сб*	$\frac{св}{см^2}$	1 миллистильб (*мсб*) = 0,001 *сб*. Иногда применяется понятие „Люкс на белом" (апостильб); 1 *лк* на белом = $0{,}318\times10^{-4}$ *сб*.
Отношение светового потока к площади, излучающей его поверхности	$R=\frac{F}{S}$	Радфот *рф*	$\frac{лм}{см^2}$	Допускается измерение светности в единицах освещенности — люксах и фотах.

§ 2. Световые свойства тел

Световые свойства тел определяются коэфициентами:

F — световой поток падающий

отражения : $\rho = \frac{F_\rho}{F}$; F_ρ — „ „ отраженный

пропускания : $\tau = \frac{F_\tau}{F}$; F_τ — „ „ пропущенный

поглощения : $\alpha = \frac{F_\alpha}{F}$; F_α — „ „ поглощенный

$$\rho + \tau + \alpha = 1.$$

Значения коэфициентов отражения и пропускания некоторых материалов в процентах

Материал	ρ	τ
Стекло оконное	6— 8	88—92
Стекло матовое	8—20	60—90
Стекло опаловое	50—70	15—40
Стекло молочное	70	20
Стеклянное зеркало со ртутной амальгамой	70	
Стеклянное зеркало посеребренное	80—88	
Серебро полированное	92	
Алюминий полированный	65—70	
Алюминий матовый	55—65	
Латунь и медь полированные	60—70	
Латунь матовая	50—55	
Никель полированный	55	
Сталь полированная	50—55	
Необработанные черные металлы	10—20	
Белая жесть	60—70	
Дерево — светлые породы	30—40	
Дерево — темные породы	10—20	
Уголь	3— 5	
Суглинок сухой	15	
Чернозем сырой	5	
Песок сухой	20—30	
Песок сырой	10—20	
Травяной покров	9—15	
Снег свежевыпавший	80—90	
Бумага белая писчая	60—80	
Мел, гипс, известь	80—90	
Известь со светлой краской	60—70	
Сернокислый барий	95—99	
Белая эмаль	60—70	
Обои темные	6 (минимум)	
Обои светлые	50 (максимум)	
Бархат черный	0,2	
Кожа черная	1—1,5	

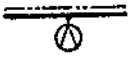
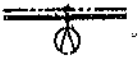
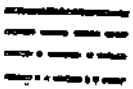
§ 3. Условные обозначения

1. Светильники

Обозначение графическое	Обозначение буквенное	Тип светильника	Обозначение графическое	Обозначение буквенное	Тип светильника
	Аж	Альфа железный эмалированный		Вм	Водопыленепроницаемый
	Гэ	Глубокоизлучатель железный эмалированный		Рг	Рудничный герметический
	Гз	Глубокоизлучатель зеркальный		Рв	Рудничный взрывобезопасный
	Ум	Универсаль с полуматовым затенителем		Бх	Блокированный для химического производства (типа Бх)
	У	Универсаль без затенителя		Лц	Люцетта цельного молочного стекла
	Шз	Широкоизлучатель зеркальный		Шо	Шар молочного стекла
	Но	Наружный прямого света (каталожные №№ 3001—3002)		П1	Плафон однолам-повый с матовым стеклом
	Нш	То же — со стеклом по типу „Шако“		П2	То же — двухлам-повый
	По	Наружный преимущественно прямого света		Сф	Сигнальный фонарь
	Фм	Фарфоровый полугерметический		К	Кососвет

Обозначение		Тип светильника	Обозначение		Тип светильника
графическое	буквенное		графическое	буквенное	
	Сп	Стенной патрон			Бра или кронштейн
	Пп	Потолочный патрон			Светильник местного освещения
	П	Подвесной патрон (с бюгелями)			Столб или мачта с прожекторами или с одиночным прожектором
	Фп	Фарфоровый подвесной патрон			Направление проекции осевого луча прожектора

2. Элементы осветительной сети

Обозначение		Наименование элемента	Обозначение	Наименование элемента
		Линия рабочего освещения		Подвеска линии на тросе
		Линия освещения безопасности или аварийного освещения		То же — с использованием троса в качестве нулевого провода
		Линия малого напряжения (12—36 *в*)		Питающие линии а в проектах наружного освещения — кабельные линии (обозначаются линиями двойной толщины)
	В проектах наружного освещения	Линия охранного освещения			
		Сеть дистанционного управления		Деревянный столб

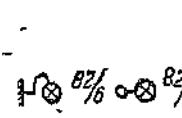
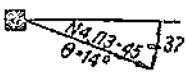
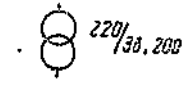
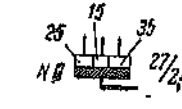
Продолжение

Обозначение	Наименование элемента	Обозначение	Наименование элемента
	То же — с подкосом (справа) или с оттяжкой (слева)		Штепсельная розетка нормальная
	Трансформатор		То же — герметическая
	Предохранитель пробочный		Выключатель нормальный
	Магистральный щиток или питательный пункт		То же — герметический
	Групповой щиток рабочего освещения		Переключатель
	Групповой щиток освещения безопасности или аварийного освещения		Ящик с рубильником

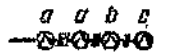
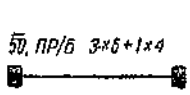
в. Условные надписи у элементов осветительного оборудования

Обозначение	Расшифровка и указания по применению обозначения	
• 3	Светильник местного освещения. Номер обозначает позицию экспликации на чертеже	
	Светильник (Лц) с лампой 200 *вт*, подвешенный на высоте 3,7 *м* над полом	При одинаковой мощности и высоте всех светильников в помещении — обозначение дается у левого верхнего светильника, в противном случае — в начале и в конце группы светильников с одинаковыми данными

Продолжение

Обозначение	Расшифровка и указания по применению обозначения
	Светильник (Фм) на кронштейне на стене (слева) или на столбе (справа) с лампой мощностью 82 *вт*, установленный на высоте 6 *м* над землей. Обозначение дается в начале и в конце ряда светильников с одинаковыми данными
	Прожекторная мачта № 3 высотой 20 *м*; мощность установленных на ней прожекторов 5,5 *квт*
	Прожектор № 4, типа ПЗ-45, ось которого образует с горизонтальной плоскостью угол 14°, а проекция оси образует с линией отсчета углов (например меридианом) — угол 32°
	Трансформатор для местного или ремонтного освещения напряжением 220/36 *в*, мощностью 200 *ва*. При одинаковом напряжении для всех трансформаторов это напряжение указывается в примечаниях
	Групповой щиток рабочего освещения № 7 (щитки освещения безопасности нумеруются с индексом *б*, аварийного освещения — с индексом *а*); установленная мощность 15 *квт*, потеря напряжения от источника питания 3%, на двух группах выключатели шунтированы
	Магистральный щиток № II; установленная мощность 27 *квт*, потеря напряжения от источника питания 2,4%, номинальная сила тока плавких вставок на отходящих линиях соответственно 25, 15 и 35 *а*

Обозначение	Расшифровка и указания по применению обозначения	
	Групповой щиток, имеющий общий рубильник и предохранители с номинальной силой тока плавких вставок 25 *а*	
М, Ж, А	Голые провода, соответственно: медные, железные и алюминиевые	Обозначения даются в начале линии и в местах изменения сечения, марки провода или способа прокладки. Марка провода указывается в числителе дроби, а способ прокладки — в знаменателе. Если способ прокладки определяется самой маркой провода (ТПРФ, СРГ), то ограничиваются указанием последней
ПР, ПРД, ШР, ТПРФ, ТРП, ПРП, СРГ, СБ, СБС	Наиболее распространенные марки проводов и кабелей	
Р, И, К, Б, Т, $Т_р$	Наиболее распространенные способы прокладки, соответственно: на роликах, на изоляторах, на клицах, в трубках Бергмана, в газовых трубах, по тросу	
	Несколько линий различных сечений, выполняемых проводом ПР на роликах	
	Несколько линий, прокладываемых в общей газовой трубе	
	Участок линии с третьим проводом для отдельного включения части ламп. Обозначение применяется в тех случаях, когда оно не затрудняет чтения чертежа	

Обозначение	Расшифровка и указания по применению обозначения
	Светильники внутреннего и наружного освещения, питаемые трехфазной линией; a, b, c — фазы
	Участок питающей линии между двумя щитками длиной 50 м

§ 4. Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки

1. Внутреннее освещение при 8-час. рабочем дне

Географическая широта	Рабочее освещение			Освещение безопасности	
	одна смена	две смены	три смены	при использовании светильников рабочего освещения	при установлении специальных светильников
40°	180				
42°	200				
44°	220				
46°	250				
48°	280				
50°	310				
52°	350	2200	4100	4800	4100
54°	390				
56°	430				
57°	450				
58°	480				
59°	505				
60°	530				

2. Наружное освещение (для всех широт)

Виды освещения	Включается ежедневно			Включается в рабочие дни		
	всю ночь	до 1 часа	до 24 час.	всю ночь	до 1 часа	до 24 час.
[illegible] освещение заводских территорий	3 600	2 440	2 070	3 000	2 060	1 740
[illegible]рожное освещение	3 490	—	—	—	—	—
[illegible] освещение территорий поселков	3 490	2 330	1 950	—	—	—

3. Географическая широта некоторых городов СССР

Широта	Наименование городов
40°	Баку, Ереван, Красноводск, Ленинабад, Фергана
42°	Батуми, Дербент, Ташкент, Тбилиси
44°	Алма-Ата, Кисловодск, Пятигорск, Туапсе
46°	Аккерман, Астрахань, Краснодар
48°	Кривой Рог, Макеевка, Ростов-на-Дону, Сталино
50°	Караганда, Киев, Комсомольск, Полтава, Сталинград, Харьков
52°	Воронеж, Гомель, Курск, Орск, Саратов, Чита, Чкалов
54°	Куйбышев, Магнитогорск, Минск, Могилев, Тула, Ульяновск
56°	Горький, Казань, Красноярск, Москва, Новосибирск, Челябинск
58°	Калинин, Рига, Свердловск
60°	Киров, Кострома, Молотов, Псков, Рыбинск, Ярославль
62°	Вологда, Нижний Тагил, Новгород
64°	Ленинград, Таллин, Нарва

§ 5. Методология светотехнического проектирования [1]

1. Перед проектированием необходимо тщательно ознакомиться с строительными и технологическими чертежами и проектом вентиляции, а также выявить специфические требования к освещению отдельных мест и к осветительной сети.

2. Основные вопросы питания — напряжение и источники питания для отдельных видов освещения — решаются совместно с проектирующими электроснабжение и силовое электрооборудование. Выявляется необходимость устройства освещения безопасности и аварийного освещения и способы их питания (§ 8).

3. Для каждого помещения, в зависимости от его назначения, размеров и строительных особенностей, выбирается система освещения (§ 9), освещенность,[2] коэффициент запаса и типы светильников (§§ 11—14). Разряд норм освещенности и нормируемая освещенность в люксах заносятся в светотехническую ведомость или отмечаются на чертежах (планах) каждого помещения. Намечается предварительное расположение светильников общего освещения (§ 15) с учетом строительных особенностей помещения, расположения оборудования, вентиляционных устройств и т. п.

4. Производится светотехнический расчет (§§ 19—28), на основании которого выбирается мощность ламп и, в случае необходимости, уточняется расположение светильников. Окончательное расположение наносится на план с применением условных обозначений (§ 3). Указываются необходимые расстояния между светильниками или рядами их и стенами помещений. При необходимости выделяются светильники освещения безопасности или аварийного. Наносятся светильники местного освещения и штепсельные розетки. Выбираются по типовым чертежам или заново разрабатываются способы установки светильников общего и местного освещения. Для архитектурно сложных объектов светильники наносятся на характерные разрезы. В случае составления для проекта светотехнической ведомости, данные светотехнического расчета заносятся в эту ведомость.

5. Совместно с проектирующими силовое электрооборудование уточняется схема питания, намечается расположение щитков и трасса питающей сети. Решаются вопросы компановки сети (мощность групп, количество фаз в группах, способ включения) и выполнения питающей и распределительной сети (марка проводов, способ прокладки) (§ 33). Групповые щитки и осветительные сети наносятся на план с применением условных обозначений (§ 3). Определяются типы щитков.

6. Устанавливается допускаемая потеря напряжения (§ 30). Производится расчет сети по потере напряжения на минимум проводникового металла (§ 34) с проверкой полученных сечений по допустимой плотности тока и механической прочности (часть I). На плане указывается сечение отдельных линий, марка проводов и способы их прокладки. В случае необходимости даются схемы групповых щитков с указанием мощности щитка, а для каждой групповой линии — ее мощности, сечения и способа. Для объектов с разветвленной сетью вычерчивается схема питания, на которой показываются источники питания, линии питающей сети, щитки и данные расчета сети.

7. Даются необходимые пояснения к чертежу в соответствующих местах и пояснения общего характера — в примечаниях. В необходимых

[1] В скобках указаны ссылки на параграфы, в которых рассматриваются затрагиваемые вопросы.

[2] Нормы освещенности находятся в настоящее время в стадии утверждения.

...чертежи выполняются конструктивные чертежи нетиповых деталей крепления проводов и т. п.

4. Производится выборка материалов для спецификации: светильников, ламп, щитков, проводов и т. п. — по плану; установочных и вспомогательных материалов — по вспомогательным таблицам норм расхода материалов.

5. Составляется спецификация на материалы.

6. Составляется сметно-финансовый расчет.

7. Составляется краткая пояснительная записка, в которой отмечаются основные особенности запроектированной осветительной установки и приводятся основные технико-экономические показатели проекта.

Глава 2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСВЕЩЕНИЯ

§ 6. Рациональное освещение помещений

В интересах увеличения производительности труда работающих необходимо создать достаточные яркости рабочих поверхностей, что обеспечивается правильным выбором освещенности. Наряду с этим следует учитывать факторы, рассматриваемые ниже.

1. Направление света

Освещение может осуществляться прямым или рассеянным (т. е. в значительной части отраженным от стен и потолков) светом. Освещение прямым светом требует меньшего расхода электроэнергии.

При освещении прямым светом в случае неправильного направления его могут создаться вредные тени от частей оборудования и тела работающего, а также отраженная блескость (зеркальное отражение от рабочей поверхностью).

Недостатки прямого света устраняются правильным выбором расположения светильников общего и местного освещения.

Прямой свет улучшает условия различения структуры поверхностей (рисунка, штрихов и т. п.).

Рассеянный свет ослабляет вредные тени и отраженную блескость, но ухудшает условия различения структуры поверхностей.

2. Блескость

Блескость — прямая и отраженная — уменьшается при правильном расположении светильников, снабжении их затенителями и уменьшении единичной мощности ламп.

Прямая блескость уменьшается с увеличением высоты подвеса светильников.

3. Спектральный состав света

Для работ, требующих правильного различения оттенков цветов (полиграфическая печать, подборка мехов и т. п.), необходимо приближение спектрального состава света к дневному, что достигается снабжением светильников местного освещения синими светофильтрами (например, марки СС-1).

Для увеличения контраста между деталью и фоном применяется местное освещение. Если деталь темнее фона — контраст повышается при освещении светом, не содержащим лучей цвета детали, и наоборот.

Значительный эффект может быть достигнут применением источников света с резко выраженной цветностью излучения, в частности флуоресцирующих ламп.

4. Постоянство освещения по времени

Должна быть устранена возможность случайных перемещений и раскачивания источников света.

Напряжение в сети должно быть по возможности постоянным. Глаз различает колебания напряжения, начиная от 1%.

§ 7. Выбор системы освещения помещений

Система освещения	Характеристика	Область применения	Свойства и особенности
Общее освещение	Светильники подвешиваются достаточно высоко и создают требуемую освещенность не только на основных рабочих местах, но и на вспомогательных площадях помещения. Светильники либо распределяются равномерно по помещению, либо располагаются применительно к размещению рабочих мест (локализованное освещение)	Устраивается в производственных помещениях, где по характеру работ и производственного оборудования невозможно устройство местного освещения (например при большой плотности расположения рабочих мест или при возможности работы в любой точке помещения), а также в вспомогательных, электромашинных и бытовых помещениях	Бо́льший расход электроэнергии, чем при комбинированном освещении, лучшая равномерность. Более трудно получить желаемое направление света
Комбинированное освещение	Помимо общего освещения, предназначенного для освещения всего помещения и создающего относительно небольшую освещенность, устраивается местное освещение, при котором светильники устанавливаются в непосредственной близости от рабочих мест и предназначены для освещения последних	Устраивается в производственных помещениях, где на рабочих местах требуются высокие освещенности (за исключением случаев, когда по характеру оборудования или условиям работы установка светильников вблизи рабочих мест затруднительна). При расположении ряда рабочих мест вплотную друг к другу, в целях экономии ламп, от индивидуального местного освещения следует переходить к групповому, т. е. к установке одного светильника на несколько рабочих мест	По сравнению с общим освещением меньшая мощность, худшая равномерность, большее число ламп. Возможность осуществления заданного направления света

Продолжение

Характеристика	Область применения	Свойства и особенности
Светильники присоединяются к сети через штепсельные розетки и дают возможность временного усиления освещенности в отдельных точках помещения	Применяется в помещениях, в которых: а) могут производиться работы по ремонту оборудования или его периодическому осмотру; б) имеются котлы, баки, силосы и т. п., внутри которых могут производиться работы, в) имеются измерительные приборы, кнопки и рычаги управления и т. п. рабочие места, могущие потребовать временного местного освещения при режиме светомаскировки; г) в любой точке могут производиться работы разрядов I—III норм (например, формовочные и сборочные работы). Ремонтное освещение не требуется в галереях и тоннелях с транспортерами, кабельных тоннелях и т. п.	

§ 8. Виды и способы питания внутреннего освещения

1. Различаются следующие виды внутреннего освещения: а) рабочее освещение, б) аварийное освещение, в) освещение безопасности, г) маскировочное освещение.

2. Рабочее освещение должно создавать требуемую по нормам освещенность на рабочих местах и в проходах помещений. Оно выполняется в виде общего или комбинированного освещения.

3. Аварийное освещение устраивается в тех помещениях, где даже кратковременное прекращение нормальной деятельности персонала может вызвать серьезные аварии, порчу оборудования или полуфабрикатов, массовое расстройство технологического процесса и т. п.

Аварийное освещение может быть выполнено в виде общего или местного освещения.

Аварийное освещение должно обеспечивать на рабочих местах и в проходах освещенность не менее 10% от норм, установленных для общего рабочего освещения.

4. Питание аварийного освещения производится либо от трансформатора, не используемого для питания рабочего освещения данного объекта, либо, при наличии установленной для других целей аккумуляторной батареи — от последней, либо от другого источника питания (например, от соседней цеховой подстанции). Применять для аварийного освещения производственных помещений специальную аккумуляторную батарею не следует.

Рекомендуется присоединение аварийного освещения к пунктам силовой сети, если таковые питаются от иного трансформатора, чем рабочее освещение.

В небольших объектах, при отсутствии в районе их расположения второго трансформатора, а также в помещениях без постоянного пребывания в них обслуживающего персонала, в качестве аварийного освещения могут быть использованы аккумуляторные фонари или неэлектрические источники света.

5. Устройство освещения безопасности необходимо только:

а) в производственных помещениях, в которых непроизвольные действия людей в темноте могут вызвать взрыв, пожар, массовый травматизм и т. п.;

б) в производственных помещениях с числом работающих свыше 50, если при погасании света возникает опасность травматизма вследствие продолжения работы производственного оборудования или наличия в помещении мест, опасных для прохода людей;

в) в помещениях общественного пользования — в местах скопления большого количества людей (театры, клубы, кино и т. п.). Выходные двери в этих помещениях должны быть отмечены сигнальными фонарями.

6. Освещение безопасности в производственных помещениях не требуется при следующих условиях:

а) в помещениях, имеющих местное освещение, питаемое раздельной сетью от общего освещения, начиная от шин подстанции, а для объектов, имеющих один электрический ввод — раздельной сетью, начиная от этого ввода;

б) в помещениях с производственными огнями, обеспечивающими возможность ориентации при отсутствии электрического света;

в) в помещениях, имеющих аварийное освещение;

г) в случае, когда схемы питания и расположения светильников рабочего освещения таковы, что при отключении одного из фидеров сохраняется достаточная для ориентировки освещенность от светильников, установленных в данном помещении или смежных с ним, питаемых от другого фидера.

7. Для помещений, указанных в пункте 5а и 5в, питание освещения безопасности должно осуществляться так же, как и для аварийного освещения (п. 4).

Для помещений, указанных в п. 5б — отдельной сетью, присоединяемой к фидерам, не используемым для питания рабочего освещения данного помещения (или данного участка помещения), а при наличии отдельного электрического ввода — непосредственно к вводному щитку.

8. Освещение безопасности должно обеспечивать по всему пути движения людей к выходу освещенность не менее 0,1 *лк*.

9. В качестве светильников аварийного освещения и освещения безопасности должна, как правило, использоваться часть светильников рабочего освещения.

10. В сети аварийного освещения и освещения безопасности следует предусматривать выключатели для возможности выключения освещения отдельных помещений.

11. Рекомендуется, взамен устройства освещения безопасности, предусматривать переключение щитков рабочего освещения на питание другим фидером, если такое переключение возможно осуществить с необходимой быстротой и если возможность этого вытекает из схемы внешней сети и не требует прокладки добавочных питающих осветительных линий.

12. В качестве освещения безопасности могут быть использованы также неэлектрические источники света.

13. Маскировочное освещение предназначается для выполнения работ в возможности ориентировки в помещениях при введении режима затемнения и выполняется только в случаях невозможности осуществить светомаскировку путем зашторивания оконных проемов.

Для маскировочного освещения должны быть использованы сеть и светильники рабочего освещения (общего, местного и ремонтного), а также освещения безопасности или аварийного освещения.

Прокладка для маскировочного освещения каких-либо добавочных сетей, как правило, не разрешается.

Типы светильников и мощности ламп, используемых для маскировочного освещения, выбираются на основании соответствующих инструкций по светомаскировке.

14. Питание ремонтного освещения может производиться от любой электрической сети, постоянно включенной или включаемой при входе обслуживающего персонала в помещение.

§ 9. Рациональное освещение открытых пространств

(Наружное освещение)

1. Наружное освещение устраивается на территориях промышленных предприятий, а также открытых горнорудных разработок, карьеров и т. п. в случаях, если работы на этих объектах производятся в вечернее и ночное время.

2. На территории промышленных предприятий должны освещаться только основные проезды для внутризаводского транспорта и проходы для людей, используемые для движения в вечернее и ночное время, а также места погрузочно-разгрузочных работ.

Не требуется освещения дорог, служащих только для проезда пожарного оборудования, и железнодорожных путей вне мест погрузочно-разгрузочных работ и формирования ж.-д. составов.

3. На территориях горнорудных разработок, карьеров и земляных работ освещаться должны только места производства работ, погрузочно-разгрузочные площадки, места работы механизмов, а также проезды и проходы с наиболее интенсивным движением транспорта и людей.

4. Освещение проходов и проездов, как правило, должно осуществляться светильниками, установленными на деревянных столбах, стенах зданий или подвешенными на тросах, натянутых между зданиями.

5. Прожекторы следует применять только в случаях, когда на освещаемой площади невозможна установка светильников (лесные биржи, места работ погрузочных механизмов, рейды, стадионы), а также для временных или передвижных установок (открытые разработки, карьеры), охранного освещения и освещения крупных ж.-д. станций.

Для установки прожекторов следует широко использовать крыши зданий и другие сооружения и лишь при отсутствии их вблизи освещае-

мых участков прибегать к установке прожекторов на специально уста-новленных столбах или мачтах.

Высота установки прожекторов желательна не менее 10—15 м; для охранного освещения высота может быть уменьшена до 5 м.

§ 10. Виды и способы питания наружного освещения

1. Различаются следующие виды наружного освещения:

а) рабочее освещение; б) охранное освещение и в) маскировочное освещение.

2. Рабочее освещение должно создавать требуемую по нормам освещенность в проездах, проходах и в местах производства работ на территории промышленных предприятий.

3. Для освещения зоны вдоль границ территории устраивается охранное освещение, предназначенное для облегчения задач охраны территории.

При совпадении границ территории с освещаемым проездом города, поселка или территории другого промышленного предприятия охранное освещение предусматриваться не должно.

4. Маскировочное освещение предназначается для возможности ориентировки на территории предприятия при введении режима затемнения.

Для маскировочного освещения должны быть использованы светильники и сеть рабочего и охранного освещения. Типы светильников и мощность ламп, используемых для маскировочного освещения, выбираются на основании соответствующих инструкций по светомаскировке.

5. Специальных требований к схемам питания наружного освещения не предъявляется.

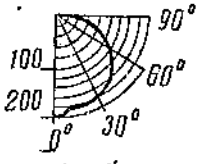
Глава 3. СВЕТИЛЬНИКИ

§ 11. Светотехнический выбор светильников

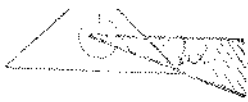
1. Светильник состоит из осветительной арматуры и лампы и предназначается для освещения с небольших расстояний.

2. Основные характеристики: а) кривая светораспределения $I_\alpha = f(\alpha)$ может иметь самую различную форму (например, приведенную на фиг. 1); б) коэфициент полезного действия — η; в) защитный угол — α (фиг. 2).

3. Классификация светильников по распределению потока (F) между верхней ($F_в$) и нижней ($F_н$) полусферами:



Фиг. 1.



Фиг. 2.

а) Прямое светораспределение: $F_н \geqslant 0{,}9\,F$.

б) Преимущественно прямое светораспределение: $0{,}9\,F > F_н > 0{,}6$

г) Рассеянное светораспределение: $0{,}55\,F > F_к > 0{,}45\,F$.

д) Преимущественно отраженное светораспределение: $0{,}9\,F > F_в > 0{,}55\,F$.

е) Отраженное светораспределение: $F_в \geqslant 0{,}9\,F$.

4. Выбор светильников по условиям ограничения слепящей яркости. Светильники общего освещения должны иметь защитный угол не менее 14°, или светящаяся нить лампы должна быть закрыта светорассеивающим молочным или матированным стеклом.

Указанное требование не обязательно в следующих случаях:

а) Для светильников с лампами, имеющими световой поток менее 1000 *лм*, установленных в помещениях площадью не более 50 *м*².

б) В помещениях малой площади, как, например, душевые, уборные, камеры трансформаторов и т. п.

в) В помещениях для временного пребывания людей (в тоннелях, котлованах и т. п.).

Светильники местного освещения должны быть устроены и расположены таким образом, чтобы светящаяся нить лампы была заслонена от глаз непрозрачной или густой светорассеивающей оболочкой.

При выполнении светомаскировки предприятий методом снижения освещенности минимально допустимый защитный угол светильников общего и местного освещения определяется специальными инструкциями по светомаскировке.

5. По характеру светораспределения. Наиболее экономичны светильники прямого света, наименее — отраженного света. Чем относительно больше $F_в$, тем мягче тени и равномернее распределена яркость по всем поверхностям помещения (в этом, в частности, преимущество светильника Лц перед светильниками У или Гэ).

Чем выше освещаемое помещение, тем с более концентрированным светораспределением следует выбирать светильники. Гэ рационален при высотах более, примерно, 10 *м*; Гэ, У, Аж (почти равноценные друг другу) — при любых меньших высотах; Фм, Вм, Бх, Но, П1, П2 и т. п. — целесообразны лишь при малых высотах (2—4 *м*). Лц светотехнически хорош и экономичен в непыльных помещениях со светлыми стенами ($h = 2—6$ *м*). Вертикальная освещенность обычно тем меньше, чем более концентрировано светораспределение светильников (с этой точки зрения хуже чем Гэ).

Для освещения вертикальных поверхностей применимы кососветы или наклонно установленные У, Гэ и т. п.

§ 12. Выбор типа светильника в зависимости от условий среды

Характеристика помещения	Требования к конструкции светильников по условиям среды	Рекомендуемые типы светильников
Сухие отапливаемые и неотапливаемые, за исключением пожароопасных и взрывоопасных	Ограничений в выборе типа светильников не ставится	У, Ум, Гэ, Лц, Гз, П1, П2, К, Аж

Продолжение

Характеристика помещения	Требования к конструкции светильников по условиям среды	Рекомендуемые типы светильников
Сырые	Светильники должны быть снабжены патронами из изолирующих материалов	Те же светильники (кроме плафонов) с фарфоровыми или карболитовыми патронами
Особо сырые, с едкими парами или газами	Светильники должны иметь раздельный ввод проводов и патроны из изолирующих материалов	Стекло от Лц или металлические отражатели, плотно прижатые под кольцо (для фарфорового патрона „ушки"); Фм, Но, По светильники У, Гэ, К — с обжимателями для раздельного ввода проводов и патронами из изолирующих материалов. При особо тяжелых условиях среды — фм и Вм
Пожароопасные и пыльные	В зависимости от количества и характера пыли должны применяться защищенные, т. е., имеющие затенители, или закрытые пыленепроницаемые светильники	Ум, Но и По со стеклянными колпаками, Но особо тяжелых условиях — Фм и Вм
Взрывоопасные по газу, при высокой степени взрывоопасности	Требуются взрывонепроницаемые светильники, которые ввиду их дефицитности заменяются нормальными, устанавливаемыми вне пределов опасного помещения	Гэ, У или К, установленные вне помещения, отделенные от него двумя слоями оконного стекла на замазке и обслуживаемые снаружи. Отраженное освещение прожекторами. Для местного освещения — иногда зеркала, отражающие свет светильников общего освещения
То же, но при малой степени взрывоопасности	Как правило, должны применяться герметические светильники	Светильники Бх и рудничные. Светильники, установленные вне помещения

Примечание. В тех помещениях, где взрывчатые смеси газов или волокон с воздухом при нормальных эксплоатационных режимах отсутствуют, но возникают при неисправностях постепенно и в соответствии с условиями эксплоатации могут быть быстро устранены — допускается установка фарфоровых и водопыленепроницаемых светильников

13. Светильники (основная номенклатура)

Тип светильника	Наибольшая мощность лампы, вт	Светораспределение	Стекло	Защитный угол в градусах	К. п. д. %
Альфа	60	Прямое	Нет	31	51
Альфа малая	Котельная 40	Прямое	Нет	32	51
Универсаль	200	Прямое	Без стекла	16	69
	500		Полуматовое	16	55
			Молочное	Условно 90	55
Глубокоизлучатель эмалированный	200	Прямое	Нет	27	58
	500	Прямое	Нет	32	61
	1 000				
Глубокоизлучатель зеркальный	500	Прямое	Нет	35	85
Широкоизлучатель зеркальный	200	Прямое	Нет	25	78
	500			25	70

Продолжение

Тип светильника	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Светораспределение	Стекло	Защитный угол в градусах	К. п. д. в %
Кососвет	200	Прямое	Нет	—	60
Наружного типа, прямого света (каталожные №№ 3001—3002)	200	Преимущественно прямое	Прозрачное	—	73
	1 000	То же	Опаловое	Условно 90	58
		Прямое	Молочное Шако	10	75
Наружного типа, преимущественно прямого света (каталожные №№ 3005—3006)	200	Преимущественно прямое	Полуматовое	—	74
	1 000		Молочное	Условно 90	65
Водопыленепроницаемый	200	Преимущественно прямое	Матовое	—	67
Фарфоровый полугерметический	60	Преимущественно прямое	Прозрачное	—	84
Рудничные (Рс и Рв)	100	Преимущественно прямое	Матовое	—	56

Рудничные (Рг и Рв)	100	Преимущественно прямое	Матовое	—	55

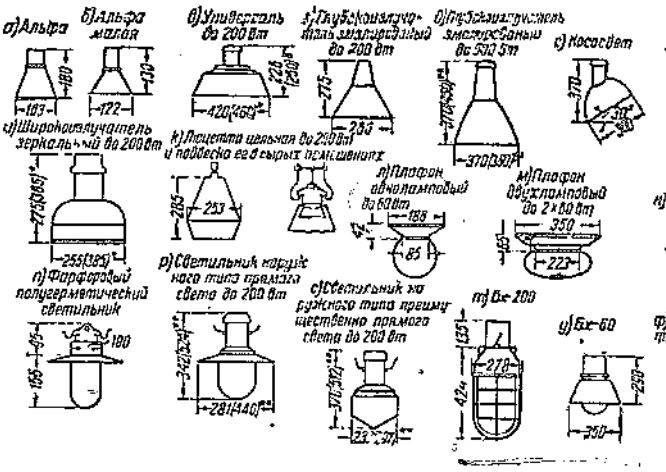
Продолжение

Тип светильника	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Светораспределение	Стекло	Защитный угол в градусах	К. п. д. %
Блокированные (Бх-60 и Бх-200)	100	Прямое	Матовое	Около 20	40
	200	Преимущественно прямое	Молочное	Условно 90	51
Люцетта цельная	100 200	Преимущественно прямое	Молочное	Условно 35	83
Шар молочный	150 (∅ 250 *мм*) 300 (∅ 350 *мм*) 1 000 (∅ 500 *мм*)	Рассеянное	Молочное	Условно 90	67
Плафон одноламповый	60	Преимущественно прямое	Матовое	—	68
			Молочное	Условно 90	66
Плафон двухламповый	2 × 60	Преимущественно прямое	Матовое	—	55

Примечания. 1. Светильники до 60 *вт* по габаритам допускают установку биспиральных ламп 900 и 1 300 *лм*.
2. Защитный угол, создаваемый густой светорассеивающей оболочкой, дается с пометкой „условно".

§ 14. Эскизы светильников и патронов

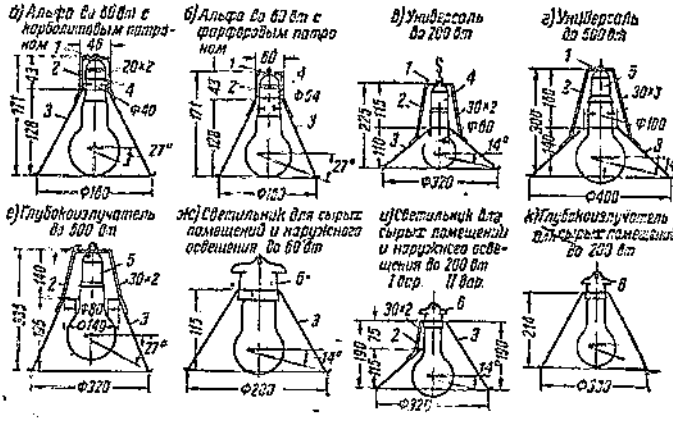
1. Заводские светильники (фиг. 3)



Фиг. 3. Эскизы типовых светильников.

* В скобках приведены размеры светильников до 500 *вт*. ** То же до 1

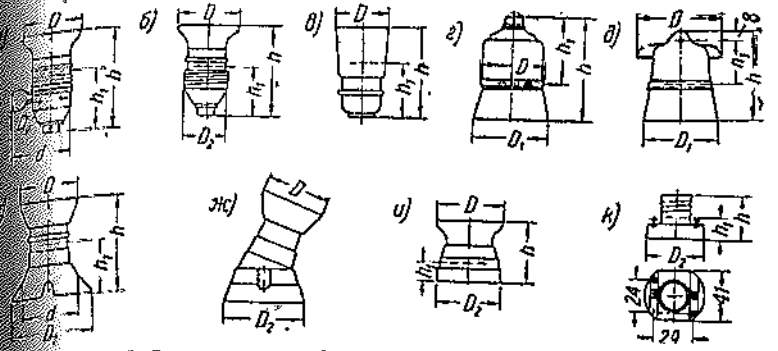
2. Светильники незаводского изготовления (фиг. 4)



Фиг. 4. Эскизы светильников, заменяющих заводские светильники. По ширине среза всех светильников завальцовывается для жесткости кольцо из проволоки ∅ 2 *мм*; *1*—зажим для зануления; *2*—скоба; *3*—конус; *4*—патрон нормальный фарфоровый или карболитовый; *5*—патрон Голиаф фарфоровый; *6*—патрон нормальный фарфоровый типа „монашка".

Светотехнические характеристики светильников незаводского изготовления с защитным углом 14° близки к характеристикам заводского светильника „Универсаль" без затенителя, а светильников с защитным углом 27° — к характеристикам эмалированного глубокоизлучателя и „Альфа".

3. Патроны (фиг. 5)



Фиг. 5. Эскизы патронов (положение контактной пластинки патрона при ввернутой лампе показано пунктиром).

Таблица размеров патронов

№ фиг.	Кат. №	Наименование патрона	Резьба	Размеры, мм					
				D	h	h_1	d	D_2	D_1
а	8011	Подвесной металлический с ключом	Е-27	51	75	—	58	40	—
б	8014	Подвесной металлический .	Е-14	34	56	—	—	27	—
в	8001	То же	Е-27	51	66	35	—	40	—
	8051	То же	Е-40	62	83	—	—	—	—
г	8006	Подвесной бакелитовый . .	Е-27	43	64	37	—	—	—
д	8080	Подвесной фарфоровый . .	Е-27	52	73	42	—	—	50
	8062	То же	Е-40	75	104	62	—	—	70

Продолжение

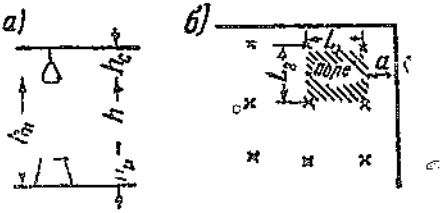
№№ эскизов	Кат. №	Наименование патрона	Резьба	Размеры, мм				
				D	h	h_1	d	D_1
д	8031	Подвесной фарфоровый с ушком	Е-27	70	65	34	—	—
е	8012	Потолочный	Е-27	51	70	50	60	75
ж	8017	Стенной наклонный	Е-27	51	—	—	—	75
и	8022	Иллюминационный закрытый	Е-27	51	40	—	—	50
к	8033	Иллюминационный открытый	Е-27	—	36	19	—	50

§ 15. Выбор расположения светильников общего освещения

1. В помещениях, в которых требуется создание одинаковой (равномерной) освещенности на всей освещаемой площади, рекомендуется располагать светильники равномерно по помещению.

В помещениях, имеющих участки с различными освещенностями, не следует добиваться симметрии в расположении светильников, так как наивыгоднейшие результаты дает „локализованное" освещение, когда расположение, мощность и высота подвеса светильников выбраны индивидуально для каждого рабочего места или для участка помещения с одинаковой освещенностью.

2. Размеры по разрезу (фиг. 6а). В больших помещениях экономически целесообразно увеличивать высоту подвеса h_p: светильники



Фиг. 6. Размеры по разрезу (а) и по плану (б); h—расчетная высота; h_n—высота подвеса светильника; h_c—свес светильника; h_p—высота рабочей поверхности.

обслуживаемые со стремянок, не должны подвешиваться выше
В малых помещениях целесообразны малые h_n.

...сев светильников h_c — при подвесе к потолку принимать не более

...Размеры по плану (фиг. 6б). Светильники должны быть, ...имости, расположены по вершинам квадрата или ромба:

$$L_1 = L_2 = L.$$

...размер a принимать $0{,}3 \div 0{,}5\ L$, причем верхний предел выбирается ...отсутствии у стен рабочих мест.

...Расположение светильников в несколько рядов. ...расположении светильников в несколько рядов по вершинам квад... со стороной L (или, в общем случае, четырехугольником пло... L) отношение $\frac{L}{h}$ должно приниматься равным:

...для светильников наружного типа, фарфорового, водопыленепро...мого, открытой лампы, плафонов 3,2

...для светильников Универсаль и заменителей Универсаля . . 2,5,

...для светильников Глубокоизлучатель эмалированный, ...Люцетта цельная 1,8,

...для светильника Глубокоизлучатель зеркальный . . . . . 1,4.

...Расположение светильников в один ряд. При осве... полос (длинных помещений или частей помещения относительно ...ьной ширины) одним рядом светильников, расположенным по оси ..., отношение расстояния между соседними светильниками к рас... высоте подвеса должно приниматься для светильников, перечи...ных в пунктах:

4а	настоящего	параграфа	2,5
4б	»	»	2,0
4в	»	»	1,8
4г	»	»	1,4

...ногорядное расположение целесообразно для пол...с, полная ширина ... не больше, примерно, $1{,}5\,h$, а при зеркальном глубокоизлуча... $1{,}0\,h$.

...Приведенные выше отношения $\frac{L}{h}$ как для многорядного распо... так и для полос несколько увеличены против наивыгоднейших ...ляются верхним пределом, рекомендуемым при дефицитности све...ников и ламп.

...Некоторое увеличение $\frac{L}{h}$ против вышеуказанных допустимо:

...в коридорах, галлереях, эстакадах и т. п. помещениях с норми...ванной освещенностью не более 10 *лк* при малой высоте подвеса;

...в случаях, когда увеличение $\frac{L}{h}$ против рекомендованных значе... приводит к замене лампы 60 *вт* биспиральной лампой 900 *лм*.

...Уменьшение $\frac{L}{h}$ против рекомендованных значений допустимо ...случаях:

...когда это вызывается конструкцией перекрытия или необходи...ым приближения расчетного потока к потоку стандартной лампы;

...когда частая расстановка светильников необходима по условиям ...ства освещения;

...когда при рекомендованном $\frac{L}{h}$ мощность лампы больше, чем это ...ляется конструкция светильника.

§ 16. Лампы накаливания нормальные и биспиральные

1. Нормальные лампы

Мощность *вт*	Световой поток, *лм*		*D* *мм*	*L* *мм*	*H* *мм*	Цоколь
	для напряжения 110—127 *в*	для напряжения 220 *в*				
15	124	—	60	103	73	Эдисона нормальный
25	225	191	60	103	73	То же
40	380	336	65	120	88	»
60	615	540	65	120	88	»
100	1 275	1 000	75	155	118	»
150	2 175	1 710	80	170	130	»
200	3 050	2 510	95	200	153	»
300	4 875	4 100	110	235	180	Эдисона нормальный или Голиаф
400	6 760	5 760	130	250	185	Голиаф
500	8 725	7 560	130	250	185	»
750	13 690	12 230	165	335	253	»
1 000	19 000	17 200	165	335	253	»

2. Биспиральные лампы

Световой поток *лм*	Мощность, *вт*		*D* *мм*	*L* *мм*	*H* *мм*	Цоколь
	для напряжения 110—127 *в*	для напряжения 220 *в*				
650	55	—	60	110	80	Эдисона нормальный
900	71	82	65	127	95	То же
1 300	96	109	65	127	95	»

Примечание. *D* — диаметр колбы; *L* — полная длина ламп; *H* — высота светового центра.

§ 17. Лампы накаливания малого напряжения и светомаскировочные

Тип лампы	Напряжение *в*	Мощность *вт*	Световой поток *лм*	*D* *мм*	*L* *мм*	*H* *мм*
Малого напряжения	12	15	140	50	78	53
		25	250	50	78	53
		40	480	60	103	73
	36	15	110	50	78	53
		25	200	50	78	53
		40	400	60	103	73
Светомаскировочные типа СМ	12	2,7	3	50	78	53
		4,5	8	50	78	53
		4,5	12	50	78	53
	36	6,8	3	50	78	53
		6,8	8	50	78	53
		6,8	12	50	78	53
	120	6,8	3	60	110	80
		6,8	8	60	110	80
		6,8	12	60	110	80
		10	22	60	110	80
Светомаскировочные типа СМ	12	10	1,0	50	78	53
		15	6,5	50	78	53
	36	10	1,0	50	78	53
		15	6,5	50	78	53
	120	10	1,0	60	103	73
		15	2,2	65	120	88
		40	6,5	65	120	88
		100	30	80	170	130
	220	20	1,0	60	103	73
		25	3,3	65	120	88
		60	8,4	65	120	88
		150	40	95	200	153

Примечания. 1. *D* — диаметр колбы, *L* — полная длина лампы, *H* — высота светового центра.

2. Все лампы, перечисленные в таблице, имеют цоколь Эдиссона матовый.

§ 18. Характеристика лампы в зависимости от подводимого напряжения

Напряжение	Сила тока	Мощность	Световой поток	Световая отдача
В % от значения при номинальном напряжении				
50	69	34	6,5	19
55	72	40	10	25
60	76	46	14,5	31
65	79	52	20,5	39
70	83	58	27	47
75	86	64	35	55
80	89	71	45	63
85	92	78	56	72
90	95	85	70	82
92	96	88	75	85
94	97	91	81	89
96	98	94	86	92
98	99	97	93	96
100	100	100	100	100
102	101	103	107	104
104	102	107	115	107
106	103	110	122	111
108	105	114	129	113
110	106	117	137	117

Примечание. Данные являются средними для ламп разных мощностей и напряжений, в том числе ламп малого напряжения и биспиральных ламп.

Глава 5. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ

§ 19. Общие сведения о расчете освещения

1. Расчет освещения обычно сводится к определению мощности ламп, необходимой для получения заданной освещенности. Тип и расположение светильников задается; в результате расчета расположение светильников может корректироваться.

В отдельных случаях определяется освещенность при заданных мощности ламп и расположении светильников (контрольные расчеты), или расстояние между светильниками при заданных мощности ламп и освещенности (вариантные расчеты).

2. Выбор мощности ламп. По найденному расчетному световому потоку выбирается ближайшая стандартная лампа (§ 16), причем допускаются следующие отклонения потока стандартной лампы от расчетного:

а) при возможности изменения намеченного числа светильников в целях приближения расчетного потока к потоку стандартной лампы — от минус 10% до плюс 20%,

б) при невозможности такого изменения — от минус 20% до плюс

3. Выбор метода расчета. Точечный метод рекомендуется для расчета освещения помещений, в которых имеются участки, требующие различных величин освещенности, для расчета освещения больших и ответственных помещений светильниками прямого и преимущественно прямого света, а также для расчета наружного и местного освещения в случаях, не охваченных типовыми решениями.

Точечным методом может быть определена освещенность в любой точке и в любой плоскости. Свет, отраженный стенами и потолком, приближенно учитывается поправочными коэфициентами.

Метод коэфициента использования рекомендуется для расчета общего равномерного освещения помещений. При расчете методом коэфициента использования учитывается как прямой свет светильников, так и свет, отраженный от стен и потолка, что особенно существенно при светильниках преимущественно отраженного и отраженного света. Этим методом определяется освещенность только в горизонтальной плоскости. Освещенность в любой точке помещения методом коэфициента использования не может быть определена.

Без расчета, по нормативным типовым решениям, выбирается мощность ламп в следующих случаях:

а) для общего (равномерного) освещения помещений площадью до 10 м²;

б) для нормальных лестничных клеток;

в) для обычных случаев местного освещения;

г) для дорог и проездов небольшой ширины.

§ 20. Расчет освещения по методу коэфициента использования светового потока

1. Основная формула

$$F = \frac{EkSz}{N\eta},$$

где F — световой поток каждой из ламп в люменах; E — наименьшая освещенность по нормам в люксах; k — коэфициент запаса; S — площадь помещения в кв. метрах; $z = \frac{E_{средн.}}{E_{миним.}}$ (§ 20, п. 5); N — число светильников; η — коэфициент использования светового потока, выраженный в долях единицы. Формула может быть применена для определения любой из трех величин F, E и N при заданных двух других.

2. Коэфициент использования (η)

η определяется по таблицам (§§ 21 — 22) в функции индекса помещения — i, коэфициента отражения стен — ρ_c и потолка — ρ_n. В таблицах η дается в процентах, но подставляется в формулу в долях единицы.

3. Индекс помещения (i)

$$i = \frac{S}{h(A+B)},$$

где S — площадь помещения в кв. метрах; h — расчетная высота в метрах; A и B — стороны помещения в метрах.

Для помещений, длина которых во много раз превышает ширину

$$l = \frac{B}{h},$$

где B — ширина помещения.

4. Значения ρ в процентах

Характеристика поверхности	ρ
Побеленный потолок, Побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Чистый бетонный и светлый деревянный потолок. Побеленный потолок в сырых помещениях. Побеленные стены с окнами и с темными панелями внизу	50
Бетонный потолок в грязных помещениях. Деревянный потолок. Бетонные стены с окнами. Поверхности, оклеенные светлыми обоями	30
Бетонные и деревянные потолки и стены при большом количестве темной пыли. Сплошное остекление. Неоштукатуренный красный кирпич. Поверхности, оклеенные темными обоями	10

5. Коэфициент z

Коэфициент z вводится в формулу для обеспечения наименьшей (а не средней) освещенности.

Значения z для основных светильников

Типы светильников	$l:h$			
	0,8	1,2	1,6	2
У, Ум	1,2	1,15	1,25	1,4
Гэ	1,15	1,1	1,2	1,3
Лц	1,0	1,0	1,2	1,2

l — расстояние между светильниками; h — расчетная высота.

Для остальных светильников точных данных нет; рекомендуется при отношении $l:h$, близком к наивыгоднейшему, принимать $z = 1{,}2$.

Коэфициент z может не учитываться только в очень малых помещениях или при расчете на среднюю освещенность.

§ 21. Коэффициенты использования светового потока

Светильник	Гз			Гэ			У			Ум			Лц			Вм			Фм		
$\rho_п$	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_с$	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	30	30	50	10	30	50	10	30	50
Индекс помещения (i)	Коэффициенты использования (η) в процентах																				
0,5	26	30	35	19	21	25	21	24	28	14	17	21	14	16	22	11	13	19	8	10	17
0,6	34	37	42	24	27	31	27	30	34	19	22	26	19	21	27	15	19	23	11	14	21
0,7	40	43	48	29	31	34	32	35	38	23	26	29	23	24	30	19	23	26	14	17	24
0,8	44	47	52	32	34	37	35	38	41	26	28	32	25	26	33	21	25	28	15	19	26
0,9	48	50	54	34	36	39	38	40	44	28	30	34	27	29	35	22	26	30	17	21	28
1,0	50	53	56	36	38	40	40	42	45	30	32	35	29	31	37	23	27	31	18	23	30
1,1	52	54	58	37	39	41	42	44	46	31	33	36	30	32	38	25	28	33	19	24	31
1,25	54	57	60	39	41	43	44	46	48	33	35	37	31	34	41	26	30	35	20	25	34
1,5	57	59	64	41	43	46	46	48	51	35	36	40	34	37	44	27	32	38	23	29	37
1,75	59	62	66	43	44	48	48	50	53	37	39	41	36	39	46	30	34	40	25	31	41
2,0	62	65	68	44	46	49	50	52	55	39	40	43	38	41	48	32	36	42	26	33	42
2,25	65	67	71	46	48	51	52	54	56	40	42	45	40	43	50	33	38	43	28	35	44
2,5	67	69	73	48	49	52	54	55	59	42	44	46	41	45	52	36	39	45	30	36	46
3	68	70	75	49	51	53	55	57	60	43	45	47	44	47	54	38	41	48	31	39	49
3,5	70	72	76	50	52	54	56	58	61	44	46	48	45	49	57	41	43	48	34	41	50
4	71	73	77	51	52	55	57	59	62	45	47	49	46	50	59	41	45	50	36	43	54
5	72	75	79	52	54	57	58	60	63	46	48	51	48	52	61	42	46	53	38	45	56

Продолжение

Светильник	Но и По			Голая лампа			Бх-60			Бх-200			Шо			П1			П2		
$\rho_п$	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_с$	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	30	30	50	30	30	50	30	30	50
Индекс помещения (i)	Коэффициенты использования η в процентах																				
0,5	8	10	14	10	13	21	12	14	14	5	7	8	8	9	13	8	9	14	9	9	13
0,6	11	13	18	14	18	26	16	18	18	7	9	10	10	12	17	10	12	17	12	12	16
0,7	14	16	21	17	22	30	19	20	20	9	11	12	12	14	20	13	14	20	14	15	19
0,8	15	18	23	19	24	32	21	22	22	10	12	13	14	16	21	15	16	22	16	16	20
0,9	16	20	24	20	26	35	22	24	24	11	14	14	16	17	23	16	17	23	17	18	22
1,0	17	21	25	22	28	37	24	25	25	12	15	16	17	19	24	17	19	24	18	19	23
1,1	18	22	27	23	29	39	24	26	26	12	15	17	17	19	25	19	20	25	19	19	24
1,25	20	24	29	25	32	42	26	27	27	14	16	18	19	21	28	19	21	27	20	21	26
1,5	22	26	31	28	36	45	27	28	28	15	19	20	21	23	30	21	23	30	22	23	28
1,75	24	28	33	30	38	48	28	29	30	16	20	22	22	25	32	23	26	33	23	25	30
2	25	29	35	32	40	51	29	30	31	18	21	23	24	27	34	24	27	34	25	26	31
2,25	27	30	37	34	42	53	30	32	32	19	22	24	25	28	36	26	29	36	26	27	33
2,5	28	32	38	36	44	55	32	32	33	20	24	25	27	29	37	27	30	37	27	28	34
3	30	34	41	38	46	59	32	33	34	21	25	27	28	31	39	29	32	40	28	29	35
3,5	31	35	42	40	49	61	33	34	35	22	27	29	30	33	41	30	34	42	29	31	37
4	33	37	44	42	51	64	34	34	35	24	28	30	31	35	43	32	35	44	30	33	39
5	36	39	46	45	54	67	34	35	36	25	29	32	32	36	45	33	36	46	31	34	40

5	35	38	46	45	54	67	34	39	46	39	47	57	32	37	43	33	38	45

§ 22. Коэффициенты использования светового потока для помещений с индексом, меньшим 0,5

Светильник	Гэ			У			Ум			Лц			Вм			Фм		
$\rho_п$	30	50	50	30	50	50	30	50	50	50	50	70	30	50	50	30	50	50
$\rho_с$	30	30	50	30	30	50	30	30	50	30	50	50	30	30	50	30	30	50
Индекс помещения (*i*)	Коэффициенты использования (η) в процентах																	
0,1	2	2,3	3,8	2,3	2,5	3	1,9	2	3	2,1	4	4,4	2	2,2	3,7	2	2,2	4
0,15	3,7	4,1	6	4	4,3	5,6	3,2	3,4	5,2	3,5	6,4	7	3,3	3,7	5,8	3	3,3	6
0,2	5,8	6,4	8,4	6,2	6,5	8,8	4,9	5,1	7,4	5,2	8,7	9,5	4,5	4,9	7,7	4	4,4	8
0,3	10	11	13	11	11	15	8,5	9	12	8,6	13	15	7,5	8,3	12	6,4	7	12
0,4	15	17	19	16	17	22	13	13	16	13	18	20	11	12	15	8,8	10	15

Светильник	Но			По			Бх-60			Шо			П1			П2		
$\rho_п$	30	50	50	30	50	50	30	50	50	50	50	70	50	50	70	50	50	70
$\rho_с$	30	30	50	30	30	50	30	30	50	30	50	50	30	50	50	30	50	50
Индекс помещения (*i*)	Коэффициенты использования (η) в процентах																	
0,1	1,7	1,9	3,3	1,7	1,9	3,5	1,6	1,8	2,8	1,4	3	3,3	1,7	3,3	3,7	1,5	2,9	3,2
0,15	2,7	3	4,9	2,7	3	5	2,6	2,8	4,3	2,4	4,8	5,3	2,5	5	5,5	2,4	4,5	4,9
0,2	3,5	3,9	6,4	3,7	4,1	6,7	4,1	4,5	6,1	3,3	6,3	6,9	3,3	6,5	7,2	3,2	5,9	6,4
0,3	5,8	6,4	9,5	6	6,6	9,9	7,1	7,7	9,7	5,3	9,3	10	5,3	9,2	10	5,4	8,3	9,6
0,4	8	8,8	12	8,5	9,3	13	11	12	14	7,6	12	13	7,5	12	13	7,7	12	13

[1] Для малых помещений мощность ламп, как правило, выбирается без расчета. Настоящая таблица предназначается для расчетов лишь в специальных случаях (при установлении новых типовых решений и т. п.).

§ 23. Расчет освещения по точечному методу

1. Основная формула

Для расчета освещения по точечному методу применяется следующая формула:

$$F = \frac{1000\,Ek}{\mu \sum e},$$

где F — поток каждой из ламп (в люменах), необходимый для обеспечения в данной точке A (фиг. 8) горизонтальной освещенности E (в люксах) при коэфициенте запаса k;

e — освещенность данной точки от светильника с лампой 1 000 *лм*;

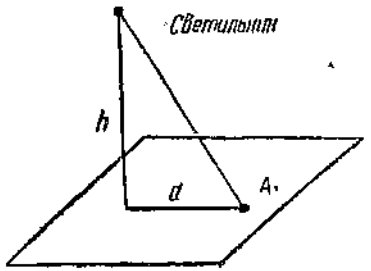
$\sum e$ — освещенность данной точки от всех освещающих ее светильников, с лампами 1 000 *лм* в каждом;

μ — коэфициент, учитывающий освещенность от удаленных светильников, не включенную в $\sum e$, и отражение света от стен и потолков.

Формула может быть применена для определения E при заданной h, а в отдельных случаях — для определения по F и E необходимой величины $\sum e$, а по последней — расположения светильников.

2. Определение e

При симметричных светильниках e является функцией двух переменных — d и h (фиг. 7).



Фиг. 7.

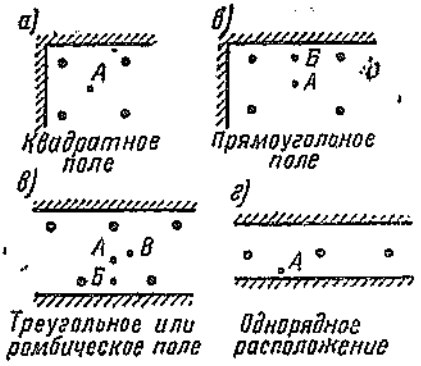
Определение e производится по графикам пространственных изолюкс (§ 25); на графике находят точку с данными d и h; значение e определяется интерполированием между освещенностями ближайших изолюкс.

Если значения d или h лежат за пределами шкал графика, величины d и h увеличивают или уменьшают в n раз и найденную по графику освещенность при измененных координатах соответственно увеличивают или уменьшают в n^2 раз.

3. Выбор контрольной точки

При общем освещении и необходимости обеспечения наименьшей освещенности в формулу подставляется значение $\sum e$ для „наихудшей"

ность, т. е. минимальное. При этом точки, лежащие между стенами и ближайшими к ним светильниками (кроме случаев однорядного расположения светильников), как правило, в рассмотрение не принимаются.



Фиг. 8. Выбор контрольной точки.

Характерные контрольные точки, для которых необходимо определить Σe, показаны на фиг. 8.

4. Число учитываемых светильников

При определении Σe учитываются не все освещающие точку светильники, а „ближайшие". Обычно, это — светильники, расположенные в вершинах поля, в котором находится контрольная точка, и в вершинах смежных полей.

5. Коэфициент μ

Значения μ для светильников прямого света находятся в пределах 1—1,3. Верхний предел — для точек, близких к светлым стенам. Для светильников Лц, при $\rho_c = 30\%$, $\mu \approx 1{,}4$—$1{,}6$; при бо́льших ρ_c — μ не подлежит учету.

6. Освещение наклонной поверхности

В расчетную формулу (§ 23, п. 1) взамен Σe подставляется $\Sigma e_н$, т. е. освещенность данной точки наклонной плоскости от всех освещающих ее светильников с лампами 1 000 *лм* в каждом.

Практически от каждого светильника определяется $e_г$, т. е. освещенность данной точки в горизонтальной плоскости, после чего находится

$$\Sigma e_н = \Sigma \psi e_г,$$

где ψ — переходной коэфициент, определяемый по номограмме (§ 24).

Частный случай. Освещение вертикальной плоскости параллельным ей рядом светильников (фиг. 9)

$$\Sigma e_в = \frac{p}{h} \Sigma e_г.$$

7. Освещение наклонными светильниками

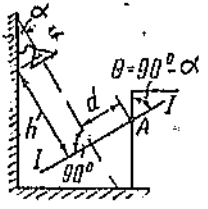
Через контрольную точку A проводим плоскость $I-I$, перпенди... лярную к оси светильника (фиг. 10). Эту плоскость рассматриваем ... горизонтальную по отношению к оси светильника и обычным путем ... ходим $e_г$. Переход к освещенности в той же точке, но на данной пл... кости производится с помощью коэфициента ψ, рассматривая дан... плоскость как наклонную по отношению к плоскости $I-I$.

8. Местное освещение

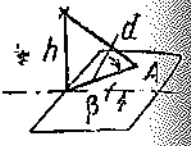
Когда необходим точный расчет местного освещения, следует у... тывать, что при малых расстояниях светильник нельзя считать точ... Расчет производится по пространственным изолюксам, подобным обы... ным, но построенным экспериментальным путем (для светильника А... см. § 25, фиг. 26).



Фиг. 9.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

9. Освещение несимметричными светильниками (фиг. 11)

Освещенность e точки A есть функция трех переменных:

$$e = f(d, h, \beta).$$

Угол β для светильников, имеющих плоскость симметрии, отсчи... вается от следа последней на горизонтальной плоскости до проекц... освещающего точку луча (т. е. β — двугранный угол между плоскост... симметрии светильника и плоскостью $d-h$).

Расчет производится по номограммам относительных изолюкс (... кососвета — см. § 26), являющимся изображением плоскости, удаленн... от светильника на 1 *м*.

Точке с координатами d, h, β соответствует на номограмме точ... с координатами $d:h$ или $h:d$ (смотря по тому, которое из этих отношен... меньше единицы) и β. Найденная по номограмме относительная освещ... ность ε должна быть разделена на h^2.

Порядок расчета: определяют по масштабу для контроль... точки A (фиг. 11) d и h и, на-глаз, угол β. Находят меньшее из дв... отношений $d:h$ или $h:d$. После нахождения соответствующей точки

...граммах определяют ее относительную освещенность ε интерполированием между освещенностями ближайших изолюкс. Находят освещенность $e = \frac{\varepsilon}{h^2}$.

10. Кривые относительной освещенности (см. § 27)

Расчет по этим кривым более точен, чем по пространственным изолюксам, так как не требует интерполирования. Применяется преимущественно в случаях, когда d значительно больше h, например, для наружного освещения. Относительная освещенность ε определяется формулой:

$$\varepsilon = I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha,$$

Значение I_α дано для лампы 1 000 *лм*.

Значения ε даются в функции $\frac{d}{h} = \operatorname{tg} \alpha$ или $\frac{h}{d} = \operatorname{ctg} \alpha$.

Кривые обычно имеют три ветви:
1) для значений d от 0 до h ($d : h$ — от 0 до 1),
2) для значений $d > h$ ($h : d < 1$),
3) для значений $h : d$, близких к нулю, но с 10-кратным масштабом для ε (правая шкала[a]).

ε следует определять в функции того из отношений $d : h$ или $h : d$, которое меньше 1, по соответствующей ветви.

Переход от ε к e — по формуле $e = \frac{\varepsilon}{h^2}$.

Если h — одинаково для всех светильников, основная формула (§ 23, 6) применяется в виде:

$$F = \frac{1\,000 \cdot E \cdot k \cdot h^2}{\mu \cdot \sum \varepsilon}.$$

Для определения необходимого расстояния между светильниками данной мощности формула решается относительно $\sum \varepsilon$. С помощью кривых по ε находятся $d : h$ или $h : d$, а затем расстояние между светильниками.

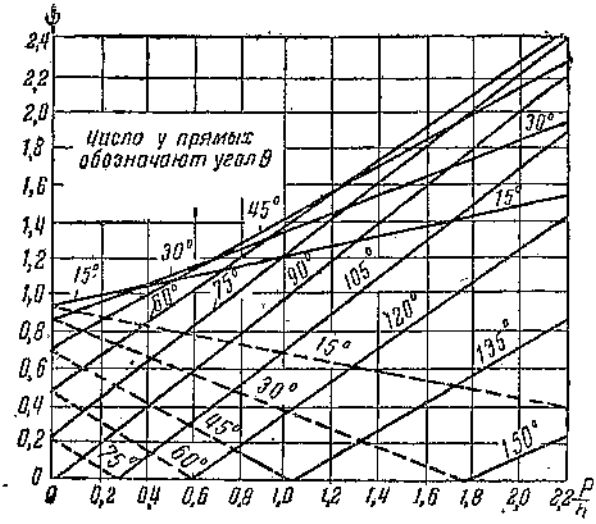
§ 24. Номограмма для определения коэфициента ψ при расчете освещения наклонных плоскостей (фиг. 12)

Пояснения. h — высота светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через освещаемую точку наклонной плоскости,

p — расстояние по перпендикуляру от проекции светильника на горизонтальную плоскость до линии пересечения обоих плоскостей,

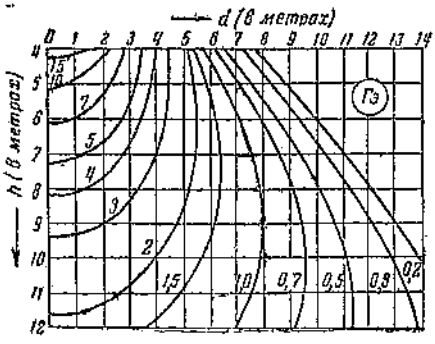
α — угол между горизонтальной и наклонной плоскостями, отсчитываемый от неосвещенной стороны последней.

Пунктирными прямыми следует пользоваться в случаях, когда из проекции светильника на горизонтальную плоскость не видна освещаемая сторона наклонной плоскости.

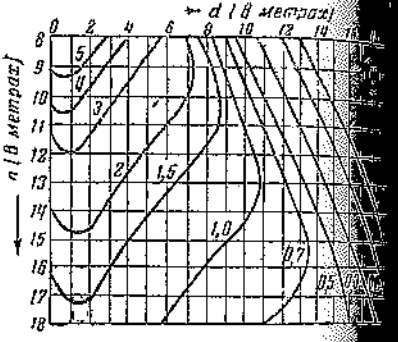


Фиг. 12.

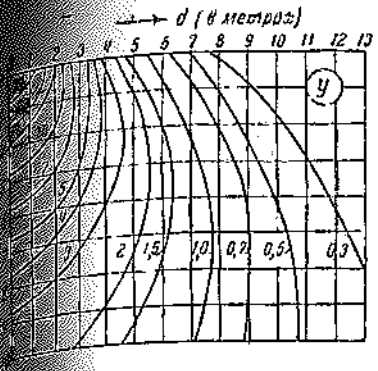
§ 25. Пространственные изолюксы горизонтальной освещенности от различных светильников (фиг. 13—26)



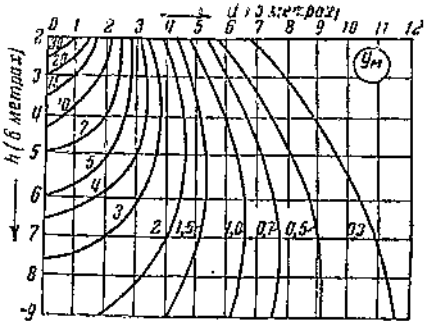
Фиг. 13. Глубокоизлучатель эмалированный.



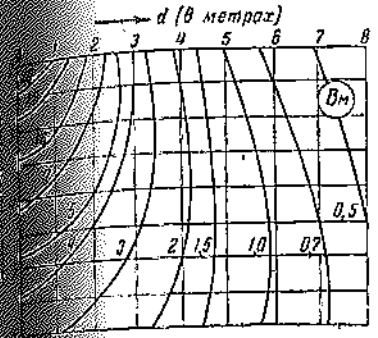
Фиг. 14. Глубокоизлучатель зеркальный



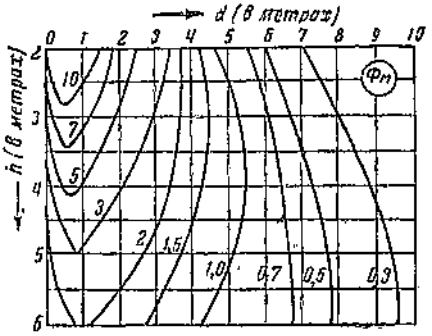
Фиг. 16. Универсаль без затенителя.



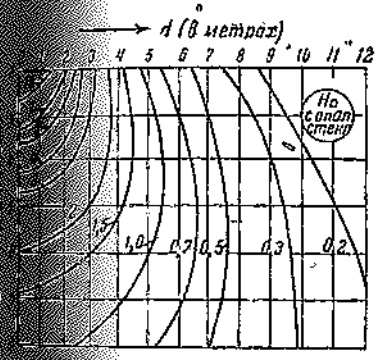
Фиг. 16. Универсаль с полуматовым затенителем.



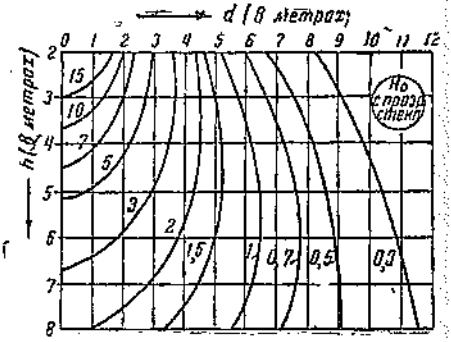
Фиг. 17. Светильник водопыленепроницаемый с матовым стеклом.



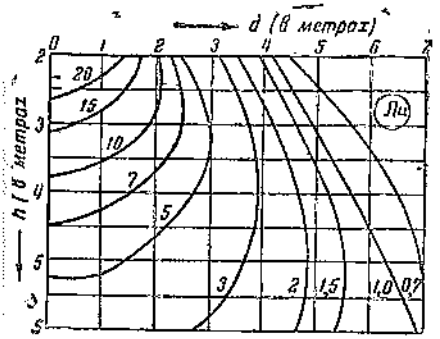
Фиг. 18. Светильник фарфоровый полугерметический с прозрачным стеклом.



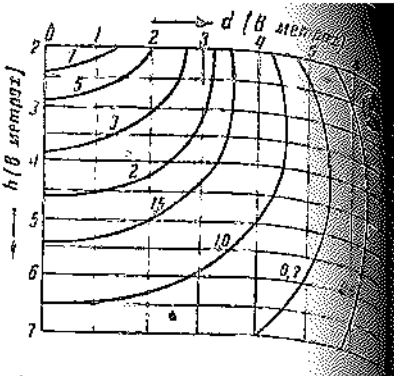
Фиг. 19. Светильник наружного освещения с опаловым стеклом.



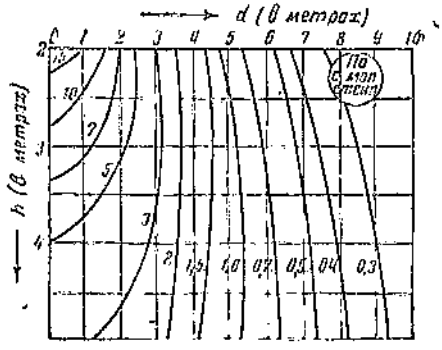
Фиг. 20. Светильник наружного освещения с прозрачным стеклом.



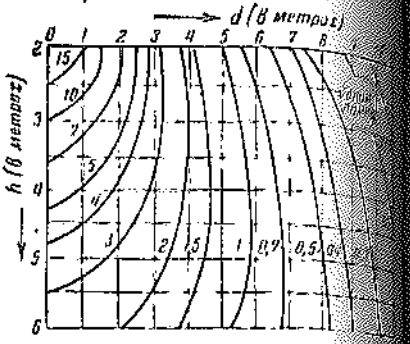
Фиг. 21. Люцетта цельного молочного стекла.



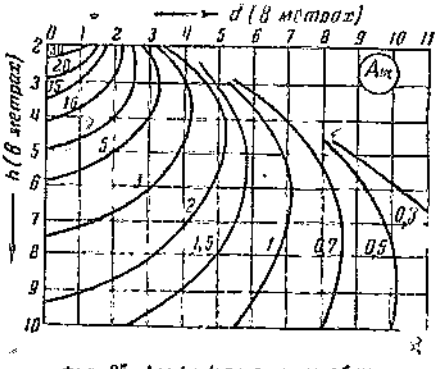
Фиг. 22. Светильник типа Бх-203 с молочным стеклом.



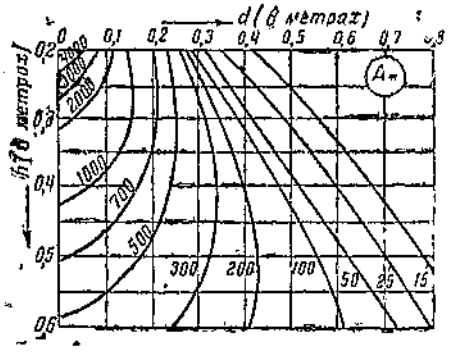
Фиг. 23. Светильник преимущественно прямого света с молочным стеклом.



Фиг. 24. Голая лампа.

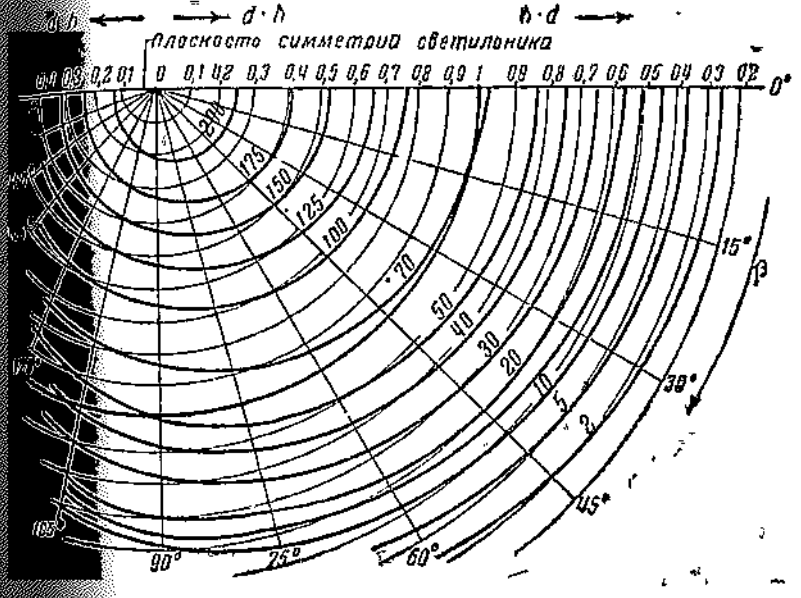


Фиг. 25. Альфа (для расчета общего и локализованного освещения).



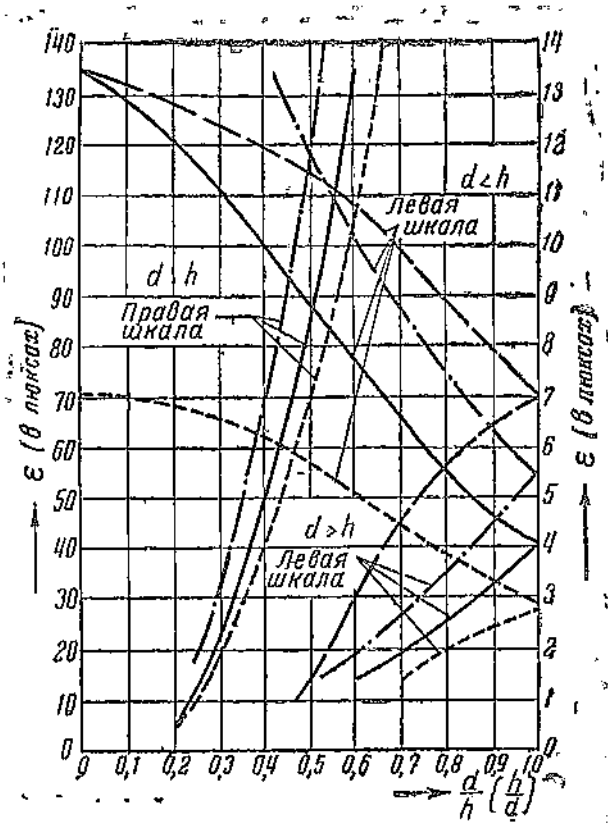
Фиг. 26. Альфа (для жесткого освещения).[1]
Кривые получены экспериментальным путем.

§ 26. Относительные изолюксы горизонтальной освещенности светильника „Кососвет" (фиг. 27)



Фиг. 27.

§ 27. Кривые относительной освещенности от различных светильников (фиг. 28)



Фиг. 28. Кривые относительной освещенности.

———— Светильник Но с прозрачным стеклом.

— — — — — То же, с опаловым стеклом.

—·—·— То же, со стеклом по типу Шако.

—— —— —— Широкоизлучатель зеркальный до 200 *вт*.

§ 24. Нормативы для определения мощности ламп без светотехнического расчета

1. Ориентировочная удельная мощность для помещений площадью от 10 до 100 $м^2$, высотой не более 4 $м$, при напряжении ламп 220 $в$ и коэффициенте запаса от 1,15 до 1,25

Типы светильников	Окраска стен и потолков	Наименьшая освещенность, *лк*						
		25	20	15	10	5	3	2
		Удельная мощность, *вт/м²*						
Лц	светлая	7—9	6—7	5—6	3,5—4,5	2,5	1,5	1,2
У, Гэ	средняя							
Лц, Ум, Вм	средняя	8—11	7—9	6—8	4—5,5	3	2	1,5
Фм, плафоны	средняя	10—14	8—12	7—9	4,5—6,5	3,5	2,5	1,8

Примечания. 1. Из указанных значений удельной мощности верхний предел относится к меньшим, нижний — к бо́льшим помещениям.

2. При напряжении ламп 110—127 *в* значения удельной мощности следует принимать на 10% ниже указанных в таблице.

2. Мощность ламп для освещения помещений площадью до 10 $м^2$ и лестничных клеток

№ п/п	Наименование помещений	Рекомендуемая мощность ламп в помещении *вт*
1	Помещения площадью от 5 до 10 $м^2$:	
	а) при освещенности по нормам 25 *лк* . . .	100 *вт* или 60 спиральная
	б) » » » » 10—15 *лк* .	60
	в) » » » » 3—5 » .	25
2	Помещения площадью меньше 5 $м^2$:	
	а) тамбуры, проходы и т. п.	15
	б) душевые, уборные и т. п.	25
3	Лестничные клетки (светильники устанавливаются через площадку, т. е. с одного конца каждого марша)	40

Примечание. В осветительных установках напряжением 12 допускаются вместо ламп мощностью 15 *вт* лампы мощностью 25 *вт*.

3. Мощность ламп для местного освещения

№ п/п	Минимальная освещенность по нормам на рабочей поверхности, *лк*	Мощность лампы, *вт*	Тип светильника
1	200	40	„Альфа" или „Альфа-люкс"
2	100	25	То же
3	50	15	То же
4	Для конторских и т. п. столов	25	Настольная лампа

Примечание. Указанная в таблице мощность ламп должна приниматься при расстоянии от светильника до рабочей поверхности не более 400 *мм*. При больших расстояниях мощность ламп должна определяться путем точного расчета.

§ 29. Рекомендуемые варианты освещения светильниками дорог и проездов

Объект и норма освещенности	Ширина освещаемой полосы, *м*	Тип светильника	Мощность нормальных ламп, *вт*		Световой поток биспиральных ламп, *лм*		Мощность нормальных ламп, *вт*	
			40	60	900	1 300	150	200
			Расчетное расстояние между светильниками в метрах					
Главные проезды и проезды $E = 0{,}2$ *лк*	4 или меньше	У	24/21	28/27	32	37	43/39	—
		Н	20/19	26/25	30	34	40/37	45/42
		Л	18/16	25/23	28	32	39/35	44/41
	8	У	19/17	24/23	29	35	41/37	—
		Н	15/—	22/21	27	31	38/35	45/40
		Л	—	20/18	25	29	37/32	42/39
Малые проезды; частое освещение $E = 0{,}1$ *лк*	4 или меньше	У	30/29	36/34	40	45	—	—
		Н	28/27	33/32	37	44	—	—
		Л	26/25	32/31	36	40	—	—
	8	У	27/26	33/31	38	43	—	—
		Н	24/23	30/29	25	42	—	—
		Л	22/20	29/28	33	38	—	—

Пояснения и указания

1. Обозначение светильников:
   У — Универсаль упрощенной конструкции
   Н — светильник наружного освещения с прозрачным стеклом (Каталожный № 3001)
   Л — голая лампа.

2. При обозначении расстояния в виде дроби числитель относится к напряжению 127 *в*, знаменатель — к 220 *в*.

3. Наивыгоднейшие варианты обведены жирными линиями.

4. Высота подвеса светильников принята в пределах 6—7 *м*.

5. При проектировании следует принимать наивыгоднейшие или смежные с ними варианты.

6. Биспиральные лампы 900 *лм* могут быть заменены лампами 220 в, 100 *вт*, а лампы 1 300 *лм* — лампами 127 *в*, 100 *вт*, без изменения расстояния между светильниками.

7. Светильники расположены в таблице в порядке их рекомендации. Если при проектировании неизвестно, какого типа светильники будут получены на монтаже, следует принимать расстояния, соответствующие светильнику Н.

8. При подвеске светильников по оси проезда указанную в таблице ширину полосы следует считать равной половине ширины проезда.

Глава 6. ВЫПОЛНЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

§ 30. Сети общего и наружного освещения

1. Питание освещения должно производиться от силовой сети, если:

а) это не вызывает перерасхода проводникового металла;

б) в силовой сети нет больших ($>40\%$) и частых (десятки раз в час) толчков напряжения;

в) потеря напряжения в силовой сети до точки присоединения линии, питающей освещение, $\leqslant 5\%$. Последнее условие необязательно для складов, насосных и т. п. небольших объектов.

2. Присоединение линий, питающих освещение, производится к ближайшим силовым пунктам с тем, чтобы питающая осветительная сеть отсутствовала или имела наименьшую протяженность.

3. Не должно предусматриваться автоматического управления освещением.

4. При компоновке распределительной сети следует:

а) по возможности укрупнять группы, допуская для однофазных групп нагрузку до 15 *а* и число светильников до 20;

б) при необходимости отключения ламп более мелкими группами применять местные выключатели;

в) широко применять трехфазные группы с пофазным отключением со щитка или с местными выключателями на однофазных ответвлениях;

г) распределительная сеть освещения может присоединяться непосредственно к силовым пунктам (без установки специальных осветительных щитков), если это не вызывает увеличения габаритов силовых пунктов.

5. В сетях наружного освещения:

а) в целях экономии энергии следует предусматривать местное отключение отдельных участков территории (проездов, путей, рабочих площадок), не требующих постоянного освещения;

б) не следует предусматривать индивидуальных предохранителей светильников;

в) светильники, применяемые для наружного освещения, должны иметь патрон из изолирующих материалов и ввод проводов через раздельные втулки или бюгели.

6. Потеря напряжения определяется из условия подведения к наиболее удаленным лампам напряжения не менее 96% номинального, а при питании освещения от силовой сети — 94% номинального.

В соответствии с этим потеря напряжения от шин низкого напряжения до наиболее удаленной лампы принимается:

а) при питании освещения от мелких осветительных трансформаторов мощностью 5—50 *ква* 6%,

б) то же, от трансформаторов мощностью более 50 *ква* . . . 7%,

в) при питании сетей осветительной и силовой раздельными фидерами от общих трансформаторов 5,5%,

г) при питании освещения от силовой сети . . . . . 7,5%.

Примечание. Для небольших объектов без ответственной зрительной работы при питании освещения от силовой сети и невозможности соблюдения величины потери, указанной в п. 6*г*, осветительная сеть рассчитывается на потерю напряжения 2% (независимо от величины потерь напряжения в силовой сети).

§ 31. Сети местного и ремонтного освещения

1. Напряжение для светильников местного освещения (а также светильников общего освещения при $h < 1{,}8$ *м*) в помещениях:

а) особо сырых, б) с едкими парами и газами, в) сырых и одновременно жарких, г) сырых или жарких с полами из непроводящих материалов следует принимать не выше 36 *в*.

Во всех остальных помещениях допускается напряжение 127 или 220 *в*.

2. Питание местного освещения для станков с индивидуальным приводом при возможности использования напряжения силовой сети без трансформации — индивидуальное; в остальных случаях — групповое. Группы присоединяются к ближайшим пунктам силовой или осветительной сети.

3. Выключение светильников местного освещения при напряжении 127—220 *в* — индивидуальными выключателями, при напряжении до 36 *в* рекомендуются штепсельные розетки, которые могут быть использованы также и для питания ремонтного освещения.

4. Напряжение для ремонтного освещения:

а) в помещениях без повышенной опасности . . . . . 127—220 *в*,

б) для работ в котлах, чанах и т. п. . . . . 12 *в*,

в) во всех остальных случаях . . . . . 36 *в*.

5. Питание ремонтного освещения при пониженном напряжении должно производиться через переносные трансформаторы, кроме случаев:

а) возможности использования сети местного освещения напряжением 36 *в*,

б) использования светильников, присоединенных к сети ремонтного освещения, в качестве временного местного освещения при формовке, зарядке и т. п., когда следует применять стационарные трансформаторы.

6. Присоединение штепсельных розеток для питания переносных трансформаторов производится к ближайшим точкам любой сети, полностью находящейся под напряжением или включаемой при входе в помещение.

В помещениях, где переносные светильники могут быть присоединены к сети местного освещения, не следует предусматривать отдельной сети ремонтного освещения.

7. Предохранители в штепсельных розетках допускаются при всех напряжениях, кроме 380/220 *в*, когда ответвления к штепсельным розеткам в производственных помещениях защищаются групповыми или индивидуальными предохранителями.

8. Со стороны высшего напряжения трансформаторов местного и ремонтного освещения, не имеющих индивидуального отключения и защиты на щитке, устанавливаются выключатели и предохранители.

9. В сетях 12—36 *в* допускается потеря напряжения от трансформатора до последней лампы — 10%.

В сетях местного и ремонтного освещения напряжением 127—220 *в* потеря напряжения принимается как для сетей общего освещения (§ 30, п. 6).

§ 32. Указания по выбору марок проводов и способов их прокладки

1. Из допустимых по условиям среды марок проводов и способов прокладки (§ 33) должны применяться простейшие.

2. Провод ТПРФ, кабель СРГ и проводка в газовых трубах должны применяться лишь при невозможности замены их более простыми способами проводки.

3. Наиболее широко должна применяться открытая проводка, в частности тросовая и по способу свободной подвески.

4. Широко должны применяться голые, в частности, железные провода.

5. Совместно прокладываемые линии одного напряжения могут заключаться в общие газовые трубы или трубки Бергмана.

6. Нулевые провода линий одного напряжения, прокладываемых по общей трассе, как правило, объединяются (за исключением нулевых проводов от разных трансформаторов в системах с изолированной нейтралью).

7. Нулевой провод трехфазного фидера должен иметь проводимость не менее $^1/_3$ проводимости фазового провода, а нулевой провод, общий для нескольких фидеров, — не менее $^1/_3$ суммарной проводимости фазовых проводов двух фидеров с наибольшими проводимостями.

8. Нулевые провода одной или нескольких трехфазных линий с однофазным отключением или нулевые провода, общие для нескольких однофазных линий, должны иметь проводимость, не меньшую, чем у фазового провода с наибольшей проводимостью, и длительно выдерживать суммарный рабочий ток наиболее нагруженной фазы.

9. В системах с заземленной нейтралью нулевые провода сетей как внутреннего, так и наружного освещения могут прокладываться без изоляторов.

10. Нулевой провод фидера, общего для силы и света, должен быть рассчитан как зануляющий провод, предназначенный для зануления силовых приемников. Проводимость его во всяком случае должна быть не менее $^1/_3$ проводимости фазных проводов осветительного фидера, который потребовался бы при раздельном питании силы и света.

11. Вопросы, касающиеся использования металлических конструкций зданий, труб, тросов и т. п. металлических частей в качестве рабочих нулевых проводов, — см. часть I, § 61 настоящего Справочника.

§ 38. Выбор марки провода и способа прокладки осветительной сети в зависимости от условий среды

Способ прокладки	Марка провода	Категории помещений	Добавочные указания об области применения
О	ШР, ПРД	Нормальные отапливаемые.	Конторские и бытовые помещения, мастерские типа пошивочных, сапожных и т. п., а также жилые помещения.
на роликах	ПР-380	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, за исключением пожароопасных и взрывоопасных; сырые бытовые помещения; проводка под навесами.	Производственные помещения, склады, электроподстанции (кроме помещений аккумуляторных), умывальные, уборные, кухни.
	ПР-380	Сырые и особо сырые помещения, за исключением пожароопасных и взрывоопасных; проводка вне зданий.	Производственные помещения и проводка по наружным стенам зданий при невозможности применения голых проводов; душевые, бани, прачечные.
на изоляторах	ПР 500	Пожароопасные помещения	Горизонтальная прокладка по фермам, потолкам и стенам (также и деревянным), на высоте не менее 4 *м*.
	Голые провода и ПВМ	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, сырые, особо сырые, с едкими парами и газами, за исключением пожароопасных и взрывоопасных; проводка вне зданий.	Проводка по фермам, перекрытиям и стенам (в том числе деревянным) на высоте не менее 3,5 *м*; воздушные линии по столбам; наружная проводка по стенам.
на тросах	ТПРФ	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, за исключением взрывоопасных.	Производственные и бытовые помещения, в которых из-за механических воздействий, пожароопасной пыли или по иным соображениям неприменима открытая проводка.

Продолжение

Способ прокладки	Марка провода	Категории помещений	Добавочные указания об области применения
На скобках	СРГ	Особо сырые и с едкими парами и газами; проводка вне зданий.	Линии, прокладываемые по сложной трассе (по площадкам, конструкциям и т. п.) или на высоте менее 2,5 *м* при отсутствии значительных механических воздействий.
В установочных трубках (Бергмана)	ПР-500	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, за исключением взрывоопасных.	Производственные помещения, в которых из-за возможности механических воздействий, наличия пожароопасной пыли или иных соображений неприемлема открытая проводка
	ПР-380	Нормальные отапливаемые, за исключением взрывоопасных.	
В газовых трубах (открыто)	ПР-500	Помещения всех категорий и проводка вне зданий.	Помещения, в которых иной род проводки не применим по условиям среды или из-за значительной опасности механических воздействий.
	ПР-380	При напряжении 12—36 *в* в помещениях всех категорий и вне зданий. При напряжении до 380/220 *в* включительно — только для участков с числом изгибов не более двух, в нормальных отапливаемых и неотапливаемых помещениях, за исключением пожароопасных и взрывоопасных. Трубы должны быть покрыты изнутри изоляционным лаком,	

Способ проводки	Марка провода	Категории помещений	Добавочные указания об области применения
Тросовая проводка и проводка по способу свободной подвески	ПР-380	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, сырые, особо сырые, за исключением пожароопасных и взрывоопасных.	Большие производственные помещения.
	Голые провода, ПВМ	Нормальные отапливаемые и неотапливаемые, сырые, особо сырые и с едкими парами или газами, за исключением пожароопасных и взрывоопасных.	Большие производственные помещения, на высоте не менее 3,5 *м*.
Скрытая проводка	ПР-500 в газовых или полутвердых резиновых трубках	Нормальные отапливаемые.	При необходимости этого рода проводки по архитектурным и тому подобным соображениям.

Примечания: 1. Классификация помещений — см. § 8 и 9 части I Справочника.

2. Род проводки для взрывоопасных помещений выбирается в индивидуальном порядке.

Глава 7. РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

§ 34. Указания по расчету на потерю напряжения[1]

Расчет отдельного участка сети.

$$q = \frac{M}{Ce}, \qquad (1)$$

где q — сечение в квадратных миллиметрах;
M — момент нагрузки в киловатт-метрах;
C — коэфициент, зависящий от рода тока, напряжения и проводникового материала;
e — потеря напряжения в процентах на данном участке.

[1] Проверка сечений проводов по допустимому току производится по таблицам допустимых нагрузок (часть I Справочника).

Значения коэфициентов C

Род тока и номинальное напряжение сети	C	
	Медь	Алюминий
Трехфазный 500 *в*	142	85
Трехфазный с нулем 380/220 *в*	83	50
Две фазы и нуль 380/220 *в*	37	22
Однофазный или постоянный 220 *в*	14	8,3
Трехфазный с нулем 220/127 *в*	28	16,5
Две фазы и нуль 220/127 *в*	12,2	7,3
Однофазный 127 *в*	4,6	2,8
Трехфазный 3 × 127 *в*	9,2	5,5
Однофазный или постоянный 110 *в*	3,4	2,1
То же 12 *в*	0,041	0,025
То же 24 *в*	0,165	0,10
То же 36 *в*	0,37	0,22

Для упрощения расчета по формуле (1) применяются таблицы моментов, дающие возможность найти любую из величин q, M и e по заданным двум другим величинам. Эти таблицы применяются для медных, алюминиевых и железных многопроволочных проводов.

Для железных однопроволочных проводов таблицы моментов следует применять только при расчете участков, на всем протяжении которых протекает ток не менее: 2 *а* для проводов ∅ до 4 *мм*, 4 *а* — при ∅ 5 *мм* и 6 *а* при ∅ 6 *мм*.

В остальных случаях, т. е. преимущественно при расчете линий с распределенными по их длине светильниками, расчет должен вестись по таблицам потерь напряжения.

Для двух- и трехфазных сетей формула (1) точна в случае правильной фазировки нагрузок, т. е. равенства моментов отдельных фаз.

§ 35. Расчет разветвленной сети на минимум проводникового металла

Приближенная формула $$q = \frac{\Sigma M + \Sigma am}{Ce}, \qquad (2)$$

где q — сечение данного участка в квадратных миллиметрах;

ΣM — сумма моментов (в киловатт-метрах) данного и всех последующих по направлению энергии участков с тем же числом проводов в линии, как данный участок;

Σam — сумма моментов m (в киловатт-метрах) всех ответвлений, питаемых данным участком и имеющих иное число проводов в линии, чем этот участок, причем перед суммированием моменты умножаются на коэфициент приведения моментов (a), зависящий от числа проводов на участке и в ответвлении;

ε — потеря напряжения в процентах, допускаемая от начала данного участка до конца сети (т. е. до наиболее удаленной лампы).

Формула (2) последовательно применяется ко всем участкам сети, начиная от ближайшего к источнику питания. При выборе стандартного сечения провода для первых участков должны приниматься преимущественно сечения ближайшие, бо́льшие по отношению к расчетному.

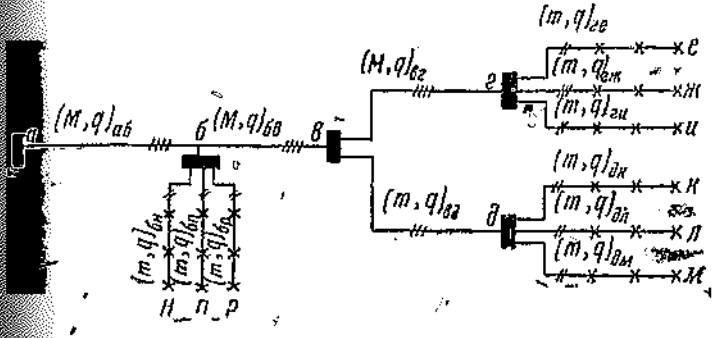
По выбранному сечению данного участка и его фактическому моменту определяется потеря напряжения в нем. Последующие участки рассчитываются аналогичным путем на разность между полной допускаемой потерей напряжения и потерей до начала данного участка.

В изложенном виде метод применим для расчета сетей на однофазного проводникового металла.

Значения коэфициента α

Линия	Ответвление	α
Трехфазная с нулем	Однофазное	1,85
То же	Двухфазное с нулем	1,39
Двухфазная с нулем	Однофазное	1,33
Трехфазная	Двухфазное	1,15

Примерная схема расчета (фиг. 29)



Фиг. 29.

Черточками указано число проводов в линии. Индексы у моментов, сечений и потерь напряжения обозначают участки сети. Индексы у C и ε соответствуют числу проводов в линии.

Полная потеря напряжения, т. е. потеря от точки a до каждой из точек $е$, $ж$, ... $р$ — задана и равна ε.

Участок $аб$

$$q_{аб} = \frac{M_{аб} + M_{бв} + M_{ее} + \alpha_{4-3}\,(m_{вд} + m_{гзи}) + \alpha_{4-2}\,(m_{ее} + m_{ги} + \ldots m_{бр})}{C_4 \varepsilon}.$$

Выбрав $q_{аб}$ (с округлением преимущественно в большую сторону) находим:

$$\varepsilon_{аб} = \frac{M_{аб}}{C_4 q_{аб}}.$$

От точки *б* до конца сети располагаем потерей $\varepsilon - \varepsilon_{аб}$

$$q_{бн} = \frac{m_{бн}}{C_2(\varepsilon - \varepsilon_{аб})}$$ и т. д. для участков *бп* и *бр*.

Участок *бв*

$$q_{бв} = \frac{M_{бв} + M_{вг} + \alpha_{3-4}(m_{вдб} + m_{гдж}) + \alpha_{4-2}(m_{ге} + m_{еи} + \ldots + m_{бк})}{C_4(\varepsilon - \varepsilon_{аб})}$$

$$\varepsilon_{бв} = \frac{M_{бв}}{C_4 q_{бв}}.$$

Участок *вг*

$$q_{вг} = \frac{M_{вг} + \alpha_{4-3} m_{гдж} + \alpha_{4-2}(m_{го} + m_{ги})}{C_4(\varepsilon - \varepsilon_{аб} - \varepsilon_{бв})}; \quad \varepsilon_{вг} = \frac{M_{вг}}{C_4 q_{вг}}$$

$$q_{гв} = \frac{m_{гв}}{C_2(\varepsilon - \varepsilon_{аб} - \varepsilon_{бв} - \varepsilon_{вг})}; \quad q_{гдж} = \frac{m_{гдж}}{C_3(\varepsilon - \varepsilon_{аб} - \varepsilon_{бв} - \varepsilon_{вг})}$$ и т. д.

Практически расчеты выполняются с помощью таблиц моментов.

Глава 1. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛИНИЙ. ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ

§ 1. Пропускная способность кабельных линий[1]

Сечение жилы кабеля *мм²*	Нагрузка (*ква*) на 1 кабель при прокладке в траншее при числе кабелей 1	2	3	4	5	При прокладке в каналах и тоннелях: нагрузка на 1 кабель *ква*	*l* *м*	потери в 1 кабеле *квт/км*	Приведенный вес меди в 1 кабеле *т/км*
1. Кабели с бумажной изоляцией, четырехжильные, 380 *в*									
2,5	23	21	20	19	19	18	10	21	0,27
4	33	30	29	28	27	24	12	23	0,33
6	40	37	35	34	33	30	14	22	0,41
10	56	52	49	47	46	40	18	24	0,59
16	76	70	66	64	62	53	22	27	0,78
25	99	91	86	83	81	66	26	27	1,13
35	115	106	100	97	94	79	30	27	1,48
50	141	130	123	119	116	99	34	30	2,06
70	174	160	151	146	143	122	38	33	2,78
95	204	188	177	171	167	141	40	32	3,67
120	230	212	200	193	189	171	40	37	4,56
150	260	239	226	218	214	197	42	40	5,67
185	296	272	258	250	243	223	44	42	6,81
2. Кабели с бумажной изоляцией, трехжильные, 380 *в*[1]									
1,5	20	18	17	17	16	12	9	14	0,18
2,5	26	24	23	22	21	18	10	21	0,23
4	36	33	31	30	29	24	12	23	0,28
6	46	42	40	39	38	30	14	22	0,35
10	62	57	54	52	51	40	18	24	0,47
16	79	73	69	66	65	53	22	27	0,64
25	105	97	92	88	86	69	24	30	0,98
35	125	115	109	105	103	82	28	30	1,3
50	155	143	135	130	127	102	30	32	1,8
70	190	175	165	160	156	131	34	38	2,42
95	224	206	195	188	184	161	36	42	3,18
120	256	235	222	215	210	187	37	45	3,92
150	286	263	249	240	234	217	39	48	4,9
185	322	296	280	270	264	247	40	50	6,02

[1] Пояснения см. стр. 337.

3. Кабели с бумажной изоляцией, трехжильные, 500 в

Сечение кабеля мм²	Нагрузка (ква) на 1 кабель при прокладке в траншее					При прокладке в каналах и тоннелях			Приведенный вес меди в 1 кабеле т/км
	при числе кабелей					нагрузка на 1 кабель ква	l м	потери в 1 кабеле квт/км	
	1	2	3	4	5				
1,5	26	24	23	22	21	16	12	14	0,18
2,5	35	32	30	29	29	24	13	21	0,28
4	48	44	42	40	39	32	16	23	0,28
6	60	55	52	50	49	39	18	22	0,35
10	82	75	71	69	67	52	25	24	0,47
16	104	96	90	87	85	69	29	27	0,64
25	138	127	121	116	113	91	33	30	0,9
35	164	151	143	138	135	108	38	30	1,3
50	203	187	177	171	167	134	42	32	1,8
70	250	230	217	210	205	173	45	38	2,42
95	294	270	256	247	241	212	48	42	3,15
120	337	310	294	283	276	247	50	44	3,9
150	376	346	327	316	308	286	50	49	4,9
185	424	390	369	356	348	325	52	50	6,0

4. Кабели с бумажной изоляцией, трехжильные, 3 кв

Сечение кабеля мм²	Нагрузка (ква) на 1 кабель						При прокладке в траншее 1 кабеля		Приведенный вес меди в 1 кабеле т/км
	при числе кабелей в траншее					при прокладке в каналах и тоннелях	l м	потери в 1 кабеле квт/км	
	1	2	3	4	5				
4	285	263	248	240	234	192	70	50	0,35
6	363	334	316	309	298	233	80	54	0,41
10	493	453	428	413	405	312	100	59	0,55
16	622	573	542	523	510	415	125	60	0,75
25	830	760	720	695	680	544	145	67	1,0
35	985	905	856	821	806	650	165	69	1,4
50	1220	1120	1060	1030	1000	805	190	73	1,91
70	1500	1380	1310	1260	1230	1040	205	78	2,51
95	1770	1630	1540	1480	1450	1270	230	80	3,2
120	2020	1860	1760	1700	1660	1480	240	83	4,01
150	2260	2080	1970	1900	1850	1710	260	85	5,01
185	2540	2340	2210	2140	2080	1940	270	85	6,03

5. Кабели с бумажной изоляцией, трехжильные, 6 *кв*

Сечение кабеля, *мм²*	Нагрузка (*ква*) на 1 кабель при числе кабелей в траншее 1	2	3	4	5	при прокладке в каналах и тоннелях	При прокладке в траншее 1 кабеля: *l*, *м*	потери в 1 кабеле *квт/км*	Приведенный вес меди в 1 кабеле *т/км*
10	880	810	760	740	720	590	230	45	0,67
16	1140	1050	990	960	930	730	280	48	0,89
25	1460	1340	1270	1230	1200	990	340	51	1,24
35	1770	1630	1540	1490	1450	1250	380	52	1,54
50	2180	2000	1900	1830	1790	1560	430	56	2,06
70	2700	2490	2350	2270	2220	1920	470	61	2,70
95	3220	2960	2800	2700	2640	2390	510	65	3,48
120	3740	3440	3260	3140	3070	2750	530	67	4,28
150	4250	3900	3700	3560	3480	3220	550	71	5,22
185	4770	4400	4150	4000	3920	3580	570	72	6,35

6. Кабели с бумажной изоляцией, трехжильные, 10 *кв*

10	1300	1200	1130	1090	1070	950	450	34	0,84
16	1730	1590	1500	1450	1420	1210	520	39	1,03
25	2160	2000	1880	1810	1770	1650	640	40	1,40
35	2770	2540	2400	2320	2270	1900	680	45	1,75
50	3290	3020	2860	2760	2700	2500	800	45	2,28
70	3900	3590	3400	3280	3200	3120	890	46	2,94
95	4850	4450	4210	4070	3980	3720	940	51	3,67
120	5620	5170	4900	4730	4610	4400	970	56	4,48
150	6500	5980	5650	5450	5330	4930	1000	58	5,44
185	7260	6680	6320	6100	5950	5610	1050	59	6,55

Пояснения:

1. При определении нагрузок кабелей, проложенных в траншее, температура почвы принята + 15° С, глубина прокладки 700—1000 *мм*, расстояние между кабелями — 200 *мм*, грунт нормальный (1 категория), заводов СССР.

2. Для кабелей в каналах и тоннелях температура окружающего воздуха принята + 25° С.

3. При других условиях прокладки нагрузки должны быть пересчитаны с учетом коэффициентов, приведенных в 1 части Справочника.

4. *l* — расстояние в метрах, отвечающее потере напряжения в 1% от номинального при полной нагрузке кабеля и $\cos\varphi = 0{,}8$.

При других данных, отличных от принятых в таблицах, расстояние, допустимое по потере напряжения, изменяется:

а) пропорционально потере напряжения,

б) обратно пропорционально нагрузке,

в) приблизительно обратно пропорционально $\cos\varphi$.

5. При недогрузке кабелей значение потерь должно быть умножено на коэфициенты β^2 и K, где β — отношение фактической нагрузки к номинальной наибольшей допустимой нагрузке кабеля, K — коэфициент, учитывающий изменение сопротивления кабеля при нагрузке.

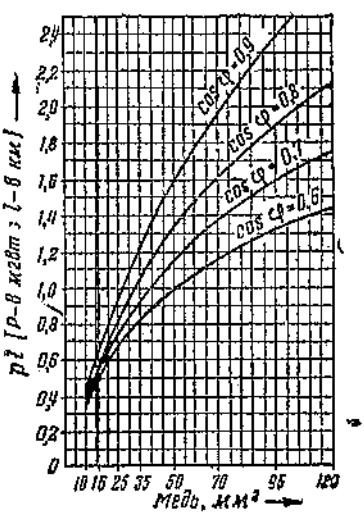
6. В вес приведенной меди включен, кроме веса меди жил кабеля, вес свинцовой оболочки, умноженный на коэфициент 0,4.

§ 2. Пропускная способность воздушных линий

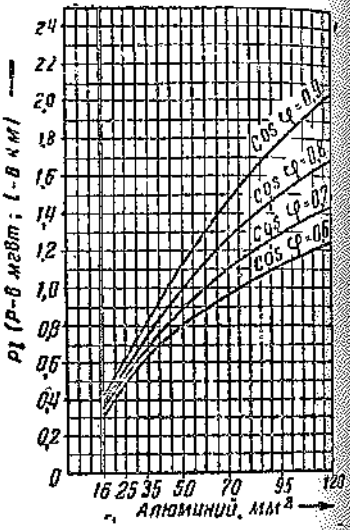
Моменты нагрузок в *квт · км* даны в фигурах 1—8 для потери напряжения в 10% (напряжение в начале линии: 3 150, 6 300, 10 500, 36 750 *в*, напряжение в конце — соответственно 2 850, 5 700, 9 500, 33 250 *в*).

Сечения линий должны быть проверены на пропускную способность по току нагрузки.

1. Линии 3 *кв* с медными и алюминиевыми проводами (фиг. 1 и 2)

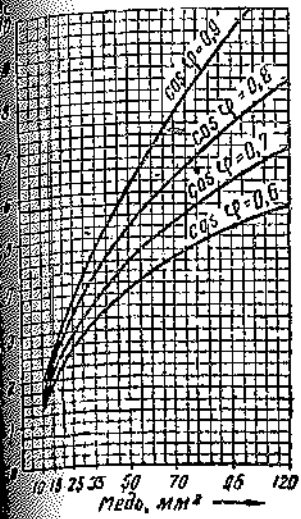


Фиг. 1.

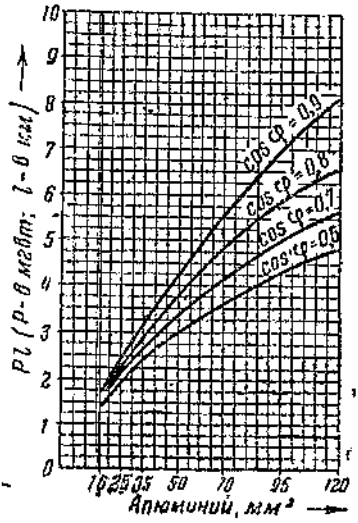


Фиг. 2.

6. Линии 6 *кв* с медными и алюминиевыми проводами (фиг. 3 и 4)

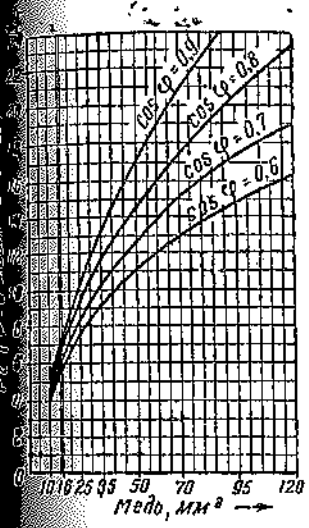


Фиг. 3

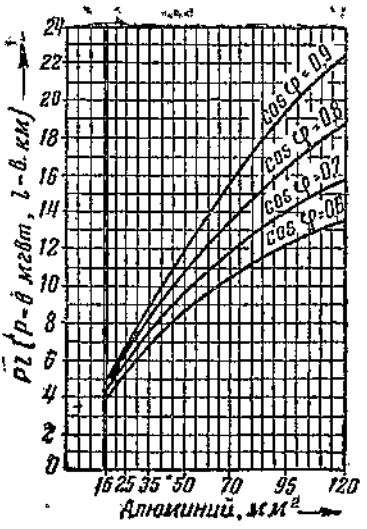


Фиг. 4.

9. Линии 10 *кв* с медными и алюминиевыми проводами (фиг. 5 и 6)

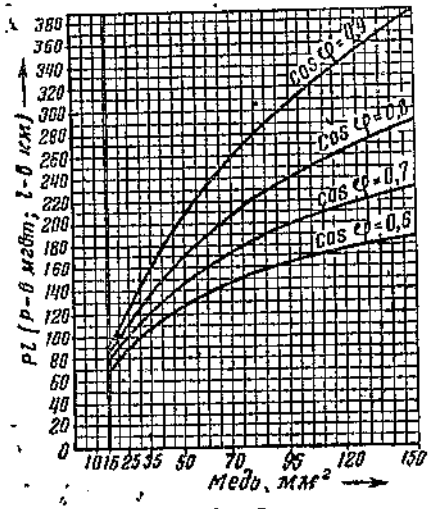


Фиг. 5.

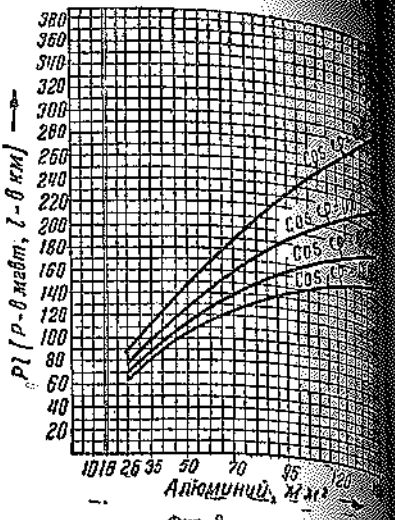


Фиг. 6.

4. Линии 35 *кв* с медными и алюминиевыми проводами (фиг. 7 и



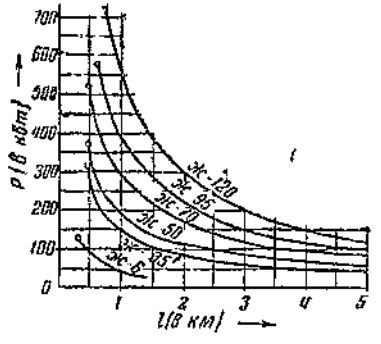
Фиг. 7.



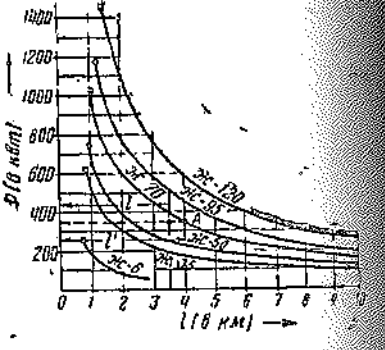
Фиг. 8.

5. Линии с железными проводами (фиг. , 10; 11 и 12)

Передаваемая мощность P (в киловаттах) в зависимости от длины линии (в километрах) дана для $\cos\varphi = 0{,}8$, исходя из 10% потери напряжения. Напряжение в начале линии: 3 150, 6 300, 10 500, 35 750 в, напряжение в конце — соответственно 2 850, 5 700, 9 500, 33 250 в. Верхние точки на кривых $P = f(l)$ соответствуют 100% допустимой нагрузки по току.



Фиг. 9. $P =$ (*l*) для линий 3 *кв*.

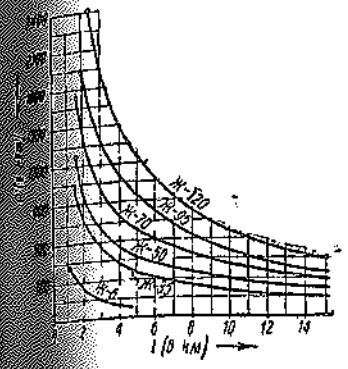


Фиг. 10. $P = f$ (*l*) для линий 6 *кв*.

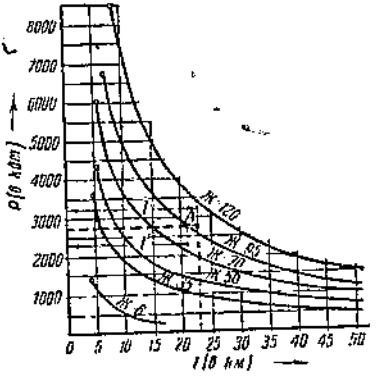
Величина передаваемой мощности при заданном сечении и $\cos\varphi$, отличающемся от 0,8, с достаточной точностью определяется по тем же кривым (фиг. 9, 10, 11 и 12) умножением значений ординат P на коэфициент K по нижеприведенной таблице:

Зависимость коэфициента K от $\cos\varphi$

$\cos\varphi$	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
K	0,75	0,81	0,87	0,94	1,0	1,06	1,12	1,18	1,25



Фиг. 11. $P = f(l)$ для линий 10 *кв*.



Фиг. 12. $P = f(l)$ для линий 35 *кв*.

Пример. При напряжении 10 *кв* и $\cos\varphi = 0{,}6$ по трехфазной линии Ж-70 можно передать на расстояние 2 *км* мощность $0{,}75\,P = 0{,}75 \cdot 1\,500 = 1\,125$ *квт*.

При выборе сечения провода для передачи заданной мощности P на расстояние l при $\cos\varphi$, отличающемся от 0,8, заданная мощность P заменяется фиктивной P', а именно: $P' = \frac{P}{K}$, где K — коэфициент, определяемый по вышеуказанной таблице.

Пример. При передаче мощности $P = 600$ *квт* на расстояние $l = 6$ *км* при напряжении 10 *кв* и $\cos\varphi = 0{,}6$. $P' = \frac{600}{0{,}75} = 800$ *квт*, чему по кривым соответствует провод Ж-95 при величине потери напряжения около 10%.

Если точка пересечения координат P и l находится между кривыми, то фактическая потеря напряжения равна

$$\Delta U = \frac{l}{l'}\,10\%,$$

где l' — расстояние, соответствующее точке (A) на ближайшей кривой (фиг. 10 и 12).

Пример. Для напряжений 6 и 35 *кв*:

$$\Delta U = \frac{3{,}5}{4} 10 = 8{,}75\% \text{ (для напряжения 6 } кв \text{ по фиг. 10)},$$

$$\Delta U = \frac{23}{21} 10 = 11\% \text{ (для напряжения 35 } кв \text{ по фиг. 12)}.$$

§ 3. Потребление и потери энергии в электрических установках (в сетях, трансформаторах и электрических машинах)

Потребление энергии за период времени T (например, за год) по графику активной нагрузки

$$A = \int_0^T P\,dt = P_{ср} T = P_м T_и,$$

откуда

$$T_и = \frac{A}{P_м}; \quad P_{ср} = \frac{A}{T} = P_м \frac{T_и}{T},$$

где T — годовой период, равный 8760 час.;
$P_м$ — максимальная нагрузка по графику в *квт*;
$P_{ср}$ — средняя арифметическая нагрузка в *квт*;
$T_и$ — годовое число часов использования максимума.

Коэфициент использования максимума активной нагрузки:

$$h = \frac{P_{ср}}{P_м} = \frac{T_и}{T} = \frac{T_и}{8760}.$$

Потери активной энергии определяются либо по величине среднеквадратичной мощности $P_в$, либо по величине τ годового числа часов максимума нагрузочных потерь.

Величина $P_в$ может быть определена по формуле:

$$P_в = \frac{P_м \sqrt{\tau}}{\sqrt{8760}} = \frac{P_м \sqrt{\tau}}{93{,}5}.$$

Определение величин $P_в$ и τ может быть произведено различными способами. Исходная величина для расчетов — годовое число часов использования максимума $T_и$, в зависимости от которой находится величина τ, определяется по графику годовой нагрузки, а при отсутствии его может быть ориентировочно взята из табл. 1 и 2.

1. Средние величины $T_и$ и τ для разных отраслей промышленности

Отрасль промышленности	$T_и$, час	τ, час
Металлургическая	6 500	5 500
Химическая	5 500	4 500
Горнорудная	5 000	4 000
Машиностроительная . . .	4 000	3 000

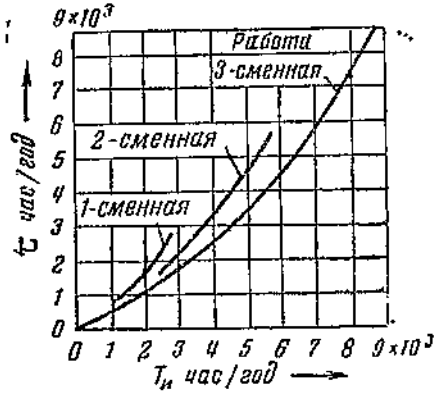
2. Средние величины T_u для промышленных предприятий

Количество смен	T_u, час/год
При 1-сменной работе . .	2 000—2 500
» 2 » » . .	4 000—5 000
» 3 » » . .	5 000—7 000

По заданному T_u величина τ может быть принята из таблицы 3, а при известном числе смен — из кривых фиг. 13.

3. Значения τ и $\frac{P_e}{P_m}$ в зависимости от T_u

T_u	τ	$\frac{P_e}{P_m} = \sqrt{\frac{\tau}{8760}}$
2 920	1 750	0,44
3 180	2 020	0,48
4 380	2 930	0,57
5 840	4 670	0,73
6 570	5 475	0,79
8 760	8 760	1,00



Фиг. 13. Зависимость τ час/год от T_u час/год.

На фиг. 14 даны величины $\frac{P_e}{P_m}$ и $\frac{\tau}{T}$ в зависимости от $\frac{T_u}{T}$, где T — продолжительность всего периода работы, которая обычно принимается равной 8 760 часам. Эти данные (так же, как и данные таблицы 3) получены на основе расчетов для типичных графиков как средние практические

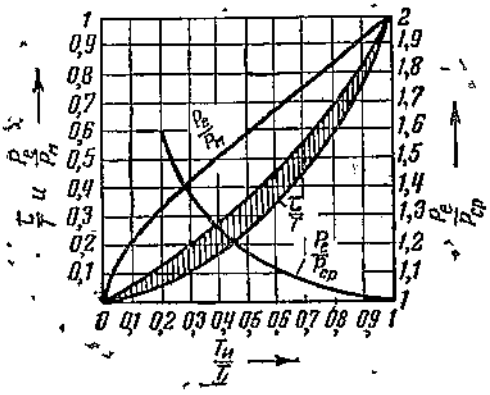
величины. Заштрихованная часть (фиг. 14) между двумя кривыми $\frac{\tau}{T}$ дае наиболее вероятные значения.

Величины $T_и$ для различных видов осветительной нагрузки, см. часть III Справочника.

Пример 1. За год выработано $14 \cdot 10^6$ *квт-ч*, при максимальной мощности $P_м = 3\,000$ *квт*, работа 3-сменная ($T = 8\,760$ час.)

$$T_и = \frac{14\,000\,000}{3\,000} = 4\,670 \text{ час.};$$

$$P_{ср} = \frac{14\,000\,000}{8\,760} \cong 1\,600 \text{ квт}.$$



Фиг. 14. Зависимость $\frac{\tau}{T}$, $\frac{P_в}{P_м}$ и $\frac{P_в}{P_{ср}}$ от $\frac{T_и}{T}$.

Отсюда коэфициент использования

$$h = \frac{1\,600}{3\,000} = \frac{4\,670}{8\,760} = 0{,}533.$$

Из фиг. 14 при $h = 0{,}533$ отношение $\frac{\tau}{T} = 0{,}375$; $\frac{P_в}{P_м} = 0{,}6$, т. е. $\tau = 0{,}375 \cdot 8\,760 = 3\,300$ час., $P_в = 0{,}6 \cdot 3\,000 = 1\,800$ *квт*. Если потери мощности в сети при полной нагрузке равны 10%, то потери энергии при заданном годовом графике

$$3\,000 \cdot 0{,}10 \cdot 3\,300 = 990\,000 \text{ квт-ч}.$$

Пример 2. Трансформатор 100 *ква* при $\cos\varphi = 0{,}8$ имеет потери в железе 0,9 *квт*, потери в меди (при полной нагрузке и $\cos\varphi = 1$) 2,4 *квт*.

Требуется найти годичный эксплоатационный *к. п. д.* трансформатора $\eta_{год}$ (см. § 19), отвечающий коэфициенту использования нагрузки $h = 0{,}3$.

к. п. д. при полной нагрузке ($\beta = 1$):

$$\eta = \left(1 - \frac{0{,}9 + 2{,}4}{100 \cdot 0{,}8 + 0{,}9 + 2{,}4}\right) 100 = 96{,}3\%.$$

Из кривых (фиг. 14) при $h = 0{,}3$ находим $\frac{\tau}{T} = 0{,}15$. На эту величину надо умножить потери в меди, тогда

$$\eta_{сут} = \left(1 - \frac{0{,}9 \cdot 8\,760 + 2{,}4 \cdot 8760 \cdot 0{,}15}{100 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}3 \cdot 8\,760 + 0{,}9 \cdot 8\,760 + 2{,}4 \cdot 8760 \cdot 0{,}15}\right) 100 = 95{,}1\%$$

Глава 2. ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

§ 4. Основные условные обозначения

Напряжения (*кв*)

$U_н$ — номинальное напряжение (линейное),
$U_б$ — базисное напряжение (линейное).

Токи (*а* и *ка*)

$I_н$ — номинальный ток,
$I_б$ — базисный ток,
I_t — действующее значение периодической составляющей тока к. з.,
i_t — мгновенное значение периодической составляющей тока к. з. (I_{ot} — для момента времени $t = 0{,}01$ *сек*),
i_{at} — мгновенное значение апериодической составляющей тока к. з. (I_{Dt} — для момента времени $t = 0{,}01$ *сек*),
I'' — действующее значение периодической составляющей тока к. з. в начальный момент или сверхпереходный ток (для машин с демпферной обмоткой),
I' — действующее значение периодической составляющей тока к. з. в начальный момент или переходный ток (для машин без демпферной обмотки),
$I_{0{,}25}$ — действующее значение периодической составляющей тока к. з. для времени $t = 0{,}25$ *сек*,
I_∞ — установившийся ток к. з. (действующее значение),
$i_у$ — ударный ток к. з. (амплитуда),
$I_у$ — действующее значение полного тока к. з.,
I_1, I_5, I_{10} — соответственно 1-*сек* 5-*сек*, 10-*сек* токи к. з.

Мощности (*ква*)

$P_н$ — номинальная трехфазная мощность (для реактора проходная),
$P_{нг}$ — номинальная трехфазная мощность генератора,
$P_б$ — базисная трехфазная мощность,
P_∞ — мощность установившегося тока к. з.,
$P_у$ — полная мощность к. з.,
$P_{0{,}25}$ — мощность периодической составляющей тока к. з. для времени $t = 0{,}25$ *сек*,

$X_{0.л}$ — индуктивное сопротивление (реактанц) в омах на фазу, для линий — в омах на 1 км,
X_1 — внутреннее индуктивное сопротивление линии в омах на 1 км,
X_2 — внешнее индуктивное сопротивление линии в омах на 1 км,
$X_{экв.л}$ — эквивалентный реактанц, выраженный в омах,
$X_н{}^0/_0$ — индуктивное сопротивление (реактанц) в $^0/_0{}^0/_0$, отнесенный к номинальной мощности,
$X_б{}^0/_0$ — индуктивное сопротивление (реактанц) в $^0/_0{}^0/_0$, приведенный к базисным условиям,
$X_{эб}{}^0/_0$ — эквивалентный реактанц в $^0/_0{}^0/_0$, приведенный к базисным условиям,
$X_{расч}{}^0/_0$ — расчетный реактанц в $^0/_0{}^0/_0$, приведенный к базисным условиям,
X_* — реактанц, выраженный в относительных единицах,
X_d'' — сверхпереходный реактанц (для машин с демпферной обмоткой),
X_d' — переходный реактанц (для машин без демпферной обмотки),
X_d — синхронный реактанц,
X_s — реактанц рассеяния обмотки статора,
X_{ad} — реактанц реакции статора,
X_f — реактанц рассеяния обмотки возбуждения,
X_{kd} — реактанц рассеяния демпферной обмотки, равный около X_s (в относительных единицах),
$X_э$ — эквивалентный реактанц.

Разные обозначения

L — коэфициент самоиндукции, *мгн*,
e_k — напряжение короткого замыкания трансформатора в $^0/_0{}^0/_0$,
f — частота переменного тока, *гц*,
$\omega = 2\pi f$ — угловая скорость переменного тока,
t — действительное время действия тока к. з., сек.,
t_ϕ — фиктивное время действия тока к. з., сек.,
β'' — отношение $\frac{I''}{I_\infty}$,
p — ударный коэфициент,
k — коэфициент трансформации,
k_i — коэфициент токораспределения,
к. з. — короткое замыкание.

§ 5. Формулы для пересчета и приведения сопротивлений к базисным условиям

В формулах: $U_н$ — *кв*; $P_н$ — *ква*; $I_н$ — *а*; $I_б$ — *а*; $P_б$ — *ква*; L — *к*

1. Трансформаторы

$$X_н{}^0/_0 \cong e_k{}^0/_0,$$

$$X_{0.л} = \frac{10 e_k{}^0/_0 \, U_н{}^2}{P_н} = \frac{10 e_k{}^0/_0 \, U_н}{\sqrt{3} I_н}$$

$$X_{\delta}\%=X_{н}\%\frac{I_{\delta}}{I_{н}}=X_{н}\%\frac{P_{\delta}}{P_{н}}.$$

2. Реакторы

$$X_{н}\%=\frac{X_{ом}I_{н}\sqrt{3}}{10U_{н}}=\frac{\omega LI_{н}\sqrt{3}}{10^{4}U_{н}}=0{,}0544\frac{I_{н}L}{U_{н}},$$

$$X_{ом}=\frac{10X_{н}\%U_{н}}{\sqrt{3}I_{н}},$$

$$X_{\delta}=X_{н}\%\frac{I_{\delta}}{I_{н}}=X_{н}\%\frac{P_{\delta}}{P_{н}}=\frac{X_{н}\%P_{\delta}}{\sqrt{3}I_{н}U_{н}}.$$

Если номинальное напряжение реактора $U'_{н}$ отличается от $U_{н}$ установки (например реактор 10 *кв* применяется в установке 6 *кв*), реактанц реактора ($X'_{н}$ при напряжении $U'_{н}$) в формулах для определения X_{δ} следует предварительно пересчитать и принять равным:

$$X_{н}\%=X'_{н}\%\frac{U'_{н}}{U_{н}},$$

при этом проходная мощность реактора $P_{н}$ принимается при $U_{н}$ установки.

3. Линии передачи

$$X_{н}\%=\frac{X_{ом}I_{н}\sqrt{3}}{10U_{н}},$$

$$X_{\delta}\%=X_{н}\%\frac{I_{\delta}}{I_{н}}=X_{н}\%\frac{P_{\delta}}{P_{н}}=X_{ом}\frac{P_{\delta}}{10U_{н}^{2}}.$$

4. Реактанц в относительных единицах

Перевод реактанца, выраженного в процентах, в реактанц, выраженный в относительных единицах:

$$X_{*}=\frac{X\%}{100}.$$

5. Приведение абсолютных значений реактанцев к одной ступени напряжения

Приведение абсолютных значений к одной ступени напряжения производится по формулам:

$U_{пр}=kU$ — для напряжений,

$I_{пр}=\frac{I}{k}$ — для токов,

$X_{пр}=k^{2}X$ — для сопротивлений в омах,

$U_{пр}$, $I_{пр}$ и $X_{пр}$ — соответственно напряжение, ток и сопротивление, приведенные к выбранной ступени трансформации.

k — коэфициент трансформации трансформатора, равный отношению линейного напряжения холостого хода той обмотки трансформатора, которая принадлежит к выбранной базисной ступени, к линейному напряжению холостого хода другой обмотки, со стороны которой производится пересчет (с учетом дополнительных зажимов обмоток).

Если схема содержит цепи, связанные между собой несколькими последовательными трансформациями, то пересчет производится по формулам:

$$U_{np} = (k_1 \cdot k_2 \ldots k_n)\, U,$$

$$I_{np} = \frac{1}{k_1 \cdot k_2 \ldots k_n} I,$$

$$X_{np} = (k_1 \cdot k_2 \ldots k_n)^2 X,$$

где $k_1, k_2 \ldots k_n$ — коэфициенты трансформации трансформаторов в направлении от принятого в схеме базисного участка к участку, для которого производится пересчет.

§ 6. Реактанцы воздушных и кабельных линий и трансформаторов

1. Реактанцы (индуктивные сопротивления) линий

$$X_{0.м} = 2\pi f L\, 10^{-4} = 2\pi f\, 10^{-4} \left(4{,}6 \lg \frac{2D_{ср}}{d} + 0{,}5\right) =$$

$$= 0{,}0314 \left(4{,}6 \lg \frac{2D_{ср}}{d} + 0{,}5\right) = 0{,}1445 \lg \frac{2D_{ср}}{d} + 0{,}0157 = X_2 + X_1,$$

где d — диаметр провода (или токоведущей жилы кабеля), *мм*,

$D_{ср}$ — расстояние между проводами (или центрами жил кабеля), *мм*.

Для однофазной линии $D_{ср} = D_{12}$, где D_{12} — расстояния между проводами.

Для одинарной трехфазной линии с расположением проводов по треугольнику $D_{ср} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$.

Для горизонтального или вертикального расположения проводов трехфазной линии в одной плоскости $D_{ср} = \sqrt[3]{2}\, D = 1{,}26\, D$.

Остальные обозначения — см. § 4.

Для линий с проводами из немагнитных металлов значения $X_2 + X_1$ определяются по приведенной выше формуле.

Для линий со стальными проводами по этой формуле определяется только X_2. Значения X_1 должны быть определены с учетом переменного коэфициента магнитной проницаемости, зависящего от тока. Точные значения $X_{0.м}$, X_1 и X_2 для различных условий см. часть V Справочника.

Средние значения X_2, *ом/км*

Род линии	$U_н$, *кв*		
	3—6—10	20—35	110
Воздушная	0,35	0,4	0,44
Кабельная	0,08	0,125	—

2. Реактансы трансформаторов

$$X_к\% \cong e_к\%$$

Реактансы трехфазных двухобмоточных трансформаторов

$P_н$, *ква*	Нормальные силовые			Для собственных нужд электрических станций		
	$U_н$, *кв*					
	до 10	35	110	до 15,75	35	110
5—2 400	5,5	6,5	—	8	—	—
3 200—4 200	5,5	7,0	10,5	8	—	—
5 600	5,5	7,5	10,5	8	—	—
7 500—10 000	—	7,5	10,5	10	7,5	10,5
15 000—31 500	—	8,0	10,5	—	—	—

Реактансы одно- и трехфазных трехобмоточных трансформаторов ($e_к\%$)

Вариант	Сочетание обмоток			Примечания
	вн—сн	*вн—нн*	*сн—нн*	
1	17	10,5	6	*вн* — обмотка высшего напряжения *сн* — обмотка среднего напряжения *нн* — обмотка низшего напряжения
2	10,5	17	6	

§ 7. Значения сопротивлений элементов цепи короткого замыкания, выраженные в процентах и приведенные к базисной мощности ($P_б = 100$ *мва*)

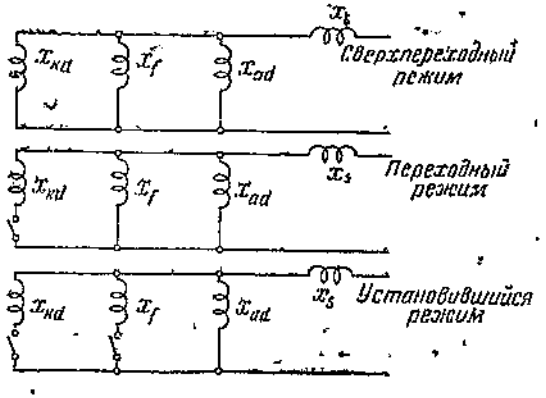
Активные и индуктивные сопротивления	При номинальном напряжении системы $U_н$, *кв*									
	2,1	3,15	6,0	6,3	10	10,5	35	37	110	115
	При базисном токе $I_б$, *ка*									
	27,5	18,3	9,61	9,15	5,78	5,5	1,65	1,56	0,525	0,503
Сопротивление в 1 *ом*, в процентах	2265	1010	278	252	100	90,5	8,2	7,32	0,826	0,756

Расчетные индуктивные сопротивления	При номинальном напряжении системы $U_н$, кв									
	2,1	3,15	6,0	6,3	10	10,5	35	37	110	15
	При базисном токе $I_б$, ка									
	27,5	18,3	9,61	9,15	5,78	5,5	1,65	1,56	0,525	0,5
Сопротивление одноцепной воздушной линии 2—10 кв на фазу—0,35 ом/км	794	353	97,5	88,2	35	31,7	—	—	—	—
То же 35 кв—0,4 ом/км	—	—	—	—	—	—	3,28	2,92	—	—
То же 110 кв—0,44 ом/км	—	—	—	—	—	—	—	—	0,364	0,33
Сопротивление 3-жильного кабеля 2—10 кв—0,08 ом/км на фазу .	182	81	22,2	20,2	8	7,25	—	—	—	—
То же 35 кв—0,125 ом/км на фазу	—	—	—	—	—	—	1,02	0,913	—	—

Примечание. Пересчет сопротивлений на другие значения $\frac{P'_б}{P_б}$ производится путем умножения табличных значений на отношение $\frac{P'_б}{P_б}$.

§ 8. Реактанцы синхронных машин

1. Схема замещения машин для продольной оси (фиг. 15)



Фиг. 15.

Условные обозначения:

X_d'' — сверхпереходный реактанц (для машин с демпферной обмоткой),

X_d' — переходный реактанц (для машин без демпферной обмотки),

X_d — синхронный реактанц,

X_s — реактанц рассеяния обмотки статора,

X_a — реактанц реакции статора,

X_f — реактанц рассеяния обмотки возбуждения,

X_{kd} — реактанц рассеяния демпферной обмотки, равный около 0,1 (в относительных единицах).

2. Подсчет сверхпереходного реактанца

Значения X_d'' для машин с демпферной обмоткой подсчитываются по следующей формуле:

$$X_d'' = X_s + \frac{X_d' - X_s}{1 + \frac{X_d' - X_s}{X_{kd}}} = X_s + \frac{X_d' - X_s}{1 + 10\,(X_d' - X_s)}$$

3. Реактанцы синхронных машин типов С и СМ [1]

Габариты 11—15

об/мин	Пределы мощности (при $\cos\varphi = 0{,}8$)] *квт*	Реактанцы в относительных единицах		
		X_s	X_d	X_d'
1000	57—680	0,07—0,09	1,3—1,6	0,19—0,22
750	46—520	0,07—0,09	1,3—1,6	0,20—0,23
600	38—340	0,08—0,10	1,2—1,5	0,21—0,23
500	77—256	0,11—0,13	1,2—1,4	0,21—0,23
428[2]	85—210	0,11—0,13	1,0—1,2	0,22—0,23
375[2]	70—184	0,12—0,14	1,0—1,2	0,22—0,24
1000[3]	815—6 000	0,09—0,11	1,4—1,6	0,20—0,23
750[3]	620—3 680	0,10—0,13	1,4—1,6	0,23—0,25
600	430—6 000	0,11—0,15	1,4—1,6	0,24—0,28
500	315—5 200	0,11—0,15	1,2—1,5	0,24—0,28

[1] Генераторы выполняются для напряжений 0,4; 3,15 и 6,3 *кв*; двигатели — соответственно для 0,38; 3 и 6 *кв*.

Значения реактанцев, приведенные в таблице, действительны при использовании данной машины как в качестве генератора, так и в качестве двигателя.

Реактивности в пределах каждого из приведенных выше значений прямо пропорциональны мощностям (и напряжениям).

Турбогенераторы, локомобильные генераторы, генераторы, приводимые паровыми турбинами, выполняются без демпферной обмотки; дизель-генераторы, генераторы, приводимые газовыми двигателями, а также электродвигателями, — с демпферной обмоткой.

[2] Машины выполняются только для напряжений 0,4 и 3,15 *кв*.

[3] Машины выполняются только для напряжений 3,15 и 6,3 *кв*.

Об/мин	Пределы мощности (при $\cos\varphi = 0{,}8$) *квт*	Реактанцы в относительных единицах		
		X_s	X_d	X_d''
428	210—6 800	0,12—0,15	1,2—1,5	0,24
375	195—4 800	0,13—0,17	1,2—1,5	0,25
333	140—3 600	0,14—0,18	1,1—1,4	0,25
300	125—6 240	0,15—0,19	1,0—1,4	0,25
250	95—4 400	0,15—0,19	0,9—1,3	0,25
214	125—3 600	1,15—0,19	0,9—1,3	0,26
187	100—2 560	0,16—0,20	0,8—1,2	0,26
167	155—1 760	0,17—0,20	0,8—1,1	0,27
150	220—1 520	0,18—0,20	0,8—1,0	0,28
125	365—1 040	0,19—0,20	0,8—1,0	0,30

4. Реактанцы турбогенераторов и гидрогенераторов

Турбогенераторы, 3000 *об/мин*

Тип	Мощность *квт*	Напряжение *кв*	Реактанцы в относительных единицах			
			X_d	X_d'	X_d''	
					Серия T_2	Серия 1938 года
T_2 05—2	500	0,4/0,23	1,47	0,225	0,145	
		0,525	1,32	0,197	0,127	
T_2 1—2	1 000	0,4/0,23	1,66	0,22	0,145	
		0,525	1,46	0,19	0,123	
T_2 1,5—2	1 500	0,4/0,23	1,57	0,223	0,148	
		0,525	1,14	0,145	0,11	
		3,15/6,3	1,55	0,188	0,113	
T_2 3—2	3 000	3,15/6,3	1,53	0,191	0,121	0,13
T_2 3,5—2	3 500	3,15/6,3	1,52	0,21	0,117	
T_2 6—2	6 000	3,15/6,3	1,50	0,202	0,117	0,125

Продолжение

Тип	Мощность *квт*	Напряжение *кв*	Реактанцы в относительных единицах			
			X_d	X_d'	X_d''	
					Серия T_2	Серия 1933 года
T_1 12—2	12 000	3,15/6,3	1,86	0,192	0,117	0,126
		10,5	2,09	0,222	0,132	0,140
T_1 25—2	25 000	3,15/6,3	1,99	0,232	0,129	0,123
		10,5	2,19	0,242	0,132	0,123
T_1 50—2	50 000	10,5	1,77	0,214	0,129	0,134 (0,115)
T_1 100—2	100 000	15,75	1,40	0,192	0,117	—

Гидрогенераторы

Тип	Мощность *ква*	Напряжение *кв*	Об/мин	Реактанцы в относительных единицах		
				X_s	X_d	X_d'
СВ32514-48	440	0,4	125	0,112	0,852	0,236
ВВ146п-300	625	0,525	300	0,123	0,918	0,275
СВ42530-18	1 700	6,6	125	0,128	0,703	0,236
ВВ654п-214	2 200	2,3	214	0,110	1,025	0,272
ВВ6544-28	3 000	2,3	428	0,079	1,012	0,210
СВ42535-28	4 000	6,6	214	0,132	0,910	0,287
ВВ654п-375	4 280	6,6	375	0,122	1,120	0,245
ВВ654п-375	4 650	6,3	375	0,142	1,192	0,290
СВ42560-24	10 000	6,6	250	0,112	1,020	0,273
ВВ526К-250	11 000	0,525	250	0,140	1,137	0,325
ВВ814Z-167	15 000	6,6	167	0,160	1,088	0,375
ВВ714Z-300	15 000	6,6	300	0,090	0,957	0,237
СВ546-90-40	15 600	6,3	150	0,143	1,011	0,305
ВВ654Z-500	16 500	11,0	500	0,071	1,089	0,189
СВ80046-60	18 000	10,5	100	0,146	0,998	0,28

Примечание. Мощности турбогенераторов соответствуют $\cos\varphi=0{,}8$, за исключением мощности турбогенераторов типа T_2 50-2, 50 000 *квт*, которая соответствует вначале $\cos\varphi=0{,}85$, и типа T_2 100-2, 100 000 *квт*—$\cos\varphi=0{,}9$.

Реактанцы относятся к машинам завода „Электросила": турбогенераторам серий 1933 года изготовления (X_d, X_d' и X_d''—серии T_2 и X_d''—серий 1933 года) и гидрогенераторам нескольких изготовлений.

5. Средние значения реактансов

При отсутствии данных о величинах X''_d надлежит принимать следующие средние значения (в относительных единицах):

для турбогенераторов	0,125
„ гидрогенераторов с демпферными обмотками	0,20
„ гидрогенераторов без демпферных обмоток	0,27
„ синхронных компенсаторов	0,16
„ синхронных двигателей	0,20

§ 9. Комбинирование реактансов и токораспределение

Комбинирование реактансов имеет целью постепенное упрощение заданной расчетной схемы и приведение всех реактансов к одному эквивалентному.

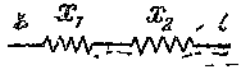
При нахождении распределения токов к. з. в отдельных ветвях схемы токи удобно выражать в долях единицы, представляющих в этом случае коэфициенты токораспределения (k_i) или отношения эффективных значений токов в отдельных ветвях к суммарному току I, принимаемому за единицу

$$k_{i_1} = \frac{I_1}{I}; \quad k_{i_2} = \frac{I_2}{I}; \quad k_{i_n} = \frac{I_n}{I}.$$

Значения токов I_1, I_2 и I_n — см. ниже.

Преобразование схем сводится к следующим основным случаям.

1. Последовательное включение реактансов (фиг. 16)

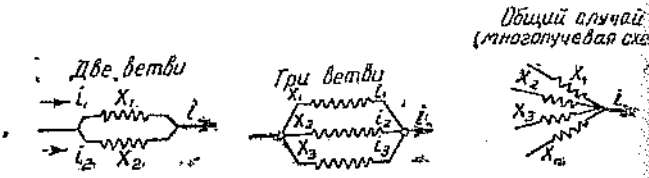


Фиг. 16. Схема последовательного включения реактансов.

$$X_э = X_1 + X_2,$$

$$i_1 = i_2 = i = 1.$$

2. Параллельное включение реактансов (фиг. 17)



Фиг. 17. Схемы параллельного включения реактансов.

Две ветви:

$$X_э = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}; \quad i_1 = i\frac{X_э}{X_1}; \quad i_2 = i\frac{X_э}{X_2}.$$

$$i_1 + i_2 = i = 1.$$

Три ветви:

$$X_э = \frac{X_1 X_2 X_3}{X_1 X_2 + X_1 X_3 + X_2 X_3}; \quad i_1 = i\frac{X_э}{X_1}; \quad i_2 = i\frac{X_э}{X_2}; \quad i_3 = i\frac{X_э}{X_3}.$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i = 1.$$

§ 13. Кривые фиктивного времени для определения термического действия токов короткого замыкания

Термическое действие тока к. з. в течение времени t с момента его возникновения характеризуется величиной t_ϕ — фиктивным временем протекания установившегося тока к. з., обусловливающим термический эффект, эквивалентный действию затухающего тока к. з. в течение действительного времени t процесса к. з. На фиг. 22 и 23 приведены кривые фиктивного времени $t_\phi = f(\beta'', t)$ для периодической составляющей тока к. з., где $\beta'' = \frac{I''}{I_\infty}$ — отношение начального сверхпереходного тока к. з. к установившемуся.

Кривые построены для пределов t — от 0 до 5 сек.

Если $t > 5$ сек., то фиктивное время определяется по формуле:

$$t_\phi = t_{\phi(5)} + (t - 5),$$

где $t_{\phi(5)}$ — фиктивное время, отвечающее действительному времени $t = 5$ сек.

При $t < 1$ *сек* к фиктивному времени периодической составляющей необходимо прибавить фиктивное время апериодической составляющей $t_{\phi д}$, определяемое по формуле

$$t_{\phi д} \approx 0{,}05\,\beta''^2.$$

Кривые построены исходя из возбуждения генератора, соответствующего номинальной его нагрузке; питание цепи к. з. — от турбогенераторов как с регулятором напряжения, так и без него.

Для случаев питания цепи к. з. от гидрогенераторов t_ϕ можно (приближенно) определять по тем же кривым.

§ 14. Подсчет допустимой величины тока короткого замыкания по условиям термической устойчивости шин, кабелей и аппаратов высокого напряжения

1. Шины и кабели

Допустимый ток к. з. определяется по формуле:

$$I_\infty = \frac{\sqrt{(A\theta_к - A_{\theta_0})} \cdot q \cdot 10^{-3}}{\sqrt{t_\phi}} = C\frac{q}{\sqrt{t_\phi}}\,10^{-3},$$

где I_∞ — установившийся ток к. з., *ка*;

$A\theta_к$; A_{θ_0} и C — см. § 12;

$q_{доп}$ — минимальное допустимое сечение по термической устойчивости, *мм*^{2};

t_ϕ — фиктивное время, сек.

2. Трансформаторы тока

Допустимый ток к. з. определяется по формуле:

$$I_\infty = \frac{I_н K_T}{\sqrt{t_\phi}}\,10^{-3},$$

где I_{∞} — установившийся ток к. з., *ка*;

$I_н$ — номинальный первичный ток трансформатора тока, *а*;

K_T — допускаемая кратность отношения установившегося тока к. з. к номинальному первичному току трансформатора тока по данным завода-изготовителя;

$t_ф$ — фиктивное время, сек.

3. Масляные выключатели и разъединители

При заданной (приводимой в каталогах) допустимой величине двухсекундного тока I_{10} — ток термической устойчивости I_t для другого промежутка времени t определяется из формулы:

$$I_t = I_{10}\sqrt{\frac{10}{t}}.$$

§ 15. Выбор шин и аппаратов высокого напряжения по динамической устойчивости при токах короткого замыкания

1. Однополосные шины

Усилие в шинах F от взаимодействия между фазами при т. п. у.

$$F = 2{,}04 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-2} \frac{l}{a} (i_p)^2 \ кг,$$

где l — длина пролета, *см*;

a — расстояния между осями фаз, *см*;

i_p — ударный ток трехфазного к. з., *ка*.

Максимальный изгибающий момент шины: $M_{макс} = \frac{F \cdot l}{10}$ *кГ·см*.

Напряжение в материале шин:

$$\sigma = \frac{M_{макс}}{W} \ кГ/см^2,$$

где W — момент сопротивления шин:

для прямоугольного сечения $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ *см*^{3};

для круглого сечения $W = 0{,}1\ d^3$ *см*^{3};

для стальных шин: $\sigma_{макс} = 1600$ *кг/см*^{2}; $i_{p\ макс} = 953 \frac{\sqrt{a\omega}}{l}$ *ка*;

для медных шин марки АТ: $\sigma_{макс} = 1300$ *кг/см*^{2}; $i_{p\ макс} = 860 \frac{\sqrt{a\omega}}{l}$ *ка*;

для алюминиевых шин марки АТ: $\sigma_{макс} = 650$ *кг/см*^{2}; $i_{p\ макс} = 608 \frac{\sqrt{a\omega}}{l}$ *ка*.

2. Многополосные шины

К напряжению от взаимодействия шин различных фаз $\sigma_{ф}$ добавляется напряжение от взаимодействия полос в пакете одной фазы $\sigma_{п}$.

Для увеличения жесткости пакета между полосами устанавливаются прокладки (сухари).

Для определения $\sigma_{п}$ следует найти:

а) Усилие $F_{п}$ на погонный сантиметр длины полосы от взаимодействия с другими полосами пакета той же фазы. При условии, что полосы обращены друг к другу широкой стороной, получим: для 2-полосного пакета:

$$F_{п} = 0{,}26\,\frac{k_{Д}}{s_{п}}\,(i_{р})^{2}\cdot 10^{-2}\ кГ/см;$$

для 3-полосного пакета

$$F_{п} = 0{,}082\,\frac{k_{Д_1} + k_{Д_2}}{s_{п}}\,(i_{р})^{2}\cdot 10^{-2}\ кГ/см,$$

где $s_{п}$ — расстояние между полосами в *см*, равное толщине полосы „*а*",

$i_{р}$ — ударный ток трехфазного к. з., в *ка*,

$k_{Д}$ — коэфициент формы, определяемый по кривым фиг. 24,

$k_{Д_1}$ — коэфициент взаимодействия наружной и внутренней полос,

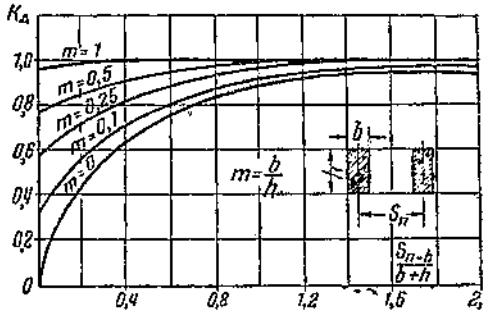
$k_{Д_2}$ — коэфициент взаимодействия наружных полос,

б) $l_{расч}$ — расчетный пролет полосы, принимаемый равным меньшей из следующих величин: 1) расстояние $l_{п}$ между осями прокладок, разделяющих шины, или 2) критический пролет. Критическим называется наибольший пролет, при котором в случае нагрузки, равной $F_{п}$, наступает соприкосновение между полосами пакета:

$$l_{кр} = \lambda b \sqrt[4]{\frac{h}{F_{п}}},$$

где h — толщина и h — ширина полосы в *см*,

λ — коэфициент, равный: 1) для двухполосного пакета при меди — 65, при алюминии — 57; 2) для трехполосного пакета при меди — 77, при алюминии — 68.



Фиг. 24. Кривые зависимости $\kappa_{Д} = f\left(m; \frac{S_{п}-b}{b+h}\right)$.

Максимальное напряжение от взаимодействия полос:

$$\sigma_п = \frac{F_п \cdot l^2_{расч}}{2hb^2} \ кГ/см^2.$$

Полное напряжение в полосе:

$$\sigma_{сум} = \sigma_ф + \sigma_п \ кГ/см^2.$$

3. Изоляторы

Допустимые значения токов к. з. для разных типов (групп) изоляторов, отвечающие допустимым разрушающим нагрузкам $\sigma_{разр}$:

Группа изоляторов	$\sigma_{разр}$, кг	Допустимый ударный ток трехфазного к. з. (i_p), ка	
		для опорных изоляторов	для проходных изоляторов
А	375	$i_p = 113\sqrt{\frac{a}{l}}$	$i_p = 160\sqrt{\frac{a}{l_3}}$
Б	750	$i_p = 160\sqrt{\frac{a}{l}}$	$i_p = 226\sqrt{\frac{a}{l_3}}$
В	1 250	$i_p = 207\sqrt{\frac{a}{l}}$	$i_p = 291\sqrt{\frac{a}{l_3}}$
Д	2 000	$i_p = 261\sqrt{\frac{a}{l}}$	$i_p = 370\sqrt{\frac{a}{l_3}}$

a — расстояние между осями фаз, *см*;
l — длина пролета между опорными изоляторами в *см*; при неравных пролетах — l_1 по одну и l_2 по другую сторону изолятора:

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2};$$

l_3 — расстояние от головки проходного изолятора до ближайшего опорного изолятора шины данной фазы, в *см*.

Допустимое усилие на изолятор принято равным ~60% от $\sigma_{разр}$.

При усилии, направленном перпендикулярно к оси опорного изолятора, и при установке шин на ребро значение i_p должно быть умножено на $\sqrt{\frac{H}{H'}}$, где H — высота изолятора, а $H' = H + b + \frac{h}{2}$; b — толщина и h — ширина полосы в *см*.

4. Трансформаторы тока

1) Динамическая устойчивость внутренняя

Допустимый ток к. з. i_p определяется по формуле:

$$i_p = I_н \sqrt{2}\ k_д\, 10^{-3}. \qquad (1)$$

2) Усилие F в выводах (головках) трансформаторов тока

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{2{,}04 \cdot i_p^2 \cdot l \cdot 10^{-2}}{a} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\ кг.$$

Допустимый ток к. з.

$$i_p = 10{,}62 \sqrt{\frac{F_1 a}{l}}. \qquad (2)$$

В формулах:

i_p — ударный ток трехфазного к. з. (амплитуда), *ка*;

$I_н$ — номинальный первичный ток трансформатора тока, *а*;

$k_д$ — допускаемая кратность отношения амплитуды ударного тока к. з. к амплитуде номинального первичного тока трансформатора тока по данным завода-изготовителя;

F_1 — усилие, допускаемое для головок трансформаторов тока по данным завода-изготовителя;

l — расстояние между выводом трансформатора тока и ближайшим изолятором той же фазы, *см*;

a — расстояние между фазами, *см*.

Трансформаторы тока многовитковые ТПФ и ТПФУ завода „Электроаппарат" проверяются на динамическую устойчивость по формулам (1) и (2).

Трансформаторы тока одновитковые ТПОФ и ТПОФУ проверяются по формуле (1), которая действительна при a равном 400 *мм* и l равном 500 *мм*.

При a, отличном от 400 *мм*, динамическая устойчивость определяется путем умножения величин, исчисленных по формуле (1), на выражение

$$\sqrt{\frac{a}{400}}.$$

При l, равном 200 *мм*, значение допустимого тока по формуле (1) следует увеличить на 15%, а при расстоянии 1000 *мм* — уменьшить на 20%.

§ 16. Электрические характеристики трансформаторов

1. Понижающие трехфазные двухобмоточные трансформаторы по ГОСТ-401-41

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
5	3	0,23	60	185	10	66,6	73,3	99
	3	0,4						
	6	0,23				266	294	396
	6	0,4						
10	3	0,23	105	335	10	30,2	39,2	49,5
	3	0,4						
	6	0,23				120,5	157	198
	6	0,4						
	10	0,23	140			335	436	550
	10	0,4						
20	3	0,23	180	600	9	13,5	20,8	24,8
	3	0,4						
	6	0,23				54	83	99
	6	0,4						
	10	0,23	220		10	150	230	275
	10	0,4						
30	3	0,23	250	850	8	8,5	14,2	16,5
	3	0,4						
	6	0,23				34	56,6	66
	6	0,4						
	10	0,23	300		9	91,5	157	183
	10	0,4						

Продолжение

Мощность трансформатора, ква	Напряжения обмоток, кв		Потери, вт		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к в. н., ом		
	в. н.	н. н.	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		R	X	Z
30	3	0,23	350	1 325	7	4,77	8,68	9,9
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				19,1	34,7	39,6
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23	440		8	53	96,5	110
	10	0,4						
	35	0,23	540		9	650	1 475	1 590
	35	0,4						
50	3	0,23	490	1 875	6,5	3	5,88	6,6
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				12	23,5	26,4
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23	590		7,5	33,4	65,2	73,3
	10	0,4						
75	3	0,23	600	2 400	6,5	2,16	4,45	4,95
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				8,64	17,8	19,8
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23	750		7,5	24	49,4	55
	10	0,4						
	10	0,525						
	35	0,23	900		8	294	740	796
	35	0,4						
	35	0,525						
135	3	0,23	830	3 070	6,5	1,51	3,33	3,66
	3	0,4						

Продолжение

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмотки на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
135	3	0,525	830	3 070	6,5	1,51	3,33	3,66
	6	0,23				6,05	13,35	14,65
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23	1 000	3 150	7,5	17,25	36,9	40,7
	10	0,4						
	10	0,525						
180	3	0,23	1 000	4 000	6	1,11	2,52	2,75
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				4,45	10,05	11,0
	6	0,4						
	6	0,525						
	6	3,15	1 200		7	12,65	27,8	30,5
	10	0,23						
	10	0,4						
	10	0,525						
	10	3,15						
	35	0,23	1 500	4 100	8	155	393	422
	35	0,4						
	35	6,3						
	35	10,5						
240	3	0,23	1 400	4 900	6	0,77	1,92	2,06
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				3,07	7,65	8,24
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23	1 600	5 100	7	8,9	21,4	22,9
	10	0,4						
	10	0,525						
320	3	0,23	1 600	6 070	6	0,535	1,46	1,55
	3	0,4						
	3	0,525						

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
320	6	0,23	1 600	6 070	6	2,14	5,82	6,19
	6	0,4						
	6	0,525						
	6	3,15	2 300	6 200	7,5	2,18	5,8	6,19
	10	0,23	1 900	6 200	7	6,06	16,1	17,2
	10	0,4						
	10	0,525						
	10	3,15	2 300	6 200	7,5	74,3	238	249
	35	0,23						
	35	0,4						
	35	0,525						
	35	3,15						
	35	6,3						
	35	10,5						
420	3	0,23	2 100	7 700	6,5	0,394	1,11	1,18
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				1,58	4,44	4,71
	6	0,4						
	6	0,525						
	10	0,23				4,37	12,35	13,1
	10	0,4						
	10	0,525						
560	3	0,23	2 500	9 400	6	1,27	0,84	0,883
	3	0,4						
	3	0,525						
	6	0,23				1,08	3,36	3,53
	6	0,4						
	6	0,525						
	6	3,15	3 350		6,5			
	10	0,23	2 500		6	3,0	9,36	9,82
	10	0,4						
	10	0,525						
	10	3,15	3 350		6,5			
	10	6,3						

Продолжение

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
560	35	0,23	3 350	9 400	6,5	36,7	137	142
	35	0,4						
	35	0,525						
	35	3,15						
	35	6,3						
	35	10,5						
750	3	0,4	4 100	11 900	6	0,19	0,636	0,673
	3	0,525						
	6	0,4				0,76	2,32	2,64
	6	0,525						
	10	0,4				2,12	7,02	7,34
	10	0,525						
1 000	3	0,4	4 900	15 000	5	0,135	0,476	0,495
	3	0,525						
	6	0,4				0,54	1,905	1,98
	6	0,525						
	6	3,15						
	10	0,4				1,5	5,29	5,5
	10	0,525						
	10	3,15						
	10	6,3						
	35	0,4	5 100		5,5	18,4	77,4	79,5
	35	0,525						
	35	3,15						
	35	6,3						
	35	10,5						
1 350	6	0,4	6 000	19 500	5	0,385	1,42	1,47
	6	0,525						
	6	3,15						
	10	0,4				1,07	3,94	4,08
	10	0,525						
	10	3,15						
	10	6,3						

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в*, *н*., *ом*		
	в. *н*.	*н*. *н*.	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
1 250	35	3,15	6 500	19 500	5,5	13,1	57,6	59,0
	35	6,3						
	35	10,5						
1 600	3	0,525	8 000	24 000	4,5	0,067	0,267	0,275
	6	0,4				0,276	1,065	1,1
	6	0,525						
	6	3,15						
	10	0,4				0,74	2,97	3,06
	10	0,525						
	10	3,15						
	10	6,3						
	35	0,4	8 300		5	9,1	43,4	44,3
	35	0,525						
	35	3,15						
	35	6,3						
	35	10,5						
2 400	6	3,15	9 200	31 500	4,5	0,198	0,802	0,825
	10	3,15				0,55	2,22	2,29
	10	6,3						
	35	3,15	10 000		5	6,73	32,5	33,2
	35	6,3						
	35	10,5						
3 200	6	3,15	11 000	37 000	4	0,13	0,604	0,618
	10	3,15				0,362	1,68	1,72
	10	6,3						
	35	3,15	11 500		4,5	4,42	26,4	26,8
	35	6,3						
	35	10,5						
4 200	6	3,15	14 000	47 000	4	0,096	0,462	0,471
	10	3,15				0,267	1,28	1,31
	10	6,3						
	35	3,15	14 500		4,5	3,27	20,1	20,4
	35	6,3						
	35	10,5						

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
5 600	6	3,15	18 000	56 000	4	0,064	0,348	0,353
	10	3,15						
	10	6,3				0,178	0,966	0,982
	35	3,15	18 500	57 000	4,5	2,22	16,25	16,4
	35	6,3						
	35	10,5						
7 500	6,3	3,3	24 000	75 000	3,5	0,053	0,393	0,397
	10,5	3,3						
	10,5	6,6				0,147	0,996	1,1
	35	3,3				1,64	12,15	12,26
	35	6,6						
	35	11,0						
10 000	6,3	3,3	29 000	92 000	3	0,0365	0,296	0,298
	10,5	3,3						
	10,5	6,6				0,101	0,822	0,826
	35	3,3				1,13	9,13	9,2
	35	6,6						
	35	11						
15 000	10,5	3,3	39 000	122 000	3	0,06	0,574	0,576
	10,5	6,6						
	35	3,3				0,665	6,53	6,54
	35	6,6						
	35	11						
20 000	35	6,6	48 000	148 000	2,5	0,455	4,88	4,9
	35	11						
31 500	35	6,6	73 000	180 000	2,2	0,222	3,10	3,11
	35	11						

Понижающие силовые трехфазные двухобмоточные трансформаторы для существующих установок с нестандартным напряжением по ГОСТ-401-41

Мощность трансформатора, ква	Напряжение обмоток, кв		Потери, вт		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к в. н., ом		
	в. н.	н. н.	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		R	X	Z
5	2,1	0,23	60	185	10	32,7	35,8	48,5
	6,3	0,23				292	324	436
10	2,1	0,23	105	335	10	14,8	19,2	24,2
	6,3	0,23						
	6,3	0,4				132,5	173	218
20	2,1	0,23	180	600	9	6,6	10,15	12,1
	6,3	0,23				59,4	91,5	109
	6,3	0,4						
30	6,3	0,4	250	850	8	37,4	62,3	72,7
50	2,1	0,23	350	1 325	7	2,34	4,25	4,85
	2,1	0,4						
	6,3	0,23				21	38,2	43,6
	6,3	0,4						
	31,5	0,23	540		9	526	1 180	1 290
75	6,3	0,23	490	1 875	6,5	13,2	26	29,1
	6,3	0,4						
100	2,1	0,23	600	2 400	6,5	1,06	2,18	2,42
	2,1	0,4						
	6,3	0,23				9,5	19,65	21,8
	6,3	0,4						
	31,5	0,23	900		8	238	600	645
	31,5	0,4						
135	6,3	0,4	830	3 070	6,5	6,65	14,75	16,75

Продолжение

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
180	2,1 2,1	0,23 0,4	1 000	4 000	6	0,545	1,235	1,35
	6,3 6,3 6,3	0,23 0,4 0,525				4,9	11,1	12,1
	31,5 31,5	0,23 0,4	1 500	4 100	8	125,5	318	342
240	6,3 6,3	0,23 0,4	1 400	4 900	6	3,38	8,43	9,08
320	2,1 2,1	0,23 0,4	1 600	6 070	6	0,262	0,712	0,759
	6	2,2				2,18	5,71	6,19
	6,3 6,3 6,3	0,23 0,4 0,525				2,35	6,4	6,82
	10	2,2				6,06	16,1	17,2
	31,5 31,5 31,5	0,4 2,2 3,15	2 300	6 200	7,5	60,2	193	202
420	6,3 6,3	0,23 0,4	2 100	4 700	6,5	1,74	4,9	5,2
560	2,1 2,1	0,23 0,4	2 500	9 400	6	0,132	0,423	0,443
	6	2,2				1,08	3,36	3,53
	6,3 6,3 6,3	0,23 0,4 0,525				1,19	3,71	3,9
	10	2,2				3	9,35	9,82
	31,5 31,5 31,5 31,5 31,5	0,4 0,525 2,2 3,3 6,6	3 350		6,5	29,7	111	115
750	6,3	0,4	4 100	11 900	6	0,836	2,81	2,91

Мощность трансформатора, ква	Напряжение обмоток, кв		Потери, вт		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к в. н., ом		
	в. н.	н. н.	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		R	X	Z
1030	6,3	0,4	4 900	15 000	5,5	0,595	2,1	2,18
	6,3	0,525						
	6,3	2,2						
	10	2,2			5	1,5	5,29	5,5
	31,5	0,4	5 100		5,5	14,9	62,6	64,4
	31,5	0,525						
	31,5	2,2						
	31,5	3,3						
	31,5	6,6						
	31,5	10,5						
	35	2,2				18,4	77,4	79,5
350	6,3	0,4	6 000	19 500	5	0,424	1,56	1,62
	6,3	0,4	8 300	24 000	4,5	0,304	1,18	1,22
	6,3	0,525						
	6,3	2,2						
	10	2,2				0,74	2,97	3,06
1850	31,5	0,4			5	7,37	35	35,8
	31,5	0,525						
	31,5	2,2						
	31,5	3,3						
	31,5	6,6						
	31,5	10,5						
	35	2,2				9,1	43,3	44,3
3100	6,3	2,2	11 000	37 000	4	0,143	0,67	0,683
	10	2,2				0,362	1,685	1,72
	31,5	2,2	11 500		4,5	3,58	16,8	21,7
	31,5	3,3						
	31,5	6,6						
	31,5	10,5						
	35	2,2				4,42	26,4	26,8
5020	6,3	2,2	18 000	56 000	4	0,069	0,383	0,39
	10	2,2				0,178	0,966	0,982
	31,5	2,2	18 500	57 000	4,5	1,8	13,2	13,3
	31,5	3,3						
	31,5	6,6						
	31,5	10,5						
	35	2,2				2,22	16,25	16,4

3. Повышающие силовые трехфазные двухобмоточные трансформаторы по ГОСТ-401-41

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение обмоток *кв*		Потери *вт*		Ток холостого хода в процентах от номинального	Сопротивление обмоток на фазу, приведенное к *в. н.*, *ом*		
	в. н.	*н. н.*	холостого хода при номинальном напряжении	к. з. при номинальной нагрузке		*R*	*X*	*Z*
3 200	38,5 38,5 38,5	3,15 6,3 10,5	11 500	37 000	4,5	5,35	32	32,4
5 600	38,5 38,5 38,5	3,15 6,3 10,5	18 500	57 000	4,5	2,68	19,1	19,3
7 500	38,5 38,5 38,5	3,15 6,3 10,5	24 000	75 000	3,5	1,98	14,65	14,8
10 000	38,5 38,5 38,5	3,15 6,3 10,5	29 000	92 000	3	1,37	11,05	11,13
15 000	38,5 38,5 38,5	3,15 6,3 10,5	39 000	122 000	3	0,805	7,87	7,92
20 000	38,5 38,5	6,3 10,5	48 000	148 000	2,5	0,55	4,98	5,03
31 500	38,5 38,5	6,3 10,5	73 000	180 000	2,2	0,268	3,75	3,76

4. Регулирование напряжения трансформаторов

Два ответвления для регулировки напряжения на $\pm 5\%$ выполняются (на обмотках *в. н.*) у следующих трансформаторов:

а) понижающих трехфазных двухобмоточных трансформаторов мощностью до 5 600 *ква* включительно при всех напряжениях до 35 *кв* включительно;

б) повышающих трехфазных двухобмоточных трансформаторов мощностью 3 200 и 5 600 *ква* при напряжении 38,5 *кв*;

в) повышающих и понижающих трансформаторов всех напряжений, если номинальный ток их превышает 550 *а*.

Четыре ответвления для регулировки напряжения на $+5\%$; $+2{,}5\%$; $-2{,}5\%$; -5% выполняются на обмотках *в. н.* повышающих трехфазных двухобмоточных трансформаторов мощностью от 7 500 до 31 500 *ква* включительно.

По требованию заказчика понижающие трехфазные двухобмоточные трансформаторы мощностью от 7 500 до 20 000 *ква* включительно с номинальным напряжением обмотки *н. н.* 6,3 или 6,6 *кв* могут выполняться на номинальное напряжение обмотки *в. н.* 38,5 *кв* с ответвлениями: $-2{,}5\%$; -5%; $-7{,}5\%$ и -10%.

Напряжение (в *кв*) вторичных обмоток трансформаторов при холостом ходе и использовании различных регулировочных ответвлений

Ответвления	Понижающие трансформаторы										Повышающие трансформаторы	
-5%	0,36	0,475	2,0	2,85	5,7	6	9,5	10	30	33,25	36,6	114,95
$-2{,}5\%$	—	—	—	—	—	—	—	10,25	—	34,13	37,54	117,98
Номинальное	0,38	0,5	2,1	3	6	6,3	10	10,5	31,5	35	38,5	121
$+2{,}5\%$	—	—	—	—	—	—	—	10,75	—	35,87	39,45	124,02
$+5\%$	0,4	0,525	2,2	3,15	6,3	6,6	10,5	11	33	36,75	40,4	127,05

§ 17. Группы соединений обмоток трансформаторов (фиг. 25, 26)

Пояснения:

1. Все схемы соединений обмоток показаны со стороны выводов обмотки высшего напряжения.

2. Обозначения по графе 2 (см. фиг. 25 и 26) изображают схемы и группы соединений обмоток трансформаторов и угловое смещение век-

Обозначения групп соединений		Угловое смещение	Диаграммы векторов: Высшее напряжение	Диаграммы векторов: Низшее напряжение	Схемы соединений: Высшее напряжение	Схемы соединений: Низшее напряжение
12	$\frac{Y}{Y}$-12 по ГОСТу	0°	Однофазные трансформаторы			
6	$\frac{Y}{Y}$-6	180°	$\frac{A}{x}$	$\frac{a}{x}$	A x	a x
	$\frac{\Delta}{\Delta}$-12		Трехфазные трансформаторы			
12	$\frac{Y}{Y_0}$-12 по ГОСТу	0°				
	$\frac{\Delta}{Z}$-12					
	$\frac{\Delta}{\Delta}$-6					
6	$\frac{Y}{Y}$-6	180°				
	$\frac{\Delta}{Z}$-6					
	$\frac{\Delta}{Y}$-5					
5	$\frac{Y}{\Delta}$-5	150°				
	$\frac{Y}{Z}$-5					
	$\frac{\Delta}{Y}$-11					
11	$\frac{Y}{\Delta}$-11 по ГОСТу	330°				
3	$\frac{Y}{Z}$-11					

Фиг. 25. Группы соединений, диаграммы векторов и схемы соединений двухобмоточных трансформаторов.

...ров линейных напряжений обмоток среднего и низшего напряжений по отношению к векторам линейных напряжений обмотки высшего напряжения. При этом:

а) знак Y обозначает соединение звездой, знак △ — соединение треугольником, а индекс 0 — вывод нулевой точки; первый знак обозначает относится к обмотке высшего напряжения, последний — к обмотке ...него и средний — к обмотке среднего напряжения;

Обозначения групп соединений	Угловое смещение	Диаграммы векторов: Высшее напряжение	Среднее напряжение	Низшее напряжение	Схемы соединений: Высшее напряжение	Среднее напряжение	Низшее напряжение
		однофазные трансформаторы					
...-12-12 по ГОСТ'у	0°						
		трехфазные трансформаторы					
...-12-11 по ГОСТ'у	0° и 330°						
...-11-11 по ГОСТ'у	330°						

Рис. 29. Группы соединений, диаграммы векторов и схемы соединений трехобмоточных трансформаторов.

б) угловое смещение векторов линейных напряжений обмоток низшего среднего напряжений по отношению к векторам линейных напряжений обмотки высшего напряжения обозначено числом, которое, будучи умножено на 30° (угловое смещение, принятое за единицу), дает угол смещения в градусах: число 11 указывает угловое смещение в 330°, а число 12 — угловое смещение в 360° или, что то же, в 0°. Для трехобмоточных трансформаторов группа соединения 12 относится к обмоткам, соединенным по схеме Y/Y, а группа 11 — к обмоткам, соединенным по схеме Y/△.

§ 18. Допустимые нагрузки и размеры выводов трансформаторов

1. Стержневые выводы

Допустимые нагрузки а	Диаметр резьбы мм: наружный	Диаметр резьбы мм: внутренний	Площадь сечения мм²	Материал
...30	М—10	7,91	49,2	Сталь
...50	В—1/2"	9,98	78,4	»
50—100	М—10	7,91	49,2	Латунь
100—200	М—10	7,91	49,2	Медь
150—275	В—1/2"	9,98	78,4	»
275—400	В—5/8"	12,91	131	»
400—600	В—3/4"	15,79	196	»

Продолжение

Допустимые нагрузки *а*	Диаметр резьбы *мм*: наружный	Диаметр резьбы *мм*: внутренний	Площадь сечения *мм²*	Материал
600— 800	В—1″	21,33	357	Медь
800—1 000	В—1 1/8″	23,9	449	»
1 000—1 200	В—1 1/4″	27,1	577	»
1 000—1 250	Г—7/8″	27,87	613	»
1 200—1 500	В—1 1/2″	32,68	839	»
1 500—1 800	В—1 5/8″	34,77	949	»
1 800—2 000	В—1 3/4″	37,94	1 130	»

Примечания: 1. Обозначения резьбы по столбцу 2:

а) *М* — метрическая резьба, после тире указан диаметр в миллиметрах;
б) *В* — резьба Витворта, после тире — диаметр в дюймах;
в) *Г* — газовая резьба, после тире — диаметр в дюймах.

2. Для токов выше 1 200 *а* применяются, кроме стержневых, также шинные выводы.

2. Шинные выводы

Допустимая нагрузка *а*	Размеры сечения меди *мм*	Площадь сечения *мм²*	Допустимая нагрузка *а*	Размеры сечения меди *мм*	Площадь сечения *мм²*
До 50	∅ 4,1	13,2	700— 800	5,9 × 41	2[illegible]
50— 75	∅ 5,1	20,4	800— 900	6,9 × 47	3[illegible]
75— 95	∅ 5,9	27,3	900—1 050	8,0 × 47	3[illegible]
95—130	∅ 6,9	37,4	1 050—1 200	8,0 × 55	4[illegible]
130—175	∅ 8,0	50,3	1 200—1 500	8,0 × 74	5[illegible]
175—230	∅ 9,3	67,9	1 500—1 800	10,8 × 74	8[illegible]
230—300	∅ 10,8	91,6		или 2 (5,5 × 74)	
300—360	4,4 × 26,3	116,0	1 800—2 100	10,8 × 86	9[illegible]
360—420	5,1 × 26	133,0		или 2 (5,5 × 86)	
420—480	5,1 × 30	153,0	2 100—2 300	10,8 × 100	1 0[illegible]
480—540	5,9 × 30	177,0		или 2 (5,5 × 100)	
540—620	5,9 × 35	206,0	2 300—2 600	12,5 × 100	1 2[illegible]
620—700	5,9 × 41	242,0		или 2 (6,4 × 100)	

§ 19. Сопротивления. Потери напряжения, мощности и энергии. К. п. д. трансформаторов

1. Условные обозначения:

$P_н$ — номинальная мощность трансформатора в *киловольтамперах*,
$P_м$ — потери в меди трансформатора в *ваттах*,
$I_н$ — номинальный ток в *амперах*,
I_0 — ток холостого хода в процентах от $I_н$,
$U_н$ — номинальное напряжение в *киловольтах*,
$\cos\varphi_2$ — коэфициент мощности вторичной цепи,
β — отношение фактической нагрузки к номинальной,
$T_м$ — число часов использования максимума в году,
T_{xx} — годовое число часов потерь холостого хода,
τ — годовое число часов максимума нагрузочных потерь в меди.

2. Сопротивление обмоток на фазу

Активное	$r_{o.м} = \dfrac{10e_r{}^0\!/_0\, U_н}{\sqrt{3}\, I_н} = \dfrac{P_м \cdot U_н^2}{P_н^2} = \dfrac{P_м}{3I_н^2}$
Индуктивное (реактанц)	$X_{o.м} = \dfrac{10e_x{}^0\!/_0\, U_н}{\sqrt{3}\, I_н}$
Полное (импеданц)	$Z_{o.м} = \dfrac{10e_к{}^0\!/_0\, U_н}{\sqrt{3}\, I_н}$

3. Падение напряжения в $^0\!/_0$ от $U_н$

В активных сопротивлениях	$e_r{}^0\!/_0 = \dfrac{P_м}{10P_н}$
В реактивных сопротивлениях	$e_x{}^0\!/_0 = \sqrt{e_к{}^0\!/_0{}^2 - e_r{}^0\!/_0{}^2}$
Напряжение короткого замыкания	$e_к{}^0\!/_0$

4. Потери (в процентах) вторичного напряжения

$$e^0\!/_0 = \beta\,(e_r{}^0\!/_0 \cos\varphi_2 + e_x{}^0\!/_0 \sin\varphi_2) + \frac{\beta^2}{200}\,(e_r{}^0\!/_0 \sin\varphi_2 - e_x{}^0\!/_0 \cos\varphi_2)^2.$$

Для обычных расчетов достаточно пользоваться только первым членом выражения.

5. Потери мощности и энергии

Потери	Мощности		Энергии	
	активной, *вт*	реактивной, *вар*	активной в *киловатт-часах*	реактивной в *квар-часах*
Холостого хода при номинальном напряжении	P_0	$Q_0 = \sqrt{\left(\frac{I_0 P_н}{100}\right)^2 - P_0^2}$	$W_0 = \frac{P_0 T_{вк}}{1000}$	$W_{p0} = \frac{Q_0 T_{вк}}{1000}$
Короткого замыкания (в меди) при номинальной нагрузке	$P_м$	$3 I_н^2 x_{0м}$	$W_м = \frac{P_м \tau}{1000}$	$W_{pм} = \frac{Q_м \tau}{1000}$
То же при нагрузке, отличной от номинальной	$\beta^2 P_м$	$\beta^2 Q_м$	$\beta^2 W_м$	$\beta^2 W_{pм}$
Полные	$P = P_0 + \beta^2 P_м$	$Q = Q_0 + \beta^2 Q_м$	$W = W_0 + \beta^2 W_м$	$W_p = W_{p0} + \beta^2 W_{pм}$

6. Коэфициент полезного действия

При заданной нагрузке:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_м}{1000\,\beta P_н \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_м}\right) 100.$$

Годовой:

$$\eta_{год}\% = \left(1 - \frac{P_0 T_{вк} + \beta^2 P_м \tau}{1000\,\beta P_н \cos\varphi_2 T_н + P_0 T_{вк} + \beta^2 P_м \tau}\right) 100.$$

§ 20. Автотрансформаторы

1. Область применения

Автотрансформаторы применяются при сравнительно небольших коэфициентах трансформации C.

Применение автотрансформаторов с высокого на низкое напряжение (с большим коэфициентом C) нецелесообразно, так как непосредственное электрическое соединение сетей высокого и низкого напряжений требует повышения изоляции последних, и в большинстве случаев недопустимо с точки зрения безопасности эксплоатации. В установках с рабочим напряжением $U>250$ *в* относительно земли не рекомендуется применять автотрансформаторы с передаточным отношением $C>1{,}25$. По габаритам, весу и т. п. показателям автотрансформаторы имеют преимущество перед трансформаторами при $C<2$.

Автотрансформаторы имеют меньшую реактивность, чем двухобмоточные трансформаторы, и потому в меньшей степени ограничивают токи короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания автотрансформатора $e_{ka}{}^0\!/_0=\gamma e_k{}^0\!/_0$, где $e_k{}^0\!/_0$ напряжение к. з. трансформатора той же мощности, $\gamma=1-\frac{1}{C}$ (значение C, см. п. 3,) или иначе $e_{ka}{}^0\!/_0$ равно реактивности трансформатора мощностью $P=\gamma P_t$, где P_t — подводимая к автотрансформатору (проходная) мощность.

2. Схемы включения обмоток

Принципиальная схема и токораспределение даны на фиг. 27. Однофазные автотрансформаторы с обмоткой на двух сердечниках могут иметь схему 1*а* или 1*б* (фиг. 28).

При схеме 1*б* напряжение относительно земли во вторичной цепи получается симметричным, и облегчается работа изоляции на одном из сердечников, что важно для автотрансформаторов высокого напряжения.

Трехфазные автотрансформаторы могут быть соединены: а) в звезду, б) в треугольник, в) в зигзаг и г) открытым треугольником (фиг. 29).

В промышленных силовых установках преимущественное применение имеет схема соединения в звезду (фиг. 30).

3. Коэфициент трансформации однофазного или трехфазного (соединенного в звезду) автотрансформатора

$$C=\frac{U_1}{U_2}=\frac{w_1}{w_2},$$

где U_1 — первичное напряжение,
U_2 — вторичное напряжение,
w_1 — число витков (полное) первичной обмотки,
w_2 — число витков (ответвления) вторичной обмотки.

4. Коэфициент полезного действия

К. п. д. при заданной нагрузке:

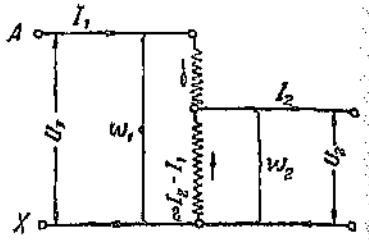
$$\eta{}^0\!/_0=1-\frac{P_0+\beta^2\cdot P_м}{1000\beta\cdot P_н\cos\varphi_2+P_0+\beta^2\cdot P_м}\,100,$$

где $P_м$ — потери мощности в меди при номинальной нагрузке:

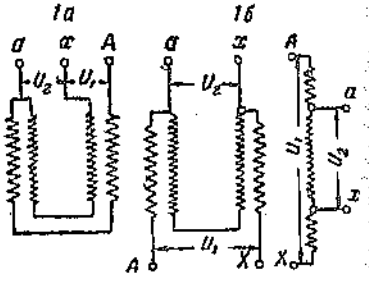
$$P_м = I_1^2 (R_1 - R_2) + (I_2 - I_1)^2 R_2,$$

где I_1 — номинальный ток в первичной, а I_2 — во вторичной цепях автотрансформатора; R_1 — полное активное сопротивление обмоток автотрансформатора; R_2 — активное сопротивление обмотки с током, равным $I_2 - I_1$; $(R_1 - R_2)$ — сопротивление обмотки с током I_1.

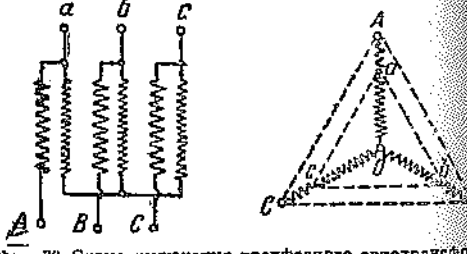
Остальные обозначения см. § 19.



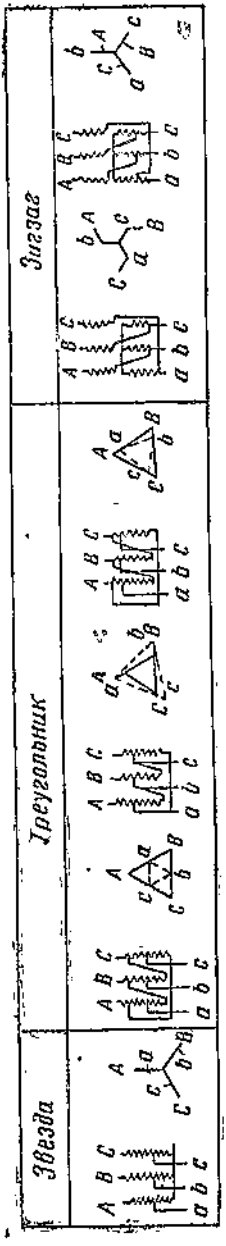
Фиг. 27. Принципиальная схема и токораспределение в однофазном автотрансформаторе.



Фиг. 28. Схемы включения однофазного автотрансформатора.



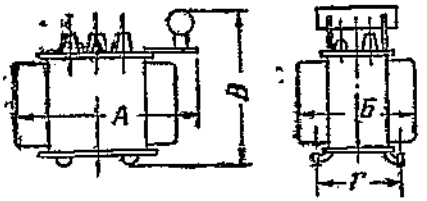
Фиг. 30. Схема включения трехфазного автотрансформатора, соединенного в звезду.



Фиг. 29. Схемы соединений и диаграммы векторов трехфазных автотрансформаторов.

§ 21. Габариты и вес нормальных силовых трансформаторов 6, 10 и 35 кв (фиг. 31)

Мощность трансформатора, *ква*	Напряжение, *кв*												Напряжение, *кв*								
	6	10	35	6	10	35	6	10	35	6	10	35	6	10	35	6	10	35	6	10	35
	Размеры, *мм*												Вес, *кг*								
	А			*Б*			*В*			*Г*			выемной части			масла			полный трансформатора с маслом		
5	910	—	—	780	—	—	1 040	—	—	—	—	—	100	—	—	100	—	—	290	—	—
10	910	1 310	—	780	590	—	1 040	1 230	—	—	—	—	110	200	—	100	200	—	300	485	—
20	980	1 375	—	780	670	—	1 065	1 320	—	—	—	—	175	270	—	105	230	—	385	590	—
30	1 050	1 375	—	800	670	—	1 195	1 320	—	—	—	—	190	270	—	155	240	—	465	590	—
50	1 180	1 500	1 310	800	650	810	1 190	1 405	1 690	570*	570*	660	260	350	450	170	240	400	580	730	1 040
75	1 370	1 515	—	845	810	—	1 270	1 575	—	570*	778	—	345	435	—	250	340	—	780	990	—
100	1 370	1 650	1 400	845	835	990	1 335	1 550	1 730	778	1 115	660	385	525	640	230	375	500	830	1 150	1 400
135	1 490	1 490	—	800	850	—	1 485	1 615	—	660	660	—	510	550	—	325	400	—	1 100	1 210	—
180	1 490	1 560	2 240	950	1 000	960	1 485	1 615	2 050	660	660	820	575	630	880	345	430	790	1 250	1 450	2 100
240	1 710	1 710	—	1 040	1 040	—	1 565	1 715	—	660	660	—	750	760	—	520	610	—	1 700	1 850	—
320	1 710	1 710	2 240	1 040	1 040	1 140	1 715	1 915	2 140	660	660	820	900	930	1 190	600	725	970	2 000	2 230	2 810
420	2 000	2 000	—	1 205	1 205	—	2 060	2 060	—	820	820	—	1 165	1 165	—	920	920	—	2 710	2 710	—
560	2 420	2 420	2 470	1 355	1 355	1 240	2 210	2 210	2 460	820	820	820	1 460	1 460	1 830	1 000	1 000	1 310	3 190	3 190	3 950
750	2 555	2 555	—	1 480	1 480	—	2 600	2 600	—	1 070	1 070	—	2 115	2 115	—	1 630	1 630	—	4 945	4 945	—
1 000	2 695	2 695	2 840	1 480	1 480	1 540	3 195	3 195	3 055	1 070	1 070	1 070	2 500	2 500	2 850	1 870	1 870	2 170	5 690	5 690	6 400
1 350	2 840	2 840	2 990	1 540	1 540	1 615	3 195	3 195	3 055	1 070	1 070	1 070	2 880	2 880	3 160	2 255	2 255	2 670	6 680	6 680	7 640
1 800	2 990	2 990	2 990	1 615	1 615	1 615	3 450	3 450	3 450	1 070	1 070	1 070	3 630	3 630	3 900	3 190	3 190	3 130	8 930	8 930	9 090
2 400	3 180	3 180	3 180	2 100	2 100	2 100	3 795	3 795	3 795	1 070	1 070	1 070	3 850	3 850	4 200	3 655	3 655	3 545	10 240	10 240	10 480
3 200	3 510	3 510	3 510	2 210	2 210	2 210	4 000	4 000	4 000	1 594	1 594	1 594	5 340	5 340	5 540	4 680	4 680	4 580	13 340	13 840	13 410
4 200	3 415	3 415	3 415	3 280	3 280	3 280	4 000	4 000	4 000	1 594	1 594	1 594	6 500	6 500	6 700	4 680	4 680	4 620	15 170	15 170	15 310
5 600	3 640	3 640	3 640	3 380	3 380	3 380	4 000	4 000	4 000	1 594	1 594	1 594	8 060	8 060	8 400	5 660	5 660	5 560	18 910	18 910	19 150



Фиг. 31. Габариты силовых трансформаторов

Примечания.

1. Значок * относится к трансформаторам без транспортных роликов; размер *Г* дан по наружным габаритам опорной рамы трансформатора.

2. Размер *В* дан включая консерватор и выхлопную трубу.

3. Трансформаторы мощностью до 75 *ква* включительно при номинальном напряжении обмотки высшего напряжения до 6,3 *кв* изготовляются без консерватора.

§ 22. Масляные выключатели

1. Технические данные выключателей [1]

Тип	$U_н$, кв	$I_н$, а	$I_{0,25}$, ка	$P_{0,25}$, мгва	$I_р$, ка	$i_р$, ка	I_1, ка	I_5, ка	I_{10}, ка	Собственное время [2], сек: включения	Собственное время [2], сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла, кг
ВМ-5/ВМ-6 (в числителе данные ВМ-5, в знаменателе — ВМ-6)	0,5	200 550/400	10 15	8,6 13	10 15	16,3/16,8 24,5/25,0	10 15	8,5 15/13,8	6,0 [3] 10,6 [3]	0,15 0,17	0,06 0,10	40 50/50	12 12
	3,0	200 550/440	3,3	17	10 15	16,3/16,8 24,5/25,0	10 15	8,5 15/13,8	6,0 [3] 10,6 [3]	0,15 0,17	0,06 0,10	40 50/55	12 12/15
	6,0	200	1,4	15,0	10	16,3/16,8	10	8,5	6,0 [3]	0,15	0,06	40/48	12/15
ВМ-14/ВМ-16 (в числителе данные ВМ-14, в знаменателе — ВМ-16)	0,5	200 600 1 000 1 250 [5]	19 30 35 35 [5]	16,5 26 30 30 [5]	19 30 35 35 [5]	31/32 34,5/50 36/59 36 [5]	19 30 35 35 [5]	8,5 19 35 35 [5]	6,0 [4] 13,5 [4] 25 [4] —	0,2/0,24 0,26/0,24 —/0,24 0,11 [5]	0,1/0,12 0,14/0,12 —/0,12 0,075 [5]	165 185 215/215 225 [5]	50

[1] Условные обозначения см. § 4.

[2] Величины собственного времени даны для соленоидного привода и отсчитываются от момента замыкания цепи тока на отключение или включение до начала расхождения или соответственно касания контактов (при номинальном напряжении на зажимах приводов).

[3] Значение I_{10} относится к ВМ-6.

[4] Значение I_{10} относится к ВМ-16.

[5] Указанное значение относится к ВМ-14.

Тип	$U_н$, кв	$I_н$, а	$I_{0,25}$, ка	$P_{0,25}$, мгва	$I_{пр}$, ка	$i_{пр}$, ка	I_1, ка	I_5, ка	I_{10}, ка	Собственное время, сек: включения	Собственное время, сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла кг
ВМ-14/ВМ-16 (в числителе данные ВМ-14, в знаменателе — ВМ-16)	3,0	200 600 1 000 1 250[2]	19 22 22 22[2]	100 115 115 115[2]	19 30 35 35[2]	31/32 34,5/50 36/59 36[2]	19 30 35 35[2]	8,5 19 35 35[2]	6[1] 13,5[1] 25[1] —	0,2/0,24 0,26/0,24 —/0,24 0,11[2]	0,1/0,12 0,14/0,12 —/0,12 0,075[2]	165 185 215/215 225[2]	50
	6,0	200 600	10/9,7 10/9,7	100 100	19 30	31/32 34,5/50	19 30	8,5 19	6[1] 13,5[1]	0,2/0,24 0,26/0,24	0,1/0,12 0,14/0,12	165 185/185	
	10,0	200	4,4/4,3	75	19	31/32	19	8,5	6[1]	0,2/0,24	0,1/0,12	165/165	
ВМ-18	0,5	2 000 3 000	44	38	50	82	50	50	36	0,33 —	0,2 —	530 560	120
	3,0	2 000 3 000	19	100						0,33 —	0,2 —	530 560	
ВМ-22Ф и ВМ-22Н	3,0	400 600	87,5 30,0	140,0 155,0	30	49	30	13,8 19,0	10 13,5	— —	— —	410 415	120
		1 000 1 500	33,0	170,0	44	72	44	39,0 44,0	28 31	0,27	0,15	435 450	

[1] Значение I_{10} относится к ВМ-16.
[2] Указанное значение относится к ВМ-14.

Продолжение

Тип	$U_н$ кв	$I_н$ а	$I_{0,25}$ ка	$P_{0,25}$ мва	$I_р$ ка	$i_р$ ка	I_1 ка	I_6 ка	I_{10} ка	Собственное время, сек: включения	Собственное время, сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла кг
ВМ-22Ф и ВМ-22Н	6,0	400 600	14	150	30	49	30	13,8 19,0	10 13,5	—	—	410 415	180
		1 000 1 500			44	72	44	39,0 44,0	28 31	0,27	0,15	435 450	
	10,0	400 600	7,2	125	30	49	30	13,8 19,0	10 13,5	—	—	410 415	
		1 000			44	72	44	39,0	28	0,27	0,15	435	
ВМ-22Д	6,0	400 600	24 24	250 250	35 35	60 60	35 35	20 27	14 19	— —	— —	— —	— —
ВМ-23Ф ВМ-23Н[1] ВМ-23П[1]	3,0	600 1 000 1 500	40	200	40 50 55	65 82 90	40 50 55	30 50 55	21 36 39	0,25 0,33 0,33	0,1 0,15 0,15	645/530[2] 655/540[2] 670/555[2]	250
	6,0	600 1 000 1 500	30	300	40 50 55	65 82 90	40 50 55	30 50 55	21 36 39	0,25 0,33 0,33	0,1 0,15 0,15	645/530[2] 655/540[2] 670/550[2]	

[1] Масляные выключатели типов ВМ-23П (для наружных установок) и ВМ-23П (для подвески к потолку) являются модификацией типа ВМ-23Н (для внутренней установки).

[2] Первое число относится к ВМ-23Н и ВМ-23П, а второе — к ВМ-23П (вес тележки 130 кг).

Тип	$U_н$, кв	$I_н$, а	$I_{0,05}$, ка	$P_{0,25}$, мгва	$I_д$, ка	$i_д$, ка	$I_т$, ка	$I_б$, ка	$I_п$, ка	Собственное время, сек: включения	Собственное время, сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла, кг
ВМ-23Ф ВМ-23Н [1] ВМ-23П [1]	10,0	600 1 000 1 500	14,5	250	40 50 55	65 82 90	40 50 55	30 50 55	21 36 39	0,25 0,33 0,33	0,1 0,15 0,15	645/530 [2] 655/540 [2] 670/555 [2]	250
ВМ-103	3,0	600 1 000 1 500	40	210	40	65	40	223	—	0,25	0,09	1 500	40
	6,0	600 1 000 1 500	40	400	40	65	40	223	—	0,25	0,09		
ВМ-25 ВМ-25Н	20 35	600 600	8,8 4,4	300 250	30 30	36 36	30 30	19 19	—	0,17	0,075	700/800 [3] 700/850 [3]	370
ВМ-35Ф ВМ-35Н	20 35	600 600	8,8 6,6	300 400	20	33	20	15	10,6	0,25	0,09	775/900 [4] 775/900 [4]	300

[1] Масляные выключатели типов ВМ-23Н (для наружных установок) и ВМ-23П (для подвески к потолку) являются модификацией типа ВМ-23 (для внутренней установки).

[2] Вес с тележкой, указанный в числителе, относится к ВМ-23Ф и ВМ-23Н, а в знаменателе — к ВМ-23П (вес тележки 130 кг).

[3] Вес, указанный в числителе, относится к ВМ-25, в знаменателе — к ВМ-25Н.

[4] Вес, указанный в числителе, относится к ВМ-35Ф, в знаменателе — к ВМ-35Н.

Продолжение

Тип	$U_н$ кв	$I_н$ а	$I_{0,25}$ ка	$P_{0,25}$ мва	$I_р$ ка	$i_р$ ка	I_1 ка	I_5 ка	I_{10} ка	Собственное время, сек: включения	Собственное время, сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла кг
ВМ-125	115	600	5,8	1 000	40	—	40	18	—	0,35	0,06	10 500	7 200
МД-15	10	600 1 000	8,5 8,5	150 150	35 45	60 75	35 40	24 35	17 25	0,25 —	0,16 —	440 450	100 90
ВМГ-122	6	400 600	20	200	30	52	30	15 20	11 14	0,2	0,14	156	5
ВМГ-132	10	400 600 1000	11,6	200	30	52	30	15 20 20	11 14 14	0,2	0,14	180	10
МГФ-11	10	1 000 2 000	11,5	200	42	70	42	35 39,5	25 28	0,36	0,18	300	21
МГГ-223-кб	10	600 1 200 2 000 3 000	30	500	50 60 80 80	82 98 130 130	50 60 80 80	30 50 80 80	21 35 57 57	— 0,75 — —	— 0,14 — —	1 450	30

Продолжение

Тип	$U_н$, кв	$I_н$, а	$I_{0,25}$, ка	$P_{0,25}$, мгва	$I_{пр}$, ка	$i_{пр}$, ка	$I_т$, ка	$I_б$, ка	I_{10}, ка	Собственное время, сек: включения	Собственное время, сек: отключения	Вес выключателя без масла, кг	Вес масла, кг
ММГ-229-кб	10	1 200 2 000	90	1 500	100	168	100	80 100	57 71	—	—	2 000	55
		3 000 4 000			120	200	120	120	85	0,57 —	0,135 —		
МКП-76-Д	35	600 1 200	16,5	1 000	50	84	50	30 40	21 28	—	—	5 400 5 800	1 350
МКП-140-Д	110	600	5,3	1 000	20	33	20	14	10	—	—	—	—
МКП-153-Д	110	600	7,9	1 500	30	40	30	20	14	—	—	11 800	11 100
МКП-160-Д	110	600 1 000	13,2	2 500	30	49	30	20	14	0,8	0,15	12 550/13 350[1]	11 700

[1] В числителе указан вес МКП-160-Д при 6 встроенных трансформаторах тока, в знаменателе — при 12.

2. Ручные автоматические и неавтоматические приводы масляных выключателей

Приводы автоматические типа КАМ

В зависимости от усилий, требующихся для включения выключателей, приводы выполняются двух размеров: малого — КАМ-II и большого — КАМ-III.

Приводы КАМ могут устанавливаться к выключателям, имеющим угол поворота вала $\sim 90°$ и $\sim 180°$.

Область применения приводов различных типов приведена в нижеследующей таблице:

Тип привода	Типы масляных выключателей, к которым применимы приводы:
КАМ-II	ВМ-5 на 200 и 550 *а* ВМ-6 на 200 и 400 *а* ВМ-14 на 200 и 600 *а* ВМ-16 на 200 и 600 *а*
КАМ-III	ВМ-14 на 1 000 и 1 250 *а* ВМ-16 на 1 000 *а* МД-15 на 600 и 1 000 *а* ВМ-22 на 400, 600, 1 000 и 1 500 *а*
КАМ-III—35	ВМ-35 на 600 *а*

Приводы неавтоматические типа ПМ

Тип привода	Типы масляных выключателей, к которым применимы приводы:
ПМ-II	ВМ-5 на 200 и 550 *а* ВМ-6 на 200 и 400 *а* ВМ-14 на 200 и 600 *а* ВМ-16 на 200 и 600 *а*
ПМ-III	ВМ-14 на 1 000 и 1 250 *а* ВМ-16 на 1 000 *а* ВМ-18 на 2 000 и 3 000 *а* ВМ-22 на 400, 600, 1 000 и 1 500 *а* МД-15 на 600 и 1 000 *а* ВМ-35 на 600 *а*

3. Технические данные соленоидных приводов к масляным выключателям

Масляные выключатели		Тип привода	Установившийся ток (I) [1], потребляемый обмотками привода, и сопротивления обмоток (R)											
			включающая катушка				отключающая катушка							
			110 в		220 в		24 в		48 в		110 в		220 в	
тип	$I_н$, а		I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ВМ-5	200, 550	ГП-40	90	1,2	45	5	27	0,9	13,5	3,5	5,2	21,2	2,6	85
ВМ-6	200, 400	ГП-40 ПС-10	90 70	1,2 1,6	45 35	5 6,3	27 32	0,9 0,75	13,5 16	3,5 3,0	5,2 5,0	21,2 22	2,6 2,5	85 88
ВМ-14	200, 600 1 000, 1 250	ГП-125 ГП-125	110 110	1,0 1,0	56,5 56,5	3,9 3,9	— —	— —	— —	— —	4,2 4,2	26 26	2,12 2,12	104 104
ВМ-16	200, 600 200 1 000 600, 1 000	ГП-125 ПС-10 ГП-125 ПС-10	95 100 148 120	— 1,1 0,75 —	48 50 74 60	— 4,4 3,0 —	28 32 28 32	0,86 0,75 0,86 0,75	14 16 14 16	3,44 3,0 3,44 3,0	5,2 5,0 5,2 5,0	21,2 22 21,2 22	2,6 2,5 2,6 2,5	85 88 85 88
ВМ-18	2 000, 3 000	ГП-125 ПС-20	220 220	0,5 —	110 110	2,0 —	28 32	0,86 0,75	14 16	3,44 3,0	5,2 5,0	21,2 22	2,6 2,5	85 88

[1] В таблице приведены расчетные величины тока. Фактическое потребление тока при работе соленоида составляет около 75% расчетного.

Возможное отклонение величины потребляемого тока от значений, приведенных в таблице, ± 10%.

Продолжение

Масляные выключатели		Тип привода	Установившийся ток (I) [1], потребляемый обмотками привода, и сопротивления обмоток (R)											
			включающая катушка				отключающая катушка							
			110 в		220 в		24 в		48 в		110 в		220 в	
тип	$I_н$, а		I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ВМ-22Ф и ВМ-22Н	400, 600	ГП-125	148	—	74	—	28	0,86	14	3,44	5,2	21,2	2,6	85
		ПС-20	130	—	65	—	32	0,75	16	3,0	5,0	2,2	2,5	88
	1 000, 1 500	ГП-125	148	0,75	74	3,0	28	0,86	14	3,44	5,2	21,2	2,6	85
		ПС-20	220	—	110	—	32	0,75	16	3,0	5,0	22	2,5	88
ВМ-23Ф	600	ГП-125	150	—	75	—	28	0,86	14	3,44	6,0	—	3,0	—
	1 000, 1 500		170	0,65	85	2,6	28	0,86	14	3,44	6,0	—	3,0	—
	600, 1 000 1 500	ПС-20	220	—	110	—	32	0,75	16	3,0	5,0	22	2,5	88
ВМ-23П	600	ГП-125	170	—	85	—	—	—	—	—	6	—	3	—
	1 000, 1 500		220	—	110	—	—	—	—	—	6	—	3	—
ВМ-103	600, 1 000 1 500	ГП-103	157	0,7	94	2,34	—	—	—	—	4,26	26	2,95	74,5
ВМ-35Ф ВМ-35Н	600	ГП-125	170	0,65	85	2,6	28	0,86	14	3,44	5,2	21,2	2,6	85
		ПС-20	140	—	70	—	32	0,75	16	3	5	22	2,5	88

[1] См. примечание на стр. 399.

Продолжение

Масляные выключатели		Тип привода	Установившийся ток (I) [1], потребляемый обмотками приводов, и сопротивления обмоток (R)											
			включающая катушка				отключающая катушка							
			110 в		220 в		24 в		48 в		110 в		220 в	
тип	$I_н$, а		I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом	I, а	R, ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ВМ-125	600	ПС-175	206	0,53	103	2,14	—	—	—	—	4,26	26	2,95	74,5
МД-15	600, 1 000	ГП-125 ПС-20	170 ок. 203	0,65 —	85 ок. 102	2,6 —	28 32	0,86 0,75	14 16	3,44 3,0	5,2 5,0	21,2 22	2,6 2,5	85 88
ВМГ-122	400, 600	ПС-1	100	1,1	50	4,4	11	2,2	5,5	8,8	2,2	50	1,1	200
ВМГ-132	600	ПС-1	100	1,1	50	4,4	11	2,2	5,5	8,8	2,2	50	1,1	200
МГФ-11	1 000, 2 000	ПС-25	160	0,7	80	2,8	32	0,75	16	3	5	22	2,5	88
МГГ-223-КБ	2 000, 3 000	ПВС-14-КБ ПС-30	220 220	— 0,5	110 110	— 2,0	— 32	— 0,75	— 16	— 3	6 5	— 22	3 2,5	— 88
МГГ-229-КБ	2 000, 3 000 4 000	ПВС-150-КБ ПС-30	275 340	— —	137,5 170	— —	— 32	— 0,75	— 16	— 3	5 5	— 22	2,5 2,5	— 88

[1] См. примечание на стр. 339.

Продолжение

Масляные выключатели		Тип привода	Установившийся ток (I) [1], потребляемый обмотками привода, и сопротивления обмоток (R)											
			включающая катушка				отключающая катушка							
			110 *в*		220 *в*		24 *в*		48 *в*		110 *в*		220 *в*	
тип	$I_н$, *а*		I, *а*	R, *ом*	I, *а*	R, *ом*	I, *а*	R, *ом*	I, *а*	R, *ом*	I, *а*	R, *ом*	I, *а*	R, *ом*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
МКП-76-Д	600	ПВС-14	246	—	123	—	—	—	—	—	6	—	3	—
		ПС-30	490	—	245	—	32	0,75	16	3	5	22	2,5	88
	1 200	ПВС-150	190	—	95	—	—	—	—	—	5	—	2,5	—
МКП-140-Д	600	ПВС-150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МКП-153-Д	600	ПВС-150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МКП-160-Д	600, 1 000	ПВС-150	400	—	200	—	—	—	—	—	5,0	—	2,5	—
		ПС-30	440	—	220	—	41,5	0,58	20,75	2,32	8,2	13,4	4,1	53,6
		ПИ-32-Б (моторный инерционный)	ок. 50,6	—	25,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[1] См. примечание на стр. 399.

4. Допустимые для соленоидных приводов колебания напряжения в процентах от номинального

Тип привода	Включающая катушка	Отключающая катушка
ГП-40 и ГП-125	95—115%	80—120%
ПС-10; ПС-20; ПС-25 и ПС-30	80—110%	65 120%

§ 23. Разъединители

Технические данные

1. Номинальные токи разъединителей:
200, 400, 600, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000, 4 000 и 5,000 *а*.

2. Динамическая и термическая устойчивость при коротких замыканиях [1]

$I_н$, *а*	200 [2]	400 [2]		600		1 000		1 500	2 000	3 000 4 000 5 000
Завод-изготовитель [3]	УЭМ	УЭМ	ЭА	УЭМ	ЭА	УЭМ	ЭА	ЭА	ЭА	ЭА
$I_{пр}$, *ка*	32	44	35	46	38	84	77	116	168	200
$I_{пр}$, *ка*	—	27	21	30	23	60	46	69	100	120
$I_ь$, *ка*	8	14	12	20	19	40	38	57	100	120
$I_{тр}$, *ка*	5,6	10	8,5	14,2	13,5	28	27	40	70	85

Допустимый ток ... [4]

[1] См. примечание на стр. 396.

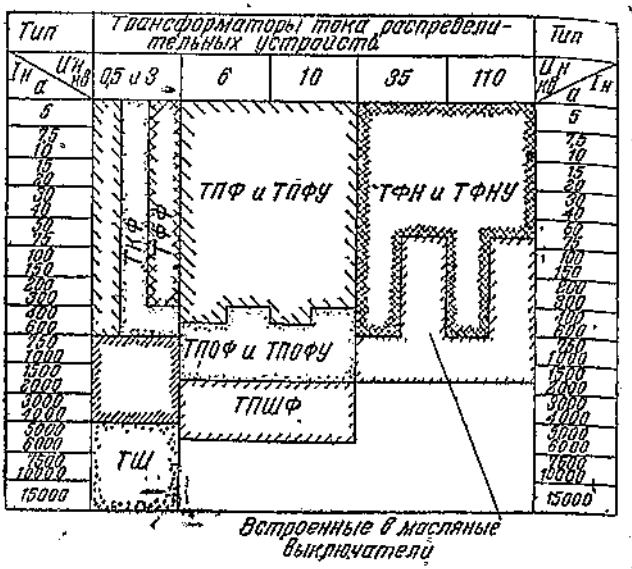
[1] Данные динамической и термической устойчивости действительны для однополюсных и трехполюсных разъединителей.
[2] Разъединители на 200 и 400 *а* изготовляются с железными ножами.
[3] Заводы-изготовители: УЭМ—Уралэлектромашина, ЭА—Электроаппарат.
[4] Условные обозначения, см. § 4.

§ 24. Трансформаторы тока

1. Типы и номинальные токи

Типы и номинальные токи трансформаторов тока для измерения и за
щиты приведены на фиг. 32.

Классы точности проходных трансформаторов тока на напряжение
до 10 *кв* включительно указаны в таблицах пп. 5, 7, 9, 10, 11 и 12.



Фиг. 32. Типы и номинальная сила тока трансформаторов тока.

Обозначения трансформаторов тока:

а) *Т* — трансформатор тока;

б) конструктивное выполнение: *П* — проходной многовитковый, *ПО* — проходной одновитковый, *Ш* — шинный, *К* — катушечный;

в) *Ф* — с фарфоровой изоляцией;

г) *У* — усиленное (в отношении устойчивости к токам к. з.) выполнение первичной обмотки;

д) *Д* и *З* — специальные исполнения трансформаторов тока соответственно для дифференциальной и земляной защит;

е) *Н* — для наружной установки;

ж) после буквенного обозначения (за чертой) ставится класс точности трансформаторов тока. При двух сердечниках в числителе ставится высший класс, в знаменателе — низший. Далее за чертой в числителе дроби ставится цифра, указывающая номинальное напряжение, в знаменателе — число, указывающее номинальную первичную силу тока.

2. Классы точности трансформаторов тока

Наименование класса	Первичный ток в процентах от номинального	Максимальные значения: токовой погрешности в %	Максимальные значения: угловой погрешности в минутах	Область применения	Условия вторичной нагрузки при частоте 50 гц
0,2	от 120 до 100	±2	±10	В качестве трансформаторов тока для измерения погрешностей трансформаторов тока и для специальных лабораторных измерений	Для вторичной нагрузки в пределах от 25 до 100% номинального значения и при вторичном коэфициенте мощности $\cos\varphi_2 = 0{,}8$. Минимальное значение вторичной нагрузки должно быть не ниже 0,15 *ом* для трансформаторов тока с номинальным вторичным током 5 *а* и 1,5 *ом* — для трансформаторов тока с номинальным вторичным током 1 *а*. Номинальные нагрузки вторичной цепи для трансформаторов тока на 5 *а* — 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6 и 2 *ом*. Для трансформаторов тока на 1 *а* — 5, 10, 15, 20 и 30 *ом*. При этом нагрузка 0,2 *ом* применяется в трансформаторах тока 3 *кв*.
	20	±0,35	±15		
	10	±0,5	±20		
0,5	от 120 до 100	±0,5	±40	1. Для точных измерений энергии и мощности в эксплоатации, в частности, для работы со счетчиками первого класса, регулировка которых производится отдельно от трансформатора тока и для которых, согласно действующему ОСТ, требуются взаимнозаменяемые трансформаторы тока. 2. В лабораторных и контрольных установках.	
	20	±0,75	±50		
	10	±1,0	±60		

Продолжение

Наименование класса	Первичный ток в процентах от номинального	Максимальные значения		Область применения	Условия вторичной нагрузки при частоте 50 *гц*
		токовой погрешности в %	угловой погрешности в минутах		
1	от 120 до 100	±1,0	± 80	1. Для измерений энергии и мощности в эксплоатации, например: а) для обслуживания счетчиков второго класса, регулировка которых производится совместно с трансформаторами тока; б) в тех случаях, когда класс 0,5 неприменим по своим характеристикам устойчивости к токам к. з. 2. В лабораторных и контрольных установках.	
	20	±1,5	±100		
	10	±2,0	±120		
3	от 120 до 50	± 3	Не стандартизуется	Для амперметров и максимальных реле.	
10	от 120 до 50	± 10			

3. Варианты исполнения многовитковых трансформаторов тока для дифференциальной и земляной защит

Варианты исполнения	ТПФД, ТПФЗ, ТПФЗД			ТПФУД, ТПФУЗ, ТПФУЗД		
	$I_н$ первичной обмотки *а*	1-й сердечник	2-й сердечник	$I_н$ первичной обмотки *а*	1-й сердечник	2-й сердечник
Д	40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400	Д	—	40, 50, 75, 100, 150, 200, 300	Д	—
Д/Д		Д	Д		Д	Д
Д/0,5		Д	0,5		Д	1
Д/1		Д	3		Д	3
Д/3		З	—		З	—
З		З	Д		З	Д
З/Д		З	0,5		З	1
З/0,5		З	3		З	3
З/1						
З/3						

4. Варианты исполнения одновитковых трансформаторов тока для дифференциальной и земляной защит

Варианты исполнения	ТПОФД, ТПОФЗ, ТПОФЗД				
	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$ *а*	1-й сердечник		2-й сердечник	
		исполнение	вторичный ток *а*	исполнение	вторичный ток *а*
Д	500, 600, 750, 1 000, 1 500	Д	5	—	—
З	500, 600, 750, 1 500	З	5	—	—
З	1 500	З	10	—	—
Д/Д	600, 750, 1 000, 1 500	Д	5	Д	5
З/Д	600, 750, 1 000	З	5	Д	5
З/Д	1 500	З	10	Д	5

Продолжение

Варианты исполнения	ТПОФД, ТПОФЗ, ТПОФЗД				
	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$ *а*	1-й сердечник		2-й сердечник	
		исполнение	вторичный ток *а*	исполнение	вторичный ток *а*
Д/0,5	750, 1 000, 1 500	Д	5	0,5	5
З/0,5	750, 1 000	З	5	0,5	5
З/0,5	1 500	З	10	0,5	5
Д/1, или З/1	600, 750, 1 000	Д или З	5	1	5
Д/3	600, 750, 1 000, 1 500	Д	5	3	5
З/3	600, 750, 1 000	З	5	3	5
З/3	1 500	З	10	3	5

Продолжение

Варианты исполнения	ТПОФУД, ТПОФУЗ, ТПОФУЗД				
	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$ *а*	1-й сердечник		2-й сердечник	
		исполнение	вторичный ток *а*	исполнение	вторичный ток *а*
Д	400, 500, 600, 750, 1 000	Д	5	—	—
З	400, 500, 600, 750, 1 000	З	5	—	—
Д/Д	600, 750, 1 000	Д	5	Д	5
З/Д	600, 750, 1 000	З	5	Д	5
Д/0,5	750, 1 000	Д	5	0,5	5

Продолжение

Варианты исполнения	ТПОФУД, ТПОФУЗ, ТПОФУЗД				
	Номинальный первичный ток обмотки $I_н$ *а*	1-й сердечник		2-й сердечник	
		исполнение	вторичный ток *а*	исполнение	вторичный ток *а*
З/0,5	750, 1 000	З	5	0,5	5
Д/1 или З/1	600, 750, 1 000	Д или З	5	1	5
Д/З	600, 750, 1000	Д	5	З	5
З/З	600, 750, 1 000	З	5	З	5

5. Динамическая устойчивость трансформаторов тока

Расчетные формулы для определения динамической устойчивости см. § 15.

Для многовитковых трансформаторов тока типов ТПФ и ТПФУ проверяется внутренняя динамическая устойчивость (витков) и устойчивость, связанная с усилиями на головки (выводы высокого напряжения) трансформаторов тока; для одновитковых трансформаторов тока типов ТПОФ и ТПОФУ — только последняя.

Динамическая устойчивость приведена в таблицах в виде максимально допустимого ударного тока к. з. (амплитудные значения).

Динамическая устойчивость защитных сердечников трансформаторов тока ТПФД, ТПФЗ, ТПФЗД совпадает с соответствующими величинами для сердечников класса точности 0,5 типа ТПФ, а типов ТПФУД, ТПФУЗ, ТПФУЗД — с величинами для сердечников класса точности I типа ТПФ.

Динамическая устойчивость защитных сердечников трансформаторов тока ТПОФД, ТПОФЗ, ТПОФЗД может быть принята для приближенных расчетов одинаковой с динамической устойчивостью сердечников трансформаторов тока типа ТПОФ до 1 000 *а*, класса точности 0,5/0,5, а типов ТПОФУД, ТПОФУЗ, ТПОФУЗД — одинаковой с сердечниками класса точности 0,5/0,5 трансформаторов тока типа ТПОФУ до 1 000 *а*.

Внутренняя динамическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока типов ТПФ и ТПФУ

Тип	Номинальный класс точности	$U_н$ кв	Номинальный ток, а													
			5	7,5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400
ТПФ	0,5	6	0,35	0,80	1,41	3,30	4,67	7,0	9,30	11,7	17,5	23,3	35	46,6	70,0	93,2
		10	0,32	0,69	1,27	2,97	4,67	7,0	9,30	11,7	17,5	23,3	35	46,6	70,0	93,2
	0,5/0,5 0,5/3	6	0,32	0,69	1,27	2,97	4,67	7,0	9,30	11,7	17,5	23,3	35	46,6	70,0	93,2
		10	0,28	0,64	1,13	2,65	4,67	7,0	9,30	11,7	17,5	23,3	35	46,6	70,0	93,2
	1 - 3	6	0,60	1,27	2,34	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
		10	0,53	1,17	2,12	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
	1/1 1/3 3/3	6	0,495	1,11	2,05	4,27	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
		10	0,46	1,02	1,84	4,05	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
ТПФУ	1	6	0,74	1,59	2,83	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
		10	0,67	1,43	2,55	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
	1/1 1/3 3/3	6	0,635	1,38	2,47	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
		10	0,60	1,27	2,2	5,3	7,07	10,6	14,1	17,7	26,5	35,3	53	70,7	106	141,2
	3	6	2,83	5,3	7,07	10,6	14,2	21,2	28,2	35,4	53,0	70,7	106	141,2	212	282,5
		10	0,18	5,3	7,07	10,6	14,2	21,2	28,2	35,4	53,0	70,7	106	141,2	212	282,5

Динамическая устойчивость (в килоамперах) на выводах трансформаторов тока типов ТПФ и ТПФУ

Число сердечников	Расстояние (l) от выводов трансформатора тока до ближайшего изолятора той же фазы *см*	$a^1 = 30$ *см*		$a = 35$ *см*		$a = 40$ *см*	
		Динамическая устойчивость выводов *ка*		Динамическая устойчивость выводов *ка*		Динамическая устойчивость выводов *ка*	
		верхнего	нижнего	верхнего	нижнего	верхнего	нижнего
1	150	58,2	47,5	63,0	51,3	67,2	59,4
	140	60,3	49,2	65,2	53,0	69,6	56,8
	120	65,2	53,2	70,5	57,4	75,2	61,3
	100	71,4	58,2	77,1	62,9	82,4	67,2
	80	79,8	65,0	86,2	70,3	92,0	75,0
	60	92,2	75,0	99,5	81,2	106,0	86,7
	40	113,0	92,2	122,0	99,5	130,0	106,0
	20	160,0	130,0	172,0	140,0	184,0	150,0
2	150	58,2	41,2	63,0	44,6	67,2	47,5
	140	60,3	42,7	65,2	46,2	69,6	49,2
	120	65,5	46,1	70,5	49,8	75,2	53,2
	100	71,4	50,5	77,1	54,6	82,4	58,2
	80	79,8	56,5	86,2	61,0	92,0	65,0
	60	92,2	65,2	99,5	70,5	106,0	75,0
	40	113,0	79,8	122,0	86,3	130,0	92,0
	20	160,0	113,0	172,0	122,0	184,0	130,0

[1] a — расстояние между фазами.

Динамическая устойчивость (в килоамперах) выводов трансформаторов тока 400—1 500 *а*, типов ТПОФ и ТПОФУ 10 *кв*

а) Расстояние между фазами — 40 см

Тип	Номинальный класс точности	$l^1 = 100$ *см*. Номинальные токи трансформаторов тока, *а*					$l^1 = 50$ *см*. Номинальные токи трансформаторов тока, *а*					$l^1 = 20$ *см*. Номинальные токи трансформаторов тока, *а*				
		400	600	750	1 000	1 500	400	600	750	1 000	1 500	400	600	750	1 000	1 500
ТПОФ	0,5	—	74,4	89,6	89,6	89,6	—	93	112	112	112	—	107	129	129	129
	0,5/0,5	—	—	74,4	89,6	89,6	—	—	93	112	112	—	—	107	129	129
	0,5/1	—	—	74,4	89,6	—	—	—	93	112	—	—	—	107	129	—
	0,5/3	—	74,4	74,4	89,6	89,6	—	93	93	112	112	—	107	129	129	—
	1	—	89,6	89,6	89,6	—	—	112	112	112	—	—	129	129	129	—
	1/1	—	74,4	74,4	89,6	—	—	93	93	112	—	—	107	107	129	—
	1/3	—	74,4	89,6	89,6	—	—	93	112	112	—	—	107	129	129	—
	3	—	89,6	89,6	89,6	89,6	—	112	112	112	112	—	129	129	129	129
	3/3	—	89,6	89,6	89,6	89,6	—	112	112	112	112	—	129	129	129	129
ТПОФУ	0,5	—	74,4	89,6	89,6	—	—	93	112	112	—	—	107	129	129	—
	0,5/0,5	—	—	74,4	89,6	—	—	—	93	112	—	—	—	129	129	—
	0,5/1	—	—	74,4	89,6	—	—	—	93	112	—	—	—	107	129	—
	0,5/3	—	74,4	74,4	89,6	—	—	93	93	112	—	—	107	107	129	—
	1	74,4	89,6	89,6	89,6	—	93	112	112	112	—	107	129	129	129	—
	1/1	—	74,4	74,4	89,6	—	—	93	93	112	—	—	107	107	129	—
	1/3	74,4	74,4	89,6	89,6	—	93	93	112	112	—	107	107	129	129	—
	3	89,6	89,6	89,6	89,6	—	112	112	112	112	—	129	129	129	129	—
	3/3	89,6	89,6	89,6	89,6	—	112	112	112	112	—	129	129	129	129	—

[1] l — расстояние от вывода первичной цепи до ближайшего проводника той же фазы.

[1] l — Расстояние от вывода первичной цепи до ближайшего проводника той же фазы.

[1] l — расстояние от вывода первичного тока до ближайшего изолятора той же фазы.

б) Расстояние между фазами — 25 см.

Тип	Номинальный класс точности	l^1 = 100 см. Номинальные токи трансформаторов тока, а					l^1 = 50 см. Номинальные токи трансформаторов тока, а					l^1 = 20 см. Номинальные токи трансформаторов тока, а				
		400	600	750	1 000	1 500	400	600	750	1 000	1 500	400	600	750	1 000	1 500
ТПОФ	0,5	—	69,5	84	84	84	—	86,9	104,8	104,8	104,8	—	100	120	120	120
	0,5/0,5	—	—	69,5	84	84	—	—	86,9	104,8	104,8	—	—	100	120	120
	0,5/1	—	—	69,5	84	—	—	—	86,9	104,8	—	—	—	100	120	—
	0,5/3	—	69,5	69,5	84	84	—	86,9	86,9	104,8	104,8	—	100	100	120	120
	1	—	84	84	84	—	—	104,8	104,8	104,8	—	—	120	120	120	—
	1/1	—	69,5	69,5	84	—	—	86,9	86,9	104,8	—	—	100	100	120	—
	1/3	—	69,5	84	84	—	—	86,9	104,8	104,8	—	—	100	120	120	—
	3	—	84	84	84	84	—	104,8	104,8	104,8	104,8	—	120	120	120	120
	3/3	—	84	84	84	84	—	104,8	104,8	104,8	104,8	—	120	120	120	120
ТПОФУ	0,5	—	69,5	84	84	—	—	86,9	104,8	104,8	—	—	100	120	120	—
	0,5/0,5	—	—	69,5	84	—	—	—	86,9	104,8	—	—	—	100	120	—
	0,5/1	—	—	69,5	84	—	—	—	86,9	104,8	—	—	—	100	120	—
	0,5/3	—	69,5	69,5	84	—	—	86,9	86,9	104,8	—	—	100	100	120	—
	1	69,5	84	84	84	—	86,9	104,8	104,8	104,8	—	100	120	120	120	—
	1/1	—	69,5	69,5	84	—	—	86,9	86,9	104,8	—	—	100	100	120	—
	1/3	69,5	69,5	84	84	—	86,9	86,9	104,8	104,8	—	100	100	120	120	—
	3	84	84	84	84	—	104,8	104,8	104,8	104,8	—	120	120	120	120	—
	3/3	84	84	84	84	—	104,8	104,8	104,8	104,8	—	120	120	120	120	—

[1] l — расстояние от выводов первичного тока до ближайшего изолятора той же фазы.

6. Термическая устойчивость трансформаторов тока

Расчетные формулы для определения термической устойчивости см. в § 14.

Термическая устойчивость (допустимые токи к. з.) для трансформаторов тока ТПФ, ТПФУ, ТПОФ, ТПОФУ приведена в зависимости от фиктивного времени действия тока к. з.

Термическая устойчивость защитных сердечников трансформаторов тока типов ТПФД, ТПФЗ, ТПФЗД совпадает с соответствующими величинами для сердечников класса точности 0,5 типа ТПФ, а трансформаторов тока типов ТПФУД, ТПФУЗ, ТПФУЗД — с величинами для сердечников класса точности 1 типа ТПФУ.

Термическая устойчивость защитных сердечников трансформаторов тока типов ТПОФД, ТПОФЗ, ТПОФЗД, совпадает с соответствующими величинами для трансформаторов тока типа ТПОФ, а типов ТПОФУД, ТПОФУЗ, ТПОФУЗД — с величинами для сердечников классов точности 0,5 и 1 типа ТПОФУ.

Термическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока 20—50 *а* типов ТПФ и ТПФУ

Номинальный ток, *а*	20				30				40				50			
Тип	ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ	
	Классы точности															
t_{ϕ} сек.	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1/3 1/1 1/3 3/3	1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1/3 1/1 1/3 3/3	1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1/3 1/1 1/3 3/3	1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1/3 1/1 1/3 3/3	1/1 1/3 3/3	3
0,25	3,0	3,20	4,4	9,60	4,50	4,80	6,6	14,4	6,0	6,4	8,8	19,2	7,5	8,0	11	24
0,50	2,13	2,27	3,12	6,80	3,20	3,40	4,7	10,2	4,25	4,55	6,2	13,6	5,3	5,7	7,8	17
0,75	1,73	1,85	2,54	5,50	2,60	2,76	3,8	8,3	3,45	3,70	5,1	11,0	4,3	4,6	6,3	13,8
1,0	1,50	1,60	2,2	4,80	2,25	2,40	3,3	7,2	3,0	3,2	4,4	9,6	3,75	4,0	5,5	12,0
1,5	1,23	1,31	1,8	3,95	1,85	1,98	2,7	5,9	2,45	2,6	3,6	7,85	3,05	3,3	4,5	9,8
2,0	1,06	1,13	1,55	3,40	1,60	1,70	2,35	5,1	2,1	2,25	3,1	6,8	2,65	2,85	3,9	8,5
2,5	0,95	1,05	1,40	3,05	1,43	1,52	2,1	4,55	1,9	2,0	2,8	6,1	2,37	2,55	3,5	7,6
3,0	0,87	0,95	1,25	2,80	1,30	1,40	1,9	4,2	1,7	1,85	2,55	5,5	2,15	2,3	3,2	7,0
3,5	0,80	0,85	1,15	2,56	1,20	1,30	1,76	3,85	1,6	1,7	2,35	5,1	2,0	2,15	2,95	6,4
4,0	0,75	0,80	1,10	2,40	1,13	1,20	1,65	3,6	1,5	1,6	2,2	4,8	1,85	2,0	2,75	6,0
4,5	0,71	0,75	1,05	2,26	1,06	1,14	1,56	3,4	1,4	1,5	2,1	4,5	1,75	1,9	2,6	5,7
5,0	0,64	0,72	1,00	2,20	0,96	1,08	1,50	3,3	1,28	1,44	2,0	4,4	1,60	1,80	2,5	5,5
5,5	0,62	0,68	0,93	2,10	0,93	1,02	1,40	3,1	1,22	1,36	1,9	4,1	1,55	1,70	2,3	5,1
6,0	0,60	0,65	0,90	2,00	0,90	0,98	1,35	3,0	1,20	1,30	1,8	3,9	1,5	1,60	2,2	4,9
6,5	0,58	0,62	0,86	1,90	0,85	0,93	1,30	2,80	1,16	1,24	1,7	3,7	1,45	1,50	2,1	4,7

Термическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока 75—200 а типов ТПФ и ТПОФ

6,0 6,5	0,60 0,58	0,65 0,62	0,90 0,86	2,00 1,90	0,90 0,86	0,98 0,93	1,35 1,30	3,0 2,80	1,20 1,16	1,30 1,24	1,8 1,7	3,9 3,7	1,5 1,4	1,60 1,50	2,2 2,1	4,2 4,7

Термическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока 75—200 а типов ТПФ и ТПФУ

Номинальный ток, а	75				100				150				200			
Тип	ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ	
	Классы точности															
$t_{ф}$ сек.	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1 3 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1 3 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0;5/3	1 3 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1 3 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3
0,25	11,2	12	16,5	36	15	16	22	48	22,5	24	33	72	30	32	44	96
0,50	8,0	8,5	11,8	25,5	10,6	11,4	15,6	34	16	17	23	51	21,2	22,6	31,2	68
0,75	6,5	6,9	9,5	20,5	8,6	9,2	12,7	27,5	13	13,8	19	41	17,2	18,4	25,4	55
1,0	5,6	6,0	8,25	18	7,5	8,0	11,0	24	11,25	12	16,5	36	15	16	22	48
1,5	4,6	4,9	6,8	15	6,3	6,5	9,0	19,6	9,2	9,8	13,5	29,5	12,5	13	18	39,2
2,0	4,0	4,25	5,8	13	5,3	5,6	7,8	17,0	8,0	8,5	11,5	25,5	10,6	11,2	15,6	34
2,5	3,55	3,8	5,3	11,5	4,75	5,1	7,0	15,0	7,1	7,6	10,5	23	9,5	10,2	14	30
3,0	3,25	3,5	4,8	10,5	4,35	4,6	6,4	14,0	6,2	7,0	9,5	21	8,7	9,2	12,8	28
3,5	3,0	3,2	4,4	9,6	4,0	4,3	5,9	13,0	6,0	6,4	8,9	19	8,0	8,6	11,8	26
4,0	2,8	3,0	4,1	9,0	3,75	4,0	5,5	12,0	5,65	6,0	8,3	18	7,5	8,0	11	24
4,5	2,6	2,85	3,9	8,5	3,50	3,8	5,2	11,3	5,3	5,7	7,8	17	7,0	7,6	10,4	22,6
5,0	2,4	2,7	3,75	8,25	3,2	3,6	5,0	11,0	4,8	5,4	7,5	16,5	6,4	7,2	10	22
5,5	2,3	2,5	3,5	7,7	3,1	3,4	4,7	10,5	4,7	5,1	7,1	15,5	6,2	6,8	9,4	20,5
6,0	2,25	2,4	3,35	7,3	3,0	3,2	4,5	9,8	4,6	4,9	6,8	14,5	6,0	6,4	9,0	19,5
6,5	2,2	2,3	3,22	7,0	2,9	3,0	4,3	9,4	4,4	4,7	6,5	14	5,8	6,0	8,6	18,5

Термическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока 300—400 *а* типов ТПФ и ТПФУ

Номинальный ток, *а*	300				400			
Тип	ТПФ		ТПФУ		ТПФ		ТПФУ	
	Классы точности							
t_{ϕ} сек.	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3	0,5 0,5/0,5 0,5/3	1 3 1/1 1/3 3/3	1 1/1 1/3 3/3	3
0,25	45	48	66	144	60	64	88	192
0,5	31,8	34,2	46,8	102	42,4	45,6	62,4	136
0,75	25,8	27,6	38,1	82,5	34,4	36,8	50,8	110
1,0	22,5	24	33	72	30	32	44	96
1,5	18,9	19,5	27	58,8	25,2	26	36	78,4
2,0	15,9	16,8	23,4	51	21,2	22,4	31,2	68
2,5	14,25	15,3	21	45	19	20,4	28	60
3,0	13,0	13,8	19,8	42	17,4	18,4	25,6	56
3,5	12,0	12,9	17,7	39	16	17,2	23,6	52
4,0	11,2	12	16,5	36	15	16	22	48
4,5	10,5	11,4	15,6	33,9	14	15,2	20,8	45,2
5,0	9,6	10,8	15	33	12,8	14,4	20	44
5,5	9,3	10,2	14,1	31	12,4	13,6	18,8	42
6,0	9,0	9,7	13,5	29	12	12,8	18	39,2
6,5	8,7	9,4	12,9	28	11,6	12	17,2	37,6

Термическая устойчивость (в килоамперах) трансформаторов тока 400—1 500 *а* типов ТПОФ и ТПОФУ

Номинальный ток, *а*	400		600			750			1 000			1500
Тип	ТПОФУ		ТПОФ	ТПОФУ		ТПОФ	ТПОФУ		ТПОФ	ТПОФУ		ТПОФ
	Классы точности											
t_{ϕ} сек.	1 1/3	3 3/3	0,5 0,5/3 1 1/1 1/3 3 3/3	0,5 0,5/3 1 1/1 1/3	3 3/3	0,5 0,5/0,5 0,5/1 0,5/3 1 1/1 3 3/3	0,5 0,5/0,5 0,5/1 0,5/3 1 1/1 1/3	3 3/3	0,5 0,5/0,5 0,5/1 0,5/3 1 1/1 3 3/3	0,5 0,5/0,5 0,5/1 0,5/3 1 1/1 1/3	3 3/3	0,5 0,5/0,5 0,5/3 1 3/3
0,25	96	192	96	144	288	120	180	360	160	240	480	240
0,50	68	136	68	102	204	85	128	256	118	170	340	170
0,75	55,5	111	55,5	83	166	69	104	208	92,5	138	276	138
1,0	48	96	48	72	144	60	90	180	80	120	240	120
1,5	39,2	78,4	39,2	58,8	117,6	49	73,5	147	65,5	98	196	98
2,0	34	68	34	51	102	42,5	63,6	127,2	56,5	85	170	85
2,5	30,2	60,4	30,2	45,5	91	38	57	114	50,5	76	152	76
3,0	27,7	55,4	27,7	41,5	83	34,6	52	104	46,2	69,3	138,6	69,2
3,5	25,6	51,2	25,6	38,5	77	32	48	96	42,8	64	128	64
4,0	24	48	24	36	72	30	45	90	40	60	120	60
4,5	22,7	45,4	22,7	34	68	28,3	42,5	85	37,8	56,6	113,2	56,6
5,0	21,4	42,8	21,4	32,3	64,6	26,9	39,7	79,4	35	53,5	107	53,5
5,5	20,5	41	20,5	30	60	25,5	38,4	76,8	34	51	102	51
6,0	19,6	39,2	19,6	29,4	58,8	24,5	36,6	73,4	32,6	49	98	49
6,5	18,8	37,6	18,8	28,2	56,4	23,5	35,2	70,4	31,3	47	94	47

4. Определение максимальной кратности тока во вторичной обмотке трансформаторов тока

Максимальная кратность тока во вторичной обмотке трансформатора тока при коротком замыкании в первичной цепи определяется по одной из следующих формул:

$$n_1 = n\frac{S_T + S_н}{S_T + S_н'} \quad \text{или} \quad n_1 = n\frac{Z_T + Z_н}{Z_T + Z_н'},$$

где n — максимальная кратность вторичного тока при номинальной нагрузке трансформатора тока ($S_н$ или $Z_н$),

n_1 — максимальная кратность вторичного тока при заданной нагрузке трансформатора тока $S_н'$ или $Z_н'$,

S_T — мощность, потребляемая вторичной обмоткой трансформатора тока, *ва*,

$S_н$ — номинальная вторичная нагрузка, *ва*,

$S_н'$ — заданная вторичная нагрузка, *ва*,

Z_T — полное сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока, *ом*,

$Z_н$ — номинальная вторичная нагрузка, *ом*,

$Z_н'$ — заданная вторичная нагрузка, *ом*.

Величины n, S_T, Z_T, $S_н$ и $Z_н$ приведены в нижеследующей таблице.

Тип трансформатора тока	Напряжение, *кв*	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$, *а*	Номинальный класс точности	Вариант по точности	№ сердечника	n	S_T	Z_T	$S_н$	$Z_н$
ТФ	6—10	5—400	0,5	0,5; 0,5/0,5; 0,5/3	1	35	15	—	15	—
			1	1; 1/1; 1/3	1	25	9	—	15	—
			3	0,5/3	2	15	9	—	30	—
			3	1/3; 3; 3/3	—	12	5	—	30	—
ТПФ		5—600	1	1	1	32	5,5	—	—	—
ТФУ		5—300	1	1; 1/1; 1/3	1	27	9	—	15	—
			3	1/3; 3/3	2	12	5	—	30	—
			3	3	1	15	25	—	30	—
ТФД, ТФЗ, ТФЗД		40—400	З; Д	—	1	35	—	0,58	—	0,6
ТФУД, ТФУЗ, ТФУЗД		40—300	З; Д	—	1	24	—	0,27	—	0,6

Продолжение

Тип трансформатора тока	Напряжение, кв	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$ а	Номинальный класс точности	Вариант по точности	№ сердечника	n	$S_т$	$Z_т$	S_2
ТПШФД	10	2 000	Д	—	1	65	—	0,6	
		3 000	Д	—	1	65	—	0,75	
		4 000	Д	—	1	55	—	0,85	
		5 000	Д	—	1	40	—	0,90	
ТПШФЗ	10	2 000	3	—	1	30	—	0,23	
		3 000	3	—	1	30	—	0,38	
		4 000	3	—	1	25	—	0,41	
		5 000	3	—	1	20	—	0,42	
ТКФ	3	5—600	1	—	1	20	20	—	25
		5—600	3	—	1	9	10	—	50
ТПШФ	10	2 000	0,5	—	1 или 2	42	11,8	—	30
		3 000	0,5	—		55	19	—	30
		4 000	0,5	—		32	18,5	—	30
		5 000	0,5	—		35	23	—	30
		2 000	3	—		9	7	—	50
		3 000	3	—		11	11,5	—	50
		4 000	3	—		9	13,3	—	50
		5 000	3	—		11	16,5	—	50
ТПОФ и ТПОФУ	10	600	0,5	—	1 или 2	62	12	—	20
		750	0,5	—		60	9,5	—	20
		1 000	0,5	—		42	8,5	—	20
		1 500	0,5	—		40	10,5	—	20
		400	1	—		44	7	—	20
		600	1	—		49	9	—	20
		750	1	—		43	7	—	20
		1 000	1	—		31	7	—	20
		400	3	—		11	3,5	—	30
		600	3	—		11	4,5	—	50
		750	3	—		12	5,5	—	50
		1 000	3	—		9	6,5	—	50
		1 500	3	—		12	9,5	—	50

Продолжение

Тип трансформатора тока	Напряжение, кв	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$ а	Номинальный класс точности	Вариант по точности	№ сердечника	n	S_T	Z_T	$S_н$	$Z_н$
ТФН-0,5 ТФНЗ-0,5/0,5 ТФНЗ-Д/0,5 ТФНЗ-3/0,5	10	15—600	0,5	—	1	36	19	—	50	—
		15—600 (для ТФНЗ-3/0,5 100—600)	0,5; Д; З	—	1	33	13,5	—	20	—
		15—600 (для ТФНЗ-3/0,5 100—600)	0,5	—	2	22	10	—	20	—
ТФН-0,5/1		15—600	0,5	—	1	26	13,5	—	30	—
		15—600	1	—	2	22	10	—	20	—
ТФНЗ-Д/1 ТФНЗ-3/1		15—600	Д; З	—	1	33	13,5	—	20	—
		15—600	1	—	2	12	10	—	50	—
ТФН-1/1 ТФНУ-1/1		15—400	1	—	1	29	10	—	20	—
		15—400	1	—	2	18	7,5	—	20	—
ТФН-3/3 ТФНУ-3/3		15—300	3	—	1	12	6,5	—	50	—
		15—300	3	—	2	8	8	—	50	—
ТФНУ-0,5		15—400	0,5	—	1	56	13	—	20	—
ТФН-0,5/3		15—1 000	0,5	—	1	35	18	—	50	—
			3	—	2	12	11	—	50	—
ТФН-1/1 ТФНУ-1/1	35	Для ТФН-1/1 15—1 000	1	—	1 до 750 а	25	10	—	30	—
		Для ТФНУ-1/1 15—600	1	—	1 на 1 000 а	14	18	—	30[1]	—
		Для ТФН-1/1 15—1 000	1	—	2 до 750 а	35	14	—	30	—
		Для ТФНУ-1/1 15—600	1	—	2 на 1 000 а	35	23	—	30	—

[1] Величина $S_{2н}$ для 2-го сердечника равна 50.

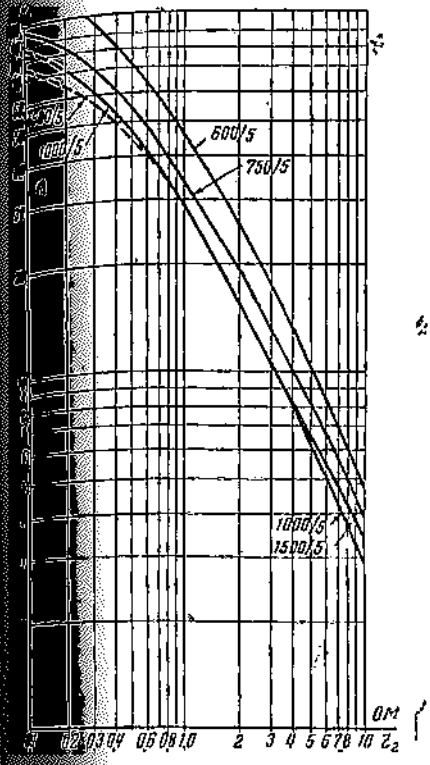
Продолжение

Тип трансформатора тока	Напряжение, кв	Номинальный ток первичной обмотки $I_н$, а	Номинальный класс точности	Вариант по точности	№ сердечника	n	$S_т$	$Z_т$
ТФНД-Д/1 ТФНУД-Д/1	35	Для ТФНД-Д/1 15—1 000	Д	—	1 до 750 а	25	10	—
		Для ТФНУД-Д/1 15—600	Д	—	1 на 1 000 а	25	18	—
		Для ТФНД-Д/1 15—1 000	1	—	2 до 750 а	45	14	—
		Для ТФНУД-Д/1 15—600	1	—	2 на 1 000 а	55	23	—
ТФНУ-1/3		15—600	1 3	— —	1 2	25 10	12 7,5	—
ТФН-3/3 ТФНУ-3/3		15—600 15—300	3 3	— —	1 2	15 15	7,5 7,5	—
ТВ-35		50 75 100 150	ниже класса 10	— — — —	— — — —	15[1] 22[1] 27[1] 15	— — — —	0,0 0,0 0,0 0,0
ТВД-25		200 300 400 600	10	— — — —	— — — —	20 27 35 31	— — — —	0,0 0,1 0,2 0,2

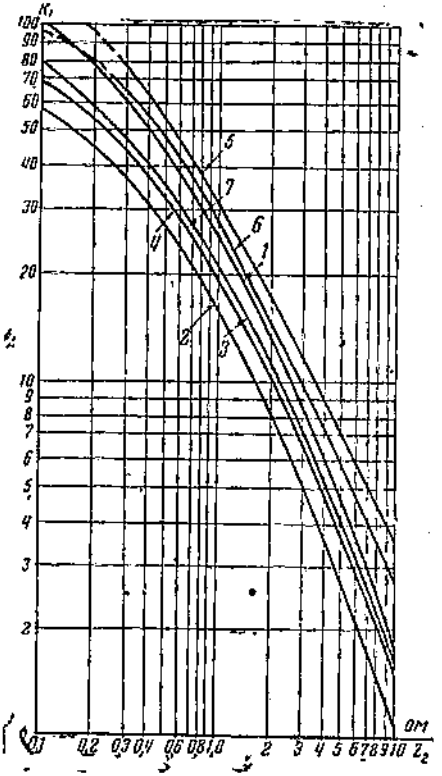
[1] Величина n приведена для двух трансформаторов тока одной фазы, включенных параллельно на общую нагрузку.

8. Кривые 10% кратности трансформаторов тока

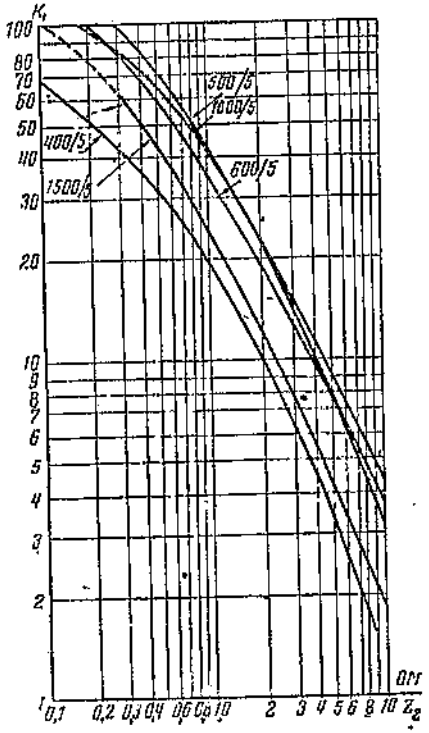
На фиг. 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 и 40 приведены кривые зависимости допустимой кратности K_1 тока к. з. трансформатора тока по отношению к номинальному первичному току, при которой токовая погрешность при заданной нагрузке вторичной цепи не выходит за пределы 10%.



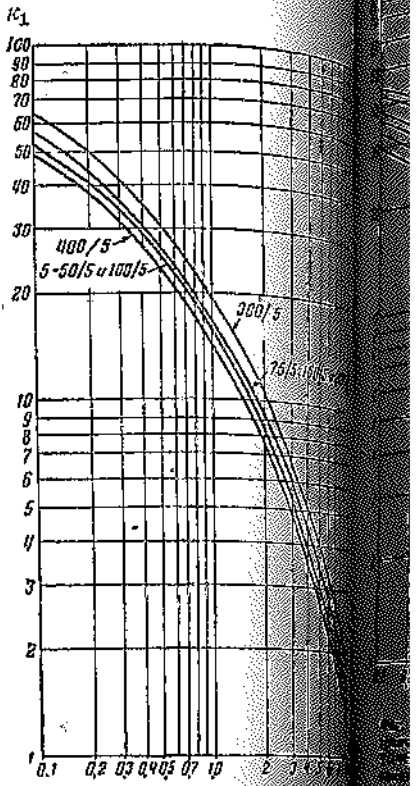
Фиг. 33. Кривые 10% кратности трансформаторов тока типов ТПОФ, ТПОФУ, ТПОФЗ и ТПОФУЗ для сердечника класса точности 0,5.



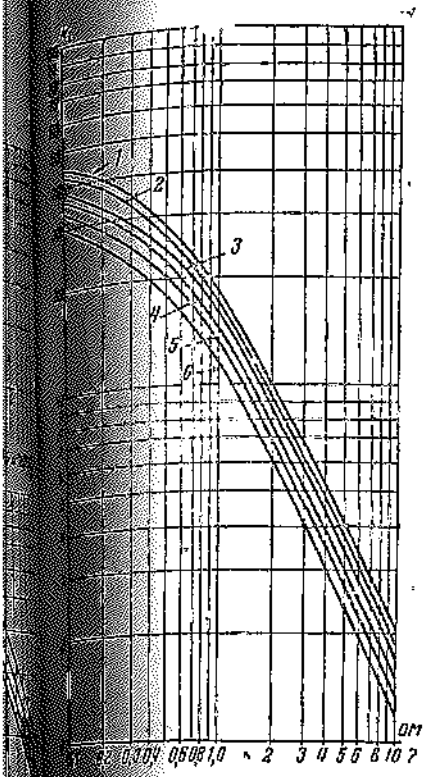
Фиг. 34. Кривые 10% кратности трансформаторов тока типов ТПОФ, ТПОФУ, ТПОФЗ и ТПОФУЗ для сердечника класса точности 1. Обозначения кривых для трансформаторов тока ТПОФ и ТПОФУ: 1—на 400/5а; 2—600/5а; 3—750/5а; 4—1 000/5а; для трансформаторов тока ТПОФЗ и ТПОФУЗ: 5—600/5а; 6—750/5а; 7—1 000/5а.



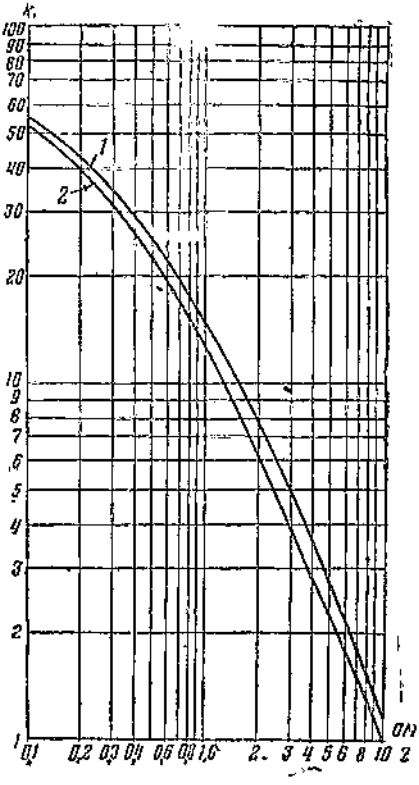
Фиг. 35. Кривые 10% кратности трансформаторов тока типов ТПОФЗ и ТПОФУЗ для сердечников З.



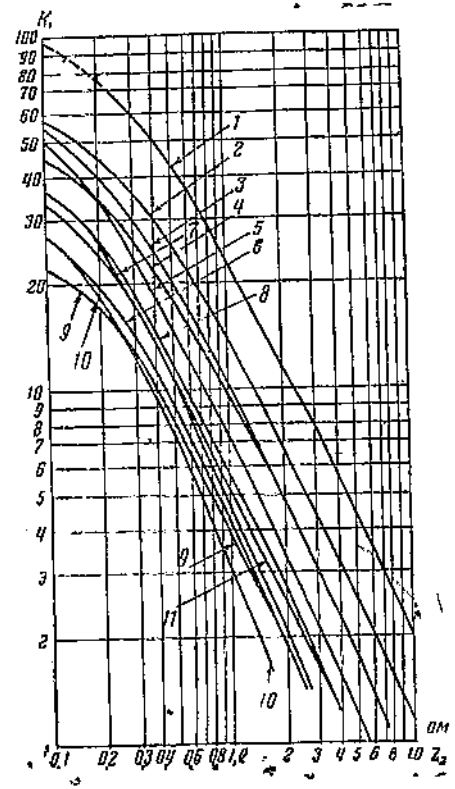
Фиг. 36. Кривые 10% кратн трансформаторов тока типа для сердечников класса точности



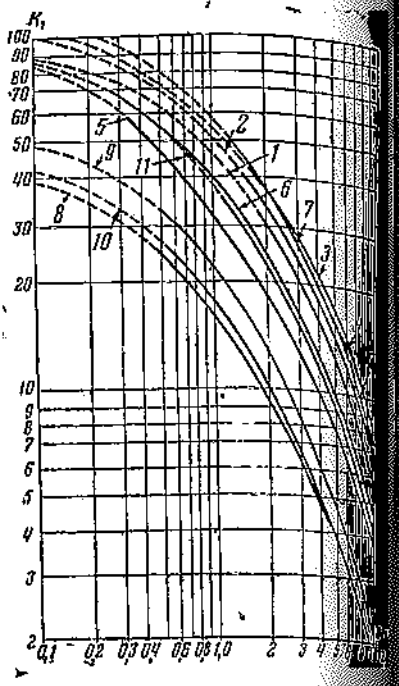
Фиг. 37. Кривые 10% кратности трансформаторов тока типов ТПФ, ТПФУ, ТПФД и ТПФЗД для сердечников 3 и класса точности 0,5. Обозначения кривых: *1*—сердечник 3 от 40 до 150/5*а* и сердечник класса точности 0,5 от 5 до 100/5 *а*; *2*— сердечник класса точности 0,5 на 150/5 *а*; *3*—сердечник 3 на 40/5 и 300/5*а* и сердечник класса точности 0,5 на 300/5*а*; *4*—сердечник 3 класса точности 0,5 на 200/5 *а*; *5*—сердечник класса точности 0,5 на 400/5 *а*; *6*—сердечник 3 на 400/5 *а*.



Фиг. 38. Кривые 10% кратности трансформаторов тока типов ТПФУ, ТПФУЗ, ТПФУД для сердечников 3 и класса точности 1. Обозначения кривых: *1*—сердечник 3 от 40 до 100/5 *а* и 300/5 *а*, класса точности 1— от 5 до 100/5*а*, на 200/5*а* и 300/5*а*; *2*—сердечник 3 на 150/5*а* и 200/5*а*, класса точности 1 на 150/5*а*.



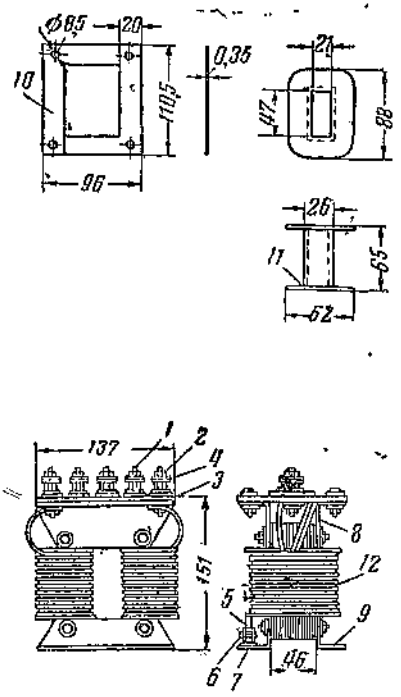
Фиг. 89. Кривые 10%-ной кратности трансформаторов тока ТВ-35 на 35 *кв*. Трансформаторы тока с номинальным первичным током 50, 75 и 100 *а* имеют номинальный вторичный ток 2,5 *а* и должны включаться параллельно по 2 трансформатора тока на одну фазу. Обозначения кривых для трансформаторов тока: *1*—600/5 *а*; *2*— 400/5 *а*; *3*—300/5 *а* вариант 300; *4*—300/5 *а* вариант 600; *5*—100/5*а*; *6*—150/5*а* вариант 150; *7*—75/5*а*; *8*—200/5*а* вариант 300; *9*—150/5*а* вариант 300; *10*—50/5 *а*; *11*—200/5*а* вариант 600.



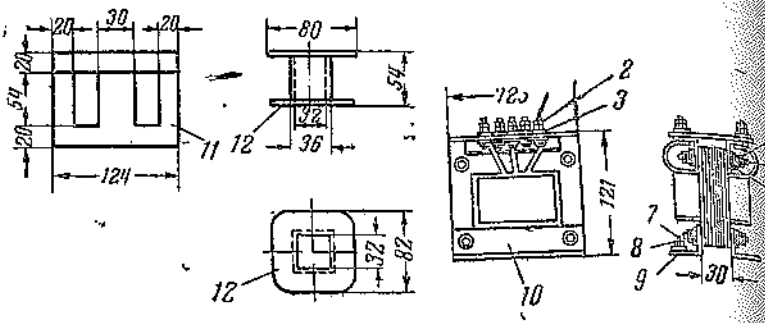
Фиг. 90. Кривые 10%-ной кратности трансформаторов тока типов ТВ и ТФНУ на 35 *кв*. Обозначения кривых для сердечников класса точности 0,5 (вариант по точности 0,5): *1*—для трансформаторов тока 15/5, 30/5, 50/5, 150/5, 300/5 и 750/5 *а*; *2*— 40/5, 200/5 и 400/5 *а*; *3*— 600/5 *а*; *4* — на 1000/5 *а*. Для внешнего сердечника класса точности 1 (вариант по точности 1/1): *5*—для трансформаторов тока от 15 до 600/5 *а*; *6*— 750/5 *а*; *7*— 1000/5 *а*. Для внутреннего сердечника класса точности 1 (вариант по точности 1/1 и 1/0): *8*—для трансформаторов тока от 15 до 600/5 *а*; *9*— 750/5 *а*; *10*— 1000/5 *а*; *11*—для сердечника класса точности 1 (вариант по точности 1/1) для трансформаторов тока от 15 до 1000/5 *а*.

9. Промежуточные трансформаторы тока типа ТКБ

Трансформаторы тока типа ТКБ применяются для защиты на оперативном переменном токе. На фиг. 41 и 42 приведены их конструктивные и обмоточные данные.

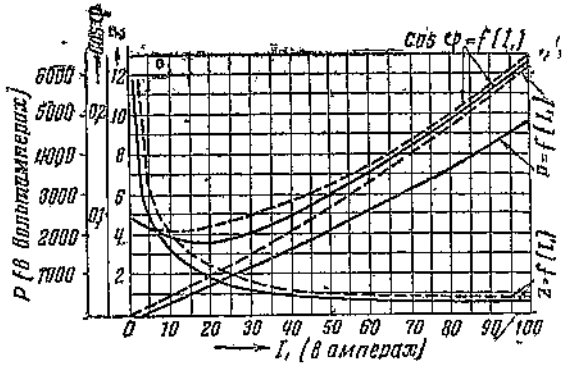


Фиг. 41. Конструктивные и обмоточные данные трансформаторов тока типа ТКБ-1 завода „Электроаппарат". Первичная обмотка катушки: провод марки ПБД диаметром 2,02 *мм*, 91 виток, отпайка—71 виток; вторичная обмотка: провод марки ПБД диаметром 1,81 *мм*, 69 витков. Обозначения: *1*—болт М6, 5 шт., ОСТ 32; *2*—гайка М6, 27 шт.; ОСТ 32; *3*—пластина текстолитовая—1 шт.; *4*—шайба стальная; *5*—болт М8—1 шт., ОСТ 32; *6*—шайба стальная, 3 шт.; *7*—гайка М8—2 шт., ОСТ 32; *8*—угловая сталь 30×45×3, 2 шт., *9*—угловая сталь 30×30×3, 2 шт.; *10*—железо 0,35×20, 131 лист; *11*—каркас катушки, пластмасса, 1 шт.; *12*—оплетка перевочная.



Фиг. 42. Конструктивные и обмоточные данные трансформаторов тока типа ТКБ московской кабельной сети Мосэнерго. Первичная обмотка: провод марки ПБД диаметром 2,02 *мм*, 91 виток, отпайка—71 виток. Вторичная обмотка: провод марки ПБД диаметром 1,81 *мм*, 69 витков. Обозначения: *1*—болт М5, 5 штук, ОСТ 32; *2*—гайка, 15 шт.; *3*—шайба, 15 шт.; *4*—болт М5, 4 шт., ОСТ 32; *5*—гайка, 8 шт.; *6*—шайба, 8 шт.; *7*—болт М5, 1 шт., ОСТ 32; *8*—гайка, 2 шт.; *9*—шайба, 1 шт.; *10*—угловая сталь 30×30×5,4 шт.; *11*—железо МЗО—85 листов; *12*—каркас катушки—картон, 1 шт.

На фиг. 43 приведены характеристики трансформатора тока ТКБ-1 в зависимости от первичного тока (I_1) при разомкнутой вторичной обмотке.



Фиг. 43. Кривые зависимости P, $\cos\varphi$, $z=f(I_1)$ для трансформатора тока ТКБ-1 завода „Электроаппарат". Пунктирная кривая—для отпайки до 5 *а*. Сплошная кривая—для отпайки на 5 *а*.

§ 25. Станционные изоляторы для внутренних установок

1. Технические данные опорных изоляторов

Серия изоляторов	Разрушающая нагрузка, *кг*	Номинальное напряжение, *кв*					
		6			10		
		тип	сухое разрядное напряжение *кв*	вес *кг*	тип	сухое разрядное напряжение *кв*	вес *кг*
А	375	ОА-6	43	2,2	ОА-10	55	2,8
Б	750	ОБ-6	43	4,0	ОБ-10	55	5,0
В	1 250	—	—	—	ОВ-10	55	7,5
Д	2 000	—	—	—	ОД-10	55	12

2. Динамическая устойчивость опорных изоляторов 6—10 *кв*

Расчетные формулы для определения динамической устойчивости см. § 15.

Динамическая устойчивость выражена в таблицах в виде максимально допустимого ударного тока к. з. (амплитудное значение в килоамперах).

Серия	*l*, *см* \ *a*, *см*	25	30	35	40	60	25	30	35	40	60
		l = 100					*l* = 120				
А		51,5	56,5	61	65,2	80	47,1	51,5	55,6	59,2	73
Б		73,1	80	86,5	92,5	113	66,6	73	78,8	84,2	103
В		94	103	111	119	145	85,9	94	101	108	133
Д		119	130	141	150	185	108	119	128	137	168
		l = 140					*l* = 150				
А		43,6	47,7	51,5	55,1	67,5	42,1	46,1	49,8	53,2	65,2
Б		61,8	67,6	73	78	95,6	59,6	65,3	70,6	75,3	92,3
В		79,5	87,1	94	101	123	76,8	84,1	90,8	97	119
Д		101	110	119	127	155	97,2	106,4	115	123	150

l—расстояние между опорными изоляторами одной и той же фазы; *a*—расстояние между фазами.

3. Типы и технические данные проходных изоляторов

Серия изоляторов	Разрушающая нагрузка, *кг*	$I_н$ *а*	Номинальное напряжение, *кв*					
			6			10		
			тип	сухое разрядное напряжение, *кв*	вес *кг*	тип	сухое разрядное напряжение, *кв*	вес *кг*
А	375	200 400 600	ПА-6/200 ПА-6/400 ПА-6/600	43	3,8 4,3 5,1	ПА-10/200 ПА-10/400 ПА-10/600	50	4,7 5,3 6,2
Б	750	400 600 1 000 1 500	ПБ-6/ 400 ПБ-6/ 600 ПБ-6/1000 ПБ-6/1500	43	7,0 8,2 10,5 13,5	ПБ-10/ 400 ПБ-10/ 600 ПБ-10/1000 ПБ-10/1500	55	10 11 13 15,2
В	1 250	1 000 1 500 2 000	ПВ-6/1000 ПВ-6/1500 ПВ-6/2000	43	17,5 19,8 21,6	ПВ-10/1000 ПВ-10/1500 ПВ-10/2000	55	18,5 20,5 23,5

4. Термическая устойчивость стержней проходных изоляторов

(десятисекундный ток)

Диаметр стержня *мм*	Номинальный ток ($I_н$) *а*	I_{10} *ка*
10	200	4,2
14	400	8,2
21	600	18,8
30	1 000	36,0
38	1 500	55,0
45	2 000	70,0

§ 26. Реакторы

1. Область применения

Реакторы устанавливаются на шинах или фидерах: 1) для ограничения тока к. з. и 2) для обеспечения необходимой величины остаточного напряжения (обычно порядка 60%) на шинах цеховой подстанции при коротких замыканиях в сети.

2. Выбор реакторов

а) По заданной величине снижения тока к. з. за реактором

Необходимый реактанц $X^0/_0$ находится по формуле:

$$X^0/_0 = 100\ I_н \left(\frac{1}{I_к} - \frac{1}{I_v}\right) \frac{U_{нс}}{U_н}, \qquad (1)$$

где I_v — периодическая составляющая тока к. з. до реактора (на шинах главной подстанции); $I_к$ — ток к. з., ограниченный реактором и соответствующий действительному времени отключения; $I_н$, $U_н$ — номинальный ток и напряжение реактора; $U_{нс}$ — номинальное напряжение сети.

Если ток I_v весьма велик по сравнению с $I_к$, то можно пользоваться приближенной формулой:

$$X^0/_0 \approx 100 \frac{I_н}{I_к} = \frac{U_{нс}}{U_н}. \qquad (2)$$

Пример: даны $I_v = 12\,000$ *а*; $I_к = 4000$ *а*; $U_{нс} = 6$ *кв*; $U_{нс} = 6{,}6$ *кв*;

$$I_н = 200\ а; \quad X^0/_0 = 100 \cdot 200 \left(\frac{1}{4\,000} - \frac{1}{12\,000}\right) \frac{6{,}6}{6} = 3{,}66^0/_0.$$

Следует применить реактор с $X_н = 4^0/_0$.

б) По заданной величине остаточного напряжения

Необходимый реактанц находится по формуле:

$$X^0/_0 = 100 \frac{I_н}{I_к} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}, \qquad (3)$$

где $\alpha = \frac{U_{ост}}{U_н}$; $U_{ост}$ и $U_н$ — соответственно остаточное и номинальное напряжения.

Примечания: 1. Во избежание завышения величины X в формуле (1) ток $I_к$ принимается равным не установившемуся току к. з., а току к. з., через промежуток времени, соответствующий выдержке времени выключателя фидеров плюс 0,5 сек. (в качестве резерва на собственное время масляного выключателя и реле).

2. При расчетах по формуле 3 следует брать значение $I_н$, отвечающее минимальному количеству включенных агрегатов при нормальном эксплоатационном режиме.

3. Реактивное сопротивление трехфазного реактора в омах при частоте 50 *гц*

$$X_{ом} = \frac{\omega L}{1\,000} = \frac{314\ L}{1\,000} = \frac{10\ X_н{}^0\!/_0\ U_н}{\sqrt{3}\ I_н} = \frac{10\ X_н{}^0\!/_0\ U^2{}_н}{P_н},$$

где $U_н$ — номинальное напряжение, *кв*,

$P_н$ — проходная мощность реактора в *ква*, равная $\sqrt{3}\ U_н I_н$,

$I_н$ — номинальный ток реактора, *а*,

$L_н$ — коэфициент самоиндукции, *мгн*.

Реактивная мощность одной фазы реактора:

$$P_{кв} = 314\ L \cdot I^2{}_н \cdot 10^{-6}\ квар.$$

Номинальный реактанц в $^0\!/_0$ при частоте 50 *гц*

$$X_н{}^0\!/_0 = \frac{2\pi f L I_н}{\frac{U_н}{\sqrt{3}}\ 10^6}\ 100 = 54{,}4\ \frac{L \cdot I_н}{U_н 10^3}\ {}^0\!/_0.$$

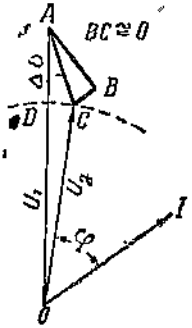
4. Падение напряжения в реакторе при заданном коэфициенте загрузки β

$$\Delta U^0\!/_0 = \beta\,(X_н{}^0\!/_0)\ \sin\varphi + \frac{\beta^2}{200}\,(X_н{}^0\!/_0)^2 \cos^2\varphi \approx \frac{1}{2}\,\beta\,(X_н{}^0\!/_0)\ \sin\varphi,$$

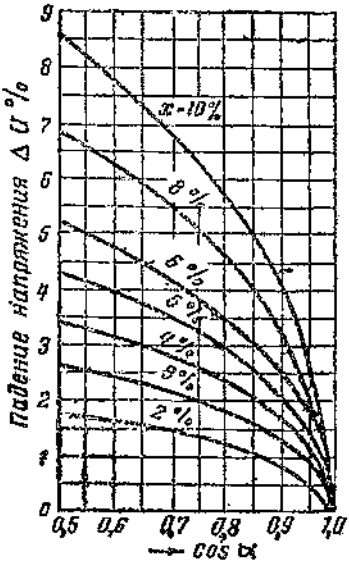
где коэфициент загрузки $\beta = \frac{P_{нагр}}{P_н} = \frac{I_{нагр}}{I_н}$;

Из диаграммы фиг. 44, $\Delta\vec{U} = \vec{U}_1 - \vec{U}_2 = \overline{AD}$.

Величина $\Delta U\%$ может быть непосредственно найдена по кривым фиг. 45.



Фиг. 44. Диаграмма потери напряжения в реакторе.



Фиг. 45. Кривые зависимости падения напряжения ΔU в реакторе от $\cos\varphi$.

5. Ток трехфазного короткого замыкания за реактором (при отсутствии затухания)

$$I_к = \frac{100 \cdot I_н}{X_в\% + X_н\%}\ a;$$

где $X_в\%$ — эквивалентное сопротивление сети в %, отнесенное к номинальной мощности реактора.

6. Остаточное напряжение (приближенное значение)

$$U_{ост}\% = \frac{100\ X_н\%}{X_в\% + X_н\%} = X_н \frac{I_ж}{I_н}$$

где $I_ж$ — ток к. з. за реактором, соответствующий действительному времени отключения к. з.

7. Технические данные реакторов с бетонным каркасом для напряжения 6 *кв*

Тип	$I_н$ *а*	Реактанц $(X_н)$ %	Сопротивление		Коэффициент самоиндукции (L) *мгн*	Номинальные потери на 1 фазу (P_a) *квт*	Конструктивные данные			
			активное (r) при 75° С *ом*	реактивное (X) *ом*			высота с изоляторами (H) *мм*	наружный диаметр (D) *мм*	число изоляторов на фазу	вес одной фазы (G) *кг*
РБ6-150— 2,5	150	2,5	0,0595	0,578	1,84	1,34	860	1 080	12	585
РБ6-150— 4		4	0,0751	0,923	2,94	1,69	950	1 010	10	570
РБ6-150— 5		5	0,0857	1,156	3,68	1,93	950	1 105	12	675
РБ6-150— 6		6	0,0969	1,384	4,41	2,18	1 040	1 105	12	770
РБ6-150— 8		8	0,1187	1,845	5,88	2,67	1 220	1 105	12	945
РБ6-150—10		10	0,1315	2,310	7,35	2,96	1 130	1 175	12	990
РБ6-200— 2,5	200	2,5	0,0350	0,433	1,38	1,4	860	955	8	440
РБ6-200— 4		4	0,0487	0,695	2,21	1,95	1 040	990	10	650
РБ6-200— 5		5	0,0540	0,867	2,76	2,16	950	990	10	610
РБ6-200— 6		6	0,0615	1,040	3,31	2,46	1 040	990	10	700
РБ6-200— 8		8	0,0715	1,384	4,41	2,86	1 040	1 105	12	880
РБ6-200—10		10	0,0832	1,730	5,51	3,33	950	1 130	10	840
РБ6-300— 2,5	300	2,5	0,0169	0,289	0,92	1,52	770	900	8	420
РБ6-300— 4		4	0,0257	0,462	1,47	2,31	860	990	10	570
РБ6-300— 5		5	0,0268	0,578	1,84	2,41	860	1 080	12	695
РБ6-300— 6		6	0,0336	0,695	2,21	3,02	1 040	990	10	720
РБ6-300— 8		8	0,0387	0,924	2,94	3,48	950	1 010	10	690
РБ6-300—10		10	0,0441	1,155	3,68	3,97	950	1 105	12	810

Тип	$I_н$ а	Реактанц ($X_н$) %	Сопротивление: активное (r) при 75° С ом	Сопротивление: реактивное (X) ом	Коэффициент самоиндукции (L) мгн	Номинальные потери на 1 фазу ($P_ф$) квт	Конструктивные данные: высота с изоляторами (H) мм	Конструктивные данные: наружный диаметр (D) мм	Конструктивные данные: число изоляторов на фазу	Конструктивные данные: вес одной фазы (G) кг
РБ6-400— 2,5	400	2,5	0,0121	0,217	0,69	1,93	860	900	8	470
РБ6-400— 4		4	0,0163	0,346	1,10	2,61	950	990	10	635
РБ6-400— 5		5	0,0174	0,433	1,38	2,79	860	955	8	540
РБ6-400— 6		6	0,0207	0,518	1,65	3,31	950	955	8	700
РБ6-400— 8		8	0,0255	0,695	2,21	4,08	1 040	990	10	795
РБ6-400—10		10	0,0278	0,867	2,76	4,45	950	990	10	765
РБ6-500— 2,5	500	2,5	0,0087	0,173	0,55	2,17	1 040	990	10	720
РБ6-500— 4		4	0,0122	0,276	0,88	3,06	950	1 080	12	760
РБ6-500— 5		5	0,0128	0,346	1,10	3,21	1 040	1 105	12	920
РБ6-500— 6		6	0,0158	0,415	1,32	3,96	1 130	1 105	12	965
РБ6-500— 8		8	0,0186	0,552	1,76	4,5	1 040	1 150	10	1 030
РБ6-500—10		10	0,0230	0,695	2,21	5,76	1 400	1 180	14	1 420
РБ6-600— 2,5	600	2,5	0,0067	0,145	0,46	2,4	860	1 080	12	695
РБ6-600— 4		4	0,0096	0,232	0,74	3,46	950	1 010	10	690
РБ6-600— 5		5	0,0100	0,289	0,92	3,6	950	1 105	12	840
РБ6-600— 6		6	0,0125	0,346	1,10	4,71	1 040	1 105	12	920
РБ6-600— 8		8	0,0157	0,462	1,47	5,65	1 220	1 105	12	1 135
РБ6-600—10		10	0,0173	0,578	1,84	6,24	1 130	1 175	12	1 185

Продолжение

Тип	$I_н$ *а*	Реактанц ($X_р$) %	Сопротивление: активное (r) при 75° С *ом*	Сопротивление: реактивное (X) *ом*	Коэффициент самоиндукции (L) *мгн*	Номинальные потери на 1 фазу ($P_а$) *квт*	Конструктивные данные: высота с изоляторами (H) *мм*	Конструктивные данные: наружный диаметр (D) *мм*	Конструктивные данные: число изоляторов на фазу	Конструктивные данные: вес одной фазы *кг*
РБ6-750— 4	750	4	0,0064	0,185	0,59	3,98	1 040	1 010	10	805
РБ6-750— 5		5	0,0072	0,232	0,74	4,04	950	1 010	10	775
РБ6-750— 6		6	0,0080	0,276	0,88	4,49	950	1 080	12	900
РБ6-750— 8		8	0,0094	0,371	1,18	5,12	950	1 235	12	1 060
РБ6-750—10		10	0,0117	0,462	1,47	6,6	1 220	1 105	12	1 280
РБ6-1000— 5	1000	5	0,0055	0,173	0,55	5,5	1 130	1 080	12	1 040
РБ6-1000— 6		6	0,0065	0,207	0,66	6,5	1 140	1 180	14	1 420
РБ6-1000— 8		8	0,0078	0,261	0,83	7,77	1 400	1 120	12	1 360
РБ6-1000—10		10	0,0088	0,346	1,10	8,8	1 400	1 235	14	1 575
РБ6-1500— 5	1500	5	0,0030	0,116	0,368	6,64	1 310	1 105	12	1 305
РБ6-1500— 6		6	0,0033	0,138	0,441	7,33	1 130	1 150	10	1 280
РБ6-1500— 8		8	0,0040	0,184	0,588	9,1	1 220	1 150	10	1 490
РБ6-1500—10		10	0,0046	0,231	0,735	10,37	1 220	1 260	12	1 740

а Технические данные реакторов с бетонным каркасом для напряжения 10 кв.

5. Токоограничивающие реакторы с бетонным каркасом для напряжения 10 кв

Тип	$I_н$ а	Реактанс ($X_н$) %	Сопротивление активное (r) при 75° С ом	Сопротивление реактивное (X) ом	Коэффициент самоиндукции (L) мгн	Номинальные потери на 1 фазу ($P_н$) квт	Конструктивные данные: высота с изоляторами (H) мм	Конструктивные данные: наружный диаметр (D) мм	Конструктивные данные: число изоляторов на фазу	Конструктивные данные: вес одной фазы (G) кг
РБ10-150—3	150	3	0,0857	1,156	3,68	1,93	975	1 105	12	680
РБ10-150—3,6		3,6	0,0969	1,384	4,41	2,18	1 065	1 105	12	775
РБ10-150—4,8		4,8	0,1187	1,845	5,88	2,67	1 245	1 105	12	950
РБ10-150—6		6	0,1315	2,310	7,35	2,96	1 155	1 175	12	990
РБ10-150—8		8	0,1518	3,080	9,80	3,42	1 065	1 320	14	1 200
РБ10-200—3	200	3	0,0540	0,867	2,76	2,16	975	990	10	615
РБ10-200—3,6		3,6	0,0615	1,040	3,31	2,46	1 065	990	10	700
РБ10-200—4,8		4,8	0,0715	1,384	4,41	2,86	1 065	1105	12	830
РБ10-200—6		6	0,0832	1,730	5,51	3,33	975	1 130	10	845
РБ10-200—8		8	0,0990	2,310	7,35	3,96	1 175	1 175	12	1 060
РБ10-300—3	300	3	0,0268	0,578	1,84	2,41	885	1 080	12	700
РБ10-300—3,6		3,6	0,0336	0,695	2,21	3,2	1 065	990	10	720
РБ10-300—4,8		4,8	0,0387	0,924	2,94	3,48	975	1 010	10	695
РБ10-300—6		6	0,0441	1,156	3,68	3,97	975	1 105	12	815
РБ10-300—8		8	0,0547	1,540	4,90	4,92	1 175	1 080	12	1 000

Продолжение

Тип	$I_н$ *а*	Реактанц ($X_н$) %	Сопротивление: активное (r) при 75° С *ом*	Сопротивление: реактивное (X) *ом*	Коэфициент самоиндукции (L) *мгн*	Номинальные потери на 1 фазу ($P_д$) *квт*	Конструктивные данные: высота с изоляторами (H) *мм*	Конструктивные данные: наружный диаметр (D) *мм*	Конструктивные данные: число изоляторов на фазу	Конструктивные данные: вес одной фазы (G) *кг*
РБ10-400—3	400	3	0,0174	0,433	1,38	2,79	885	955	8	540
РБ10-400—3,6		3,6	0,0207	0,518	1,65	3,31	975	955	8	700
РБ10-400—4,8		4,8	0,0255	0,695	2,21	4,08	1 065	990	10	800
РБ10-400—6		6	0,0278	0,867	2,76	4,45	975	990	10	770
РБ10-400—8		8	0,0325	1,156	3,68	5,2	975	1 105	12	915
РБ10-500—3	500	3	0,0128	0,346	1,10	3,21	1 065	1 105	12	925
РБ10-500—3,6		3,6	0,0158	0,415	1,32	3,96	1 155	1 105	12	970
РБ10-500—4,8		4,8	0,0186	0,552	1,76	4,65	1 065	1 150	10	1 035
РБ10-500—6		6	0,0230	0,695	2,21	5,76	1 425	1 180	14	1 425
РБ10-500—8		8	0,0268	0,924	2,94	6,7	1 245	1 260	12	1 410
РБ10-600—3	600	3	0,0100	0,289	0,92	3,6	975	1 105	12	845
РБ10-600—3,6		3,6	0,0125	0,346	1,10	4,51	1 065	1 105	12	925
РБ10-600—4,8		4,8	0,0157	0,462	1,47	5,66	1 245	1 105	12	1 140
РБ10-600—6		6	0,0173	0,578	1,84	6,24	1 155	1 175	12	1 190
РБ10-600—8		8	0,0224	0,770	2,45	8,05	1 065	1 320	14	1 385

Продолжение

Тип	$I_н$, *а*	Реактанц ($X_н$), %	Сопротивление		Коэффициент самоиндукции (L), *мгн*	Номинальные потери на 1 фазу (P_a), *квт*	Конструктивные данные			
			активное (r) при 75° С, *ом*	реактивное (X), *ом*			высота с изоляторами (H), *мм*	наружный диаметр (D), *мм*	число изоляторов на фазу	вес одной фазы (G), *кг*
РБ10-750—3	750	3	0,0074	0,232	0,74	4,14	1 110	1 105	12	975
РБ10-750—3,6		3,6	0,0075	0,276	0,88	4,19	1 155	1 235	14	1 140
РБ10-750—4,8		4,8	0,0094	0,371	1,18	5,3	975	1 235	14	1 065
РБ10-750—6		6	0,0117	0,462	1,47	6,6	1 245	1 105	12	1 280
РБ10-750—8		8	0,0145	0,616	1,96	8,18	1 425	1 120	12	1 490
РБ10-1000—3,6	1 000	3,6	0,0065	0,207	0,66	6,5	1 425	1 180	14	1 425
РБ10-1000—4,8		4,8	0,0078	0,276	0,88	7,77	1 425	1 120	12	1 365
РБ10-1000—6		6	0,0088	0,346	1,10	8,8	1 425	1 235	14	1 580
РБ10-1000—8		8	0,0093	0,462	1,47	9,27	1 155	1 315	12	1 650
РБ10-1500—3,6	1500	3,6	0,0033	0,138	0,441	7,33	1 065	1 150	10	1 230
РБ10-1500—4,8		4,8	0,0040	0,184	0,588	9,1	1 245	1 150	10	1 495
РБ10-1500—6		6	0,0046	0,231	0,735	10,37	1 245	1 260	12	1 745
РБ10-1500—8		8	0,0056	0,308	0,980	12,59	1 245	1 260	12	2 055

§ 27. Трансформаторы напряжения

1. Типы и номинальные напряжения

Трансформаторы напряжения имеют следующие буквенные обозначения:

НОСИ — однофазный сухой,
НОМИ — однофазный масляный,
НТСИ — трехфазный сухой пятистержневый,
НТМИ — трехфазный масляный пятистержневый,
НТМК — трехфазный масляный трехстержневый,
НКФ — каскадный однофазный в фарфоровом кожухе (на 110 и 220 кв).

Числа, стоящие рядом с буквенными обозначениями, указывают высшее номинальное напряжение в *кв*, на которое данный тип трансформатора напряжения может изготовляться.

Технические данные трансформаторов напряжения

Тип	Номинальное напряжение			Мощность в классе точности			Предельная мощность	Род трансформатора
	первичной обмотки	основной вторичной обмотки	дополнительной вторичной обмотки	0,5	1	3		
	в	*в*	*в*	*ва*	*ва*	*ва*	*ва*	
НОСИ-0,5	380	100	—	30	50	150	205	Однофазный двухобмоточный
» »	500/$\sqrt{3}$	100	—	30	50	150	205	
» »	500	100	—	30	50	150	205	
НОМИ-6	2100/$\sqrt{3}$	100	—	50	80	250	340	Однофазный двухобмоточный
» »	2100	100	—	50	80	250	340	
» »	3000/$\sqrt{3}$	100	—	50	80	250	340	
» »	3000	100	—	50	80	250	340	
» »	6000/$\sqrt{3}$	100	—	50	80	250	340	
» »	6000	100	—	50	80	250	340	
НОМИ-10	10000/$\sqrt{3}$	100	—	80	150	400	540	Однофазный двухобмоточный
» »	10000	100	—	80	150	400	540	
НОМИ-15	15000/$\sqrt{3}$	100	—	80	150	400	540	Однофазный двухобмоточный
» »	15000	100	—	80	150	400	540	

Продолжение

Тип	Номинальное напряжение			Мощность в классе точности			Предельная мощность	Род трансформатора
	первичной обмотки	основной вторичной обмотки	дополнительной вторичной обмотки	0,5	1	3		
	в	*в*	*в*	*ва*	*ва*	*ва*	*ва*	
НОМИ-35	35 000	100	—	150	250	750	1 020	Однофазный трехобмоточный
	31 500/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	150	250	750	1 020	
	31 500/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	150	250	750	1 020	
	31 500/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	150	250	750	1 020	
	35 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	150	250	750	1 020	
	35 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	150	250	750	1 020	
	35 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	150	250	750	1 020	
НКФ-110	110 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	—	1 000	2 000	2 700	Однофазный трехобмоточный
НКФ-220	220 000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	—	500	1 000	1 350	
НЕМК-6	2 100	100	—	100	160	500	675	Трехфазный двухобмоточный
	3 000	100	—	100	160	500	675	
	6 000	100	—	100	160	500	675	
НЕМК-10	10 000	100	—	160	300	800	1 080	Трехфазный двухобмоточный
НТСМИ-0,5	380	100	100	50	80	250	340	Трехфазный пятистержневый трехобмоточный
	500	100	100	50	80	250	340	
НТМИ-6	2 100	100	100	80	150	400	540	Трехфазный пятистержневый трехобмоточный
	3 000	100	100	80	150	400	540	
	6 000	100	100	80	150	400	540	

Продолжение

Тип	Номинальное напряжение			Мощность в классе точности			Предельная мощность	Род трансформатора
	первичной обмотки	основной вторичной обмотки	дополнительной вторичной обмотки	0,5	1	3		
	в	*в*	*в*	*ва*	*ва*	*ва*	*ва*	
НТМИ-10	10 000	100	100	120	200	600	810	Трехфазный пятистержневый трехобмоточный
НТМИ-15	15 000	100	100	120	200	600	810	Трехфазный пятистержневый трехобмоточный
НТМИ-35	35 000	100	100	250	400	1 200	1 620	Трехфазный пятистержневый трехобмоточный

Пояснения:

1. Указанные в таблице трансформаторы напряжения изготовляются:
а) для внутренней установки — на первичное напряжение до 15 *кв* включительно;
б) для наружной установки — на первичное напряжение 35 *кв* и выше, а также в отдельных случаях на напряжения 3 и 6 *кв* (НОМИ-6).

2. Однофазные трансформаторы напряжения до 35 *кв* включительно снабжены выводами, изолированными на линейное напряжение сети.
У однофазных трансформаторов НКФ-110 и НКФ-220 один конец должен быть заземлен.
Трехстержневые трехфазные трансформаторы (НТМК-6, НТМК-10) не имеют нулевого вывода обмотки высшего напряжения.
Трехфазные пятистержневые трансформаторы НТМИ-6, НТМИ-10 имеют со стороны высшего напряжения нулевой вывод, изолированный на полное линейное напряжение сети (как и основные выводы). Изоляция нулевого вывода трансформаторов НТМИ-15 и НТМИ-35 рассчитана на меньшее напряжение, чем изоляция основных выводов (неполная изоляция нуля).

3. Фазное напряжение дополнительных обмоток пятистержневых трансформаторов равно 100/3 *в*, так как эти трансформаторы предназначены для работы в сетях с изолированной нейтралью.

2. Погрешности трансформаторов напряжения

Погрешность в коэфициенте трансформации или погрешность в напряжении выражается в процентах от напряжения, приложенного к первичной обмотке, и определяется по формуле:

$$P = \frac{K_n U_2 - U_1}{U_1} 100\%,$$

где K_n — номинальный коэфициент трансформации,
U_1 — напряжение, приложенное к первичной обмотке,
U_2 — напряжение, измеренное на клеммах вторичной обмотки.

Величины пределов погрешности приведены в нижеследующей таблице:

Класс точности	Пределы погрешности		Примечание
	в напряжении %	в угле между векторами высшего и низшего напряжения минут	
0,2	± 0,2	± 10	Погрешности трансформатора напряжения не должны превышать величин, соответствующих их классу точности, при изменении их мощности от нуля до номинальной, при изменении их первичного напряжения от 0,9 до 1,1 от номинального, при $\cos\varphi = 0{,}8$ и при окружающей температуре + 35° С.
0,5	± 0,5	± 20	
1	± 1	± 40	
3	± 3	не нормируются	

3. Выбор трансформаторов напряжения

По заданному количеству n приборов и реле и потребляемой их обмотками активной ($P_{акт}$) и реактивной ($P_{реакт}$) мощности определяются общие нагрузки:

а) активная — $\Sigma P_{акт}$,
б) реактивная — $\Sigma P_{реакт}$,
в) полная — $\sqrt{(\Sigma P_{акт})^2 + (\Sigma P_{реакт})^2}$.

Потребление мощности приборами см. § 72, реле — § 57.

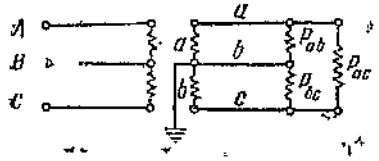
Распределение нагрузок между обмотками трансформаторов напряжения определяется в зависимости от схемы включения.

При схеме фиг. 46 нагрузка на трансформатор a фазы a составляет:

$$P_1 = P_{ab} + \frac{P_{ac}}{2};$$

нагрузка на трансформатор фазы b —

$$P_2 = P_{bc} + \frac{P_{ab}}{2}.$$



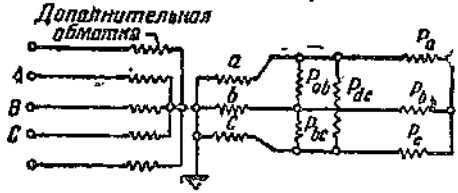
Фиг. 46. Схема соединения двух однофазных трансформаторов напряжения в открытый треугольник.

При схеме фиг. 47:

нагрузка фазы $a: P_1 = \frac{P_{ab} + P_{ac}}{2} + P_a$,

нагрузка фазы $b: P_2 = \frac{P_{ab} + P_{bc}}{2} + P_b$,

нагрузка фазы $c: P_3 = \frac{P_{bc} + P_{ac}}{2} + P_c$.



Фиг. 47. Схема включения одного трехфазного или трех однофазных трансформаторов напряжения в звезду.

По подсчитанным нагрузкам и номинальным мощностям трансформатора напряжения определяется класс точности для данной нагрузки и производится окончательный выбор трансформатора напряжения.

§ 28. Испытательные и максимально допустимые рабочие напряжения для аппаратов распределительных устройств 3-110 *кв* и трансформаторов

1. Испытательные напряжения переменного тока 50 *гц*

Наименование аппаратов	Обозначение	Номинальные напряжения аппаратов, *кв*					
		3	6	10	20	35	110
Опорные и проходные изоляторы для аппаратов и трансформаторов	З	24	32	42	63	95	300
	В	22	29	38	57	85	270
	Э	18	24	32	47	71	235
Проходные и опорные изоляторы, аппараты и трансформаторы тока в распределительных устройствах	З	24	32	42	63	95	260
	В	22	29	38	57	85	234
	Э	18	24	32	47	71	195
Трансформаторы напряжения, выпущенные после 1936 г.	З	21	30	40	63	95	230
	В	19	27	36	57	85	207
	Э	16	23	30	47	71	172
Силовые трансформаторы, выпущенные после 1936 г.	З	18	25	35	55	85	230
	В	15	21	30	47	72	195
	Э	14	19	26	41	64	172
Силовые трансформаторы и трансформаторы напряжения, выпущенные до 1936 г.	З	7 и 10	13	21	41	71	221
	В	6 и 8,5	11	18	35	60	188
	Э	5 и 7,5	10	16	31	53	166

Пояснения:

1. Во втором столбце таблицы применены следующие обозначения:

З — заводские испытания,
В — испытания при вводе в эксплоатацию,
Э — эксплоатационные испытания.

2. Длительность приложенного испытательного напряжения — 1 минута.

3. Согласно „Правилам устройства электроустановок промышленных предприятий" Наркомстроя и НКЭС, сдаточные испытания изоляции аппаратов и смонтированных высоковольтных аппаратов (выключателей,

разъединителей, измерительных трансформаторов и др.) надлежит производить повышенным напряжением переменного или выпрямленного тока, руководствуясь следующей таблицей:

Номинальное напряжение, *кв*	Испытательное напряжение переменного тока, *кв*	Испытательное напряжение постоянного тока, *кв*
3	10	15
6	18	30
10	25	40
20 и выше	50 *кв* или пофазное включение толчком на полное рабочее напряжение	50

а) Время выдержки изоляции под напряжением — 5 минут.

б) Силовые трансформаторы не испытываются повышенным напряжением.

в) Для малоответственных объектов (например, тупиковых киосков небольших фабрично-заводских подстанций и т. п.) допускается испытывать изоляцию ошиновки и смонтированных высоковольтных аппаратов 3—10 *кв* мегтером на напряжение не ниже 500 *в*.

г) Во всех указанных случаях сдаточных испытаний обязательно трехкратное включение толчком на полное рабочее напряжение.

4. Для силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения, выпущенных до 1936 г., в таблице указаны по два испытательных напряжения: меньшие значения относятся к трансформаторам с вторичным напряжением — 525 *в* и выше, а большие — к трансформаторам с вторичным напряжением ниже 525 *в*.

2. Максимально допустимые рабочие напряжения

Напряжение аппаратов, *кв*	Название аппаратов				
	Масляные выключатели, разъединители, трансформаторы тока, опорные и проходные изоляторы завода „Электроаппарат"				
1. Номинальное	3	6	10	35	110
2. Максимально допустимое рабочее . . .	3,5	6,9	11,5	40,5	121

Глава 5. ШИНЫ И КАБЕЛИ (проверка на действие токов короткого замыкания) [1]

§ 29. Динамическая и термическая устойчивость шин [2]

В нижеприведенных таблицах динамическая устойчивость выражена в виде амплитудных значений максимально допустимого ударного тока к. з., а термическая устойчивость — в виде допустимых значений тока к. з. в зависимости от фиктивного времени t_{ϕ} действия тока к. з.

1. Динамическая устойчивость медных шин в *ка* при $l = 100$ *см*

Размеры шин, *мм*		Взаимное расположение шин								
		при $W_{макс}$					при $W_{мин}$			
		a, *см*								
		25	30	35	40	60	25	30	35	40
15 ×	3	14,3	15,75	17,1	18,2	22,3	6,48	7,05	7,64	8,22
20 ×	3	19,3	21,1	22,8	24,4	29,8	7,45	8,21	8,8	9,36
25 ×	3	24,1	26,4	28,4	30,4	37,3	8,31	9,2	9,85	10,55
30 ×	4	33,3	36,7	39,6	42,2	51,7	12,2	13,35	14,3	15,5
40 ×	3	38,6	42,2	45,6	48,8	60	10,55	11,6	12,58	13,35
40 ×	4	44,5	48,8	52,7	56,2	69,1	14,1	15,5	16,62	17,8
40 ×	5	49,6	54,4	59	62,8	76,8	17,5	19,15	20,8	22,2
50 ×	4	55,4	61	65,7	70,2	86	15,75	17,2	18,6	19,85
50 ×	5	62,3	68,1	73,5	78,7	95,6	19,7	21,45	23,2	24,78
50 ×	6	68,1	74,4	80,2	86	105,5	23,7	25,7	27,82	29,6
60 ×	4	74,4	81,6	88,5	94,6	116	21,45	23,7	25,4	27,3
60 ×	6	81,6	89,4	96,5	103,5	126,8	25,9	28,3	30,45	32,7
60 ×	8	94,2	103,5	111	119	146	34,4	37,7	41,4	43,7
60 ×	10	105,3	116	125,8	133,5	162,5	43	47,4	51	54,6
80 ×	6	109,2	125	129,5	138,2	169	29,8	32,9	35,6	37,7
80 ×	8	125,8	138,2	148	158,5	194,2	39,6	43,6	47	50,2
80 ×	10	141	155	167,2	178	218,2	49,6	54,2	59	62,8
100 ×	6	136,2	149	161,5	172	209	33,4	35,3	39,6	42
100 ×	8	157,5	169	185,8	198	244	44,5	48,8	52,7	56,4
100 ×	10	175	191,5	207	222,2	273	55,4	61	65,7	70,2
100 ×	12	193,5	210,2	228	244	298	67	73,1	79,2	84,5

l — длина пролета между двумя соседними изоляторами одной фазы.

При l, отличающемся от 100 *см*, значения допустимого тока следует умножить на отношение $\frac{100}{l'}$, где l' — расчетное значение длины пролета в сантиметрах, a — расстояние между фазами,

$W_{макс}$ — максимальный момент сопротивления шин,

$W_{мин}$ — минимальный момент сопротивления шин.

[1] Сортамент шин, марки и сечения кабелей, а также длительно допустимые нагрузки шин и кабелей по нагреву — см. часть I Справочника.

[2] Расчетные формулы для определения динамической устойчивости шин см. § 15 термической устойчивости шин и кабелей — § 14.

2. Термическая устойчивость медных шин в *кА* при температуре $\vartheta^{\circ}_{доп} = 90^{\circ}$ С [1]

t_{ϕ}, *сек*	Размеры шин, *мм*									
	15×3	20×3	25×3	30×4	40×3	40×4	40×5	50×4	50×5	50×6
0,25	14,4	19,2	24	38,4	38,4	51,2	64	64	80	96
0,5	10,2	13,6	17,0	27,2	27,2	36	45	45	56,5	67,7
0,75	8,3	11,1	13,9	22,2	22,2	29,5	36,9	36,9	46	55,3
1	7,2	9,6	12	19,2	19,2	25,6	32	32	40	48
1,5	5,9	7,8	9,8	15,7	15,7	20,9	26,1	26,1	32,6	39,2
2	5,1	6,8	8,5	13,6	13,6	18,1	22,6	22,6	28,2	33,9
2,5	4,6	6,1	7,6	12,2	12,2	16,2	20,3	20,3	25,3	30,4
3	4,2	5,5	6,9	11,2	11,2	14,8	18,5	18,5	23,1	27,7
3,5	3,8	5,1	6,4	10,3	10,3	13,7	17,1	17,1	21,4	25,6
4	3,6	4,8	6	9,6	9,6	12,8	16	16	20	24
4,5	3,4	4,5	5,7	9,1	9,1	12,1	15,1	15,1	18,9	22,6
5	3,2	4,3	5,4	8,6	8,6	11,4	14,3	14,3	17,9	21,4
5,5	3,1	4,1	5,1	8,2	8,2	10,9	13,7	13,7	17,1	20,5
6	2,9	3,9	4,9	7,8	7,8	10,5	13,1	13,1	16,3	19,6
6,5	2,8	3,8	4,7	7,5	7,5	10	12,5	12,5	15,7	18,8

Продолжение

t_{ϕ}, *сек*	Размеры шин, *мм*								
	60×6	60×8	60×10	80×6	80×8	80×10	100×6	100×8	100×10
0,25	115	154	192	154	205	256	192	256	320
0,5	81,3	108	136	108	145	181	136	181	226
0,75	66,5	88,5	111	88,5	118	148	111	148	185
1	57,5	76,5	96	76,5	102	128	96	128	160
1,5	47	67,5	78,3	62,5	83,5	104,5	78,3	104,5	130
2	40,6	54	67,6	54	72,3	90,5	67,6	90,5	113
2,5	36,4	48,5	60,8	48,5	64,8	81	60,8	81	101
3	33,2	44,4	55,5	44,4	59	74	55,5	74	92,5
3,5	30,8	41	51,3	41	54,7	68,4	51,3	68,4	85,5
4	28,6	38,4	48	38,4	51	64	48	64	80
4,5	27,2	36,2	45,2	36,2	48,3	60,3	45,2	60,3	75,5
5	25,7	34,2	42,8	34,2	45,7	57	42,8	57	71,3
5,5	24,6	32,8	41	32,8	43,6	54,5	41	54,5	68,2
6	23,5	31,3	39,2	31,3	41,8	52	39,2	52	65
6,5	22,6	30	37,6	30	40	50	37,6	50	62,5

[1] При температуре $\vartheta^{\circ}_{ocp} = 75^{\circ}$ С (см. § 12) табличные значения токов должны быть умножены на коэфициент 1,03.

8. Динамическая устойчивость алюминиевых шин в *ка* при $l = 100$ *см*

Размеры шин, *мм*	Взаимное расположение шин								
	при $W_{макс}$					при $W_{мин}$			
	a, *см*								
	25	30	35	40	60	25	30	35	40
15×3	10,15	11,1	12,1	12,85	15,73	4,55	4,98	5,4	5,8
20×3	13,62	14,9	16,12	17,2	21	5,26	5,8	6,23	6,66
25×3	17	18,65	20,1	21,5	26,3	5,88	6,47	6,95	7,45
30×4	23,6	25,9	28	29,7	36,5	8,6	9,4	10,15	10,9
40×3	27,2	29,7	32,25	34,4	42,2	7,45	8,15	8,82	9,4
40×4	31,5	34,44	37,1	39,7	48,8	10	10,9	11,8	12,55
40×5	35	38,4	41,5	44,4	54,4	12,35	13,5	14,7	15,65
50×4	39,1	43	46,4	49,6	60,8	11,1	12,18	13,12	14
50×5	44	48	51,8	55,5	67,7	13,9	15,15	16,4	17,5
50×6	48	52,6	56,6	60,8	74,3	16,7	18,15	19,7	21
60×5	52,6	57,6	62	66,7	81,5	15,15	16,7	18	19,2
60×6	57,6	63,2	68,5	73	89,3	18,25	20	21,5	23,1
60×8	66,6	72,8	78,8	84,1	103,2	24,3	26,65	29	30,9
60×10	74,5	81,5	88,3	94,1	115	30,4	33,3	36	38,6
80×6	76,9	84,2	91,2	97,5	119,8	21	23,2	25,1	26,62
80×8	88,6	97,5	104,2	112	137	28,1	30,9	33,2	25,5
80×10	99,5	109	118	125,5	154,5	35	38,4	41,5	44,4
100×6	96	105,2	114	121,8	148,7	23,55	25,9	28	29,7
100×8	111	121,8	131,4	140	172	31,5	34,5	37,2	39,7
100×10	123,5	135	146,8	156,5	192	39,1	43	46,4	49,5
100×12	136	148,5	161,2	172	211	47,4	51,6	56	59,5

l — длина пролета между двумя соседними изоляторами одной фазы. При l, отличающихся от 100 *см*, значения допустимого тока следует умножить на отношение $\frac{100}{l'}$, где l' — расчетное значение длины пролета в сантиметрах,

a — расстояние между фазами,

$W_{макс}$ — максимальный момент сопротивления шин,

$W_{мин}$ — минимальный момент сопротивления шин.

4. Термическая устойчивость алюминиевых шин в *ка* при температуре $\vartheta^{\circ}_{дл} = 90^{\circ}$ С [1]

$t_ф$, *сек*	Размеры шин, *мм*									
	15×3	20×3	25×3	30×4	40×3	40×4	40×5	50×4	50×5	50×6
0,25	7,4	9,9	12,3	19,7	19,7	26,2	32,8	32,8	41	49
0,5	5,2	7	8,7	13,9	13,9	18,6	23,2	23,2	29	34,8
0,75	4,3	5,7	7,1	11,4	11,4	15,1	18,9	18,9	23,6	28,4
1	3,7	4,9	6,2	9,9	9,9	13,1	16,4	16,4	20,5	24,6
1,5	3	4	5	8,1	8,1	10,7	13,4	13,4	16,8	20,1
2	2,6	3,5	4,4	7	7,0	9,3	11,6	11,6	14,5	17,4
2,5	2,3	3,1	3,9	6,2	6,2	8,3	10,4	10,6	13	15,6
3	2,1	2,8	3,6	5,7	5,7	7,6	9,5	9,5	11,9	14,2
3,5	2	2,6	3,3	5,3	5,3	7	8,8	8,8	11	13,2
4	1,8	2,5	3,1	4,9	4,9	6,6	8,2	8,2	10,3	12,3
4,5	1,7	2,3	2,9	4,7	4,7	6,2	7,7	7,7	9,7	11,6
5	1,65	2,2	2,75	4,4	4,4	5,9	7,3	7,3	9,2	11
5,5	1,58	2,1	2,63	4,2	4,2	5,6	7	7	8,8	10,5
6	1,51	2	2,5	4	4	5,4	6,5	6,7	8,4	10,1
6,5	1,45	1,93	2,4	3,9	3,9	5,2	6,4	6,4	8,0	9,7

Продолжение

$t_ф$, *сек*	Размеры шин, *мм*								
	60×6	60×8	60×10	80×6	80×8	80×10	100×6	100×8	100×10
0,25	59	78,5	98,5	78,5	105	131	98,5	131	164
0,5	41,7	55,5	69,5	55,5	74	92,8	69,5	92,8	116
0,75	34	45,4	56,7	45,4	60,5	75,5	56,7	75,5	94,5
1	29,5	39,4	49	39,4	52,5	65,5	49	65,5	82
1,5	4,1	32,2	40,2	32,2	43	53,5	40,2	53,5	67
2	20,9	27,8	34,8	27,8	37,1	46,4	34,8	46,4	58
2,5	18,7	24,9	31,1	24,9	33,2	41,5	31,1	41,5	51,8
3	17,1	22,8	28,4	22,8	30,4	38	28,4	38	47,4
3,5	15,8	21,1	26,3	21,1	28,1	35,1	26,3	35,1	43,8
4	14,8	19,7	24,6	19,7	26,3	32,8	24,6	32,8	41
4,5	13,9	18,6	23,2	18,6	24,8	31	23,2	31	38,7
5	13,2	17,1	22	17,1	23,4	29,3	22	29,3	36,6
5,5	12,6	16,9	21	16,9	22,4	28	21	28	35
6	12,1	16,2	20,2	16,2	21,6	26,9	20,2	26,9	33,5
6,5	11,6	15,5	19,3	15,5	20,6	25,8	19,3	25,8	32,1

[1] При температуре $\vartheta^{\circ}_{оср} = 75^{\circ}$ С (см. § 12) табличные значения токов должны быть умножены на коэффициент 1,07.

5. Динамическая устойчивость стальных шин в килоамперах при $l = 100$ *см*

Размеры шин, *мм*	Взаимное расположение шин								
	при $W_{макс}$					при $W_{мин}$			
	a, *см*								
	25	30	35	40	60	25	30	35	40
12×1,9	10,2	11,1	12	12,82	16,15	4,04	4,48	4,84	5,2
12×2,5	11,75	12,9	13,9	14,9	17,95	5,37	5,83	6,36	6,72
16×2,5	15,7	17,1	18,5	19,75	24,2	6,27	6,72	7,35	7,9
20×2,5	19,55	21,4	23,1	24,3	30,5	6,9	7,62	8,06	8,96
25×2,5	24,45	26,8	29	30,9	38,1	7,8	8,5	8,96	9,85
25×3	26,9	29,4	31,8	34	41,6	9,4	9,85	10,75	11,65
30×3	32,3	35,3	38,1	40,8	50,1	10,3	11,2	12,1	13
40×3	43	47	51	54,5	66,3	11,65	13	13,9	14,8
50×3	53,8	58,7	63,6	67,8	83,4	13	14,35	15,7	16,6
60×3	64,5	70,5	76,6	81,5	100	14,35	15,7	17	17,9
80×3	86	94	102	108,5	134,5	16,6	17,95	19,75	21,2
100×3	107,5	117,5	127,2	135,8	163	18,85	20,6	22,4	23,3
40×4	49,3	54	58,5	62,4	76,6	15,6	17,15	18,5	19,75
50×4	61,5	67,4	72,7	78	95	17,4	19,1	20,6	22
60×4	74	82,6	87,3	93,2	115	19,1	21	22,6	24,2

l — длина пролета между двумя соседними изоляторами одной фазы.

При *l*, отличающихся от 100 *см*, значения допустимого тока следует умножить на отношение $\frac{100}{l'}$, где l' — действительная длина пролета в *см*.

a — расстояние между фазами,

$W_{макс}$ — максимальный момент сопротивления шин,

$W_{мин}$ — минимальный момент сопротивления шин.

6. Термическая устойчивость стальных шин при температуре нагрева до 300° С, в *ка*

$t_ф$, *сек*	Размеры шин, *мм*								
	12×1,9	12×2,5	16×2,5	20×2,5	25×2,5	25×3	30×3	40×3	50×3
0,25	2,71	3,65	4,83	6	7,52	9,05	10,8	14,5	18
0,5	1,94	2,59	3,4	4,24	5,3	6,35	7,65	10,2	12,7
0,75	1,58	2,12	2,77	3,40	4,35	5,18	6,25	8,35	10,4
1	1,38	1,8	2,4	3,06	3,75	4,47	5,4	7,2	8,9
1,5	1,12	1,47	1,96	2,47	3,06	3,7	4,48	5,88	7,4
2	0,965	1,27	1,7	2,12	2,7	3,18	3,77	5,05	6,3
2,5	0,87	1,14	1,53	1,88	2,35	2,82	3,42	4,6	5,7
3	0,79	1,05	1,40	1,76	2,24	2,59	3,18	4,12	5,1
3,5	0,73	0,965	1,29	1,65	2	2,47	2,94	3,88	4,8
4	0,684	0,917	1,2	1,53	1,88	2,24	2,7	3,65	4,5
4,5	0,647	0,85	1,13	1,41	1,76	2,12	2,59	3,4	4,2
5	0,612	0,8	1,07	1,34	1,67	2	2,48	3,18	4,0
5,5	0,588	0,765	1,02	1,29	1,6	1,93	2,36	3,06	3,8
6	0,565	0,73	0,975	1,22	1,53	1,88	2,24	2,94	3,6
6,5	0,540	0,705	0,94	1,18	1,47	1,76	2,12	2,82	3,5

Продолжение

$t_ф$, *сек*	Размеры шин, *мм*							
	60×3	80×3	100×3	40×4	50×4	60×4	80×4	100×4
0,25	21,6	28,8	36	19,3	24	28,8	38,5	48,2
0,5	15,3	20,4	25,4	13,5	16,95	20,4	27,2	33,9
0,75	12,5	16,6	20,8	11,1	13,9	16,6	22,1	27,8
1	10,8	14,5	18	9,65	12	14,5	19,2	24
1,5	8,82	11,8	14,7	7,88	9,76	11,8	15,65	19,65
2	7,65	10,25	12,7	6,88	8,46	10,25	13,52	16,95
2,5	6,83	9,2	11,4	6,1	7,65	9,18	12,25	15,3
3	6,24	8,35	10,5	5,54	6,94	8,35	11	13,9
3,5	5,77	7,76	9,65	5,18	6,47	7,76	10,25	12,9
4	5,42	7,18	9,05	4,83	6	7,18	9,65	12
4,5	5,07	6,83	8,46	4,4	5,65	6,82	9,05	11,3
5	4,83	6,48	8	4,35	5,4	6,46	8,58	10,7
5,5	4,6	6,12	7,65	4,12	5,18	6,12	8,22	10,25
6	4,47	4,9	7,4	3,88	4,95	5,88	7,86	9,78
6,5	4,24	5,65	7,05	3,77	4,7	5,65	7,52	9,4

7. Термическая устойчивость стальных шин при температуре нагрева до 400° С, в *ка*

$t_{кр}$, *сек*	Размеры шин, *мм*								
	12×1,9	12×2,5	16×2,5	20×2,5	25×2,5	25×3	30×3	40×3	50×3
0,25	3,2	4,18	5,65	7	8,85	10,6	12,67	16,55	21,1
0,5	2,26	2,95	3,93	4,9	6,15	7,36	8,96	11,9	14,9
0,75	1,84	2,46	3,2	4,06	5,04	6,02	7,25	9,7	12,2
1	1,6	2,09	2,83	3,56	4,42	5,28	6,26	8,35	10,45
1,5	1,3	1,72	2,29	2,82	3,56	4,3	5,04	6,88	8,6
2	1,13	1,475	1,97	2,46	3,07	3,69	4,43	5,9	7,38
2,5	1,01	1,35	1,78	2,21	2,82	3,32	4,05	5,3	6,64
3	0,92	1,22	1,6	2,03	2,58	3,07	3,68	4,92	6,15
3,5	0,86	1,13	1,475	1,88	2,34	2,83	3,32	4,55	5,65
4	0,8	1,06	1,4	1,76	2,15	2,58	3,2	4,18	5,3
4,5	0,75	0,995	1,33	1,65	2,03	2,46	2,95	3,93	4,92
5	0,725	0,934	1,255	1,56	1,93	2,34	2,83	3,81	4,66
5,5	0,687	0,895	1,2	1,5	1,87	2,25	2,7	3,56	4,55
6	0,64	0,86	1,14	1,425	1,785	2,15	2,58	3,44	4,3
6,5	0,626	0,823	1,05	1,38	1,72	2,06	2,46	3,32	4,18

Продолжение

$t_{кр}$, *сек*	Размеры шин, *мм*							
	60×3	80×3	100×3	40×4	50×4	60×4	80×4	100×4
0,25	25,4	33,6	42,2	22,5	28,1	33,7	45	56
0,5	17,85	23,8	29,7	15,9	19,9	23,8	31,7	39,6
0,75	14,65	19,4	24,3	12,9	16,2	19,45	25,8	32,3
1	12,7	16,85	21	10,2	14	16,85	22,5	28
1,5	10,3	13,8	17,2	9,1	11,4	13,8	18,35	22,8
2	8,96	11,9	14,85	8	9,95	11,9	15,85	19,9
2,5	8	10,6	13,3	7,12	8,85	10,56	14,15	17,8
3	7,36	9,7	12,2	6,5	8,1	9,7	12,9	16,2
3,5	6,75	8,96	11,3	6,01	7,5	8,96	12	15
4	6,25	8,46	10,6	5,65	7,0	8,48	11,2	14
4,5	5,9	8	9,95	5,28	6,64	8	10,58	13,3
5	5,65	7,5	9,35	5,04	6,26	7,5	10,1	12,52
5,5	5,4	7,25	8,96	4,8	6,02	7,25	9,56	12
6	5,16	6,88	8,6	4,55	5,78	6,9	9,06	11,4
6,5	4,92	6,64	8,24	4,42	5,54	6,64	8,84	11

§ 30. Термическая устойчивость трехжильных кабелей с бумажной изоляцией на напряжение 3—6—10 *кв*

Термическая устойчивость выражена в величинах допустимого тока к. з. в килоамперах в зависимости от фиктивного времени $t_ф$ действия тока к. з. при максимальной температуре $\vartheta^0_{оп}$ (см. § 12) для кабелей 3 *кв* — 80° С, 6 *кв* — 70° С и 10 *кв* — 65° С. [1]

а) Кабели на напряжение 3 и 6 кв

$t_ф$, *сек*	Сечение кабеля, *мм*²									
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
0,25	3,06	4,9	7,65	10,7	15,3	21,4	29	36,7	45,8	56,5
0,5	2,16	3,46	5,4	7,55	10,8	15,1	20,5	25,9	32,4	40
0,75	1,77	2,8	4,4	6,18	7,8	12,4	16,8	21,2	26,5	32,6
1	1,53	2,45	3,82	5,35	7,65	10,7	14,5	18,3	22,9	28,2
1,5	1,25	2	3,12	4,36	6,24	8,73	11,9	15	18,7	23,1
2	1,08	1,73	2,7	3,78	5,4	7,55	10,3	13	16,2	20
2,5	0,97	1,55	2,42	3,38	4,84	6,77	9,2	11,6	14,5	17,9
3,0	0,88	1,41	2,21	3,09	4,41	6,18	8,4	10,6	13,3	16,3
3,5	0,82	1,31	2,04	2,86	4,1	5,72	7,75	9,8	12,3	15,1
4	0,77	1,22	1,91	2,68	3,82	5,35	7,25	9,2	11,5	14,2
4,5	0,72	1,15	1,8	2,52	3,6	5,04	6,84	8,65	10,8	13,4
5	0,68	1,09	1,71	2,39	3,41	4,78	6,48	8,2	10,3	12,6
5,5	0,65	1,05	1,63	2,29	3,26	4,57	6,2	7,84	9,8	12,1
6	0,62	1	1,56	2,18	3,12	4,36	5,92	7,5	9,35	11,5
6,5	0,6	0,6	1,5	2,1	3	4,2	5,7	7,2	9	11,1

б) Кабели на напряжение 10 кв

$t_ф$, *сек*	Сечение кабеля, *мм*²									
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
0,25	3,1	4,95	7,75	10,9	15,5	21,7	29,4	37,2	46,5	57,3
0,5	2,19	3,5	5,46	7,65	11	15,3	20,8	26,2	32,8	40,5
0,75	1,8	2,88	4,5	6,3	9	12,6	17,1	21,6	27	33,2

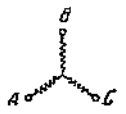
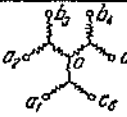
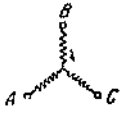
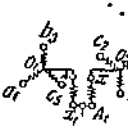
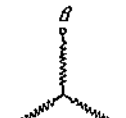
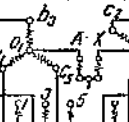
[1] При средней температуре $\vartheta^0_{ср}=5$° С (см. § 12) табличные значения тока должны быть умножены: а) для кабелей 3 *кв* на отношение $\frac{165}{148}=1{,}10$, б) для кабелей 6 *кв* — на $\frac{165}{163}=1{,}08$ и для кабелей 10 *кв* — на $\frac{165}{165}=1{,}05$.

$I_ф$, *а*	Сечение кабеля, *мм*²									
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
1	1,55	2,48	3,88	5,42	7,75	10,9	14,8	18,6	23,2	28,7
1,5	1,27	2,03	3,16	4,43	6,31	8,85	12	15,2	19	23,4
2	1,1	1,75	2,74	3,83	5,46	7,65	10,4	13,2	16,4	20,2
2,5	0,98	1,57	2,45	3,43	4,9	6,85	9,3	11,8	14,7	18,2
3,0	0,9	1,43	2,24	3,13	4,48	6,26	8,5	10,8	13,4	16,6
3,5	0,83	1,33	2,07	2,9	4,15	5,8	7,86	10	12,5	15,4
4	0,78	1,24	1,94	2,71	3,87	5,42	7,35	9,3	11,6	14,3
4,5	0,73	1,17	1,83	2,56	3,65	5,1	6,93	8,8	11	13,5
5	0,69	1,1	1,73	2,42	3,46	4,84	6,56	8,3	10,4	12,8
5,5	0,66	1,06	1,66	2,32	3,31	4,63	6,28	7,95	9,93	12,3
6	0,63	1,01	1,58	2,21	3,16	4,43	6	7,6	9,5	11,7
6,5	0,6	0,97	1,52	2,13	3,04	4,25	5,76	7,3	9,1	11,3

Глава 6. РТУТНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

§ 31. Металлические ртутные выпрямители

1. Схемы соединений обмоток трансформаторов для ртутных выпрямителей (фиг. 48).

№ п/п	Наименование схемы	Диаграмма векторов и условные обозначения	
		Сторона переменного тока	Сторона выпрямленного тока
1	Звезда – двойной* зигзаг		
2	Звезда – две обратных звезды с разделяющей катушкой		
3	Звезда – две обратных звезды с разделяющей катушкой и анодными реакторами		

Фиг. 48

2. Технические данные ртутных выпрямителей

Номинальное напряжение U_d выпрямленного тока (при номинальной нагрузке), *в*	Номинальный выпрямленный ток I_d, *а*	Тип ртутного выпрямителя	Схема соединения трансформатора (фиг. 48)	Номинальное напряжение вторичной обмотки при холостом ходе U_2, *в*	Номинальная мощность трансформатора, *ква*	Тип трансформатора ТМР	Напряжение короткого замыкания, %	Тип разделяющей катушки КРОМ	Количество и тип требующихся анодных реакторов[2]
230	600	РВ-5[1]	1	200	170	320/35	4,0	—	
	600	РВ-5	2	225	165	320/35	4,0	33/35	
	1 100	РВ-10[1]	1	200	310	560/35	4,0	—	
	1 100	РВ-10	2	225	305	560/35	4,0	33/35	
	2 000	РВ-20	3	230	565	750/10	4,5	33/35	3×РАОМ–300 встроены в ТМР
	3 000	РВ-30	3	235	865	1 350/35	6,0	66/35	2×РАТМ–400
	5 000	РВ-50	3	235	1 440	1 800/35	7,0	66/35	2×РАТМ–600
245	600	РВ-5	1	210	180	320/35	4,0	—	
	600	РВ-5	2	240	275	320/35	4,0	33/35	
	1 100	РВ-10	1	210	325	560/35	4,5	—	
	1 100	РВ-10	2	240	320	560/35	4,5	33/35	
	2 000	РВ-20	3	240	590	750/10	4,5	33/35	3×РАОМ–300 встроены в ТМР
	3 000	РВ-30	3	245	900	1 350/35	6,0	66/35	2×РАТМ–400
	5 000	РВ-50	3	245	1500	1 800/35	7,5	66/35	2×РАТМ–600
275	600	РВ-5[1]	1	235	200	320/35	4,5	—	
	600	РВ-5	2	265	195	320/35	4,5	33/35	
	1 100	РВ-10[1]	1	235	365	560/35	5,0	—	
	1 100	РВ-10	2	265	360	560/35	5,0	33/35	
	2 000	РВ-20	3	270	660	1 000/35	5,0	33/35	2×РАТМ–400
	3 000	РВ-30	3	275	1 010	1 350/35	6,0	66/35	2×РАТМ–400
	5 000	РВ-50	3	275	1 680	2 400/35	7,0	120/35	2×РАТМ–800
460	600	РВ-5[1]	1	380	325	560/35	4,5	—	
	600	РВ-5	2	435	320	560/35	4,5	33/35	
	1 100	РВ-10[1]	1	380	590	1 000/35	5,0	—	
	1 100	РВ-10	2	435	585	1 000/35	5,0	33/35	
	2 000	РВ-20	3	440	1 080	1 350/35	6,0	66/35	2×РАТМ–400

[1] Сняты с производства и изготовляются по специальному заказу.

[2] Тип РАОМ—реактор анодный однофазный масляный; РАТМ—реактор анодный трехфазный масляный.

Продолжение

Номинальное напряжение U_d выпрямленного тока (при номинальной нагрузке), в	Номинальный выпрямленный ток I_d, а	Тип ртутного выпрямителя	Схема соединения трансформатора (фиг. 48)	Номинальное напряжение вторичной обмотки при холостом ходе U_2, в	Номинальная мощность трансформатора, *ква*	Тип трансформатора ТМР	Напряжение короткого замыкания, %	Тип разделяющей катушки КРОМ	Количество и тип требующихся анодных реакторов
460	3 000	РВ-30	3	445	1 640	2 400/35	7,0	66/35	2×РАТМ—400
	5 000	РВ-50	3	445	2 720	3 200/35	8,0	120/35	2×РАТМ—800
600	500	РВ-5	2	560	345	560/35	4,5	33/35	—
	1 000	РВ-10	2	560	690	1 000/35	5,5	66/35	—
	2 000	РВ-20	3	570	1 400	1 800/35	7,0	66/35	2×РАТМ—400
	3 000	РВ-30	3	570	2 100	2 400/35	7,5	120/35	2×РАТМ—400
	5 000	РВ-50	3	570	3 500	5 600/35	8,0	210/35	2×РАТМ—800
825	900	РВ-10	2	760	850	1 350/35	6,0	66/35	—
	1 750	РВ-20	3	770	1 650	1 800/35	7,5	66/35	2×РАТМ—400
	2 900	РВ-30	3	780	2 800	3 200/35	8,0	120/35	2×РАТМ—400
	5 000	РВ-50	3	780	4 800	5 600/35	8,5	210/35	2×РАТМ—800
1 650	750	РВ-20	3	1 500	1 380	2 400/35	6,0	120/35	2×РАТМ—200
	1 125	РВ-30	3	1 500	2 070	3 200/35	6,0	120/35	2×РАТМ—400
3 300	500	РВ-20	3	3 050	1 870	3 200/35	6,0	120/35	2×РАТМ—200
	750	РВ-30	3	3 050	2 800	5 600/35	6,0	210/35	2×РАТМ—400

Все типы ртутных выпрямителей, приведенные в таблице, могут выпускаться в исполнении с управляемыми сетками, что обозначается буквой У, например: РВ-5У, РВ-10У.

3. Допустимые длительные токи при регулировании сетками

Выпрямленное напряжение в	Длительно допустимый ток в процентах к номинальному при регулировании сетками до напряжения			
	95%	90%	80%	0%
до 300	100	100	100	75
до 825	100	85	75	65

При снижении напряжения снижается $\cos\varphi$ и увеличивается пульсация выпрямленного напряжения.

При длительном регулировании напряжения сетками глубину регулирования рекомендуется ограничивать 15%.

4. Допустимые перегрузки для ртутных выпрямителей

Выпрямители типов РВ-5, РВ-10 и РВ-20 выдерживают следующие перегрузки:

25% в течение 15 минут
50% „ „ 2 „
100% „ „ 10 секунд

Выпрямители типов РВ-20 и РВ-30 на напряжения 1 650 и 3 300 в

50% в течение 2 часов
200% „ „ 5 минут

Указанные перегрузки выпрямитель должен выдерживать до 3 раз в сутки с промежутками между вышеуказанными перегрузками не менее 3 часов. Перегрузки могут следовать непосредственно после длительной работы при номинальном режиме.

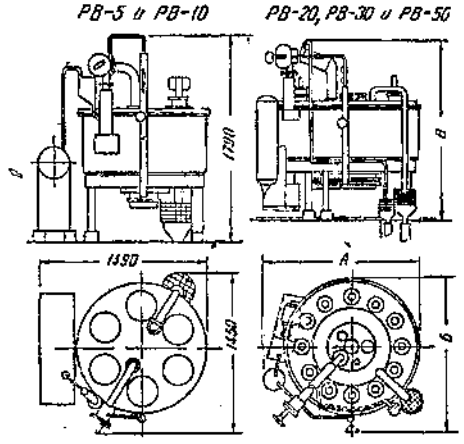
5. Коэфициент полезного действия (с учетом потерь в питающем трансформаторе и расхода на собственные нужды):

Выпрямленное напряжение в	КПД в % при нагрузке от номинальной			
	1/4	2/4	3/4	4/4
230	86 ±1	88 ±1	88 ±1	86 ±1
460	89 ±1	91 ±1	91 ±1	90 ±1
600	91 ±1	93 ±1	93 ±1	92 ±1
825	93 ±1	94,5 ±1	94,5 ±1	94 ±1
1 650	93,5 ±1	95 ±1	95 ±1	94 ±1
3 300	94 ±1	95,5 ±1	95,5 ±1	95 ±1

6. Ориентировочные габаритные размеры и вес ртутных выпрямителей

а) Габаритные размеры (фиг. 49)

Размер	Тип		
	РВ-20	РВ-30	РВ-50
А, *мм*	1 760	1 920	2 320
Б, *мм*	1 670	1 920	2 360
В, *мм*	1 950	2 400	2 400



Фиг. 49.

б) Вес

Тип	Вес, *кг*		
	РВ с водой	РВ без воды	крышки с анодами
РВ-5	1 070	995	—
РВ-10	1 175	1 100	—

Тип	Вес, *кг*		
	РВ с водой	РВ без воды	крышки с анодам
РВ-20	2 280	2 030	785
РВ-30	3 550	3 300	1 330
РВ-50	5 000	4 600	1 745

§ 32. Водяное охлаждение ртутных выпрямителей

а) Вода, охлаждающая выпрямитель и ртутные насосы, должна иметь жесткость не больше 25° по французской шкале и электрическое сопротивление не менее 2 000 *ом/см*³.

б) Температура охлаждающей воды для выпрямителей типов РВ-5, РВ-10 и РВ-20 должна быть в пределах 10—25° С; для типов РВ-5У, РВ-10У, РВ-20У —в пределах 15—25° С; для типов РВ-30 и РВ-50 — в пределах 20—30° С, а для охлаждения ртутных насосов — не выше 25° С. Количество воды при температурном перепаде в 15° С, а также необходимый напор в месте присоединения шланга приведены в нижеследующей таблице:

Тип выпрямителя	Расход воды при перепаде в 15° С *м*³/час	Напор, необходимый при указанном расходе, в *м* водяного столба
РВ- 5	0,6	3
РВ-10	1,2	4
РВ-20	2,4	5
РВ-30	4,8	8
РВ-50	8,0	12

в) Значения расхода и напора охлаждающей воды относятся к работе выпрямителей при номинальной нагрузке, соответствующей напряжению 600 *в*.

При меньших нагрузках расход и напор воды уменьшаются.

г) Количество воды для охлаждения ртутных насосов выпрямителей РВ-5, РВ-10, РВ-20 и РВ-30 — 2 *л* в минуту, а РВ-50 — 6 *л* в минуту.

Наименование величин	Схемы соединения обмоток: звезда — двойной зигзаг	Схемы соединения обмоток: звезда — две обратных звезды, с разделяющей катушкой [1]	Обозначения
Эффективное значение вторичного тока трансформатора — I_2, *а*	$\frac{I_d}{\sqrt{m}} = \frac{I_d}{\sqrt{6}} = 0{,}41 I_d$	$\frac{I_d}{\sqrt{m}} = \frac{I_d}{2\sqrt{3}} = 0{,}29 I_d$	I_d — выпрямленный ток, *а*;
Напряжение выпрямленного тока при холостом ходе — U_{d_0}, *в*	$U_d\left(1 + \frac{1{,}17 e_к}{100}\right)$	$U_d\left(1 + \frac{0{,}87 e_к}{100}\right)$	m — число фаз вторичной обмотки трансформатора
Фазовое вторичное напряжение трансформатора U_2, *в*	$\frac{U_{do} + \varepsilon_d}{1{,}35}$	$\frac{U_{do} + \varepsilon_d}{1{,}17}$	$e_к$ — напряжение короткого замыкания трансформатора, %
Полное напряжение выпрямленного тока (с учетом падения напряжения в дуге выпрямителя и в обмотках трансформатора) — E, *в*	$1{,}35 U_2 = U_{do} + \varepsilon_d$	$1{,}17 U_2 = U_{do} + \varepsilon_d$	U_d — номинальное выпрямленное напряжение при полной нагрузке (на шинах), *в*
Полная мощность выпрямленного тока — P_d, *ква*	$(U_{do} + \varepsilon_d) I_d = 1{,}35 U_2 I_d$	$(U_{do} + \varepsilon_d) I_d = 1{,}17 U_2 I_d$	U_1 — напряжение первичной обмотки трансформатора, *в*
Номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора — P_2, *ква*	$1{,}79 P_d$	$1{,}48 P_d$	P — мощность питающего ртутный выпрямитель трансформатора, *ква*
Номинальная мощность первичной обмотки (забираемая из сети) — P_1, *ква*	$1{,}05 P_d$	$1{,}05 P_d$	$U_ф$ — напряжение формовки (принимается равным 60—100 *в*)

[1] Для схемы включения звезда—две обратных звезды с разделяющей катушкой и с анодными реакторами ток в цепи анодного реактора $I_a = \frac{I_2}{2}$.

Продолжение

Наименование величин	Схемы соединения обмоток		Обозначения
	звезда — двойной зигзаг	звезда — две обратных звезды, с разделяющей катушкой	
Мощность трансформатора (для определения основных параметров его) — P, *ква*	$1{,}42P_d$	$1{,}26P_d$	
Эффективное значение первичного тока трансформатора — I_1, *а*	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_d$; $\frac{P_1 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_1}$	$\frac{I_d}{\sqrt{6}}$; $\frac{P_1 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_1}$	
Коэфициент мощности установки (равен произведению cos φ трансформатора на коэфициент искажения тока)	0,92—0,94	0,92—0,94	
Падение напряжения в дуге ртутного выпрямителя — ε_d, *в*	25—30	25—30	
Коэфициент полезного действия выпрямителя — η	$\frac{I_d U_d}{I_d U_d + I_d \varepsilon_d} = \frac{U_d}{U_d + \varepsilon_d}$	$\frac{I_d U_d}{I_d U_d + I_d \varepsilon_d} = \frac{U_d}{U_d + \varepsilon_d}$	
Потребная мощность формовочного трансформатора — P_ϕ, *ква* (формовочный трансформатор включается последовательно с питающим трансформатором ртутного выпрямителя)	$P \frac{U_\phi}{U_d}$	$P \frac{U_\phi}{U_d}$	

31. Определение угла и пределов сеточного регулирования

При заданных величинах: U_d в вольтах, $e_к$ в %, ε_d в вольтах, вторичное напряжение трансформатора U_2 при схеме соединения звезда—с обратных звезды определяется из выражения:

$$U_2 = \frac{U_{d0} + \varepsilon_d}{1{,}17} = \frac{U_d\left(1 + \frac{0{,}87\, e_к}{100}\right) + \varepsilon_d}{1{,}17}, \qquad (1)$$

где U_{d0}, U_d, ε_d и $e_к$ см. § 33.

Напряжение U_2 определяется по каталогу или заводским данным. Напряжение выпрямленного тока U_d равно:

$$U_d = \frac{k_1 k_2 \cdot 1{,}17 \cdot U_2 - \varepsilon_d}{\left(1 + \frac{0{,}87 e_к}{100}\right)}, \qquad (2)$$

где k_1 — коэфициент, учитывающий действительную величину напряжения в данном пункте сети высокого напряжения (например, при повышенном на 5% выше номинального напряжении в сети, питающей РВ, $k_1 = 1{,}05$).

k_2 — коэфициент, учитывающий регулировку вторичного напряжения трансформатора с помощью дополнительных зажимов: $k_2 = \frac{100 \pm X}{100}$, где X — процент снижения или повышения вторичного напряжения (например, при установке дополнительных зажимов на $+4 \times 2{,}5\%$ вторичное напряжение снижается на 10%, т. е. $k_2 = 0{,}9$).

Процент сеточного регулирования $\Delta U\%$ определяется из выражения:

$$\Delta U\% = \frac{U_d - U_{dp}}{U_d} 100, \qquad (3)$$

где U_{dp} — заданная величина сниженного напряжения.

Угол сеточного регулирования определяется из выражения:

$$\cos\alpha = \frac{U_{dp}}{U_d}. \qquad (4)$$

При регулировании напряжения сетками сильно искажается форма кривой тока в трансформаторе и ухудшается коэфициент мощности установки. Поэтому целесообразно пользоваться этим способом для снижения напряжения в пределах до 15% (угол регулирования около 30°).

Пример. Требуется получить напряжение выпрямленного тока $U_d = 275$ *в* с регулировкой до 230 *в*.

Дано:

$$e_к = 8\%, \quad \varepsilon_d = 20 \text{ в}.$$

Определяем вторичное напряжение трансформатора U_2 из выражения (1):

$$U_2 = \frac{275\left(1+\frac{0{,}87\cdot 8}{100}\right)+20}{1{,}17} = 268\ в.$$

Фактическое напряжение выпрямленного тока с учетом повышения напряжения, подведенного к первичной обмотке трансформатора (коэффициент $k_1 = 1{,}05$), определяется из выражения (2):

$$U_d = \frac{1{,}05\cdot 1{,}17\cdot 268 - 20}{\left(1+\frac{0{,}87\cdot 8}{100}\right)} = 288\ в.$$

При регулировании сетками до 275 $в$ процент сеточного регулирования определяется из выражения (3):

$$\Delta U\% = \frac{288-275}{288}\,100 = 4{,}1\%.$$

Угол сеточного регулирования определяется из выражения (4):

$$\cos\alpha = \frac{275}{288} = 0{,}955;\quad \alpha = 17°.$$

Для понижения напряжения до 230 $в$ переставляем дополнительные зажимы на $+4\times 2{,}5\%$. При этом напряжение выпрямленного тока составит:

$$U_d = \frac{1{,}05\cdot 0{,}9\cdot 1{,}17\cdot 268 - 20}{\left(1+\frac{0{,}87\cdot 8}{100}\right)} = 258\ в.$$

При регулировании сетками до 230 $в$ процент сеточного регулирования составит:

$$\frac{258-230}{258}\,100 = 10{,}8\%.$$

Угол сеточного регулирования:

$$\cos\alpha = \frac{230}{258} = 0{,}89;\quad \alpha = 27°.$$

§ 85. Электрическая прочность частей выпрямителя

Части ртутных выпрямителей должны выдерживать испытание переменным током 50 $гц$, длительностью в 1 минуту, при следующих эффективных значениях испытательного напряжения:

Части выпрямителя		Испытательное напряжение, $в$
Главный анод	По отношению к корпусу	$3U_d + 5\,000$
Аноды зажигания и возбуждения		1 000
Катод		1 000

Части выпрямителя		Испытательное напряжение, *в*
Корпус	По отношению к земле	$2U_d + 1\,000$ для выпрямителей до 1 650 *в* 10 000 *в* — для выпрямителей на 3 300 *в*
Система откачки		
Арматура, имеющая потенциал катода		

§ 36. Выбор анодных проводов

Для соединения вторичной обмотки трансформатора с анодами ртутного выпрямителя применяются анодные провода, выдерживающие испытательное напряжение такого же порядка, как и испытательное напряжение для главных анодов выпрямителя, то-есть $U_{исп} = 3U_d + 5\,000$ *в*, где U_d — номинальное напряжение выпрямленного тока в вольтах (см. § 33).

При напряжении выпрямленного тока до 500 *в* применяются провода марки ПР-3 000 или ПРТ-3 000 (имеющие испытательное напряжение 6 000 *в*). Могут применяться также провода марки ПР-500 с прокладкой их по всей трассе на изоляторах или с усилением их изоляции кембриком на всем протяжении. При напряжении выпрямленного тока свыше 500 *в* до 825 *в* включительно применяются провода марки ПР-3 000 и ПРТ-3 000 с усилением их изоляции кембриком в местах крепления провода.

§ 37. Аппараты для ртутно-выпрямительных установок

1. Вспомогательные трансформаторы

Тип	Мощность, *ква*	$U_н$ *в*	Схема соединения	Вес, *кг*	Назначение
ОСО 0,5	0,5	220/220	—	18	Для зажигания
ТС 7,5/6	5,1	380—220/120 фаз	Первичная обмотка соединена в звезду или треугольник, вторичная — в двойной зигзаг	150	Для возбуждения
ОС 5/3	2,0 1,6	230—115/115—105—95	—	60	Для ртутного насоса
ТСС 3/3	0,5	380—220/220	Первичная обмотка соединена в звезду или треугольник, вторичная — в шестифазную звезду	80	Сеточный трансформатор

2. Быстродействующие автоматы постоянного тока типа БДА

Тип	Форма	$U_н$ в	Нагрузка, а: длительная	Нагрузка, а: 2-часовая	Пределы регулирования тока выключения, а	Наличие индуктивного шунта	Ток удерживающей катушки, а: 110 в	Ток удерживающей катушки, а: 220 в	Ток включающей катушки, а: 110 в	Ток включающей катушки, а: 220 в	Добавочное сопротивление удерживающей катушки, ом: 110 в	Добавочное сопротивление удерживающей катушки, ом: 220 в	Вес кг
БДА-625/6	А	600	625	750	400— 1 000	нет	1,02	0,51	74,5	34	55,2	232	131
БДА-1250/6	А	600	1 250	1 500	800— 2 000	нет	1,02	0,51	74,5	34	55,2	232	137
	Б	600	1 250	1 500	1 500— 3 750	есть	1,02	0,51	74,5	34	55,2	232	142
БДА-2000/6	А	600	2 000	2 500	800— 2 000	нет	0,74	0,37	74,5	34	61,3	227	142
	Б	600	2 000	2 500	1 500— 3 750	есть	0,74	0,37	74,5	34	61,3	227	145
БДА-3000/6	А	600	3 000	3 600	2 400— 6 000	есть	1,02	0,52	90	45	51,3	190	232
	Б	600	3 000	3 600	4 000—10 000	есть	1,02	0,52	90	45	51,3	190	235
БДА-625/15	А	1 500	625	750	400— 1 000	нет	1,02	0,51	78,3	35	55,2	232	168
БДА-1250/15	А	1 500	1 250	1 500	1 500— 3 750	есть	0,74	0,37	73,3	35	61,3	227	175
БДА-2000/15	А	1 500	2 000	2 500	800— 2 000	нет	0,74	0,37	73,3	35	61,3	227	175
	Б	1 500	2 000	2 500	1 500— 3 750	есть	0,74	0,37	73,3	35	61,3	227	180
БДА-3000/15	А	1 500	3 000	3 600	2 400— 6 000	есть	1,02	0,52	90	45	51,3	190	250
	Б	1 500	3 000	3 600	4 000—10 000	есть	1,02	0,52	90	45	51,3	190	255
БДА-625/30	А	3 000	625	750	400— 1 000	нет	1,02	0,51	73,3	35	55,2	232	180
БДА-1250/30	А	3 000	1 250	1 500	800— 2 000	нет	0,74	0,37	90	45	61,3	227	216
	Б	3 000	1 250	1 500	1 500— 3 750	есть	0,74	0,37	90	45	61,3	227	221
БДА-2000/30	А	3 000	2 000	2 500	800— 2 000	нет	0,74	0,37	90	45	61,3	227	260
	Б	3 000	2 000	2 500	1 500— 3 750	есть	0,74	0,37	90	45	61,3	227	265

5. Электромагнитные автоматы постоянного тока типа ВАБ

Тип	Длительная нагрузка, *а*	Номинальное напряжение, *в*	Пределы регулирования тока выключения, *а*			Ток удерживающей катушки, *а*		Ток включающей катушки *а*		Вес *кг*
			Исполнение А	Исполнение В	Исполнение С	Исполнение А и В	Исполнение С	110 *в*	220 *в*	
						110/220, *в*	110/220, *в*			
ВАБ-600/6	600	600	400—1 000	—	200— 500	0,5	0,25	80	40	120
ВАБ-1000/6	1 000	600	800—2 000	—	400—1 000	0,5	0,25	80	40	125
ВАБ-2000/6[1]	2 000	600	1 600—4 000	—	800—2 000	0,5	0,25	80	40	135
ВАБ-3000/6[2]	3 000	600	2 400—6 000	3 600—9 000	1 600—4 000	0,5	0,25	80	40	150
ВАБ-600/15	600	1 500	400—1 000	—	200— 500	0,5	0,25	80	40	125
ВАБ-1000/15	1 000	1 500	800—2 000	—	400—1 000	0,5	0,25	80	40	130
ВАБ-2000/15[1]	2 000	1 500	1 600—4 000	—	800—2 000	0,5	0,25	80	40	145
ВАБ-3000/15[2]	3 000	1 500	2 400—6 000	3 600—9 000	1 600—4 000	0,5	0,25	80	40	160
ВАБ-600/30	600	3 000	400—1 000	—	200— 500	0,5	0,25	80	40	137
ВАБ-1000/30	1 000	3 000	800—2 000	—	400—1 000	0,5	0,25	80	40	142
ВАБ-2000/30	2 000	3 000	1 600—4 000	—	800—2 000	0,5	0,25	80	40	157

§ 38. Стеклянные ртутные выпрямители

1. Подразделение

Стеклянные ртутные выпрямители подразделяются на следующие группы:
Группа А — для зарядки аккумуляторных батарей.
Группа АК — то же, но с регулировкой напряжения посредством коммутатора.
Группа АС — для зарядки аккумуляторных батарей или для питания силовой нагрузки.
Группа С — для силовой нагрузки.

[1] При исполнении А автоматы выпускаются с шунтом.
[2] При всех исполнениях (А, В и С) — выпускаются с шунтом.

2. Стеклянные ртутные выпрямители для зарядки аккумуляторных батарей (группа А)

Тип агрегата [1]	Шифр	Электрические данные: Сторона выпрямленного тока: Напряжение, в	Сила тока, а	Контрольная точка внешней характеристики: Напряжение, в	Сила тока, а	Сторона переменного тока: Система тока [2]	Напряжение, в	Сила тока, а	Потребляемая мощность, ква	cos φ	К. п. д., %	Выпрямительная схема [3]	Наличие системы возбуждения	Тип стеклянного ртутного выпрямителя	Максимальные габаритные размеры: Длина по фасаду, мм	Ширина, включая рукоятки управления, мм	Высота, мм
УРВ-45Т	220/380А60—8	8	60	11,2	24	Т	220/380	9,3/5,4	3,6	0,5	27	3-Ф	С возбуждением	3ВН-60	725	725	2 000
УРВ-1	127/220А6—12/24	12 или 24	6 + 0,3 6	17 34	3,6	О	127/220	2,9/1,7 4,8/2,8	0,37 0,61	0,58 0,53	34 45	2-Ф	Без возбуждения	2В-6	450	225	460
УРВ-3	127/220А12—12/24	12 или 24	12	17 34	4,8	О	127/220	4,8/2,8 7,6/4,4	0,61 0,96	0,69 0,65	34 46	2-Ф	То же	2В-12	440	435	860
УРВ-6	127/220А20—12/24	12 или 24	20	17 34	8,0	О	127/220	7,5/4,3 11,2/6,5	0,95 1,42	0,70 0,69	36 49	2-Ф	„	2В-20	540	470	1 620
УРВ-12	220/380А30—24	24	30	34	12	Т	220/380	6,4/3,7	2,5	0,59	50	3-Ф	„	3В-30	540	470	1 620
УРВ-22	220/380А60—24	24	60	34	24	Т	220/380	13,5/7,7	5,1	0,58	49	3-Ф	С возбуждением	3ВН-60	725	725	2 000
УРВ-25	220/380А100—24	24	100	34	40	Т	220/380	22/13	8,4	0,57	50	3-Ф	То же	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-46Т	220/380А200—24	24	200	34	80	Т	220/380	ок.37/21	14	0,73	47	6-Ф	„	3ВН-100—2 шт.	1250	950	2 000
УРВ-47Т	127/220А6—48	48	6	70	3,6	О	127/220	6,7/3,9	0,85	0,63	54	2-Ф	Без возбуждения	2В-6	440	435	860
УРВ-7	127/220А20—48	48	20	70	8	О	127/220	21/3,2	2,7	0,65	54	2-Ф	То же	2В-20	540	470	1 620
УРВ-13	220/380А30—48	48	30	70	12	Т	220/380	11/6,6	4,1	0,59	60	3-Ф	„	3В-30	540	470	1 620
УРВ-23	220/380А60—48	48	60	70	24	Т	220/380	22/13	8,2	0,58	61	3-Ф	С возбуждением	3ВН-60	725	725	2 000
УРВ-26	220А100—48	48	100	70	40	Т	220	36	13,5	0,57	62	3-Ф	То же	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-27	380А100—48	48	100	70	40	Т	380	21	13,5	0,57	62	3-Ф	„	3ВН-100	725	725	2 000

Тип агрегата [1]	Шифр	Электрические данные											Наличие системы возбуждения	Тип стеклянного ртутного выпрямителя	Максимальные габаритные размеры		
		Сторона выпрямленного тока				Сторона переменного тока											
		Напряжение, [4] в	Сила тока, а	Контрольная точка внешней характеристики: Напряжение в	Контрольная точка внешней характеристики: Сила тока а	Система тока [2]	Напряжение, в	Сила тока, а	Потребляемая мощность, ква	cos φ	К. п. д., %	Выпрямительная схема [3]			Длина по фасаду, мм	Ширина, включая рукоятки управления, мм	Высота, мм
УРВ-34Т	220/380А200—48	48	200 (150)	70	80 (60)	Т	220/380	60/35	23	0,68	62	6-Ф [5]		3ВН-100—2 шт.	1250	950	2 000
УРВ-8	127/220А20—80	80	20	115	8	О	127/220	31/18	4,0	0,65	62	2-Ф	Без возбуждения	2В-20	540	470	1 620
УРВ-9	127/220А20—120	120	20	170	8	О	127/220	42/24	5,3	0,65	70	2-Ф	То же	2В-20	540	470	1 620
УРВ-14	220/380А30—120	120	30	170	12	Т	220/380	23/13	8,9	0,57	71	3-Ф [5]		3В-30	540	470	1 620
УРВ-24	220/380А60—120	120	60	170	24	Т	220/380	46/27	18	0,56	74	3-Ф	С возбуждением	3ВН-60	725	725	2 000
УРВ-28	220/380А100—120	120	100	170	40	Т	220/380	78/45	30	0,55	74	3-Ф	То же	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-44Т	127/220А5—220	220	5 (3)	330	2,2 (1,3)	О	127/220	23/13	2,9	0,58	66	2-Ф	»	2ВН-20	540	470	1 620
УРВ-15	220/380А30—220	220	30	320	12	Т	220/380	39/23	15	0,55	80	3-Ф	»	3ВН-60	725	725	2 000

[1] Для ртутных выпрямителей типов УРВ-1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 44Т и 47Т предусмотрено естественное воздушное охлаждение, для УРВ-22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 34Т, 45Т и 46Т—вентиляторное.

[2] О—однофазная, Т—трехфазная система тока.

[3] 2-Ф—двухфазная, 3-Ф—трехфазная, 6-Ф—шестифазная (двойной зигзаг) выпрямительная схема.

[4] Два напряжения выпрямленного тока можно получить при помощи переключателя или переставной штепсельной вилки.

[5] Два напряжения могут быть получены с помощью перестановки перемычек.

3. Стеклянные ртутные выпрямители для зарядки аккумуляторных батарей и для силовой нагрузки

Группа АК — для зарядки аккумуляторных батарей с регулировкой напряжения посредством коммутатора

Тип агрегата [1]	Шифр	Электрические данные											Выпрямительная схема	Тип стеклянного ртутного выпрямителя	Максимальные габаритные размеры		
		Сторона выпрямленного тока					Сторона переменного тока										
		Нижняя ступень напряжения		Верхняя ступень напряжения		Число ступеней	Система тока	Напряжение, в	Сила тока, а	Потребляемая мощность, ква	cosφ	К. п. д., %			Длина по фасаду, мм	Ширина, включая рукоятки управления, мм	Высота, мм
		Напряжение, в	Сила тока, а	Напряжение, в	Сила тока, а												
УРВ-40Т	220/380АК—200—115	110	200	170	130	9	3-фазная	220/380	84/49	32	0,80	80	6-Ф	3ВН-100—2шт.	1 250	950	2 000
УРВ-39Т	220/380АК100—220	220	100	310	70	9		220/380	90/52	34	0,77	84	3-Ф	3ВН-100—500	725	850	2 000
УРВ-41Т	220/380АК200—220	220	200	310	145	9		220/380	150/87	57	0,90	86	6-Ф	3ВН-100—500—2 шт.	1 250	950	2 000

[1] Для ртутных выпрямителей типа УРВ-40Т МТ трехфазного реактивного коммутирующего отделения

[1] Для ртутных выпрямителей типа УРВ-40Т, 80Т предусмотрено вентиляторное воздушное охлаждение.

АС — зарядная станция, С — силовой агрегат, Т — трехфазный выпрямительный агрегат.

Группа АС — для зарядки аккумуляторных батарей и питания силовой нагрузки

Тип агрегата[1]	Шифр	Режим	Электрическая данные: Сторона выпрямленного тока: Напряжение, в	Сторона выпрямленного тока: Сила тока, а	Контрольная точка внешней характеристики: Напряжение, в	Контрольная точка внешней характеристики: Сила тока, а	Сторона переменного тока: Система тока	Сторона переменного тока: Напряжение, в	Сторона переменного тока: Сила тока, а	Сторона переменного тока: Потребляемая мощность, ква	Сторона переменного тока: cos φ	К. п. д. %	Выпрямительная схема	Тип стеклянного ртутного выпрямителя	Наименьшие габаритные размеры: Длина по фасаду, мм	Наименьшие габаритные размеры: Ширина, включая рукоятки управления, мм	Наименьшие габаритные размеры: Высота, мм
УРВ-20	220/380АС27/20—160	Зарядный	160	27/18	225	10,8/7,2	3-фазная	220/380	25/14,5	9,5	0,58	78	3-фазная	3ВН-30	605	650	1 805
		Силовой		20	—	—			13/7,5	4,95	0,80	81					
УРВ-21	220/380АС45/40—160	Зарядный	160	45/36	225	18/14,2		220/380	42/24	16,0	0,67	79		3ВН-60	605	650	1 805
		Силовой		40	—	—			ок.25/15	ок. 9,9	ок. 0,8	ок. 81					

[1] Для ртутных выпрямителей типа УРВ-20 предусмотрено естественное воздушное охлаждение, для УРВ-21,—вентиляторное.

4. Стеклянные ртутные выпрямители для силовой нагрузки (группа С)

Тип агрегата [1]	Шифр	Электрические данные							К.п.д. %	Выпрямительная схема [2]	Тип стеклянного ртутного выпрямителя	Максимальные размеры		
		Сторона выпрямленного тока		Сторона переменного тока								Длина по фасаду, *мм*	Ширина, включая рукоятки управления, *мм*	Высота, *мм*
		Напряжение, *в*	Сила тока, *а*	Система тока	Напряжение, *в*	Сила тока, *а*	Потребляемая мощность, *ква*	Cos φ						
УРВ-10	127/220С20—115	115	30	О	127/220	29/17	3,7	0,87	72	2-Ф	2ВН-20	540	470	1 620
УРВ-17	220/380С30—115	115	30	Т	220/380	15/8,7	5,7	0,79	76	3-Ф	3ВН-30	540	470	1 620
УРВ-29	220С100—115	115	100	Т	220	48	18	0,80	79	3-Ф	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-30	380С100—115	115	100	Т	380	28	18	0,80	79	3-Ф	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-35Т	220/380С200—115	115	200	Т	220/380	81/47	31	0,93	81	6-Ф	3ВН-100	1 250	950	2 000
УРВ-11	127/220С20—230	230	20	О	127/220	51/30	6,5	0,88	80	2-Ф	2ВН-20	540	470	1 620
УРВ-18	220С30—230	230	30	Т	220	28	10,7	0,79	82	3-Ф	3ВН-30	540	470	1 620
УРВ-19	380С30—230	230	30	Т	380	16	10,7	0,79	82	3-Ф	3ВН-30	540	470	1 620
УРВ-31	220С100—230	230	100	Т	220	89	34	0,80	85	3-Ф	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-32	380С100—230	230	100	Т	380	52	34	0,80	85	3-Ф	3ВН-100	725	725	2 000
УРВ-38Т	220/380С200—230	230	200	Т	220/380	149/86	57	0,93	87	6-Ф	3ВН-100	1 250	950	2 000
УРВ-33	220/380С100—275	275	100	Т	220/380	112/65	42,7	0,75	86	3-Ф	3ВН-100—500	900	760	1 980

[1] Для ртутных выпрямителей типов УРВ-10, 11, 17, 18 и 19 предусмотрено естественное воздушное охлаждение; для УРВ-29, 30, 31, 32, 33, 35Т и 38Т—вентиляторное.

[2] О—однофазная; Т—трехфазная система тока; 2-Ф—двухфазная; 3-Ф—трехфазная; 6-Ф—шестифазная (для сварки малых

§ 39. Типы и технические данные стационарных аккумуляторов по ГОСТ 825-41

Условные обозначения типов:

С — стационарные для продолжительных разрядных режимов.
СК — стационарные для коротких разрядных режимов.
Номинальная емкость аккумулятора есть наименьшее допустимое значение емкости, соответствующее 10-часовому режиму разряда.
Аккумулятор с типовым номером 1 (С-1 или СК-1) имеет номинальную емкость 36 *а-ч*. Емкость аккумуляторов с другими типовыми номерами равна произведению из типового номера аккумулятора на 36.
Аккумуляторы типа СК отличаются от аккумуляторов типа С усиленными соединительными полосами.
Номинальное напряжение каждого аккумулятора для всех типов принимается равным 2 *в*. Оно представляет собой наименьшее допустимое значение напряжения на зажимах вполне заряженного аккумулятора в течение первого часа его разряда при десятичасовом режиме разряда.

Наименьшие допустимые напряжения аккумулятора в конце разряда

Тип аккумулятора,	Режим разряда в часах	Наименьшее допустимое напряжение аккумулятора при разряде, вольт
С и СК	3—10	1,8
СК	1—2	1,75

Плотность электролита в конце разряда — не ниже 1,16 (20° Боме).
Наивысшее напряжение в конце заряда от 2,5 до 2,75 *в*.
Саморазряд отключенных от сети аккумуляторов при бездействии их (без подзаряда или разряда) не должен превышать значений:

Продолжительность бездействия аккумулятора, суток	Наибольшая допустимая потеря емкости за все время бездействия %	Наибольшее допустимое среднее значение потери емкости за 1 сутки %
30	30	1,0
15	21	1,4
3	5,4	1,8

Установившееся напряжение вполне заряженного исправного аккумулятора при разомкнутой цепи, то-есть электродвижущая сила аккумулятора находится в пределах 2,05—2,1 *в*.

Разрядный ток аккумуляторов типа СК при 3- и 10-часовом разряде не отличается от разрядного тока аккумуляторов типа С.

Кратковременный разрядный ток (не более 5 секунд) для батарей типа С не должен превышать 250% тока трехчасового разряда, а для батарей типа СК — 250% тока одночасового разряда.

При режиме постоянного подзаряда и нормальном для этого режима напряжении (2,15 ± 0,05 *в* на элемент) каждый аккумулятор как типа С, так и типа СК, должен отдавать в течение трех месяцев не менее 100% номинальной емкости. При этом должны быть соблюдены следующие условия подзаряда:

1. Ток подзаряда должен быть не менее значения, определяемого по формуле:

$$I_п = \frac{0{,}03\, C_п}{36},$$

где $I_п$ — ток подзаряда в амперах, $C_п$ — номинальная емкость аккумулятора в *а-ч*.

2. После каждого снятия емкости, но не реже одного раза в три месяца должен производиться полный заряд аккумуляторов. Под снятием емкости подразумевается разряд аккумулятора не менее, чем на 50% его номинальной емкости.

Для заливки батареи применяется аккумуляторная кислота с удельным весом 1,18 (22° Боме).

Емкость батареи гарантируется при температуре не ниже +5° С. Минимальная температура в помещении аккумуляторной батареи +8° С. Максимальная температура +25° С. Температура электролита во время кипения не должна превышать +40° С.

§ 40. Технические данные стационарных аккумуляторов типов С и СК

Типовой номер аккумулятора	Максимальные зарядные и разрядные токи и емкость					
	ток при заряде *а*		при разряде в течение:			
			10 часов		3 часов	
	для типов С	для типов СК	ток, *а*	емкость *а-ч*	ток, *а*	емкость *а-ч*
			для типов С и СК			
1	9	11	3,6	36	9	27
2	18	22	7,2	72	18	54
3	27	33	10,8	108	27	81
4	36	44	14,4	144	36	108
5	45	55	18	180	45	135
6	54	66	21,6	216	54	162

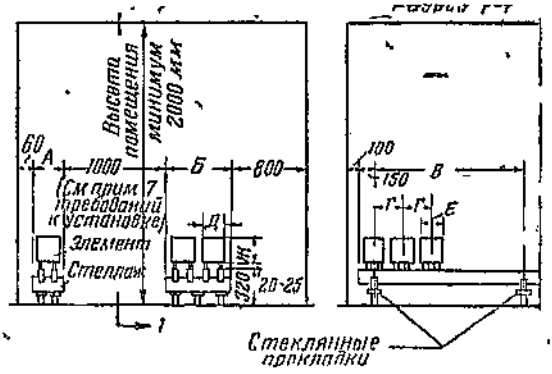
Типовой номер аккумулятора	Максимальные зарядные и разрядные токи и емкость					
	ток при заряде *а*		при разряде в течение:			
			10 часов		3 часов	
	для типов С	для типов СК	ток, *а*	емкость *а-ч*	ток, *а*	емкость *а-ч*
			для типов С и СК			
8	72	88	28,8	288	72	216
10	90	110	36	360	90	270
12	108	132	43,2	432	108	324
14	126	154	50,4	504	126	378
16	144	176	57,6	576	144	432
18	162	198	64,8	648	162	486
20	180	220	72	720	180	540

Типовой номер аккумулятора	Максимальный разрядный ток и емкость при разряде в течение 1 часа		Ориентировочный вес аккумулятора без кислоты, *кг*	Ориентировочное количество электролита удельного веса 1,18 для аккумуляторов с деревянной сепарацией, на один элемент, *л*
	ток, *а*	емкость *а-ч*		
	для типов СК			
1	18,5	18,5	8,6	3
2	37	37	14,1	5,5
3	55,5	55,5	18,5	8
4	74	74	22,5	9,5
5	92,5	92,5	28	11
6	111	111	31,9	15,5
8	148	148	41,9	14,5
10	185	185	51,6	15,5
12	222	222	60	17,5
14	259	259	67,7	19
16	296	296	78,6	23
18	333	333	89,3	26
20	370	370	95	36

При режимах разряда, отличающихся от режимов, приведенных в таблицах, емкость аккумуляторов составляет:

Длительность разряда в часах	Емкость аккумуляторов в процентах от номинальной	Примечание
7,5	91,8	Ток в a, определяется делением емкости в a-$ч$ на длительность разряда в часах
5	83,3	
2	61,1	

§ 41. Установка стационарных аккумуляторных батарей (фиг. 50)



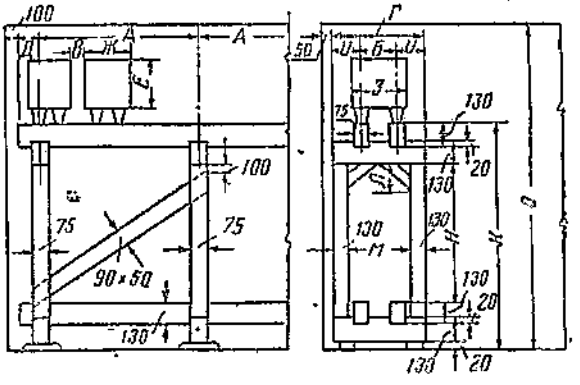
Фиг. 50. Разрезы по помещению стационарной аккумуляторной батареи.

Установочные размеры аккумуляторных батарей

Тип батарей	Размеры одноярусных стеллажей, мм				Размеры аккумуляторов мм		
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
СК-1	295	660	До 1 700	110	215	80	270
СК-2	295	660		160	215	130	270
СК-3	295	660		210	215	180	270
СК-4; СК-5	295	625		280	230	215	270

Тип батарей	Размеры одноярусных стеллажей, *мм*				Размеры аккумуляторов *мм*		
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
СК-6; СК-8	275	570	До 1 500	285	195	220	485
СК-10	335	695		285	260	220	485
СК-12	335	695		285	270	220	485
СК-14	365	760		285	295	220	485
СК-16	415	860	До 1 300	285	345	220	485
СК-18	465	960		285	395	220	485
СК-20	475	990		285	425	220	485

Размеры двухярусных стеллажей аккумуляторных батарей (фиг. 51)



Фиг. 51. Стеллажи двухъярусные для элементов аккумуляторов типов С и СК.

Тип элементов	Размеры, *мм*													
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О
С и СК-1	До 1 700	125	30	630	До 150	270	80	215	252,5	1 250	170	370	750	2 810
С и СК-2		125	30	630		270	130	215	252,5	1 250	170	370	750	2 810
С и СК-3		125	30	630		270	180	215	252,5	1 250	170	370	750	2 860
С и СК-4		125	65	540		270	215	230	207,5	1 250	170	280	750	2 860
С и СК-5		125	65	540		270	215	230	207,5	1 250	170	280	750	2 810

Требования к установке аккумуляторных батарей

1. Для скрепления частей стеллажа должны применяться деревянные шпильки; железные гвозди не допускаются.

2. Снаружи все брусья и тумбочки должны покрываться (2 раза) одним из следующих покрытий: горячей олифой, асфальтовым лаком № 719/1А, Кузбасским лаком, глифталевым лаком № 1154, газовой смолой. До покрытия лаком трещины в стеллажах зашпаклевываются.

3. Брусья стеллажа и опорные тумбочки должны быть изготовлены из отборной сосновой древесины хорошо остроганной, без больших сучков и сквозных трещин, влажностью не более 15%.

4. Глубина пазов брусьев должна равняться 10 *мм*.

5. Высота помещения и размеры проходов (фиг. 50 и 51) даны без учета выступающих вентиляционных коробов.

6. Стеклянные прокладки для изоляции деревянных тумбочек должны быть размером 100×100×20 *мм* с углублением внутрь на 5 *мм* для надевания на тумбочку.

7. При напряжении батареи 120 *в* ширина свободного прохода между рядами элементов может быть сокращена до 800 *мм*.

§ 42. Типы и технические данные переносных стартерных аккумуляторных батарей по ГОСТ—959-41

Условные обозначения типов батарей:
СТП — стартерная, собранная в сосудах из пластмассы; СТЭ — стартерная, собранная в эбонитовых сосудах; число перед буквами — количество аккумуляторных элементов в батарее; число после букв — номинальная емкость батареи в ампер-часах при 20-часовом режиме непрерывного разряда.

Удельный вес электролита полностью заряженной батареи (приведенный к температуре 30° С) должен быть равен 1,28.

Саморазряд аккумуляторных батарей при бездействии их не должен превышать значений:

Продолжительность бездействия батареи, суток	Наибольшее допустимое среднее значение потери емкости за 1 сутки, в %
3	1,0
15	0,5
30	0,25

Напряжение на зажимах каждого элемента батареи в конце заряда не должно превышать (под током) 2,7 *в*. При разомкнутой цепи непосредственно после заряда, напряжение каждого аккумулятора должно быть не ниже 2,1 *в*. Конец заряда определяется по постоянству напряжения, а также по плотности электролита в течение последнего часа заряда, при зарядном токе равном 25% от номинального тока.

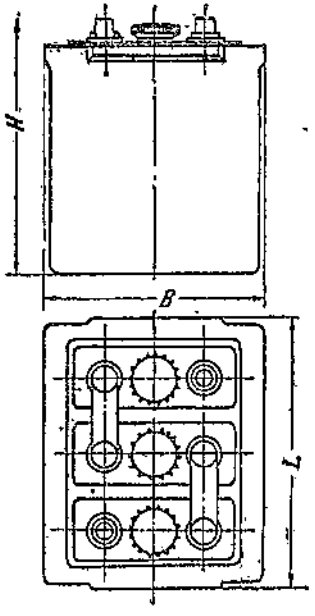
Номинальным разрядным током батареи $I_н$ считается ток, соответствующий 20-часовому режиму разряда, т. е. $I_н = \frac{C_н}{20}$, где $C_н$ — номинальная емкость батареи.

§ 43. Технические данные стартерных аккумуляторных батарей типов СТЭ и СТП

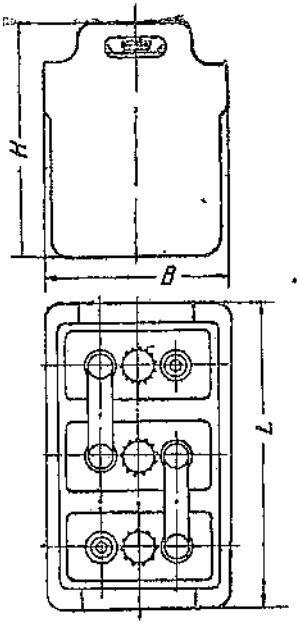
Тип батареи	Номинальное напряжение	Номинальный зарядный ток (ориентировочно)	20-часовой разряд при температуре 30° С		10-часовой разряд при температуре 30° С		1-часовой разряд при температуре 30° С (ориентировочно)		5-минутный разряд при температуре +30° ± 2° С		5-минутный разряд при температуре минус 18° ± 2° С	
	в	*а*	ток, *а*	емкость *а-ч*	ток, *а*	емкость *а-ч*	ток, *а*	емкость *а-ч*	ток (ориентировочно), *а*	емкость *а-ч*	ток (ориентировочно), *а*	емкость *а-ч*
3-СТЭ- 80	6	5	4,0	80	7,0	70	39,5	39,5	210	17,5	90	7,5
3-СТЭ-100	6	6	5,0	100	8,4	84	47,4	47,4	250	20,8	108	9,0
3-СТЭ-112	6	7	5,6	112	9,8	98	55,3	55,3	300	25,0	126	10,5
3-СТЭ-126	6	8	6,3	126	11,2	112	70	70	350	29,2	144	12,0

Тип батареи	Номинальное напряжение, в	Номинальный зарядный ток (ориентировочно) а	20-часовой разряд при температуре 30° С: ток, а	20-часовой разряд при температуре 30° С: емкость а-ч	10-часовой разряд при температуре 30° С: ток, а	10-часовой разряд при температуре 30° С: емкость а-ч	1-часовой разряд при температуре 30° С (ориентировочно): ток, а	1-часовой разряд при температуре 30° С (ориентировочно): емкость а-ч	5-минутный разряд при температуре +30° ± 2° С: ток (ориентировочно), а	5-минутный разряд при температуре +30° ± 2° С: емкость а-ч	5-минутный разряд при температуре минус 18° ± 2° С: ток (ориентировочно), а	5-минутный разряд при температуре минус 18° ± 2° С: емкость а-ч	Вес
3-СТЭ-144	6	9	7,2	144	12,6	126	71,1	71,1	400	33,3	162	13,5	
6-СТЭ-126	12	8	6,3	126	11,2	112	79,6	79,6	350	29,2	144	12,0	
6-СТЭ-144	12	9	7,2	144	12,6	126	71,1	71,1	400	33,3	162	13,5	
3-СТП- 80	6	6,6	4,0	80	7,0	70	—	—	210	17,5	90	7,5	
3-СТП-100	6	7,7	5,0	100	8,4	84	—	—	250	20,8	108	9,0	
3-СТП-112	6	8,8	5,6	112	9,8	98	—	—	300	25,0	126	10,5	
3-СТП-126	6	9,9	6,3	126	11,2	112	—	—	350	29,2	144	12,0	
3-СТП-144	6	11,0	7,2	144	12,6	126	—	—	400	33,3	162	13,5	

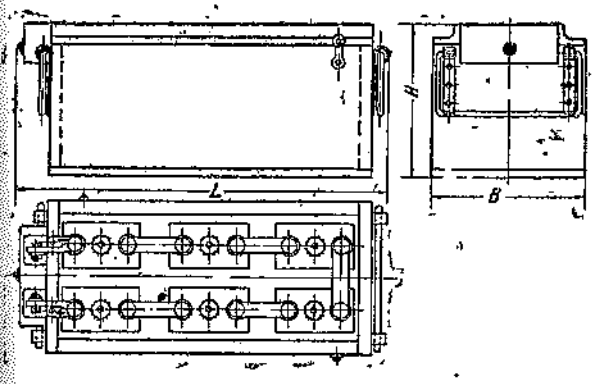
Габаритные размеры и веса аккумуляторных батарей (фиг. 52, 53, 54 и 55)



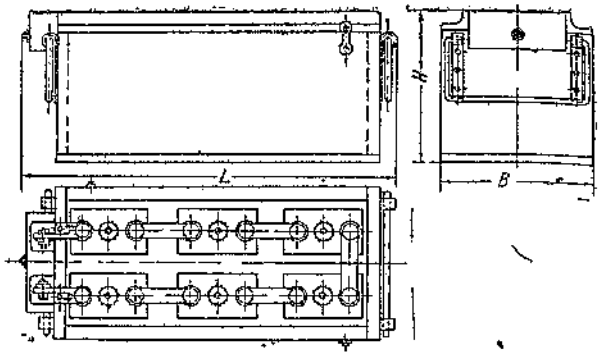
Фиг. 52. Габариты аккумуляторных батарей типов 3-СТЭ-80, 3-СТЭ-100, 3-СТП-80 и 3-СТП-100.



Фиг. 53. Габариты аккумуляторных батарей типов 3-СТЭ-112, 3-СТЭ-126, 3-СТЭ-144, 3-СТП-112, 3-СТП-126 и 3-СТП-144.

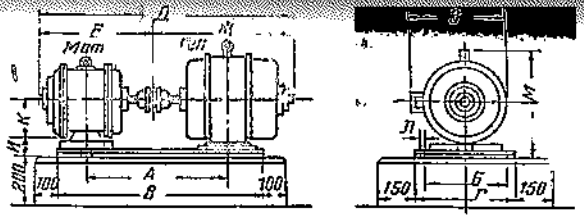


Фиг. 54. Габариты аккумуляторной батареи типа 6-СТЭ-126.



Фиг. 55. Габариты аккумуляторной батареи типа 6-СТЭ-144.

Тип аккумуляторной батареи	№ фигуры	Максимальные габаритные размеры, *мм*			Ориентировочный вес *кг*
		L	*B*	*H*	
3-СТЭ- 80	52	248	188	230	20
3-СТЭ-100	52	272	188	230	22
3-СТЭ-112	53	304	188	245	27
3-СТЭ-126	53	336	188	245	32
3-СТЭ-144	53	382	188	245	34
6-СТЭ-126	54	586	238	241	61
6-СТЭ-144	55	592	310	261	69
3-СТП- 80	52	257	194	230	20
3-СТП-100	52	272	188	230	22
3-СТП-112	53	308	188	245	27
3-СТП-126	53	340	188	245	32
3-СТП-144	53	386	188	245	38



Фиг. 56. Установка зарядного агрегата.

Технические данные стеклянных ртутных выпрямителей для зарядки аккумуляторных батарей — см. главу 6, § 38.

Технические данные мотор-генераторов для зарядки аккумуляторных батарей — см. фиг. 56 и нижеследующую таблицу.

Электродвигатель			Генератор		Размеры, *мм*												вес агрегата *кг*
тип	мощность *квт*	напряжение *в*	тип	мощность *квт*	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*	*И*	*К*	*Л*	*М*	
АД-31/4	1,9	127/220, 220/380, 500	ПН-28,5	1,5	477	350	700	390	862	380	482	394	72	140	17	418	187
АД-41/4	3,2		ПН-45	2,6	550	350	800	390	979	438	541	394	62	150	17	428	228
АД-42/4	5,1		ПН-68	4,1	562	400	825	440	1 030	468	562	440	96	150	22	494	275
АД-52/4	7,9		ПН-85	6,5	685	400	980	440	1 193	548	645	440	76	170	22	494	347
АД-62/4	12,7	220/380, 500	ПН-100	10,5	690	430	1 025	530	1 356	610	746	530	161	190	26	663	517
АД-81/4	27,6		ПН-205	21	830	550	1 210	640	1 631	750	881	638	220	250	26	843	921
АД-101/4	64		ПН-400	56	1 045	580	1 525	730	2 147	950	1 197	795	146	335	26	937	1 630
АД-102/4	80		ПН-550	72	1 125	580	1 655	730	2 277	1 005	1 272	785	146	335	26	937	1 855

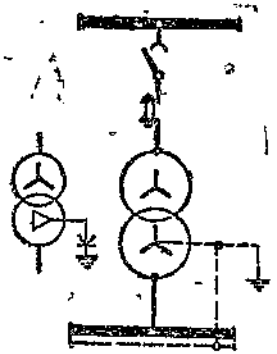
Примечания. 1. Синхронное число оборотов в минуту для двигателей — 1 500.
2. Напряжение генераторов — 115/160 *в*, 230/320 *в*.
3. Агрегаты поставляются с эластичной муфтой и общей фундаментной плитой.

Глава 8. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА[1]

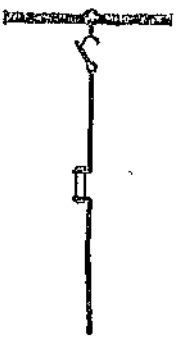
§ 45. Схемы защиты фидеров и трансформаторов высоко. вольтными предохранителями [2]

Присоединение к шинам фидеров до 10 *кв* (за исключением трансформаторных) через предохранители применяется при нагрузках 2-ой и 3-й категорий. Силовые трансформаторы, независимо от категорий нагрузок, могут быть присоединены к шинам через предохранители и разъединители (фиг. 57 и 58) в случаях, когда мощности трансформаторов не превышают:

при напряжении до	10 *кв*	. . . . .	320 *ква*
» » »	22 »	. . . . .	560 »
» » »	35 »	. . . . .	1 000 »
» » »	110 »	. . . . .	3 200 »



Фиг. 57. Защита трансформаторов предохранителями.



Фиг. 58. Защита фидера при напряжении до 10 *кв* предохранителями.

При присоединении через предохранители допускается отключение холостого хода трансформаторов вышеуказанных мощностей разъединителями.

При применении разъединителей мощности допускается применять силовые предохранители для трансформаторов мощностью не более

при напряжении до	10 *кв*	. . . . .	1 000 *ква*
» » »	22 »	. . . . .	3 200 »
» » »	35 » }	. . . . .	5 600 »
» » »	110 » }		

Наибольшая отключаемая мощность предохранителей как для фидеров, так и для трансформаторов, должна составлять не менее 0,5 от мощности короткого замыкания в месте установки предохранителей.

Минимальные значения отношения номинального тока плавкой вставки

[1] В данной главе приводятся схемы защиты фидеров и трансформаторов, наиболее часто встречающиеся в практике сооружения промышленных подстанций.

[2] См. „Правила устройства электроустановок промышленных предприятий", §§ 6 и 10.

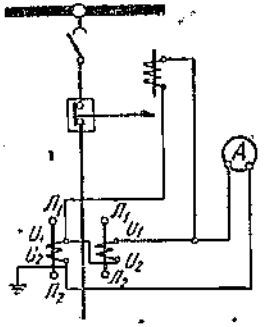
...предохранителя на стороне высшего напряжения к номинальному току ...трансформатора $\frac{I_{пр}}{I_{тр}}$ (в целях достижения селективности в работе предо-...ателей высшего и низшего напряжений) принимаются по таблице:

Напряжение кв	Мощность трансформатора, ква						
	до 50	75	100	135—180	320	560	1 000
6—10	2,5	2,3	1,7	1,3	1	—	—
20—35	2,5	2,5	2,5	2	1,5	1,25	1

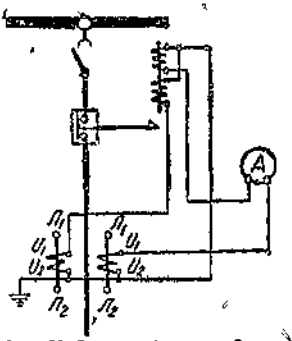
...отношение номинального тока предохранителя на стороне высшего ...жения к номинальному приведенному току предохранителя на сто-...низшего напряжения во всех случаях не должно быть менее 2.

3. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидеров с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА)

Схемы фиг. 59 и 60 применяются для высоковольтных фидеров до



Фиг. 59. Защита фидера с включением одного реле прямого действия на разность токов двух фаз.



Фиг. 60. Защита фидера с 2 реле прямого действия.

...включительно. При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 ...борах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов ...5 *а* до 100/5 *а* — параллельно, а для токов 150/5 *а* и выше — ...овательно.

Ток трогания реле для схемы фиг. 59 определяется по формуле:

$$I_{рт} = 4{,}3 \cdot \frac{I_н}{n_т},$$

...схемы фиг. 60

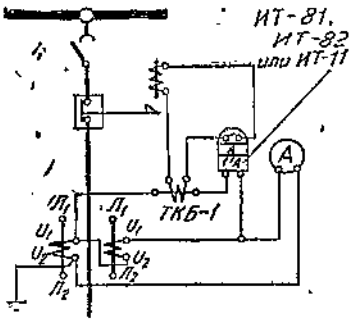
$$I_{рт} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т},$$

...$I_н$ — номинальный ток фидера, *а*,

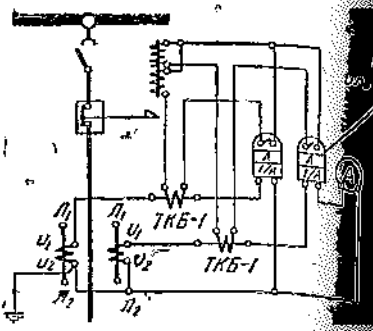
$n_т$ — коэфициент трансформации трансформаторов тока.

§ 47. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидер с реле косвенного действия и с промежуточными трансф маторами тока типа ТКБ-1

Схемы (фиг. 61 и 62) применяются для фидеров ответствен



Фиг. 61. Защита фидера с 1 реле, включенным на разность токов двух фаз.



Фиг. 62. Защита фидера с 2 реле.

назначения на напряжение до 10 *кв* включительно в многоступенчатых схемах питания с селективной защитой. Схемы не могут быть приме при встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах (за исключением мощных фидеров порядка 6—8 *мва* и выше, что должно быть проверено расчетом). Включение трансформаторов тока при напряжении 35 *кв* — по одному на фазу или же по 2 последовательно. Ток трогания реле при схеме фиг. 61 определяется по формуле:

$$I_{pm} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_T},$$

а при схеме фиг. 62

$$I_{pm} = 1{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_T}.$$

§ 48. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидеров с реле косвенного действия. Вариант с дешунтированием отключающей катушки

Схемы (фиг. 63, 64) применяются для фидеров ответственного значения в многоступенчатых схемах селективной защиты. Реле надежно работают при вторичных токах к. з. не более 30—50 *а*.

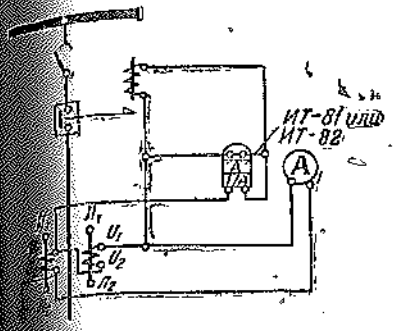
При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов от 50/5 *а* до 100/5 параллельно, а для токов 150/5 *а* и более — последовательно.

Ток трогания реле для схемы фиг. 63 определяется по формуле:

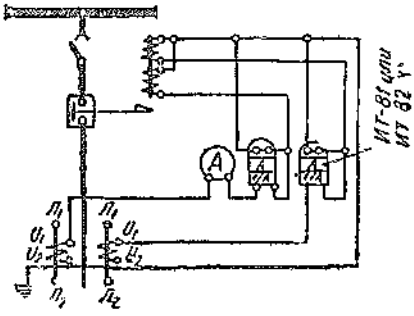
$$I_{pm} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_T},$$

для схемы фиг. 64

$$i_{ср} = 1{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т}.$$



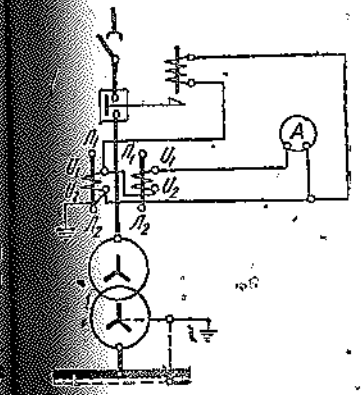
Фиг. 63. Защита фидера с 1 реле, включенная на разность токов двух фаз.



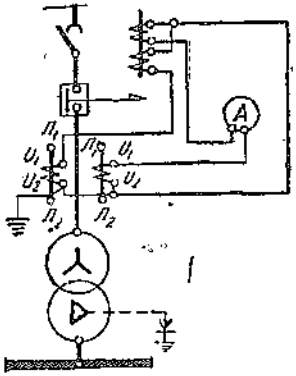
Фиг. 64. Защита фидера с 2 реле.

3-49. Схемы максимальной защиты трансформаторов мощностью до 1 000 *ква* включительно с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА). Вторичное напряжение до 500 *в*

Схемы (фиг. 65 и 66) применяются для защиты от сверхтоков и междуфазовых коротких замыканий трансформаторов мощностью до 1 000 *ква* включительно с первичным напряжением 3—6—10 *кв*.



Фиг. 65. Защита трансформатора при схеме соединения обмоток звезда-звезда.



Фиг. 66. Защита трансформатора при схеме соединения обмоток звезда-треугольник.

Ток трогания реле при схеме фиг. 65 определяется по формуле:

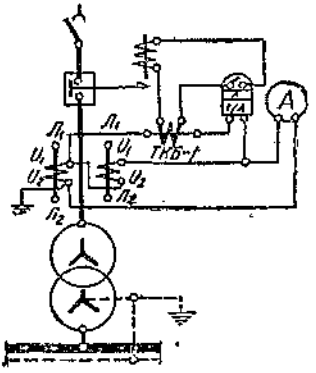
$$i_{ср} = 4{,}3 \cdot \frac{I_н}{n_т},$$

а при схеме фиг. 66

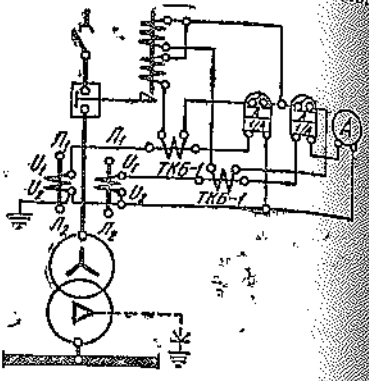
$$I_{рт} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т}.$$

§ 50. Схемы максимальной защиты трансформаторов до 1 000 *ква* включительно с реле косвенного действия и с промежуточными трансформаторами тока типа ТКБ-1. Вторичное напряжение до 500 *в*

Схемы (фиг. 67 и 68) применяются для защиты от сверхтоков и междуфазовых коротких замыканий трансформаторов до 1 000 *ква* включительно с первичным напряжением 3—6—10 *кв* и для трансформаторов 35 *кв*, мощностью до 750 *ква* включительно, в случаях специальных



Фиг. 67. Защита трансформатора с 1 реле, включенным на разность токов двух фаз.



Фиг. 68. Защита трансформатора с 2 реле.

требований к чувствительности и селективности защиты. Схема фиг. 67 применяется для трансформаторов с группой соединения Y/Y_0—12; схема фиг. 68 — для трансформаторов с группой соединений Y/Δ—11.

Ток трогания реле для схемы фиг. 67 определяется по формуле:

$$i_{рт} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т},$$

а для схемы фиг. 68

$$i_{рт} = 1{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т}.$$

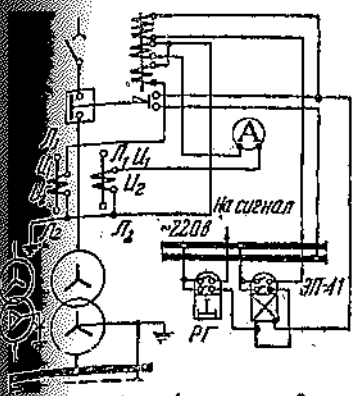
§ 51. Схема максимальной защиты трансформаторов 1 000—1 800 *ква* с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА). Вторичное напряжение до 500 *в*

Схема (фиг. 69) рекомендуется для защиты трансформаторов 3—6—10 *кв* мощностью 1 350 и 1 800 *ква* и трансформаторов 35 *кв* мощностью 1 000, 1 350 и 1 800 *ква*.

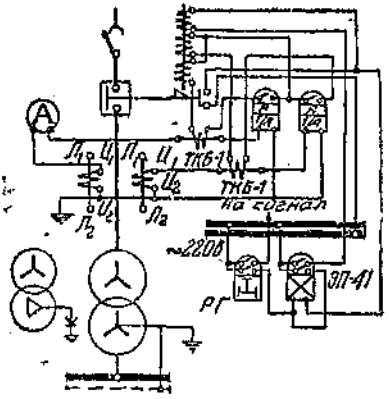
При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов от 50/5 *а* до 100/5 *а* параллельно, а для токов 150/5 *а* и более — последовательно.

Ток трогания реле определяется по формуле:

$$I_{pm} = 2{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т},$$



Фиг. 69. Защита трансформатора с 3 реле прямого действия.



Фиг. 70. Защита трансформатора с 2 реле косвенного действия и 1 реле прямого действия.

§ 52. Схема максимальной защиты трансформаторов 1 000—1 800 *ква* с реле косвенного действия и реле прямого действия. Вторичное напряжение до 500 *в*

Схема фиг. 70 применяется при наличии специальных требований в отношении чувствительности и селективности защиты для трансформаторов напряжением 3—6—10 *кв* мощностью 1 350 и 1 800 *ква* и для трансформаторов 35 *кв* 1 000—1 800 *ква*. Схема не может быть применена на трансформаторах тока, встроенных в масляные выключатели ВМ-35. Ток трогания реле определяется по формуле:

$$I_{pm} = 1{,}5 \cdot \frac{I_н}{n_т}.$$

§ 53. Защита трансформаторов 35/3—6—10 *кв* мощностью 1 000 *ква* и выше, работающих по схеме блока линия — трансформатор

В головном участке линии при схеме фиг. 71 предусматривается максимальная защита с отсечкой.

При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов от 50/5*а* до 100/5*а*, параллельно, а для токов 150/5*а* и более — последовательно.

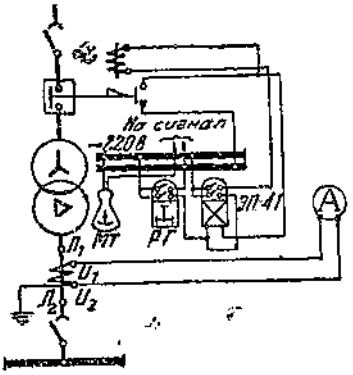
Ток отсечки максимальных катушек для схемы фиг. 72 определяется по формуле:

$$I_{pm_0} = K \cdot \frac{I_к'}{n_т},$$

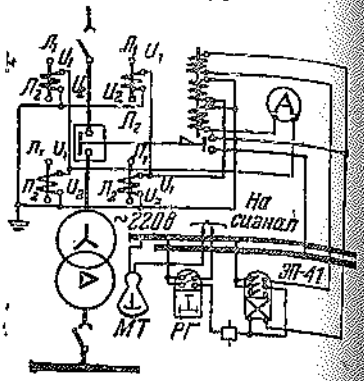
где $I_к'$ — приведенный ток к. з. за трансформатором,

K — коэфициент запаса, принят равным 1.

Действие манометрического термометра на сигнал принимается только для ответственных трансформаторов большой мощности. В остальных случаях термометр служит лишь как указатель температуры.



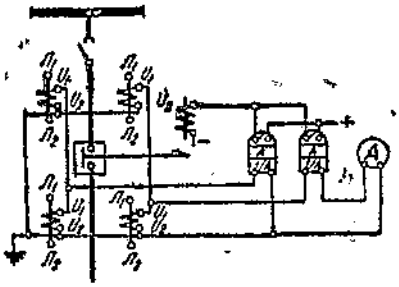
Фиг. 71. Защита трансформатора при отсутствии в начале линии автоматического повторного включения.



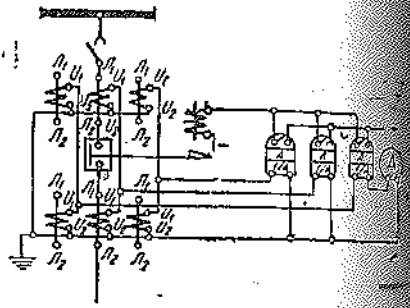
Фиг. 72. Защита трансформатора при наличии в начале линии автоматического повторного включения.

§ 54. Максимальная защита фидера 35 *кв*, входящего в блок линия — трансформатор 35/3—6—10 *кв*, при помощи реле косвенного действия. Мощность трансформатора 1000 *ква* и выше

Схемы фиг. 73 и 74 применяются на головной части линий на крупных подстанциях при наличии оперативного постоянного тока. Схема фиг. 73 применима при изолированной нейтрали сети, схема фиг. 74 —



Фиг. 73. Защита фидера 35 *кв* блока линия — трансформатор с 2 реле.



Фиг. 74. Защита фидера 35 *кв* блока линия — трансформатор с 3 реле.

при заземленной нейтрали, а также при изолированной нейтрали в тех случаях, когда защита на двух фазах не обеспечивает чувствительности к коротким замыканиям в сети вторичного напряжения трансформатора (при малых значениях токов к. з. в указанной сети).

При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов от 50/5*а* до 100/5*а* параллельно, а для токов 150/5*а* и более — последовательно.

Ток трогания реле на головном участке определяется по формуле:

$$i_{рт} = 1{,}5 \cdot \frac{I_к}{n_т},$$

При отсутствии максимальной защиты на тупиковом трансформаторе на головном участке устанавливается защита с отсечкой, ток трогания которой определяется по формуле:

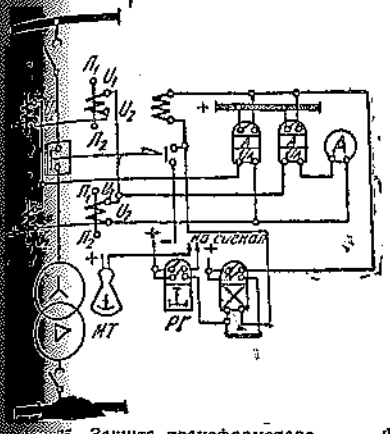
$$i_{рт_0} = K \cdot \frac{I_к'}{n_т},$$

где $I_к'$ — приведенный ток к. з. за трансформатором,

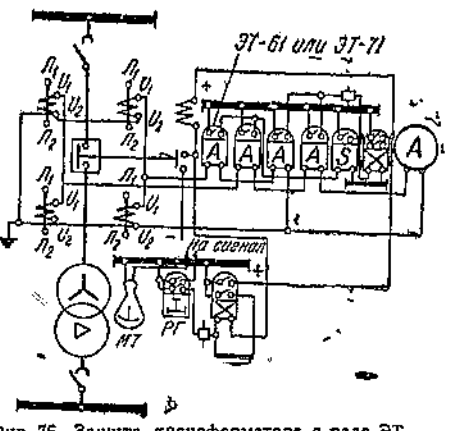
K — коэфициент запаса, принят равным 1.

§ 55. Защита трансформаторов 35/3—6—10 *кв* мощностью 1 000 *ква* и выше, питаемых от собирательных шин

Схемы (фиг. 75 и 76) применяются для защиты трансформаторов 35—6—10 *кв* мощностью 1 000 *ква* и выше, питаемых от собирательных шин крупных подстанций; требуется оперативный постоянный ток.



Фиг. 75. Защита трансформатора с реле ИТ-31 и с газовой защитой на оперативном постоянном токе.



Фиг. 76. Защита трансформатора с реле ЭТ и с газовой защитой на оперативном постоянном токе.

При встроенных в масляные выключатели ВМ-35 трансформаторах тока последние включаются по 2 на фазу: для токов от 50/5*а* до 100/5*а* параллельно, а для токов 150/5*а* и более — последовательно.

Ток трогания реле для обеих схем определяется по формуле:

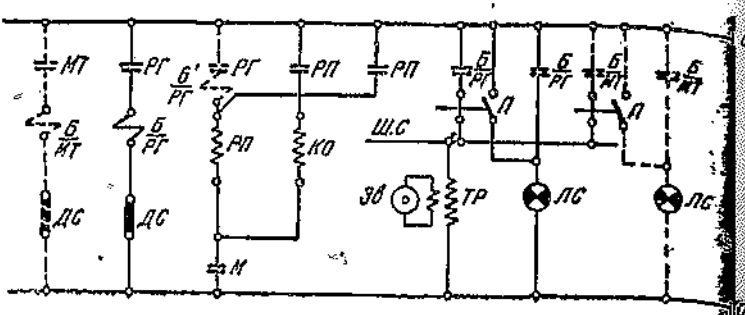
$$i_{рт} = 1{,}5 \cdot \frac{I_к}{n_т},$$

ток отсечки

$$i_{рт_0} = K \cdot \frac{I_к'}{n_т}.$$

Действие термометра на сигнал принимается только для ответственных трансформаторов большой мощности. В остальных случаях термометр служит лишь как указатель температуры.

§ 56. Схема предупредительной сигнализации и отключения трансформатора от действия газового реле и сигнализации от манометрического термометра (фиг. 77)



Фиг. 77.

Спесификация аппаратов

Обозначения	Количество	Наименование	Тип	Примечание
КО	—	Катушка отключения масляного выключателя	—	
ДС	2	Добавочное сопротивление	—	3 000 ом
ЗВ	1	Звонок электрический	12 или 6 в	
ТР	1	Трансформатор звонковый	220/12–6 в	
ЛС	2	Лампа сигнальная	—	
П	2	Переключатель	—	
РП	1	Реле промежуточное	ЭП-242	220 в
Б/РГ, Б/МТ	2	Блинкер сериесный	ЭС-91/6	
Б/РГ	1	Блинкер сериесный	ЭС-91	
МТ	1	Манометрический термометр	—	
РГ	1	Реле газовое	ПГ	

1. Реле тока

Тип	Номинальный ток *а*	Пределы шкалы *а*	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Инерционный выбег	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Термическая устойчивость *а*		Потребляемая мощность	Вес, *кг*
								длительная	односекундная		
ЭТ-61	См. п. 2	0,05—200	Мгновенного действия Собственное время *t*: при токе, равном 1,2-кратному току уставки реле ($1{,}2I_y$) *t*=0,15 *сек.* при $2\,I_y$ *t*=0,02—0,03 *сек.*	0,85	—	1 н. о.	При напряжении $U \leq 220$ *в* Ток замыкания—2 *а* Размыкание: 50 *вт* постоянного тока, 250 *ва* переменного тока; ток размыкания не выше—2 *а*	См. п. 2	См. п. 2	При минимальном токе уставки около 0,1 *ва*	1,6
ЭТ-62						1 н. з.					
ЭТ-63						1 н. о. 1 н. з.					
ЭТ-63/1Д	См. п. 3	0,15—1				1 н. о. 1 н. з.		7	300	См. п. 3	4,6
ЭТ-63/6Р	—	3—6	То же	0,85	—	1 н. о. 1 н. з.	То же	—	—	Около 0,1 *ва*	1,5
ЭТ-71	См. п. 4	0,12—50	Мгновенного действия Собственное время действия реле с н. о. контактами: при $1{,}2\,I_y$ *t*=0,15 *сек.* при $2\,I_y$ *t*=0,02—0,03 *сек.*	0,85	—	1 н. о.	При постоянном токе напряжением U=220 *в* Ток замыкания—5 *а* Размыкание—50 *вт*	См. п. 4	См. п. 4	При минимальном токе уставки 0,1 *ва*	1,2
ЭТ-72						1 н. з.					

Продолжение

Тип	Номинальный ток *а*	Пределы шкалы *а*	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Инерционный выбег	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Термическая устойчивость *а*		Потребляемая мощность	Вес, *кг*
								длительная	одно-секундная		
РММ[3]	5	4—10	Мгновенного действия.	0,85	—	1 н. о.	При постоянном токе напряжением 220 *в*	—	500	При номинальном токе—5 *ва*	3,5
	1	0,8—2	Собственное время *t*: при $1{,}5\,I_y$ $t=0{,}25$ *сек.* при $>2\,I_y$ $t=0{,}1$ *сек.*				Ток замыкания—5 *а*	—	100		
	2,5	2—5					Размыкание—200 *вт*	—	250		
	5	10—25						—	500		
РЗА	0,5	0,3—1		0,8	—	1 н. о.		—	50	5 *ва*	3,5
РД (трехфазное)	2,5	1,5—5		0,8	—	1 н. о.		—	250	5 *ва*	3,5
ИТ-11	5	4—10	Ограниченно-зависимая. Предельное время при коротком замыкании 0,25—2 *сек.*	0,8	Наибольший при $200\,I_н$ ($t_в$=0,35 *сек.*)	1 н. о.	При напряжении $U \leqq 220$ *в* Ток замыкания—3 *а* Размыкание—350 *вт*	10	400	При 4 *а*—3 *ва*, 1,5 *вт*	4,5
ИТ-12			То же 0,5—4 *сек.*							4 *а*—1,5 *вт*	

Продолжение

Тип	Номинальный ток *а*	Пределы шкалы *а*	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Инерционный выбег	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Термическая устойчивость *а*: длительная	Термическая устойчивость *а*: односекундная	Потребляемая мощность	Вес, *кг*
ИТ-81/1А (с указателем действия)	5	4—10	То же 0,5—3,5 *сек.*	0,85	Не более 0,6 *сек.*	1 н. о; переставной скобы исполняется как 1 н. з.	При напряжении $U \leqq 220$ *в*, Ток замыкания—5 *а*	10	400	При 5 *а*—15 *ва*	4
ИТ-81/2А То же	2,5	2—5	То же 0,5—3,5 *сек.*				Размыкание: 2 *а* при $U \leqq 220$ *в*, 1 *а* при $U \leqq 380$ *в*, 0,5 *а* при $U \leqq 500$ *в*	5	200	При 2,5 *а*—15 *ва*	4
ИТ-82/1А То же	5	4—10	То же—14 *сек.*					10	400	При 5 *а*—15 *ва*	4
ИТ-82/2А То же	2,5	2—5	То же—14 *сек.*					5	200	При 2,5 *а*—15 *ва*	4

Примечание. При работе контактов реле ИТ-80 на включение отключающей катушки масляного выключателя от трансформатора тока допускается: ток размыкания 50 *а* при условии, что импеданц *Z* катушки при 4 *а* меньше 4 *ом*.

2. Пределы уставки и термическая устойчивость реле ЭТ-61, ЭТ-62, ЭТ-63

Типы реле			Пределы уставки *а*	Последовательное соединение катушек: Ток трогания *а*	Последовательное соединение катушек: Термическая устойчивость: длительная, *а*	Последовательное соединение катушек: Термическая устойчивость: односекундная, *а*	Параллельное соединение катушек: Ток трогания *а*	Параллельное соединение катушек: Термическая устойчивость: длительная, *а*	Параллельное соединение катушек: Термическая устойчивость: односекундная, *а*
ЭТ-61/0,2	ЭТ-62/0,2	ЭТ-63/0,2	0,05—0,2	0,05—0,1	0,3	20	0,1—0,2	0,6	30
ЭТ-61/0,6	ЭТ-62/0,6	ЭТ-63/0,6	0,15—0,6	0,15—0,3	1	45	0,3—0,6	2	90
ЭТ-61/2	ЭТ-62/2	ЭТ-63/2	0,5—2	0,5—1	4	100	1—2	8	200
ЭТ-61/6	ЭТ-62/6	ЭТ-63/6	1,5—6	1,5—3	10	300	3—6	20	600
ЭТ-61/10	ЭТ-62/10	ЭТ-63/10	2,5—10	2,5—5	10	300	5—10	20	600
ЭТ-61/20	ЭТ-62/20	ЭТ-63/20	5—10	5—10	15	300	10—20	30	600
ЭТ-61/50	ЭТ-62/50	ЭТ-63/50	12,5—50	12,5—25	20	500	25—50	40	1 000
ЭТ-61/100	ЭТ-62/100	ЭТ-63/100	25—100	25—50	20	500	50—100	40	1 000
ЭТ-61/200	—	—	50—200	50—100	20	500	100—200	40	1 000

3. Пределы уставки тока и импеданцы реле ЭТ-63/1Д с насыщающимся трансформатором

Тип	Пределы уставки *а*	Импеданц в *омах* при		
		минимальном токе уставки	5 *а*	30 *а*
ЭТ-63/1Д (с встроенным в корпус насыщающимся трансформатором)	0,15—0,3	12	3,5	0,9
	0,3 —0,6	3	0,8	0,25
	0,5 —1	1	0,3	0,08

4. Пределы уставки тока и термическая устойчивость реле ЭТ-71—ЭТ-72

Тип реле		Пределы уставки *а*	Длительно допустимый ток *а*	Допустимый односекундный ток, *а*
ЭТ-71/0,25	ЭТ-72/0,25	0,12—0,25	1,25	50
ЭТ-71/0,5	ЭТ-72/0,5	0,25—0,5	2,5	100
ЭТ-71/1	ЭТ-72/1	0,5 —1	4	150
ЭТ-71/2	ЭТ-72/2	1—2	10	300
ЭТ-71/5	ЭТ-72/5	2,5—5	10	500
ЭТ-71/10	ЭТ-72/10	5—10	10	500
ЭТ-71/25	ЭТ-72/25	12—25	10	500
ЭТ-71/50	ЭТ-72/50	25—50	10	500

5. Реле деференциальной защиты

Тип	Номинальные данные	Регулирование	Электромагнитные характеристики	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Вес, *кг*
ИТ-156 индукционное с рабочей и тормозной системами	5 *а*	Ток трогания от 2 до 2,5 *а*	Тормозная 25—40%	Зависимая регулируемая	0,85	Рабочей катушки—5 *ва*, тормозной —1 *ва*	Длительно —10 *а*; 1 *сек*—800 *а*	1 н. о.	Максимальное напряжение 250 *в* Ток замыкания длительно—1 *а*; 5 *сек*— 5*а*; Предельно отключаемая мощность размыкания—100 *ва*	5,5

Тип	Номинальные данные	Регулирование	Электромагнитные характеристики	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Вес, кг
ИТ-125 с добавочным трансформатором тока ВУ—125, с указателем действия	5 *а*	Ток начала срабатывания 4—7 *а* при включении половины первичной обмотки	Тормозная 40%	Зависимая	0,75—0,85	При 5 *а*: полной обмоткой —4 *ва*, одной половиной —1 *ва*	Длительная —10 *а*; односекундная —250 *а*	1 н. о.	Ток замыкания: длительно—1 *а*; 5 *сек*—6 *а* Разрыв цепи должен производиться блок-контактом масляного выключателя	5,5
Ит-27, блокирующее	—	6—10 *а*	—	—	0,85	1,8 *ва*	Длительная —10 *а*; односекундная —400 *а*	1 н. о.	При постоянном токе напряжением 220 *в* на замыкание—1 *а*	5,5
ИТ-21	—	2,5—5 *а*	—	—	—	15 *ва*	Длительная —5 *а*; односекундная —250 *а*	1 н. о.	При постоянном токе напряжением 220 *в*, на замыкание—3 *а*; на размыкание—10 *вт*	5,5
ИТ-22	—	2,5—5 *а*	—	—	—	10 *ва*	Длительная —10 *а*; односекундная —350 *а*	1 н. о.		
ИТ-25		4—7,5 *а*				4 *ва*				
ИТ-26		1,5—3 *а*				25 *ва*				

6. Реле напряжения

Тип реле	Действует как реле напряжения:	Номинальное напряжение, *в*	Пределы шкалы, *в*	Длительно допустимое напряжение, *в*		Напряжение срабатывания	Временные характеристики	Коэфициент возврата	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Потребляемая мощность	Вес, *кг*
				при последовательном соединении катушек	при параллельном соединении катушек							
ЭН-65/ 60	Максимальное	60	15— 60	70	35		Мгновенного действия. Собственное время: для максимального реле при 1,2 U_y $t = 0{,}15$ *сек*; при 2 U_y $t = 0{,}02$—$0{,}03$ *сек*; для минимального реле при 0,8 U_y $t = 0{,}02$—$0{,}03$ *сек* U_y — уставка напряжения	0,85	1 н. о. 1 н. з.	При напряжении $U \leq 220$ *в*. Ток замыкания—2 *а*. Размыкание: 50 *вт* постоянного тока, 250 *ва* переменного тока; ток размыкания не свыше 2 *а*	Около 1 *ва* при минимальной величине напряжения уставки	1,6
ЭН-65/200		200	50—200	220	110							
ЭН-65/400		400	100—400	440	220							
ЭН-66/ 60	Максимальное	60	15— 60	70	35	—		0,85	1 н. о.			
ЭН-66/200		200	50—200	220	110							
ЭН-66/400		400	100—400	440	220							
ЭН-69/ 60	Минимальное	60	15— 60	70	35			$\frac{1}{0{,}8}$	1 н. з.			
ЭН-69/200		200	50—200	220	110							
ЭН-69/400		400	100—400	440	220							
ЭН-65/60Д	Максимальное	60	15— 60	240	120			0,85	1 н. о. 1 н. з.			

Тип реле	Действует как реле напряжения:	Номинальное напряжение, в	Пределы шкалы, в	Длительно допустимое напряжение, в: при последовательном соединении катушек	Длительно допустимое напряжение, в: при параллельном соединении катушек	Напряжение срабатывания	Временные характеристики	Коэффициент возврата	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Потребляемая мощность	Вес, кг
ЭН-76/ 30; 77/ 30	Максимальное	30	15— 30	—	—	—	—	0,85	ЭН-76 1 н. о. ЭН-77 1 н. з.	При напряжении постоянного тока $U \leq 220$ в. Ток замыкания —5 а. Размыкание —50 вт	1 ва	1,2
ЭН-76/ 60; 77/ 60		60	30— 60									
ЭН-76/100; 77/100		100	60—100									
ЭН-76/200; 77/200		200	100—200									
ЭН-76/400; 77/400		400	200—400									
ЭН-78/ 30; 79/ 30	Минимальное	30	15— 30	—	—	—	—	$\frac{1}{0,85}$	ЭН-78 1 н. о. ЭН-79 1 н. з.	—	1 ва	1,2
ЭН-78/ 60; 79/ 60		60	30— 60									
ЭН-78/100; 79/100		100	60—100									
ЭН-78/200; 79/200		200	100—200									
ЭН-78/400; 79/400		400	200—400									

Продолжение

Тип реле	Действует как реле напряжения:	Номинальное напряжение, *в*	Пределы шкалы, *в*	Длительное допустимое напряжение, *в*		Напряжение срабатывания	Временные характеристики	Коэфициент возврата	Исполнение контактов	Нагрузочная способность контактов	Потребляемая мощность	Вес, *кг*
				при последовательном соединении катушек	при параллельном соединении катушек							
ИН-138 (трехфазное с указателем действия)	Минимальное	100	—	110		0,7 $U_н$	Зависимая. При напряжении U = 0 выдержка времени от 0,5 до 5 *сек*	$\frac{1}{0,75}$	1 н. о.	Ток замыкания: длительно —1 *а*, 5 *сек*—6 *а*	Верхняя магнитная система —3,5 *ва*, нижняя —2 *ва*	5,5
ИН-139/1 (однофазное с указателем действия)	Минимальное	60	—	66		0,7 $U_н$		$\frac{1}{0,75}$	1 н. з.		4,5 *ва*	
ИН-139/2 То же		100	—	110							4,5 *ва*	
ИН-139/3 То же	Максимальное	100	—	110		0,25 $U_н$	Зависимая. При номинальном напряжении выдержка времени от 0,1 до 7 *сек*	0,75	1 н. о.		4 *ва*	

Примечание. При включении контактов реле ИН-138 и ИН-139 на промежуточное реле требуется установка искрового фильтра.

Тип реле	Номинальные данные	Напряжение или ток начала срабатывания	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Временные характеристики	Исполнение контактов	Допустимая нагрузка контактов: длительно, *а*	Допустимая нагрузка контактов: кратковременно	Разрывная мощность контактов: при максимальном напряж. *в*	Разрывная мощность контактов: *вт* или *ва*	Вес, *кг*
РП-2	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,85 $U_н$	5,5 *вт* при $U_н$	1,1 $U_н$	Собственное время—порядка 0,05 *сек*	2 н. о. 1 н. з.	15	1 *сек*—25 *а*	250	1000 *вт*	0,8
РП-2а						2 н. о. 2 н. з.					
РУ-1	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,85 $U_н$	5,5 *вт*	1,1 $U_н$	Собственное время—порядка 0,05 *сек*	2 н. о.	15	1 *сек*—25 *а*	250	1000 *вт*	0,8
РУ-1а			5,5 *вт*			2 н. о. 2 н. з.					
РУ-2			4 *вт*			1 н. о. 2 н. з.					
РУ-2а			4 *вт*			2 н. о. 2 н. з.					
ЭП-241	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,7 $U_н$	9 *вт*	Годны для кратковременного режима	Собственное время—порядка 0,06—0,07 *сек*	1 н. о.	5	—	250	Постоянный ток: однократный разрыв—70—125 *вт*, двухкратный—130—400 *вт*. Переменный ток: однократный—300 *ва*, двухкратный—600 *ва*	0,5
ЭП-246			9 *вт*			1 н. о. 1 н. з.					
ЭП-242	110 и 220 *в* переменного тока		15 *ва*			1 н. о.					
ЭП-247			15 *ва*			1 н. о. 1 н. з.					

Примечание. Данные разрывной мощности реле ЭП: минимальные—для индуктивной, максимальные—для омической нагрузки.

Продолжение

Тип реле	Номинальные данные	Напряжение или ток начала обрабатывания	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Временные характеристики	Исполнение контактов	Допустимая нагрузка контактов: длительно, *а*	Допустимая нагрузка контактов: кратковременно,	Разрывная мощность контактов: при максимальном напряж., *в*	Разрывная мощность контактов: *вт* или *ва*	Вес, *кг*
ЭП-231	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,7 $U_н$	6 *вт*	1,1 $U_н$	Собственное время—порядка 0,04—0,1 *сек*	По схеме	15	—	250	Постоянный ток: однократный разрыв—70—250 *вт*, 2-кратный—180—700 *вт*. Переменный ток: однократный разрыв—1500 *ва*, 2-кратный—2000 *ва*	4,5
ЭП-321	5 *а*	4,5 *а*	50 *ва* при 5 *а*	4 *сек*—150 *а*	Собственное время—порядка 0,02—0,06 *сек*	По схеме	5	1 *сек*—150 *а*	—	—	—
ЭП-41/21	24, 110, 220, 380 и 500 *в* переменного тока	0,8 $U_н$	Начальное положение якоря соленоида: 60 *ва*, 50 *вт*; конечное: 15 *ва*, 6 *вт*	1,1 $U_н$	—	2 н. о. 1 н. з.	25	2 *сек*—50 *а*	500	Постоянный ток: контакт н. з.—110 *в*—7 *а*; 220 *в*—1,5 *а*; контакт н. о.—110 *в*—5 *а*, 220 *в*—1 *а*. Переменный ток: контакт н. з. —220 *в*—30 *а*, контакт н. о.—220 *в*—25 *а*	—
ЭП-41/30						3 н. о.					
ЭП-41/33						3 н. о. 3 н. з.					
ЭП-41/42						4 н. о. 2 н. з.					
ЭП-41/60						6 н. о.					

Примечания: 1. Данные разрывной мощности реле ЭП *минимальные* — для индуктивной, *максимальные* — для омической нагрузки.
2. Реле ЭП-[illegible] [illegible]

Примечания: 1. Данные разрывной мощности реле ЭП минимальные — для индуктивной, максимальные — для омической нагрузки.
2. Реле ЭП-41 — используется только для присоединения провода спирали. Реле не имеет кожуха.

Тип реле	Номинальные данные	Напряжение или ток начала срабатывания	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Временные характеристики	Исполнение контактов	Допустимая нагрузка контактов: длительно, *а*	Допустимая нагрузка контактов: кратковременно, *а*	Разрывная мощность контактов: при максимальном напряж., *в*	Разрывная мощность контактов: *вт* или *ва*	Вес, *кг*
ЭП-401/11	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,7 $U_н$	От 3 до 5 *вт*	1,1 $U_н$	Собственное время—порядка 0,02 *сек*	4 н. о.	3	1 *сек*—25 *а*	250	50 *вт* постоянного тока, 100 *ва* переменного тока	1,5
ЭП-401/15						2 н. з. по схеме					
ЭП-401/19						3 н. з. 1 н. о.					
ЭП-401/20						5 н. о.					
ЭП-402/12	24, 48, 110 и 220 *в* постоянного тока	0,7 $U_н$	От 3 до 5 *вт*	1,1 $U_н$	Включение —0,02 *сек* Отключение — от 0,25 до 0,35 *сек*	1 н. з. 3 н. о.	3	1 *сек*—10 *а*	250	50 *вт* постоянного тока, 100 *ва* переменного тока	1,5
ЭП-402/17						2 н. з. 2 н. о.					
ПС-11/1	60 *ом*	32 *ма*	—	Длительная нагрузка не более 3 *вт*	Собственное время—порядка 0,01 *сек*	по схеме	1	—	250	30 *вт* постоянного тока, 100 *ва* переменного тока	1,25
ПС-11/2	2200 *ом*	4,2 *ма*									
ПС-11/3	10000 *ом*	2,3 *ма*									
ПС-11/4	40000 *ом*	1,2 *ма*									
ПС-13/1	2 катушки по 20000 *ом*	2,3 *ма*									

Тип реле	Номинальные данные	Электромагнитные характеристики	Мощность или ток трогания	Временные характеристики	Термическая кату серпесных
ИМ-141	5 *а* 100 *в* 50 *гц*	Без добавочного сопротивления $U_p I_p \cos(\varphi+15°)$; с добавочным сопротивлением $U_p I_p \cos(\varphi+45°)$	При 5 *а* около 5 *вт* (при угле максимальной чувствительности)	Собственное время: замыкание 1,5 $W_{тр}$ — 0,5 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,2 *сек*; размыкание 1,5 $W_{тр}$ — 0,04 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,03 *сек*	Длительная — 10 *а*, односекундная — 300 *а*
ИМ-142 ИМ-142/2	То же	Без добавочного сопротивления $U_p I_p \cos(\varphi+15°)$, с добавочным сопротивлением $U_p I_p \cos(\varphi+45°)$	При напряжении тормозной катушки $U_т = 0$ и при 5 *а* мощность трогания — 7 *вт* При напряжении тормозной катушки 100 *в*. При добавочном сопротивлении $i_{тр} = 10 \pm 1a$ б. з добавочного сопротивления $i_{тр} = 7{,}5\ a \pm 0{,}5\ a$	Собственное время: замыкание 1,5 $W_{тр}$ — 0,5 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,2 *сек*; размыкание 1,5 $W_{тр}$ — 0,04 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,03 *сек*	Длительная — 30 *а*, односекундная — 300 *а*
ИМ-143/2	То же	$U_p I_p \cos(\varphi+12°)$	Последовательное соединение 1—4 *вт* Параллельное соединение 2—8 *вт*	Собственное время при 1,5 $W_{тр}$ равно или более 1 *сек*; при 10 $W_{тр}$ равно или более 0,2 *сек*	Односекундная, последовательное соединение — 200 *а*, Параллельное соединение — 400 *а*
ИМ-143/3			Последовательное соединение 5—20 *вт*. Параллельное соединение 10—40 *вт*		Односекундная, последовательное соединение — 300 *а*, параллельное соединение — 600 *а*

ГОСТ	Потребляемая мощность или импеданцы катушек		Контакты				Вес, кг
				Нагрузочная способность			
...ивость ...ых	тока	напряжения	Исполнение	длительно	5 сек	при размыкании	
$U_н$	При 5 а—4 ва	При 100 в—30 ва	1 н. о. 1 н. з.	1 а	6 а	100 ва при напряжении U ≤ 250 в	5,5
$U_н$	При 5 а—2 ва	Рабочая при 100 в—30 ва Тормозная при 100 в—30 ва	1 н. о. 1 н. з.	1 а	6 а	100 ва при напряжении U ≤ 250 в	6
$U_н$	При 1,5 а: последовательное соединение—0,3 ом, параллельное соединение—0,08 ом	34 ва—6,2 вт	1 н. о.	1 а	6 а	60 ва при напряжении U ≤ 250 в	5
$U_н$	Очень незначительная—меньше 0,08 ом						

Тип реле	Номинальные данные	Электромагнитные характеристики	Чувствительность (мощность или ток трогания)		Временные характеристики	Термическая ка... серийная
ИМ-147/1 (с указателем действия)	5 *а*, 100 *в*, 50 *гц*	$U_p I_p \sin(\varphi + 30°)$	При напряжении 100 *в* и угле $\varphi = 60°$ (регулируемая)	15—100 *ва*	Зависимая	Длительная — 2 *а*, односекундная — 60 *а*
ИМ-147/2 То же				60—300 *ва*		Длительная — 10 *а*, односекундная — 300 *а*
ИМ-147/3 То же				250—1000 *ва*		Длительная — 15 *а*, односекундная — 450 *а*
ИМ-148	То же	$U_p I_p \sin(\varphi + 30°)$	При 5 *а* и угле $\varphi_p = 60°$ — мощность трогания 5 *ва*. При желании использовать н. з. контакт — 8 *ва*		Замыкание: 1,5 $W_{тр}$ — 0,5 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,2 *сек*. Размыкание: 1,5 $W_{тр}$ — 0,04 *сек*; 10 $W_{тр}$ — 0,03 *сек*	Длительная — 10 *а*, односекундная — 300 *а*

Пояснения: ИМ-141 — реле направления мощности, однофазное, индукционное.
ИМ-142 — то же, что ИМ-141, но помимо рабочего ваттметрового
ИМ-142/2 — то же, что ИМ-142, но в нем момент пружины действует
ИМ-143 — реле максимальной мощности, однофазное. Применяется
ИМ-147 и
ИМ-148 — реле максимальной мощности однофазные. Применяются
ной нейтралью.
н. о. — нормально открытые, н. з. — нормально закрытые контакты.

Продолжение

...ность ...ных	Потребляемая мощность (или импеданс) катушек		Контакты				Вес, *г*
	тока	напряжения	Исполнение	Нагрузочная способность			
				длительно	5 *сек*	при размыкании	
	Для максимального числа витков — 7 *ом*						
0,8 $U_н$	Для максимального числа витков — 0,45 *ом*	При 100 *в* — 5 *ва*	1 н. о.	1 *а*	6 *а*	—	5
	Для максимального числа витков — 0,03 *ом*						
0,8 $U_н$	При 5 *а* — 2 *ва*	При 100 *в* — 10 *ва*	1 н. о. 1 н. з.	1 *а*	6 *а*	100 *ва* при напряжении $U < 220$ *в*	5

...мента имеет тормозной.
...сторону замыкания левого контакта, а не правого, как в реле ИМ-142.
...схемах защиты от замыканий на землю.

...схемах защиты от замыканий на землю в высоковольтных линиях передачи с заземлен-

9. Реле времени [1]

Тип реле	Номинальные данные	Напряжение начала срабатывания	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Выдержка времени в секундах (минимальная — максимальная)	Исполнение контактов	Нагрузка контактов кратковременно, *а*	Разрывная мощность контактов: при максимальном напряжении, *в*	Разрывная мощность контактов: *вт*	Вес, *кг*
ЭВ-181	24, 48, 110, 220 *в* постоянного тока	0,7 $U_н$	Порядка 40 *вт*	Допускает включение до 30 *сек*	0,25—4	1 н. о. с выдержкой времени	10	250	200	4
ЭВ-182		0,7 $U_н$			0,5—10					
ЭВ-184		0,7 $U_н$		Допускает длительное включение	0,5—10	1 н. о. с выдержкой времени	1	250	20	4
ЭВ-186		0,7 $U_н$		Допускает включение до 30 *сек*	0,25—4	1 н. о. мгновенный, 2 н. о. с выдержкой времени	1	250	20	4
ЭВ-187		0,7 $U_н$			0,5—10					
ЭВ-201	110, 220, 380 *в* переменного тока	0,85 $U_н$	Порядка 70 *ва*	Допускает включение до 30 *сек*	0,25—4	1 н. о.	10	380	200	4
ЭВ-202					0,5—10					
РВ	24, 48, 110, 220 *в* постоянного тока	—	45 *вт*	—	0,5—3 2—10	1 н. о.	—	220	200	3,5

[1] Точность срабатывания реле для пределов уставок 0,5 *сек* — ± 0,1 *сек* и до 10 *сек* — ± 0,15 *сек*.

Допустимая

Тип блинкера	Номинальные данные	Напряжение или ток начала срабатывания	Потребляемая мощность	Термическая устойчивость	Исполнение контактов	Допустимая нагрузка контактов	Вес, кг
ЭС-91/3	0,02 *а*, 1350 *ом*	0,8 $I_н$	По данным графы „номинальные данные"	Длительная — 2 $I_н$, односекундная — 5 $I_н$	2 н. о. с общей точкой (могут быть использованы только для сигнальных целей)	До 150 *ат*	0,6
ЭС-91/4	0,04 *а*, 350 *ом*						
ЭС-91/5	0,07 *а*, 150 *ом*						
ЭС-91/6	0,1 *а*, 75 *ом*						
ЭС-91/7	0,14 *а*, 35 *ом*						
ЭС-91/8	0,19 *а*, 17 *ом*						
ЭС-91/9	0,27 *а*, 7 *ом*						
ЭС-91/10	0,35 *а*, 5 *ом*						
ЭС-91/11	0,55 *а*, 2 *ом*						
ЭС-91/12	0,80 *а*, 1 *ом*						
ЭС-91/13	1,2 *а*, 0,4 *ом*						
ЭС-91/14	2,7 *а*, 0,08 *ом*						
ЭС-91/15	7 *а*, 0,02 *ом*						
ЭС-92/1	220 *в* постоянного тока	0,8 $U_н$	2 *вт*	$U_н$	То же	До 150 *ат*	0,6
ЭС-92/2	110 *в* „	0,8 $U_н$					
ЭС-92/3	50 *в* „	0,4 $U_н$					
ЭС-92/4	25 *в* „	0,4 $U_н$					

§ 58. Технические данные блинкеров при работе на переменном токе

Блинкеры ХЭМЗ серии ЭС-91 (сериесные) могут работать на переменном токе; при этом сопротивление их будет, примерно, в 5,5—7 раз больше, чем при постоянном токе; ток трогания соответственно уменьшается на 10—30%.

Тип блинкера	Ток трогания, *а* около	Сопротивление при переменном токе *ом*	Сопротивление при постоянном токе *ом*
ЭС-91/ 6	0,07	413	75
ЭС-91/ 7	0,10	193	35
ЭС-91/ 8	0,13	93,5	17
ЭС-91/ 9	0,19	38,5	—
ЭС-91/10	0,25	27,5	5
ЭС-91/11	0,39	11	2
ЭС-91/12	0,56	5,5	1
ЭС-91/13	0,90	2,2	0,4
ЭС-91/14	4,00	0,125	0,08

§ 59. Технические данные реле прямого действия отключающих катушек приводов ПРА, КАМ и РБА

1. Отключающая катушка привода ПРА завода „Уралэлектромашина".

а) марка провода — ПЭ, б) диаметр провода — 0,29 *мм*, в) число витков — 2 000, г) омическое сопротивление — 55 *ом*, д) номинальное напряжение — 110 *в*.

Подведенное напряжение *в*	Ток *а*	Потребляемая мощность катушки, *ва*	Примечания
90	0,75	67,5	Сердечник заторможен
90	0,5	45	Сердечник втянут не полностью
100	0,25	25	Сердечник втянут
100	0,87	87	Сердечник заторможен

2. Отключающая катушка к приводу КАМ, питаемая от независимого источника переменного тока (по данным испытаний лаборатории МОТЭП):

а) диаметр провода — 0,38 *мм*, б) число витков — 3 000, в) омическое сопротивление при 20° С — 54,3 *ом*.

Подведенное напряжение *в*	Якорь втянут			Якорь опущен			Примечания
	Ток *а*	Импеданц *ом*	Мощность *ва*	Ток *а*	Импеданц *ом*	Мощность *ва*	
130	0,25	520	32,5	0,6	216	78	Привод начинает работать
140	0,3	465	52,0	0,65	216	91	Привод надежно работает

3. Отключающая катушка нулевого напряжения — нулевое реле типа РНН для привода РБА (по данным завода „Уралэлектромашина"):

а) действие реле — мгновенное,

б) потребляемая мощность около 30 *ва*,

в) отключающее напряжение — в пределах 65—35% от номинального с обязательным отключением ниже 35%,

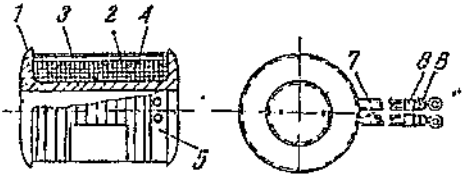
г) напряжение на катушке нулевого реле, допускающее включение выключателя — в пределах 35—85% номинального; обязательна возможность включений при напряжении выше 85%,

д) номинальное напряжение: 100, 110, 220, 380 и 500 *в*.

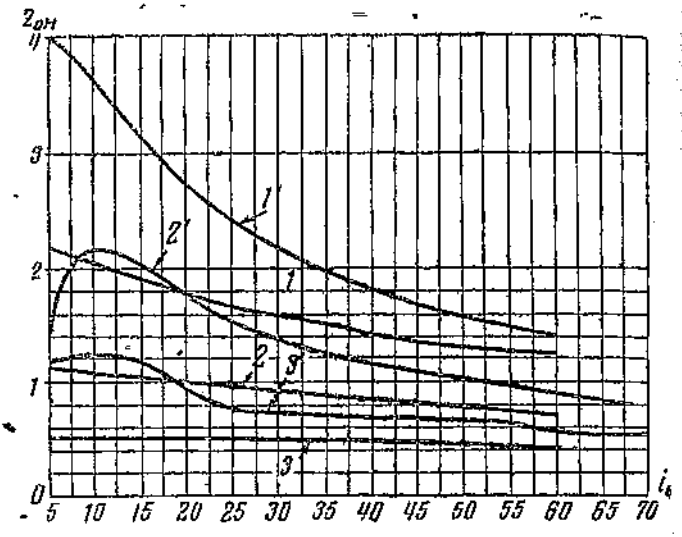
4. Отключающая катушка независимого источника переменного тока к приводу РБА (по данным завода „Уралэлектромашина").

Положение якоря	Номинальное напряжение *в*	Потребляемая мощность *ва*	Ток при номинальном напряжении *а*	Омическое сопротивление при 20° С *ом*	Пределы действия
Якорь втянут	110	198	1,8	18	От 65% до 120% номинального напряжения
	127	266	2,1	18	
	220	308	1,4	51	
	380	182	0,48	210	
Якорь опущен	110	341	3,10	18	
	127	440	3,45	18	
	220	473	2,15	51	
	380	312	0,82	210	

5. Катушка привода типа КАМ завода Электроаппарат (фиг. 78, 79)



Фиг. 78. Эскиз катушки привода типа КАМ.
1—каркас; *2*—обмотка; *3*—изоляция; *4*—лента; *5*—места для надписей; *6*—выводные концы; *7*—трубка; *8*—обозначения концов.



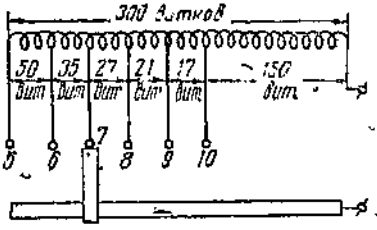
Фиг. 79. Кривые зависимости сопротивления катушки реле максимального тока привода КАМ от тока: *1*—зависимость импеданца реле от тока при положении штепселя *6* (см. фиг. 80) и опущенном якоре; *1'*—то же, что *1*, но при втянутом якоре; *2*—зависимость импеданца реле от тока при положении штепселя *7* и опущенном якоре; *2'*—то же, что *2*, но при втянутом якоре; *3*—зависимость импеданца реле от тока при положении штепселя 10 и опущенном якоре; *3'*—то же, что *3*, но при втянутом якоре.

Обмоточные данные катушек привода типа КАМ

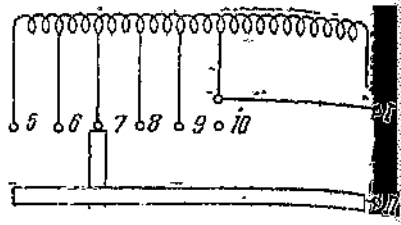
Наименование катушек	Номинальное напряжение, *в*	Данные для намотки: Марка провода	Данные для намотки: Диаметр провода голого / изолированного, *мм*	Данные для намотки: Число витков в одной катушке	Расход провода на обмотку одной катушки, *кг*	Активное сопротивление катушки при 20° С, *ом*
Катушка [1] максимального реле до 10 *а* с выдержкой времени или мгновенного действия	—	ПБД	1,81 / 2,06	300 250 215 188 167 150 [2]	1,0	0,3 0,246 0,208 0,180 0,164 0,147
Катушка [3] отключающая максимального тока с зависимым питанием через трансформаторы тока типа ТКБ	—	ПБД	1,35 / 1,6	350	0,59	0,557
Катушка нулевого реле переменного тока мгновенного действия	100 — 127	ПЭ	0,28 / 0,41	3 000	0,4	53
	220	ПЭ	0,29 / 0,32	6 000	0,47	190
	380	ПЭ	0,2 / 0,22	10 800	0,4	715
	500	ПЭ	0,2 / 0,22	14 300	0,52	1 000
Катушка отключающая с независимым питанием переменного тока	100 — 127	ПЭ	0,28 / 0,41	1 100	0,12	18
	220	ПЭ	0,29 / 0,32	1 800	0,1	51
	380	ПЭ	0,2 / 0,22	3 500	0,1	210

[1] Ток трогания ≈ 4 *а*, $Z \approx 2$ *ом*.
[2] Отпайки к штепсельным гнездам, см. фиг. 80
[3] Ток трогания $\approx 3{,}5$ *а*, $Z \approx 2{,}7$ *ом*.

Данные для регулирования тока трогания токового реле привода КАМ (фиг. 80, 81)



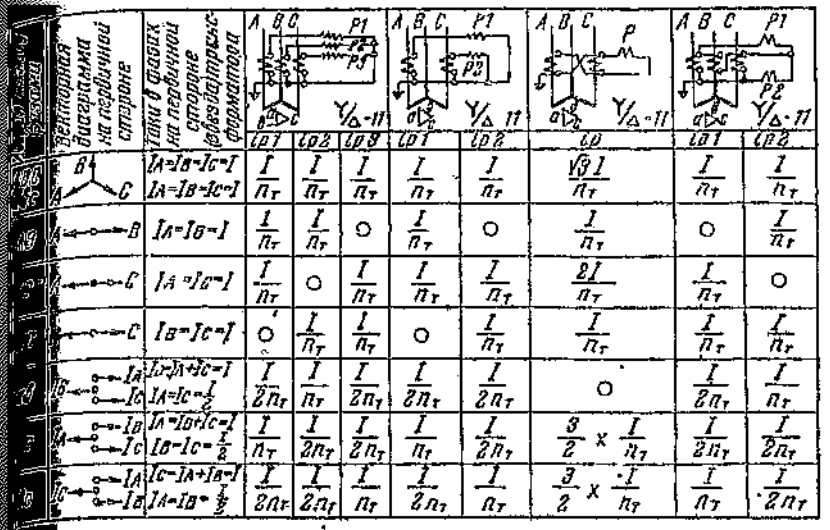
Фиг. 80. Схема катушки со штепсельным переключателем для изменения числа витков обмотки (в нормальном исполнении).



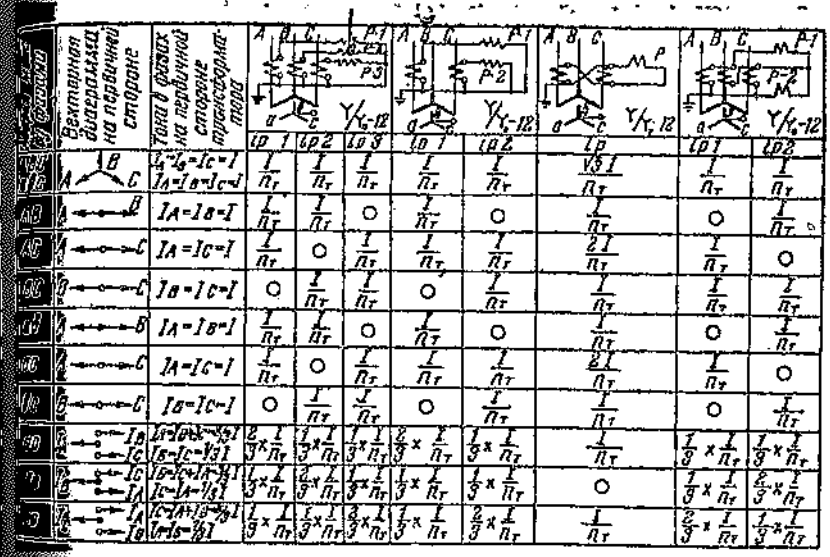
Фиг. 81. Схема катушки со штепсельным переключателем для изменения числа витков обмотки после переключения.

Схема соединений катушки	Номера штепселей						Примечание
	5	6	7	8	9	10	
	Ток трогания реле, *а*						
Нормальное исполнение	5	6	7	8	9	10	
Отпайка катушки отсоединена от штепселя 10 и приключена к клемме I	10	15	23	43	89	—	Для получения желаемых токов трогания реле следует отключить начало катушки от клеммы I и подключить к последней необходимую отпайку
Отпайка катушки отсоединена от штепселя 9 и приключена к клемме I	11	18	31	12	—	89	
Отпайка катушки отсоединена от штепселя 8 и приключена к клемме I	13	21	56	—	72	40	
Отпайка катушки отсоединена от штепселя 7 и приключена к клемме I	18	43	—	56	31	23	
Отпайка катушки отсоединена от штепселя 6 и приключена к клемме I	30	—	43	24	18	15	

§ 80. Распределение аварийных токов для разных схем включения трансформаторов тока и реле



Фиг. 82. Распределение аварийных токов для схем защиты трансформаторов группы Y/Δ—11.



Фиг. 83. Распределение аварийных токов для схем защиты трансформаторов группы Y/Y$_0$—12.

§ 61. Определение уставок тока трогания токовой защиты

1. Максимальная токовая защита

Ток трогания реле определяется по формуле:

$$I_{pm} = \frac{K_н}{K_в} \cdot \frac{I_p}{n_т}, \qquad (1)$$

где $K_н$ — коэфициент надежности работы реле; $K_н = 1{,}1—1{,}25$,

$K_в$ — коэфициент возврата реле (для реле косвенного действия — см. табл. § 57; для реле прямого действия равен 0,4—0,5),

I_p — расчетный рабочий ток фидера с учетом пусковых и др. перегрузочных режимов, а также характеристик реле (работа на зависимой части характеристики),

$n_т$ — коэфициент трансформации трансформатора тока.

При включении реле на разность токов двух фаз ток трогания должен быть увеличен в $\sqrt{3}$ раз.

Для достижения селективности между защитой на стороне высшего напряжения и предохранителями на стороне низшего напряжения руководствоваться следующим:

а) При наличии фидеров низкого напряжения с плавкими вставками на номинальный ток, превышающий 25% от номинального тока трансформатора, ток трогания защиты должен быть проверен по формуле:

$$I_{pm} \geqslant \frac{5\, I_{пр}}{n_{Tp} \cdot n_т}, \qquad (2)$$

где $n_т$ см. формулу (1),

$I_{пр}$ — номинальный ток наибольшей плавкой вставки на стороне низшего напряжения трансформатора,

n_{Tp} — коэфициент трансформации силового трансформатора.

Коэфициент 5 в числителе формулы 2 представляет собой произведение кратности тока плавления плавкой вставки по отношению к номинальному (2,5) на коэфициент запаса (2).

б) При наличии фидеров низкого напряжения с плавкими вставками на номинальный приведенный ток, меньший 25% от номинального тока трансформатора, ток трогания защиты определяется по формуле (1).

2. Уставка тока трогания отсечки реле ИТ-81, ИТ-82

Ток трогания отсечки определяется по формуле:

$$I_{pmo} = K_н \cdot \frac{I'_к}{n_т},$$

где $I'_к$ — максимально возможное значение тока к. з. при повреждении в точке за сосредоточенным реактанцем (линия, трансформатор, реактор), приведенное к напряжению сети, в которой трансформатор тока установлен,

$K_н$ — коэфициент надежности, принимаемый в целях повышения чувствительности отсечек равным 1,

$n_т$ — коэфициент трансформации трансформатора тока.

При включении реле на разность токов двух фаз ток отсечки должен быть увеличен в $\sqrt{3}$ раз.

Отношение тока трогания отсечки к току трогания в реле ИТ-81 и ИТ-82 может быть отрегулировано в пределах 2—8 (по данным МОТЭП'а верхний предел может быть доведен до 15).

§ 62. Расчет релейной защиты на переменном оперативном токе

В схемах защиты на оперативном переменном токе трансформаторы тока должны быть проверены на допустимую нагрузку от реле, трансформаторов тока ТКБ и отключающих катушек приводов.

Для надежной работы защиты максимальная погрешность трансформатора тока при токе срабатывания защиты не должна выходить за пределы минус 10%.

Кривые зависимости допустимой максимальной кратности вторичного тока трансформатора тока от нагрузки (импеданса) его вторичной обмотки в омах при погрешности в коэфициенте трансформации в 10% приводятся в § 24, фиг. 33—40.

Нагрузка трансформаторов тока определяется по следующим данным:

а) Сопротивление отключающих катушек приводов — по кривым 1, 2 и 3 (фиг. 79) для опущенного сердечника. Для промежуточных значений тока трогания величина Z определяется путем интерполяции по формуле: $Z_2 \cong Z_1 \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$. Величины Z, W_1 и W_2 следует принимать по таблице § 59.

б) Сопротивление реле ИТ-81 и 82 — по формуле:

$$Z_p = \frac{P_p}{I^2}, \text{ где } I = 5\,a.$$

Потребляемая мощность реле P_p приведена в следующей таблице:

Тип реле	ИТ-81/1 и ИТ-82/1							ИТ-81/2 и ИТ-82/2						
Ток уставки, a . .	4	5	6	7	8	9	10	2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5
Потребляемая мощность, va	15	9	6,5	4,5	3,0	2,5	2	60	36	26	18	12	10	8

в) Сопротивление промежуточных трансформаторов тока ТКБ-1 — по кривым, приведенным в § 26 (фиг. 43), при замкнутой вторичной обмотке.

г) Сопротивление блинкеров — по таблице § 58.

д) Сопротивление контрольных проводов — путем расчета.

Сопротивления по пп. а — д для упрощения расчетной работы можно суммировать не геометрически, а алгебраически.

При включении трансформаторов тока на разность токов расчетных, суммарное сопротивление нагрузок, полученное из вышеуказанных данных, должно быть умножено на $\sqrt{3}$ для 3-фазного к. з. и на 2 — для 2-фазного к. з.

Токи трогания защиты определяются по соответствующим формулам и данным § 61. Расчетное значение уставки тока должно быть округлено до фактически возможного значения уставки в зависимости от диапазона регулировки реле.

При расчете отсечки следует проверять, возможно ли фактически получить расчетную кратность отсечки для данных трансформаторов тока. Проверка производится по формулам:

$$n_1 = n\frac{S_T + S_н}{S_T + S_н'} \quad \text{или} \quad n_1 = n\frac{Z_T + Z_н}{Z_T + Z_н'}.$$

(Значения n_1, n, S_T, $S_н$, Z_T и $Z_н$ принимаются по таблице § 24).

Пример 1. Защита фидера по схеме фиг. 59. Данные: расчетный ток $I_р = 135$ *а*; трансформаторы тока ТПФ-1/3—6/150 с коэфициентом трансформации $n_T = 30$; реле прямого действия КАМ.

Расчет. Минимальный ток трогания реле $I_{рт} = 4{,}3 \cdot \frac{135}{30} = 19{,}3$ *а*.

Отпайка катушки отсоединена от штепселя 10 и приключена к клемме 1. Штепсель находится в гнезде 7 (см. § 59). Число витков $W_1 = 215$; $W_2 = 65$.

По кривой 2, фиг. 79, $Z_1 = 1$ *ом*; $Z_2 = 1 \cdot \left(\frac{65}{215}\right)^2 = 0{,}091 \approx 0{,}1$ *ом*.

Кратность тока по отношению к номинальному во вторичной обмотке трансформатора тока при токе срабатывания реле $I_{рт} = 23$ *а* равна $K = \frac{23}{\sqrt{3} \cdot 5} = 2{,}7$, где коэфициент $\sqrt{3}$ учитывает, что для данной схемы расчетным видом принято 3-фазное к. з.

Допустимая нагрузка для трансформаторов тока при кратности 2,7 по кривым 10% кратности $Z_2 = 6$ (см. § 24, фиг. 37), следовательно $Z_{расч} = Z_н = \frac{Z_2 - Z_T}{\sqrt{3}} = \frac{6 - 0{,}36}{\sqrt{3}} = 3{,}26$ *ом*, где Z_T — импеданц вторичной обмотки трансформатора тока, равный $Z_T \simeq \frac{S_T}{I^2_н} = \frac{9}{5^2} = 0{,}36$ *ом*.

Таким образом, контрольные провода могут иметь сопротивление $r_{пр} \approx 3{,}26 - 0{,}1 = 3{,}16$ *ом*.

Пример 2. Защита фидера по схеме фиг. 61. Данные: $I_р = 135$ *а*; трансформаторы тока ТПФ-1/3—6/150 с коэфициентом трансформации $n_T = 30$; реле косвенного действия ИТ-81, действующее через трансформаторы тока ТКБ-1; ток к. з. на конце фидера $I_к' = 1\,420$ *а*.

Расчет. Минимальный ток трогания реле ИТ-81 — $I_{рт} = 2{,}5 \frac{135}{30} = 11{,}3$ *а*; допускаем $I_{рт} = 10$ *а*, при этом ток во вторичной обмотке трансформаторов тока:

$$I_2 = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5{,}8 \text{ а}. \quad \text{Кратность тока } K = \frac{5{,}8}{5} = 1{,}16$$

от номинального. Для этой кратности допустимый импеданц нагрузки трансформатора тока $Z > 10$ *ом* (см. § 24, фиг. 37).

Проверка по режиму отсечки:

Ток отсечки

$$i_{рт_0} = K_з \cdot \frac{I_к'}{n_T} = 1 \cdot \frac{1\,420}{30} = 47{,}5 \cong 50\ а.$$

Кратность тока отсечки по отношению к номинальному вторичному току трансформатора тока (при 3-фазном коротком замыкании):

$$K_0 = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 5} = 5{,}8;$$

этой кратности соответствует максимальная допустимая нагрузка $Z_2 = 3{,}2$ *ом* (см. § 24, фиг. 37). Допустимый расчетный импеданц во вторичной цепи трансформатора тока при 3-фазном коротком замыкании

$$Z_{расч} = Z_н = \frac{Z_2 - Z_T}{\sqrt{3}} = \frac{3{,}2 - 0{,}36}{\sqrt{3}} = 1{,}64\ ом,$$

где Z_T — импеданц вторичной обмотки трансформатора тока.

В цепь трансформаторов тока включено реле ИТ-81 с $Z_р = \frac{P_{рт}}{I^2} = \frac{2}{25} = 0{,}08\ ом$, реле присоединено к трансформатору тока ТКБ-1 $Z_{ТКБ} = 0{,}8\ ом$ при 50 *а* (см. § 24, фиг. 43). Следовательно, сопротивление контрольных проводов может быть принято:

$$r_{пр} \cong Z_{пр} = 1{,}64 - (0{,}08 + 0{,}8) = 0{,}76\ ом.$$

Проверка трансформаторов тока на кратность вторичного тока при отсечке производится по формуле: $n_1 = n \frac{S_T + S_H}{S_T + S'_H}$ (см. § 24).

При $S_T = 9$; $n = 25$; $S_H = 15\ ва$; $S'_H = 5^2 \cdot 1{,}64 = 41\ ва$;

$$n_1 = 25 \cdot \frac{9 + 15}{9 + 41} = 12, \text{ т. е.} > 5{,}8.$$

Следовательно, защита будет работать надежно.

§ 63. **Технические данные плавких вставок для предохранителей к трансформаторам мощностью 10—180 *ква*, 6 *кв*[1]**

Мощность трансформатора *ква*	Номинальный ток трансформатора, *а*	Плавкая вставка из луженой меди				Плавкая вставка из серебра		
		применительно к номинальной мощности трансформатора, диаметр проволоки *мм*	усиленная			применительно к номинальной мощности трансформатора		
			диаметр проволоки *мм*	ток плавления вставки, *а*	номинальный ток вставки, *а*	диаметр проволоки *мм*	номинальный ток вставки, *а*	ток плавления вставки, *а*
10	0,92	0,15	0,15	4,5	2,3	0,14	2,6	4,3
15		0,15	0,25	9,4	4,7	0,14	2,6	4,3
20	1,83	0,15	0,25	9,4	4,7	0,14	2,6	4,3
25		0,15	0,35	14,3	7,15	0,14	2,6	4,3

[1] По данным Мосэнерго.

Мощность трансформатора *ква*	Номинальный ток трансформатора, *а*	Плавкая вставка из луженой меди				Плавкая вставка из серебра		
		применительно к номинальной мощности трансформатора, диаметр проволоки *мм*	усиленная			применительно к номинальной мощности трансформатора		
			диаметр проволоки *мм*	ток плавления вставки, *а*	номинальный ток вставки, *а*	диаметр проволоки *мм*	номинальный ток вставки, *а*	ток плавления вставки, *а*
30	2,75	0,15	0,35	14,3	7,15	0,14	2,6	4,3
35		0,25	0,51	22,4	11,2	0,2	4,5	7,8
40		0,25	0,51	22,4	11,2	0,2	4,5	7,8
50	4,58	0,25	0,64	28,3	14,15	0,2	4,5	7,8
60		0,35	0,64	28,3	14,15	0,28	6,9	11,2
70		0,35	0,72	33,7	16,85	0,28	6,9	11,2
75	6,9	0,35	0,72	33,7	16,85	0,28	6,9	11,2
80		0,51	0,72	33,7	16,85	2×0,2	9	15,6
100	9,2	0,51	0,72	33,7	16,85	2×0,28	13,8	22,6
125		0,51	0,72	33,7	16,85	2×0,28	13,8	22,6
135	12,5	0,64	0,72	33,7	16,85	2×0,28	13,8	22,6
150		0,64	0,72	33,7	16,85	0,51	15	24,8
160		0,72	0,72	33,7	16,85	0,51	15	24,8
180	16,5	0,72	0,72	33,7	16,85	0,62	17,3	33

Пояснения:

1. Следует предусматривать установку плавких вставок:

а) либо применительно к номинальной мощности трансформаторов для защиты их от перегрузок;

б) либо усиленного типа для защиты только от коротких замыканий.

Выбор плавких вставок с учетом селективности работы предохранителей, установленных со стороны низшего и высшего напряжения трансформаторов — см. § 45.

2. Под током плавления вставки понимается ток, при котором вставка перегорает в течение 10—15 минут. При силе тока в 125% от номинального вставка не должна перегорать в течение одного часа.

3. Величины токов плавления, приведенные в таблице, относятся к плавким вставкам следующей конструкции:

а) для предохранителей наружной установки проволока закладывается между фибровыми полосками толщиной 1—1½ *мм*, шириной 7 *мм*, вставляется в фибро-бакелитовую трубку ($d_1 = 8$—10 *мм*, $d_2 = 29$ *мм* и $l = 280$ *мм*). Описанная выше плавкая вставка закладывается в фарфоровый патрон ($d_1 = 30$ *мм*, $d_2 = 47$ *мм*, $l = 290$ *мм*);

б) для предохранителей внутренней установки плавкая вставка по п. а вставляется в фибро-бакелитовую трубку ($d_1 = 8$—10 *мм*, $d_2 = 34$ *мм* и $l = 280$ *мм*). Вставка закладывается в фарфоровый патрон ($d_1 = 35$ *мм*, $d_2 = 56$ *мм* и $l = 290$ *мм*).

Обозначение размеров: d_1 — внутренний диаметр, d_2 — внешний и l — длина.

§ 64. Защита электродвигателей переменного тока высокого напряжения в промышленных установках

Вращающий[1] момент *кГм*	Напряжение *кв*	Двигатели	Требуемая защита
Более 2 500	3—10	Асинхронные	1. Мгновенно действующая токовая от коротких замыканий в 2 фазах 2. Дифференциальная токовая в 2 фазах 3. От перегрузок с применением максимального токового реле в одной фазе (см. пояснения пп. 1 и 8) 4. От замыканий на землю. Требуется в случаях, когда дифференциальная защита не обеспечивает защиты от замыканий на землю 60% витков обмотки (см. пояснения п. 2) 5. Минимального напряжения в одной фазе (см. пояснения п. 3)
До 2 500 включительно	3—10	Асинхронные	1. Мгновенно действующая от коротких замыканий с токовыми отсечками в 2 фазах или с помощью плавких предохранителей (см. пояснения пп. 4 и 5) 2. От перегрузок (см. пояснения пп. 6 и 8) 3. Минимального напряжения в одной фазе (см. пояснения пп. 3 и 7)
Более 2 500	3—10	Синхронные	1. Мгновенно действующая токовая от коротких замыканий в 2 фазах 2. Дифференциальная токовая в 2 фазах 3. От перегрузок (одновременно от несинхронного режима) с применением максимального токового реле в одной фазе (см. пояснения п. 9) 4. От замыканий на землю. Требуется в случаях, когда дифференциальная защита не обеспечивает защиты от замыканий на землю 60% витков обмотки (см. пояснения п. 2) 5. Минимального напряжения в одной фазе (см. пояснения п. 3)

[1] Вращающий момент $M = \frac{квт}{об/мин} 10^3$.

Продолжение

Вращающий момент *кГм*	Напряжение *кв*	Двигатели	Требуемая защита
Более 2 500	3—10	Синхронные	6. От несинхронного режима (защита от потери возбуждения, см. пояснения п. 10) 7. Устройство форсировки возбуждения, действующее при посадках напряжения в сети ниже 0,85 от номинального (см. пояснения п. 11)
До 2 500 включительно	3—10	Синхронные	1. Мгновенно действующая от коротких замыканий с токовыми отсечками в 2 фазах или с помощью плавких предохранителей (см. пояснения пп. 4 и 5) 2. От перегрузок (одновременно от несинхронного режима) с применением максимального токового реле в одной фазе (см. пояснения п. 9) 3. Минимального напряжения, в одной фазе (см. пояснения п. 3) 4. От несинхронного режима (защита от потери возбуждения, см. пояснения п. 10) 5. Устройство форсировки возбуждения, действующее при посадках напряжения в сети ниже 0,85 от номинального (см. пояснения п. 11)

Пояснения. 1. Для асинхронных двигателей с номинальным вращающим моментом выше 2 500 *кГм* устанавливается токовая защита от перегрузок в одной фазе. Для ответственных двигателей при наличии обслуживающего персонала защита действует не на отключение, а на сигнал.

2. Защита от замыканий на землю для двигателей с номинальным вращающим моментом выше 2 500 *кГм* устанавливается при токах замыкания на землю свыше 20 *а*. При применении защиты от замыканий на землю и дифференциальной защиты по комбинированной схеме (с присоединением к общим трансформаторам тока) дифференциальная защита устанавливается в трех фазах.

3. Защита минимального напряжения ответственных двигателей высокого напряжения должна иметь выдержку времени зависимую или независимую и выполняться посредством одного реле минимального напряжения, включенного на междуфазовое напряжение. Для неответственных

...ателей применяется мгновенно действующая защита минимального ...пряжения. Рекомендуется применение реле прямого действия встроен... в приводы выключателей. При реле косвенного действия и наличии ...льких двигателей защита минимального напряжения должна быть ...ловой (с применением общих трансформаторов напряжения и реле). ...скается, однако, применение индивидуальных реле времени в тех ...аях, когда по условиям режима работы производственных механиз... для них требуются различные выдержки времени защиты минималь... напряжения.

4. Токовая отсечка может быть выполнена посредством:

а) реле прямого действия, встроенных в приводы выключателей,

б) реле ИТ-82, которое в этом случае используется также и для за... от перегрузок,

в) реле ЭТ.

В вышеуказанных случаях применяется одно реле, включенное на... ...ность токов двух фаз.

5. Плавкие предохранители устанавливаются в головном участке ...ера, а непосредственно у двигателей устанавливаются неавтоматиче... пусковые выключатели без защиты. Плавкие предохранители для ...ты от коротких замыканий допускается применять при мощности ...ного замыкания в данной точке сети, превышающей номинальную ...вную мощность плавких предохранителей не более, чем в два ...

6. Для асинхронных двигателей с номинальным вращающим моментом ...е 2 500 *кГм* защита от перегрузки устанавливается в следующих ...лях:

а) при двигателях с фазовым ротором, если пусковой момент двига... при выведенном пусковом реостате меньше момента сопротивления ...рузки (условие, имеющее место при электроприводах с постоянным ...ентом нагрузки),

б) для двигателей, которые могут перегружаться по условиям техно... ...ического процесса.

Для двигателей возбудительных агрегатов, вентиляторов с неперегру... ...ой характеристикой и подобных приводов, аналогичных по харак... работы, защита от перегрузок не устанавливается. Для двигателей ...зовым ротором, защищенных от коротких замыканий плавкими ...охранителями,—последние служат одновременно и для защиты от ...грузок.

При необходимости применения для защиты от перегрузок макси... ...ных токовых реле последние устанавливаются в одной фазе.

7. Защита минимального напряжения устанавливается в следующих ...ях:

а) для защиты двигателей от сверхтоков, имеющих место при вос... ...новлении напряжения после отключения коротких замыканий в сети ...при появлении нормального напряжения после перерыва питания,

б) для двигателей, самозапуск которых недопустим по условиям ...логического процесса или безопасности обслуживающего персонала,

в) для неответственных двигателей, самозапуск которых при восста... ...новлении напряжения после отключения коротких замыканий в сети ...жен быть предотвращен по соображениям обеспечения работы остав... ...ыми включенными потребителей, а также в целях обеспечения воз... ...ности самозапуска двигателей ответственных механизмов (общая ...ность двигателей, для которых предусматривается самозапуск, не ...жна превышать 30—40% от номинальной мощности питающего транс... ...атора).

8. Для защиты асинхронных двигателей от перегрузок допускается применение термических реле.

9. Защита от перегрузок для синхронных двигателей действует на отключение. Для ответственных двигателей при наличии обслуживающего персонала защита действует не на отключение, а на сигнал.

10. Защита от потери возбуждения путем установки реле обрыва поля (РОП) рекомендуется для отдельно стоящих возбудительных агрегатов при протяженной сети возбуждения (резервные возбудители, наличие коммутационной аппаратуры в сети возбуждения и т. п.).

11. Форсировка возбуждения рекомендуется в случаях, требующих высокой степени бесперебойности, а также в некоторых специальных случаях (например, форсировка в момент толчков нагрузки).

§ 65. Защита электродвигателей переменного тока напряжением 220—500 *в* в промышленных установках

Мощность двигателя *квт*	Двигатели	Вариант защиты	Требуемая защита и аппараты для управления двигателем
400—150	С фазовым ротором	I	Максимально-нулевой автомат (см. пояснения п. 1)
		II	Плавкие предохранители типа ПР до 600 *а* и других типов до 400 *а* включительно. Магнитный пускатель или контактор
		III	Плавкие предохранители до 400 *а* включительно. Рубильник до 400 *а* включительно в ящике или с иной защитой персонала от дуги (см. пояснения п. 2)
	Короткозамкнутые	I	Максимально-нулевой автомат (см. пояснения п. 1)
		II	Автомат с катушкой постоянного тока и отдельными реле максимального тока и нулевого напряжения (см. пояснения п. 3)
		III	Плавкие предохранители типа ПР до 600 *а* и других типов до 400 *а*. Магнитный пускатель или контактор

Продолжение

Мощность двигателя *квт*	Двигатели	Вариант защиты	Требуемая защита и аппараты для управления двигателем
143—40	С фазовым ротором или короткозамкнутые	I	Плавкие предохранители типа ПР до 600 *а* и других типов до 400 *а* включительно. Рубильник до 400 *а* включительно в ящике или с иной защитой персонала от дуги (см. пояснения п. 2)
		II	Плавкие предохранители типа ПР до 600 *а* и других типов до 400 *а* включительно. Магнитный пускатель или контактор
39—20		I	Плавкие предохранители всех типов. Рубильник с внешним приводом (см. пояснения п. 2)
		II	Плавкие предохранители всех типов. Магнитный пускатель
19 *квт* и менее		I	Плавкие предохранители всех типов. Рубильник с внешним приводом или с защитным кожухом
		II	Плавкие предохранители всех типов. Магнитный пускатель

Пояснения. 1. При установке автоматов для двигателей с фазовым ротором нулевое отключение предусматривается во всех случаях; для короткозамкнутых — нулевое отключение может предусматриваться: а) для двигателей, самозапуск которых при восстановлении напряжения после отключения в сети недопустим по условиям технологического процесса или безопасности обслуживающего персонала, б) для неответственных двигателей, отключение которых по условиям технологического процесса допустимо и желательно в целях снижения пусковых токов в сети при восстановлении напряжения.

2. Рубильники могут применяться для двигателей с пусковым током 400 *а* включительно при напряжении до 380 *в* включительно.

Для короткозамкнутых двигателей рекомендуется принимать номинальный ток рубильника равным не менее, чем 2,5 — 3-кратному номинальному току двигателя.

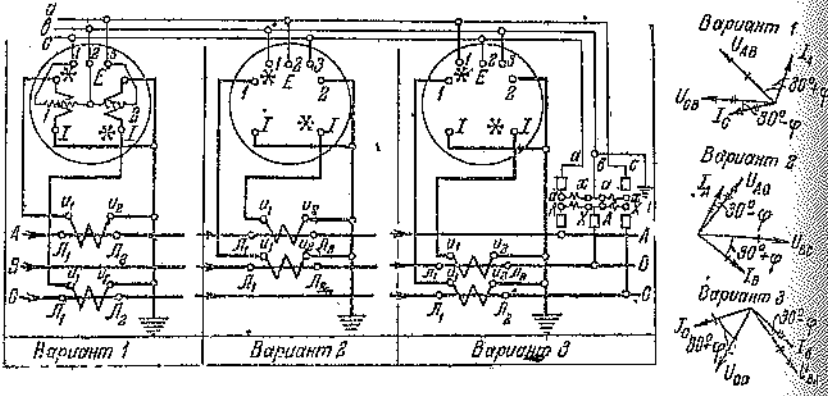
3. Автоматы с отключающей катушкой постоянного тока (с отдельными реле) применяются с целью выбора автоматов (мгновенного действия) не по пусковому, а по номинальному току двигателя.

4. Защита от перегрузок в таблице не предусматривается (за исключением случаев установки магнитных пускателей). Указанная защита предусматривается для двигателей мощностью 150 *квт* и выше, если они могут длительно перегружаться по условиям технологического процесса. Защита может быть выполнена тепловыми реле прямого или косвенного действия или с помощью реле ИТ-82 в одной фазе в комбинации с соответствующими аппаратами.

§ 66. Измерение мощности

Трехфазные ваттметры типа ВИТ завода „Электроприбор" (фиг. 84)

Ваттметры типа ВИТ завода „Электроприбор" должны быть включены так, чтобы токовая катушка 1-й системы была присоединена к трансформатору тока отстающей фазы, а катушка 2-й системы — к трансформатору тока опережающей фазы. Возможны 3 варианта включения. Приведенные схемы действительны для порядка чередования фаз *ABC* и направления энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.



Фиг. 84. Варианты схем включения ваттметра типа ВИТ.

Варианты включения ваттметра типа ВИТ при чередовании фаз *ABC*

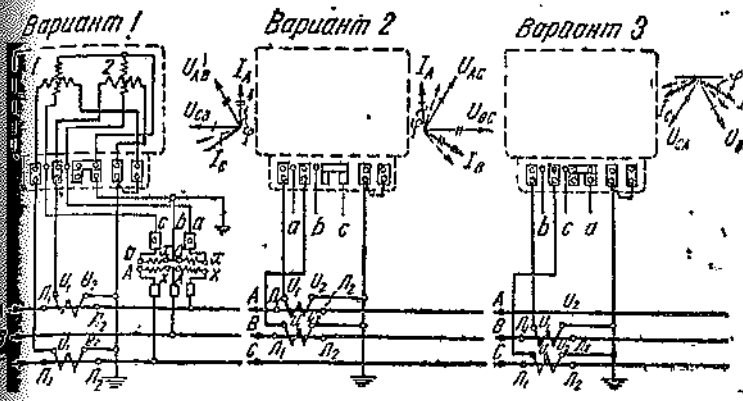
Варианты	Токи		Напряжение	
	1 система	2 система	1 система (1—2)	2 система (3—2)
1	I_A	I_C	U_{AB}	U_{CB}
2	I_B	I_A	U_{BC}	U_{AC}
3	I_C	I_B	U_{CA}	U_{BA}

Ваттметр пригоден для измерения мощности в трехфазной сети при любой нагрузке фаз. На фиг. 84 приведен вид сзади на клеммы прибора (обозначения клемм — заводские).

§ 67. Учет активной энергии

1. Трехфазные счетчики типа И завода „Электроприбор"

Счетчик типа И (фиг. 85) должен быть включен так, чтобы токовая катушка 1-й системы была присоединена к трансформатору тока опережающей фазы, а катушка 2-й системы — к трансформатору тока отстающей фазы. Возможны 3 варианта включения. Приведенные схемы действительны для порядка чередования фаз *ABC* и направления энергии



Фиг. 85. Схемы включения счетчика типа И с измерительными трансформаторами.

в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$. При отсутствии шкалы для непосредственных отсчетов показания счетчика должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов ($n_T \cdot n_H$). Счетчик пригоден для учета энергии в 3-фазных цепях с любой нагрузкой фаз.

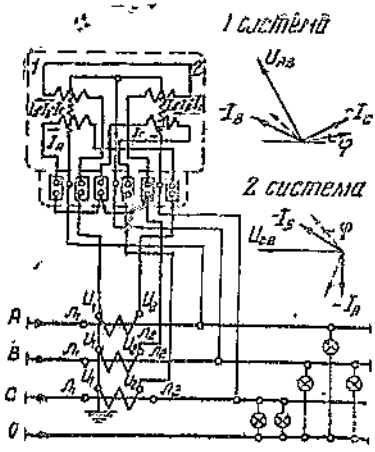
2. Счетчики типов $И_{ч_1}$ и $И_ч$ завода „Электроприбор"

Счетчики $И_{ч_1}$ и $И_ч$ (фиг. 86 и 87) применяются для учета энергии в 4-проводных системах трехфазного тока с неравномерной нагрузкой фаз (при наличии нулевого провода).

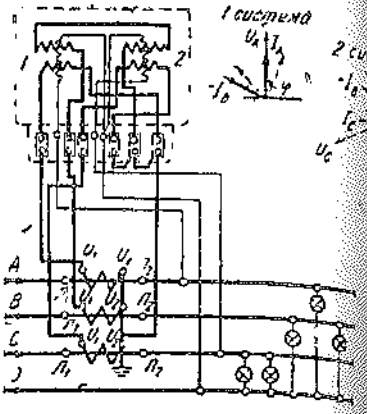
Приведенные схемы действительны для порядка чередования фаз *ABC* и направления энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.

Показания счетчика должны быть умножены на коэфициент трансформации трансформаторов тока.

Счетчик $И_{ч_1}$ применяется при несимметрии до 5% и дает при этих условиях меньшую погрешность, чем счетчик $И_ч$.



Фиг. 86. Схема включения счетчика типа $И_{ч}$.



Фиг. 87. Схема включения счетчика типа $И_{ч}$.

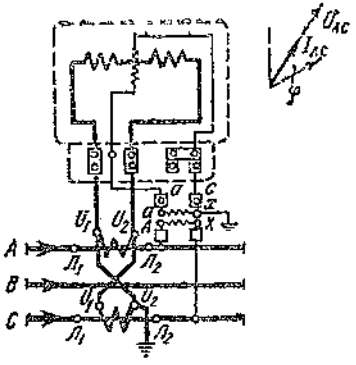
3. Однофазный счетчик типа $Б_2$ завода „Электроприбор" в схемах учета энергии трехфазного тока

Схема фиг. 88 применима для учета энергии трехфазного тока при симметричной нагрузке фаз. При несимметрии больше 5% погрешность счетчика сильно возрастает.

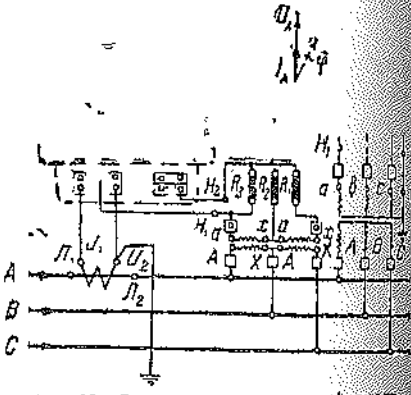
Показания счетчика должны быть умножены на произведение коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов ($n_т \cdot n_н$).

При включении счетчика на разность токов двух фаз ток, протекающий в последовательной обмотке, равен фазному, умноженному на $\sqrt{3}$.

Это обстоятельство следует учитывать при выборе счетчиков.



Фиг. 88. Схема включения однофазного счетчика типа $Б_2$ для учета энергии трехфазного тока (с однофазным трансформатором напряжения).



Фиг. 89. Схема включения однофазного счетчика типа $Б_2$ для учета энергии трехфазного тока (с двумя однофазными или одним трехфазным трансформатором напряжения).

Варианты включения счетчика типа $Б_2$ (фиг. 88)

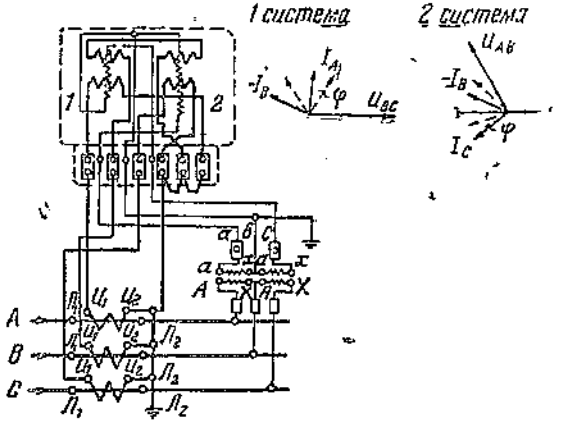
Варианты	Ток	Напряжение
1	I_{AC}	U_{AC}
2	I_{BA}	U_{BA}
3	I_{CB}	U_{CB}

Схема фиг. 89 применима для учета энергии 3-фазного тока при симметричной нагрузке фаз. Показания счетчика должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов и на 3, т. е. на $(3 \cdot n_T \cdot n_H)$. Добавочные сопротивления R_2 и R_3 должны быть равны между собой. Ввиду того, что к счетчику подводится не линейное, а фазовое напряжение, счетчик требует дополнительной регулировки. В случае применения трехфазного трансформатора напряжения концы H_1 и H_2 приключаются к зажимам a — o трансформатора напряжения.

§ 68. Учет реактивной энергии

1. Счетчик типа $И_Р$ завода „Электроприбор" с тремя трансформаторами тока

Счетчик типа $И_Р$ (фиг. 90) применяется для учета реактивной энергии в трехфазных цепях с неравномерной нагрузкой фаз и в 4-проводных



Фиг. 90. Схема включения реактивного счетчика типа $И_Р$.

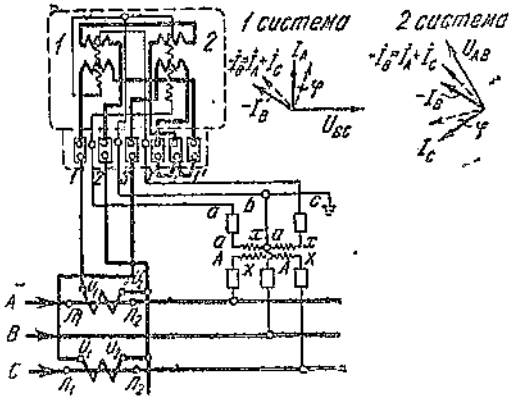
сетях трехфазного тока с нулевым проводом. Токовые катушки приключаются к 3 трансформаторам тока. При отсутствии градуировки

для непосредственных отсчетов показания счетчика должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов ($n_T \cdot n_H$).

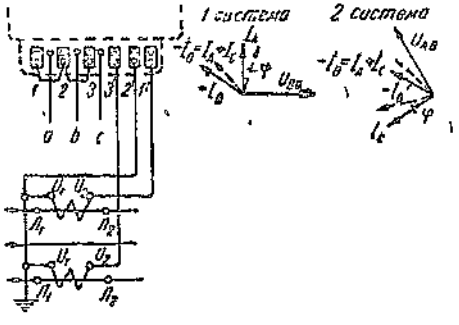
Схема действительна для порядка чередования фаз ABC и направления активной энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$. Схема фиг. 90 действительна для индуктивной нагрузки; при емкостной нагрузке направление токов в катушках счетчика должно быть изменено на обратное.

2. Счетчик типа Ир завода „Электроприбор" с двумя трансформаторами тока

Схема фиг. 91 действительна при заземлении зажимов трансформаторов тока $И_2$, а схема фиг. 92 при заземлении зажимов $И_1$.



Фиг. 91. Схема включения счетчика типа Ир с двумя трансформаторами тока при заземлении зажимов $И_2$.



Фиг. 92. Схема включения счетчика типа Ир с двумя трансформаторами тока при заземлении зажимов $И_1$.

Схемы действительны для порядка чередования фаз ABC и для направления активной энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.

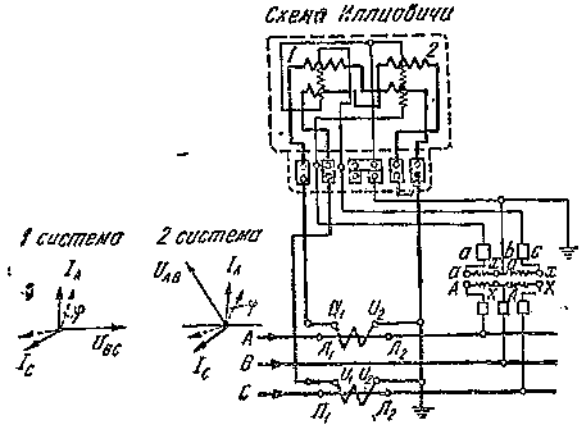
Варианты включения счетчика типа $И_р$

Варианты	1 система		2 система	
	Ток	Напряжение	Ток	Напряжение
1	I_A	U_{BC}	I_C	U_{AB}
2	I_B	U_{CA}	I_A	U_{BC}
3	I_C	U_{AB}	I_B	U_{CA}

При отсутствии градуировки для непосредственных отсчетов показания счетчика должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов ($n_T \cdot n_H$).

3. Счетчик реактивной энергии по схеме Иллиовичи

Счетчики по схеме Иллиовичи (фиг. 93) выполняются из нормальных стандартных счетчиков типа И завода „Электроприбор" путем перемотки токовых катушек. Число витков токовых катушек каждой системы, состоящей из 2 частей, следует изменить с 14 на 24, причем 1-й части должно быть 8 витков, а во 2-й — 16.

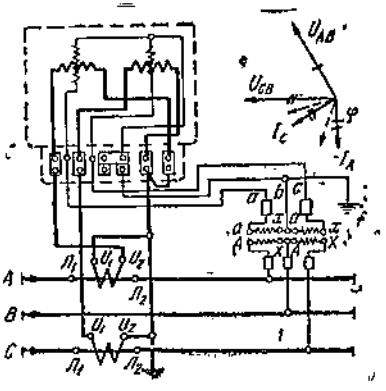


Фиг. 93. Схема Иллиовичи включения счетчика для измерения реактивной энергии.

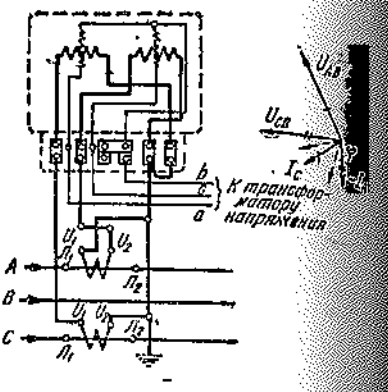
При отсутствии градуировки для непосредственных отсчетов показания счетчиков должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов ($n_T \cdot n_H$). Схема действительна для порядка чередования фаз *ABC* и направления активной энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.

4. Активный счетчик типа И завода „Электроприбор" в искусственных схемах учета реактивной энергии

Схемы фиг. 94 и 95 применяются для равномерной нагрузки фаз и действительны лишь для порядка чередования фаз *ABC* и направления активной энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$. При отсутствии градуировки для непосредственных отсчетов показания счетчика должны быть умножены при схеме фиг. 94 на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов и на $\sqrt{3}$, т. е. на $\sqrt{3} \cdot n_T \cdot n_H$.



Фиг. 94. Схема включения счетчика типа И, вариант 1.



Фиг. 95. Схема включения счетчика типа И, вариант 2.

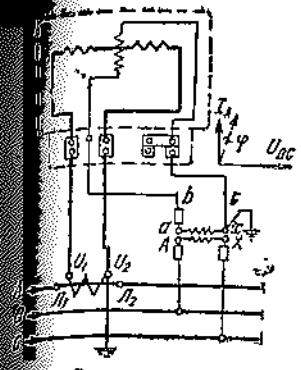
Показания счетчика при схеме фиг. 95 должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов и на $\frac{\sqrt{3}}{2}$, т. е. на $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_T \cdot n_H$.

Схемы действительны для индуктивной нагрузки. При емкостной нагрузке направление токов в катушках счетчика должно быть изменено на обратное.

5. Счетчики типов С и $Б_2$ (однофазные) завода „Электроприбор" для учета реактивной энергии в трехфазных сетях

Схема фиг. 96 может быть рекомендована для приближенного учета реактивной энергии внутри предприятия, так как счетчик дает достаточно точные показания только в пределах несимметрии напряжений, не превышающей 5%, и при равномерной нагрузке фаз.

Показания счетчика должны быть умножены на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов и на $\sqrt{3}$, т. е. на $\sqrt{3} \cdot n_T \cdot n_H$. Схема действительна для порядка чередования фаз *ABC* и направления активной энергии от $Л_1$ к $Л_2$.

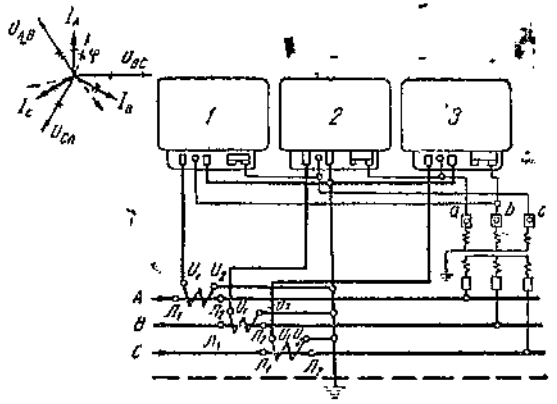


Фиг. 96. Схема включения счетчика типа С для учета реактивной энергии.

Варианты включения счетчика типа С (фиг. 96)

Варианты	Ток	Напряжение
1	I_A	U_{BC}
2	I_B	U_{CA}
3	I_C	U_{AB}

В схеме фиг. 97 сумма показаний всех трех счетчиков должна быть умножена на произведение коэфициентов трансформации измерительных трансформаторов и на $\frac{1}{\sqrt{3}}$, т. е. на $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot n_T \cdot n_H$. Схема действительна для порядка чередования фаз ABC и направления активной энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.



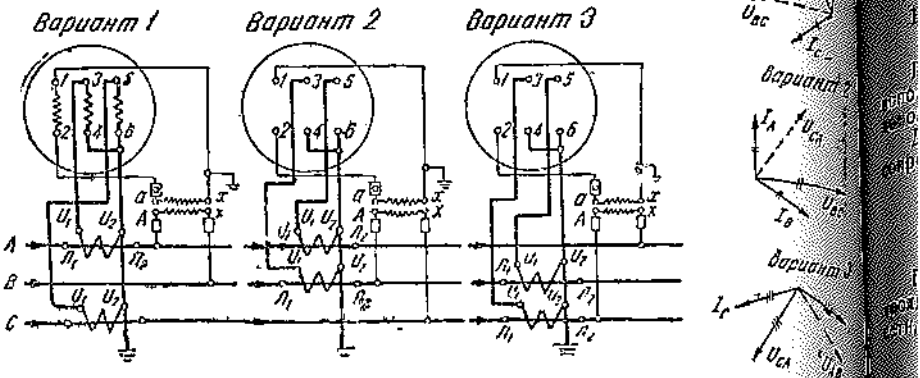
Фиг. 97. Схема включения счетчиков типа $Б_2$ для учета реактивной энергии.

Схемы даны для индуктивной нагрузки. При емкостной нагрузке направление токов в катушках счетчика должно быть изменено на обратное.

§ 69. Измерение коэфициента мощности

Фазометр типа ЭНФ завода „Электроприбор"

Возможны 3 варианта включения (фиг. 98). Схемы действительны для порядка чередования фаз ABC и направления энергии в трансформаторах тока от $Л_1$ к $Л_2$.



Фиг. 98. Варианты схем включения фазометра типа ЭНФ завода „Электроприбор".

Варианты включения фазометра типа ЭНФ при порядке чередования фаз *ABC*

Варианты	Токи		Напряжения
	Зажимы 3—4	Зажимы 5—6	Зажимы 2—1
1	I_A	I_C	U_{AB}
2	I_B	I_A	U_{BC}
3	I_C	I_B	U_{CA}

§ 70. Контроль изоляции

1. Установки 220 *в* и 380 *в* с изолированной нейтралью

Схема фиг. 99 приведена в двух вариантах и применяется для установок 220 и 380 *в* с изолированной нейтралью. При первом варианте, помимо контроля изоляции сети, осуществляется также контроль работы пробивного предохранителя П. При втором варианте контролируется только изоляция сети.

При первом варианте при нормальном состоянии изоляции показания вольтметров V_1 и V_2, обозначаемые через U_1 и U_2, составляют: $U_1 = \frac{U_л}{2\sqrt{3}}$; $U_2 = \frac{U_л}{2\sqrt{3}}$ вольт; при пробое предохранителя П, $U_1 = 0$ и $U_2 = \frac{U_л}{\sqrt{3}}$.

При повреждении изоляции на фазе a или c $U_1 = \frac{U_л}{\sqrt{3}}$; $U_2 = U_л$.

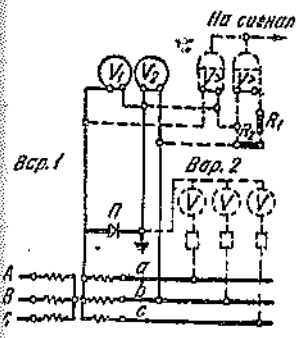
При повреждении изоляции на фазе $в$ $U_1 = \frac{U_л}{\sqrt{3}}$, $U_2 = 0$.

При применении для цепей звуковой сигнализации напряжения 220 $в$ используются реле ЭН-66/200 с регулировкой напряжения 100—200 $в$ и дополнительными сопротивлениями $R_1 = 1\,000$ $ом$; $R_2 = 110\,000$ $ом$.

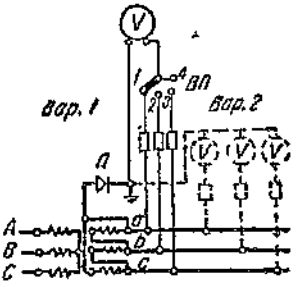
Для установок 380 $в$ применяется не требующее дополнительных сопротивлений реле ЭН-66/400 с регулировкой напряжения 200—400 $в$.

2. Установки 500 в

По первому варианту схема фиг. 100 осуществляется как для контроля работы пробивного предохранителя П, так и состояния изоляции сети, по второму — только состояния изоляции.



Фиг. 99. Контроль изоляции в установках 220 и 380 $в$ с изолированной нейтралью.



Фиг. 100. Контроль изоляции вольтметрами непосредственного включения для установок 500 $в$.

При первом варианте пробой предохранителя П влечет за собой нарушение изоляции фазы A. При установке переключателя ВП на контакты 2 и 3 вольтметр показывает линейное напряжение, а на контакт 1 — нуль.

Схема не дает возможности применить сигнализацию замыканий на землю. Вольтметры должны быть со шкалой для непосредственного присоединения к сети 500 $в$.

3. Установки высокого напряжения

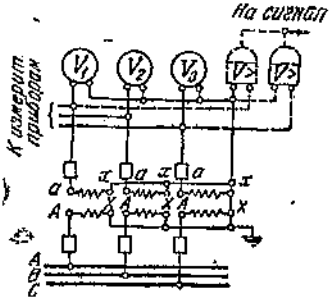
Схемы фиг. 101—103 применяются в основном для установок от 3 $кв$ и более.

При необходимости иметь звуковую сигнализацию в схеме фиг. 101 применяют реле максимального напряжения типа ЭН-66/100 с регулировкой 60—100 $в$ и уставкой напряжения трогания порядка 75—80 $в$.

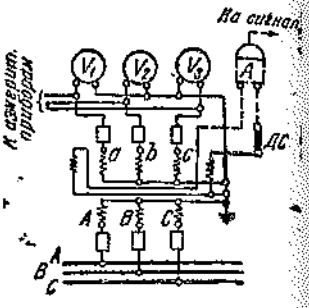
Чувствительность вольтметров для контроля изоляции достаточна как при полных, так и при неполных замыканиях на землю. Чувствительность в части звуковой сигнализации недостаточна для контроля изоляции обмоток машин.

При присоединении к общим трансформаторам напряжения, помимо приборов для контроля изоляции, также измерительных приборов (счетчиков, ваттметров и т. п.), учитывать следующее:

а) показания измерительных приборов при повреждении изоляции неточны, б) трансформаторы, предназначенные для междуфазового напряжения сети, включаются в схеме фиг. 101 на фазовое, поэтому номинальная мощность их соответственно (в $\sqrt{3}$ раз) снижается.



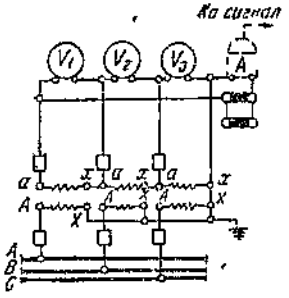
Фиг. 101. Контроль изоляции с 3 однофазными трансформаторами напряжения, включенными в звезду.



Фиг. 102. Контроль изоляции с применением пятистержневого трехфазного трансформатора напряжения.

В схеме фиг. 102 при необходимости иметь звуковую сигнализацию устанавливается реле типа ЭТ-61/0,2 с уставкой тока трогания 0,12 *а* с добавочным сопротивлением порядка 45 *ом* на 2 *а*.

Схема обладает высокой чувствительностью.



Фиг. 103. Контроль изоляции с тремя однофазными трансформаторами напряжения, включенными по схеме звезда—разомкнутый треугольник.

В схеме фиг. 103 при необходимости иметь звуковую сигнализацию следует предусматривать либо реле типа ЭТ-61/0,2 с уставкой тока трогания порядка 0,12 *а* с двумя включенными параллельно добавочными сопротивлениями 160 *ом* до 0,95 *а*, либо реле напряжения ЭН-66/200 с регулировкой 100—200 *в*, с напряжением трогания 100 *в*, без добавочных сопротивлений. Схема с токовым реле более чувствительна при неполных замыканиях на землю.

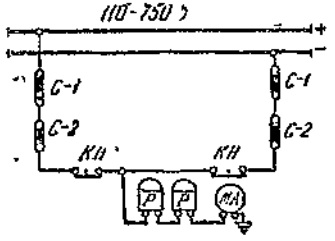
На вторичной стороне трансформаторов напряжения применяются предохранители телефонного типа на 2 *а*.

4. Установки постоянного тока (фиг. 104, 105 и 106).

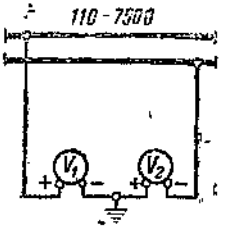
Технические характеристики аппаратов для схемы фиг. 104

Обозначения	Наименование	Рабочее напряжение установки $U_н$, в					
		110	220	440	500	600	750
КН	Кнопка двойная типа КУ или рубильник типа Р	КУ-1462	КУ-1462	КУ-1462	КУ-1462	Р-2110	Р-2110
мА	Миллиамперметр со шкалой	50—0—50	25—0—25	25—0—25	25—0—25	25—0—25	25—0—25
Р	Реле поляризованное типа	ПС-11/2	ПС-11/3	ПС-11/7	ПС-11/7	ПС-11/7	ПС-11/7
—	Технические данные реле типа ПС — *R*, *ом*	2 200	10 000	40 000	40 000	40 000	40 000
	i, *ма*	4,2	2,3	1,2	1,2	1,2	1,2
С-1	Сопротивление трубчатое эмалированное *R*, *ом* . .	1 000	3 000	15 000	15 000	50 000	50 000
	i, *ма* . .	135	70	75	75	55	50
С-2	То же *R*, *ом* . .	750	3 000	20 000	20 000	—	20 000
	i, *ма* . .	190	70	65	65	—	65

Схема по фиг. 104 отличается высокой чувствительностью и применима поэтому в малоразветвленных сетях. Схема действует следующим образом: при замыкании на землю одного из полюсов через переходное сопротивление порядка 40 *ом* на 1 *в* для установок 110—220 *в* и 100 *ом* на 1 *в* для установок 440—750 *в* начинает работать реле *Р* с действием на звуковой сигнал. Предусматриваются два поляризованных реле типа ПС, из которых одно работает при замыкании на землю положительного полюса, другое — отрицательного. Замыкания на землю через

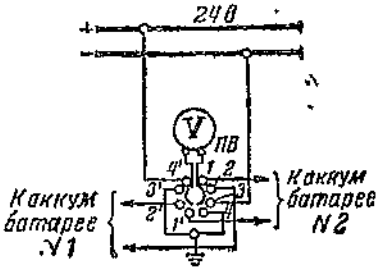


Фиг. 104. Контроль изоляции в сети постоянного тока с применением миллиамперметра и реле для сигнализации.



Фиг. 105. Контроль изоляции в сети постоянного тока магнитоэлектрическими вольтметрами ($R_в$ свыше 25000 *ом*).

переходные сопротивления порядка 200 *ом* на 1 *в* для установок 110—220 *в* и 400 *ом* на 1 *в* — для установок 400—750 *в* могут быть обнаружены при помощи миллиамперметра. При отсутствии требования высокой чувствительности применяется схема фиг. 105.



Фиг. 106. Контроль изоляции в сети аккумуляторной батареи 24 *в*.

Для установок с напряжением 24 *в* применяется схема по фиг. 106 с вольтметрами типа МН со шкалой до 25 *в*.

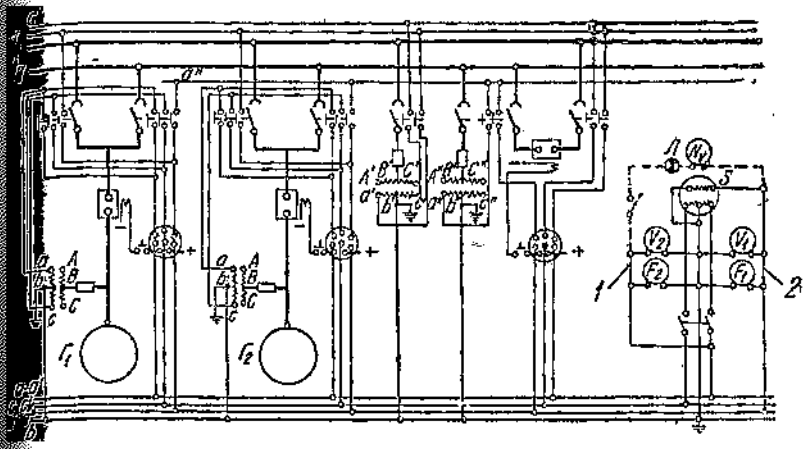
§ 71. Схемы синхронизации

1. Полная схема синхронизации (фиг. 107)

Синхронизация производится между генератором и собирательными шинами, а также между собирательными шинами I и II. В последнем случае включение производится междушинным масляным выключателем

В схеме может быть применен один синхроноскоп без нулевого вольтметра. Последовательно с нулевым вольтметром включается лампа на 75 *вт*, 220 *в*.

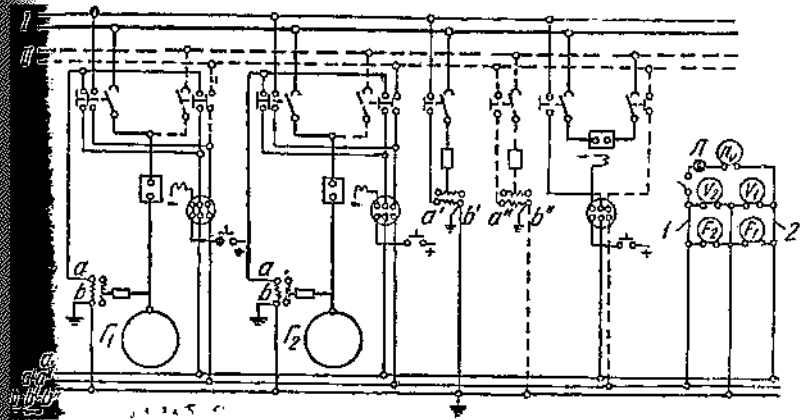
На схеме показано подключение генератора $Г_1$ к системе шин I.



Фиг. 107. Полная схема синхронизации; *1*—приборы, указывающие напряжение и частоту работающего генератора (системы шин); *2*—то же подключаемого генератора системы шин).

2. Схема синхронизации без синхроноскопа (фиг. 108)

Синхронизация производится между генератором и шинами. При этой системе шин соединения, показанные пунктиром, отпадают.



Фиг. 108. Схема синхронизации без синхроноскопа; *1*—напряжение и частота работающего генератора (системы шин); *2*—то же подключаемого генератора (системы шин).

Последовательно с нулевым вольтметром включается лампа 60 вт, 75 вт, 220 в.

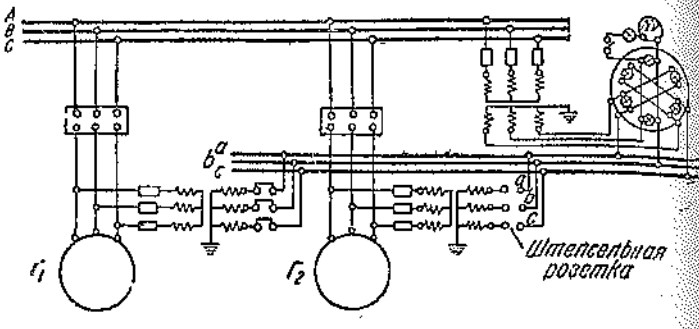
На схеме показано подключение к шинам генератора $Г_1$.

3. Упрощенная схема синхронизации для генераторов малой мощности напряжением до 500 в (фиг. 109)

Ламповый синхроноскоп закрывается сверху матовым стеклом. Внутри он разделен перегородками на 6 секторов по числу ламп. Синхронизация производится между генераторами и собирательными шинами с включением на темную (при погасании ламп фазы „в", темная полоса в вертикальном положении).

В схеме могут быть применены вместо трехфазного трансформатора напряжения 2 однофазных.

При напряжении генераторов $U_л = 220$ в или 400 в с заземленной нейтралью трансформаторы напряжения не требуются. В этом случае



Фиг. 109. Упрощенная схема синхронизации для генераторов малой мощности и напряжения до 500 в.

в синхроноскопе применяются при 220 в — 2 лампы по 120 в, при 400 в — 2 лампы 220 в, включенные последовательно. При генераторах напряжением 400 в с изолированной нейтралью и 500 в должны быть применены трансформаторы напряжения 400/100 в и соответственно 500/100 в. Для синхроноскопа могут быть применены либо лампы на 220 в (при параллельном включении в сеть), либо на 120 в (при последовательном включении по 2 лампы).

Последовательно с нулевым вольтметром при отсутствии трансформаторов напряжения должны быть включены лампы 60 или 75 вт, 220 в в количестве 2 шт. при напряжении сети 230 в и 4 шт. при 400 в.

Нулевого вольтметра можно не устанавливать.

На схеме показано подключение к шинам генератора $Г_1$.

I. Приборы для включения через измерительные трансформаторы

а) Данные последовательной цепи

Наименование прибора	Обозначение типа	Верхние пределы измерений: Номинальное напряжение	Верхние пределы измерений: Номинальный ток	Омическое сопротивление	Активное сопротивление	Реактивное сопротивление	Полное сопротивление	Падение напряжения	Потребляемая активная мощность	Потребляемая реактивная мощность	Потребляемая полная мощность	Коэффициент мощности
		в	*а*	*ом*				*мв*	*вт*	*вар*	*ва*	$\cos\varphi$
Счетчик	$Б_2$	110	5	0,033	0,036	Принято равным нулю	0,036	180	0,90	Принята равной нулю	0,90	Принят равным 1
Счетчик	И [1]			0,021	0,021		0,021	208	1,04		1,04	
Счетчик	$И_р$ [1]			0,011 0,022 0,011	0,011 0,022 0,011		0,011 0,022 0,011	66,8 119,5 65,0	0,34 0,60 0,33		0,34 0,60 0,33	
Ваттметр	ВИТ			0,042	0,053		0,053	265	1,32		1,32	
Ваттметр	ВИН											
Ваттметр	ВИО											
Амперметр	ЭН	—		0,070	0,070		0,070	351	1,76		1,76	
Фазометр	ЭНФ	120 [2]	5	0,09	0,09		0,09	450	2,26		2,26	

[1] Для счетчика И данные относятся к одному элементу, для $И_р$ приведены данные каждого из трех элементов.

б) Данные параллельной цепи

Наименование прибора	Обозначение типа	Верхние пределы измерений: Номинальное напряжение	Верхние пределы измерений: Номинальный ток	Омическое сопротивление	Активное сопротивление	Реактивное сопротивление	Полное сопротивление	Потребление тока	Потребляемая активная мощность	Потребляемая реактивная мощность	Потребляемая полная мощность	Коэфициент мощности
		в	*а*	*ом*				*ма*	*вт*	*вар*	*в а*	cos φ
Счетчик	$Б_2$	110	5	440	1 240	4 843	5 000	22	0,6	2,34	2,42	0,25
Счетчик	И [1]			490	2 314	5 651	6 111	17—19	0,7—0,8	1,83	1,98	0,38
Счетчик	$И_р^1$											
Ваттметр	ВИТ			280	400	2 163	2 200	50,0	1,0	5,41	5,50	0,18
Ваттметр	ВИН											
Ваттметр	ВИО											
Амперметр	ЭН	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вольтметр	ЭН	140 [2]		1 240	2 164	440	2 200	50,0	5,41	1,1	5,5	0,98
Частотомер	ВЧ	110		7 100	8 224	1 980	8 461	13,0	1,40	0,2	1,43	0,99
Фазометр	ЭНФ	120 [2]	5	4 350	4 630	2 960	5 500	20	1,87	1,16	2,20	0,85

[1] См. примечание на стр. 539.
[2] Данные для вольтметра и фазометра относятся к напряжению 110 в.

2. Катушки счетчиков типов Ич1 и Ич

Наименование	Токовые катушки	Катушки напряжения		
	5 *а*	110 *в*	220 *в*	380 *в*
Число витков	2×7	6000	10 000	16 000
Марка провода . . .	ПБД 1,35	ПЭ 0,15	ПЭ 0,12	ПЭ 0,10
Сопротивление омическое *R*, *ом* . . .	0,016	490	1 400	2 900
Сопротивление полное *Z*, *ом*	—	5 800	18 600	31 600
Потребляемая мощность, *ва*	0,3	2,09	2,6	4,60

3. Катушки счетчиков типов Б1 и И

Наименование	Счетчик типа $Б_2$			Счетчик типа И	
	Токовая катушка с номинальным током		Катушка напряжения	Токовая катушка	Катушка напряжения
	5 *а*	10 *а*	110 *в*	5 *а*	110 *в*
Число витков	2×11	2×5	6000	2×7	6000
Марка провода . . .	ПБД 1,35	ПБД 2,1	ПЭ 0,15	ПБД 1,35	ПЭ 0,15
Сопротивление омическое *R*, *ом* . . .	—	0,01	—	—	—

Примечание. Сопротивление катушек: токовой и напряжения см. таблицу, приведенную в пункте 1.

* См. примечание на стр. 539.
** Данные для вольтметра и фазометра относятся к напряжению 110 *в*.

§ 73. Выбор шунтов и соединительных проводов к шунтам для измерений при постоянном токе

Для амперметров типов МН и ММ номинальное падение напряжения в шунтах для измерительных приборов выбирается равным:

а) при длине одного провода до 20 *м* — 45 *мв*,

б) при длине одного провода выше 20 *м* — 75 *мв*.

Регистрирующие приборы требуют применения шунтов на 75 *мв*.

При питании указательного и регистрирующего приборов от одного шунта последний берется на 75 *мв*.

Потребление тока амперметром типа МН на 45 *мв* — 20 *ма*; регистрирующим типа МБСА на 75 *мв* — 0,5 *а*. Сопротивление соединительных проводов к шунту должно составлять: для регистрирующего прибора типа МБСА с нулем в начале шкалы — 0,009 *ом*; с нулем посредине шкалы — 0,018 *ом*. Сечение провода, в зависимости от длины его и выбранного шунта, определяется по таблице:

Длина и сечение провода	Род прибора																	
	Указательный						Регистрирующий с нулем в начале шкалы											
	Падение напряжения в шунте, *мв*																	
	45		75				75											
Длина провода в один конец *м*	15	20	120	200	300	500	0,7	1	1,5	2,6	4,1	6,4	9	12,8	17,9	24,4	31,7	
Сечение провода, *мм*^{2}	6	10	6	10	16	25	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	

Продолжение

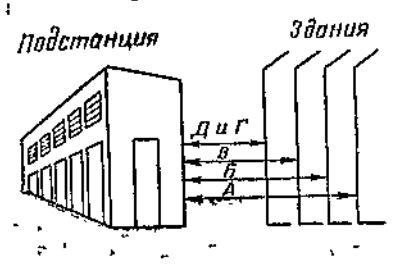
Длина и сечение провода	Род прибора											
	Регистрирующий с нулем в середине шкалы											
	Падение напряжения в шунте, *мв*											
	75											
Длина провода в один конец *м*	1,3	2	3,1	5,1	8,2	12,8	18	25,6	35,9	48,8	61,5	77
Сечение провода, *мм*^{2}	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150

Для промежуточных длин проводов следует брать ближайшее большее сечение.

Глава 10. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

§ 74. Габариты приближения подстанций к зданиям по условиям пожарной безопасности

1. Минимальные разрывы между закрытыми подстанциями и производственными зданиями (фиг. 110)

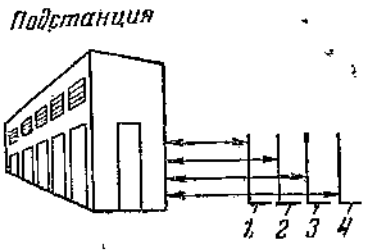


Фиг. 110.

От подстанции до промышленных зданий	Категория производства			
	Д, Г	В	Б	А
	Минимальные разрывы, м			
Огнестойких . .	12	17	19	22
Сгораемых . . .	15	20	22	25

[1] Категории производств обозначены в соответствии с ОСТ 90015—39 „Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий". Разрывы приняты в соответствии с „Противопожарными правилами проектирования и устройства электрических станций и подстанций", НКЭС, 1941 г.

2. Минимальные разрывы между закрытой подстанцией и складами (фиг. 111)

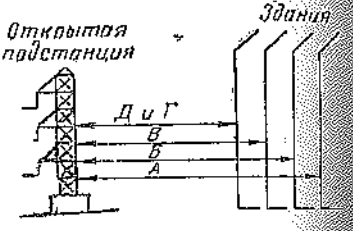


Фиг. 111. *1*—открытые склады угля категории В; *2*—склады газов (кислорода и т. п.); *3*—бензохранилища; *4*—склады торфа и угля категории А.

Категории складов	Минимальный разрыв *м*
Открытые склады угля категории В—(1) . .	20
Склады газов (кислорода и т. п.)—(2) . .	25
Бензохранилища—(3) .	30
Склады торфа и угля категории А—(4) . .	50

3. Минимальные разрывы между оборудованием открытой подстанции и зданиями (фиг. 112)

От подстанции до промышленных зданий	Категория производства			
	Д, Г	В	Б	А
	Минимальные разрывы, *м*			
Огнестойких .	15	20	22	25
Сгораемых . .	20	25	27	30

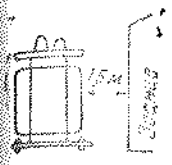


Фиг. 112.

Разрыв между стенами зданий распределительных устройств, а также помещений щитов управления и открытой подстанцией — не менее 10 *м*.

В пределах этого разрыва должен быть предусмотрен пожарный проезд шириной не менее 6 *м*.

4. Минимальный разрыв между трансформаторами и стенами огнестойких зданий при наружной установке (фиг. 113)



Фиг. 113.

Установка трансформаторов допускается на расстоянии не менее 1,5 *м* от стен. При этом стены, обращенные в сторону трансформаторов, не должны иметь до уровня крышек трансформаторов окон и дверей. Выше этого уровня допускается устройство окон с огнестойкими переплетами и армированным остеклением.

При наружной установке трансформаторов у стен должны быть предусмотрены пожарные подъезды.

Пояснения к пп. 1—4:

а) Приведенные в пп. 1—4 габариты не относятся к внутренним трансформаторным подстанциям, а также к подстанциям, размещаемым у наружных стен деревянных цехов или зданий цехов с деревянными покрытиями (см. §§ 75, 76 и 77).

б) Если противолежащая подстанции стена является брандмауэром,— разрыв уменьшается на 5 *м*.

в) При длине противостоящего здания более 100 *м* разрывы увеличиваются на 3 *м* для каждых последующих 100 *м*.

75. Трансформаторные подстанции в деревянных зданиях цехов и в зданиях цехов с деревянными покрытиями[1]

1. Внутренние, встроенные и пристроенные подстанции

1. Стены, полы и покрытия зданий подстанций должны быть огнестойкими.

2. Устройство над зданиями внутренних подстанций, выполненных в соответствии с пунктом 1, огнестойких или полуогнестойких зон или частей покрытий не требуется. Однако рекомендуется размещать подстанции в пределах вышеуказанных зон, если таковые имеются и если это не противоречит общим принципам выбора места подстанций.

3. Вытяжные трубы камер трансформаторов не должны иметь неплотностей. Их следует изготовлять из нетеплопроводных или покрытых изоляционным слоем огнестойких материалов и выводить выше крыши здания на 1 *м* (считая до нижней точки жалюзи). Для подстанций, пристроенных к зданиям, имеющим несгораемые стены, вывод вытяжных труб выше крыши здания необязателен. При этом либо следует относить вытяжные трубы от стен цеха на 1,5—2 *м* с тем, чтобы они не находились непосредственно под выступающими наружу деревянными элементами покрытий, либо следует защищать от возгорания выступающие части деревянных конструкций перекрытий.

[1] Согласовано с Главным управлением пожарной охраны НКВД.

При необходимости выполнения труб из полуогнестойких материалов должны быть приняты меры, обеспечивающие пожарную безопасность при сближении труб с деревянными конструкциями зданий.

4. Устройство в стенах зданий подстанций вытяжных вентиляционных отверстий из камер трансформаторов без вытяжных труб не допускается. Исключение составляют подстанции, пристроенные к зданиям с несгораемыми стенами. Для таких подстанций вытяжные отверстия в стенах могут выполняться при условии, если они не будут расположены непосредственно под выступающими наружу деревянными элементами покрытий (например, они могут быть выполнены в фасадной стене подстанции, параллельной зданию цеха).

5. Открытая установка трансформаторов в деревянных зданиях цехов не допускается.

2. Наружная установка трансформаторов у деревянных зданий цехов

1. Стена цеха, примыкающая и обращенная к трансформатору, должна по всей высоте здания выполняться огнестойкой как брандмауер с превышением над крышей здания при полуогнестойкой кровле — на 0,4 *м*, при сгораемой или полусгораемой кровле — на 0,7 *м*; кроме того, стены цеха должны выступать за пределы ограждения подстанции в обе стороны на 0,4 *м*.

2. Вокруг фундаментов трансформаторов устраивается гравийная засыпка в соответствии с § 43 „Правил пожарной безопасности для сооружений и установок, содержащих масло и маслонаполненную аппаратуру, на электрических станциях и подстанциях НКЭС СССР".

3. Открытая установка трансформаторов вблизи зданий деревянных цехов (не непосредственно у зданий) выполняется с соблюдением необходимых разрывов, приведенных в § 74.

§ 76. Устройство внутренних открытых трансформаторных подстанций [1]

(Основные положения)

1. Предельная суммарная мощность ВОТП не должна превышать 750 *ква* при числе трансформаторов не более двух в каждой подстанции, причем расстояние между подстанциями при указанной мощности должно быть не менее 50 *м*.

2. Устройство ВОТП допускается в цеховых помещениях, которые относятся к категории Г и Д согласно ОСТ 90015-39 „Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий".

Устройство ВОТП не допускается: а) в помещениях особо сырых, с едкими парами, а равно и с проводящей ток пылью; б) в пределах площади цеха, обслуживаемой краном, тельфером и другими аналогичными транспортными механизмами, за исключением монтажных кранов; в) на чердаках, а также под особо сырыми помещениями.

В многоэтажных зданиях разрешается устраивать ВОТП не выше 2-го этажа.

---

[1] Из „Правил устройства электроустановок промышленных предприятий", 1943 г., глава XVIII.

3. ВОТП должна иметь общее ограждение высотой не менее 2,5 *м* с помощью металлических сеток с ячейками не более 10×10 *мм*, за исключением ограждения прохода управления щита низкого напряжения, высота которого может быть принята равной 1,5 *м*.

В местах приближения голых высоковольтных шин к ограждению оно должно быть выполнено глухим (например, из листового железа).

Высота ограждения трансформаторов, имеющих боковые выводы, может быть уменьшена до 1,5 *м* при условии дополнительной защиты высоковольтных выводов сетчатым кожухом.

Общего ограждения ВОТП допускается не выполнять при условии: а) защиты всех токоведущих частей сплошными ограждениями; б) устройства механических запоров на всех съемных ограждениях, дверцах и приводах управления аппаратами; в) защиты всех проводов и кабелей, реле, измерительных и других приборов от механических повреждений и разрегулировки; г) ограждения трансформатора поручнями или барьерами высотой 1,2 *м*, выполненными в 3 яруса.

4. От токоведущих частей до внешних сетчатых ограждений ВОТП должны быть выдержаны расстояния: а) при напряжении до 1000 *в* — 500 *мм*; б) при напряжении свыше 1000 *в* — 700 *мм*.

При меньших расстояниях должны быть применены сплошные ограждения.

При токоведущих частях напряжением свыше 1000 *в*, расположенных на высоте более 2500 *мм* и на расстоянии менее 700 *мм* от внешних сетчатых ограждений, последние должны быть выше токоведущих частей на 100 *мм*.

5. Ширина проходов между ограждениями и трансформаторами мощностью 100 *ква* и выше должна быть не менее 0,5 *м*; для трансформаторов мощностью менее 100 *ква* допускаются меньшие расстояния.

При защите токоведущих частей сплошными ограждениями расстояния от трансформатора принимаются не менее: а) до поручней или барьера внешнего ограждения — 700 *мм*; б) до щита низкого напряжения и высоковольтных ячеек — 300 *мм*. При этом должен быть обеспечен подход к трансформатору с 2-х сторон.

6. Вдоль внешнего контура ВОТП (кроме стороны обслуживания щита низкого напряжения) оставляется свободный проход шириной не менее 1,5 *м*.

Расстояние до внешних габаритов путей как рельсового, так и безрельсового транспорта — 1,5 *м*. Допускается местное сужение прохода выступающими частями ограждения, строительными конструкциями и шкафами до 1 *м* (при длине суженной части прохода до 1,5 *м*).

Вдоль ограждений трансформатора, выполненных поручнями или барьерами, допускается проход шириной 1 *м*.

7. Над ВОТП и под ней не допускается прокладка водопроводных, паропроводных, канализационных и т. п. труб, а также устройство мостиков и площадок для обслуживания механизмов. При размещении таких площадок и мостиков в непосредственной близости к ВОТП токоведущие части должны быть защищены сплошными ограждениями.

8. При установке двух трансформаторов, между ними устраивается сплошная огнестойкая перегородка, имеющая высоту и ширину, превышающие высоту и ширину габаритов большего трансформатора не менее, чем на 1 *м*.

Под каждым трансформатором устраивается отдельная маслосборная яма. Ограждение каждого трансформатора должно иметь отдельный выход.

9. На ВОТП допускается установка: а) масляных выключателей горшкового типа; б) масляных выключателей бакового типа в ящиках ЯЖ; в) прочих масляных выключателей — в обычных камерах.

10. Стены, перекрытия и полы в пределах площади, занимаемой ВОТП, должны быть из огнестойких или полуогнестойких материалов. Деревянные перекрытия, фундаменты и стены, в том числе перекрытий и стены оштукатуренные, обитые асбестом или железом по войлоку, не допускаются, за исключением ограждений для низковольтных щитов.

Огнестойкие стены и перекрытия должны выходить за пределы габаритов ВОТП не менее чем на 2 *м*.

В цехах со сгораемыми или полусгораемыми перекрытиями над помещениями ВОТП должны устраиваться специальные защитные перекрытия из огнестойких или полуогнестойких материалов.

§ 77. Устройство закрытых трансформаторных подстанций внутри производственных помещений [1]

(Основные положения)

1. Внутренние трансформаторные подстанции разрешается размещать внутри производственных и вспомогательных помещений, относящихся к категориям Г и Д согласно ОСТ 90015-39 „Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий", и в производствах категории В.

2. Вдоль стен подстанций, имеющих двери или вентиляционные жалюзи, должны быть оставлены ничем не занятые проходы шириной не менее 1,5 *м*, непосредственно сообщающиеся с общими проходами цеха.

3. В многоэтажных зданиях внутренние трансформаторные подстанции допускается размещать в цокольном, первом и втором этажах (при мощности не выше 560 *ква*). Размещение бытовых помещений на чердаках и в подвалах, а также под помещениями с мокрым технологическим процессом или под душевыми и уборными не разрешается.

4. На внутренних подстанциях может быть установлено не более трех трансформаторов с общим объемом масла не более 3 000 *кг*. Максимальная мощность трансформатора, устанавливаемого в отдельной камере, не должна быть больше 1 000 *ква*.

5. Как правило, устанавливаются выключатели с малым объемом масла (горшковые) с разрывной мощностью не более 200 *мгва*.

Разрешается установка масляных выключателей с большим объемом масла, но не более 50 *кг*, при условии, что мощность короткого замыкания на шинах не будет превышать 100 *мгва*.

6. Стены, перекрытия и полы внутренних подстанций должны быть из огнестойких материалов. Допускается устройство стен и перекрытий из металла при условии покрытия их с внутренней стороны защитным слоем бетона или аналогичного огнестойкого материала.

7. Камеры безмасляных и маломасляных выключателей (горшковых), а равно камеры выключателей с большим объемом масла при числе последних не более двух, могут устраиваться без взрывных коридоров и иметь выходы непосредственно в производственные помещения.

При размещении во внутренней подстанции более двух камер масляных выключателей с большим объемом масла двери из камер должны выходить во взрывной коридор.

[1] Из „Временных правил пожарной безопасности при устройстве трансформаторных подстанций внутри производственных помещений предприятий НКТП", 1938 г.

8. При устройстве вентиляции трансформаторных камер, расположенных в производственных помещениях с огнестойкими перекрытиями разрешается забирать воздух непосредственно из цеха и отводить нагретый воздух прямо в цех.

Прием воздуха из цеха не допускается, если воздух содержит примеси, разъедающие железо, или насыщен проводящими ток механическими примесями.

Воздухоотводящий канал (в случае выпуска воздуха непосредственно в цех), а также и воздухоподводящий канал (в случае приема воздуха непосредственно из цеха) должны иметь огнестойкие жалюзи, ограждённые с двух сторон решетками.

На случай пожара с выбросом масла должна быть предусмотрена ручная заслонка из листовой стали для закрывания входных жалюзи.

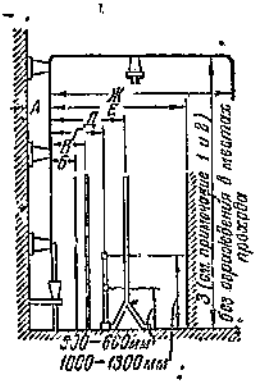
§ 78. Применение дерева при сооружении подстанций

Допускается сооружать временные (со сроком эксплоатации не более двух лет) отдельно стоящие трансформаторные подстанции из дерева, защищенного изнутри от возгорания штукатуркой (известковым, известково-глиняным, известково-алебастровым и т. п. растворами или обивкой асбестом).

Мощность трансформаторов на этих подстанциях не должна превышать 320 *ква*. На подстанции допускается устанавливать не более одной высоковольтной и одной низковольтной распределительной сборки.

Помещения одноэтажных подстанций, в которых расположены машины, низковольтные щиты, а также подсобные помещения подстанций (кроме мастерских по ремонту трансформаторов), могут иметь деревянные стены и перекрытия, защищенные от возгорания штукатуркой, обивкой асбофанерой или железом по войлоку. При этом указанные помещения должны быть отделены надежным образом (брандмауером) от остальных помещений подстанций.

§ 79. Наименьшие допустимые расстояния в свету (в сантиметрах) от голых незащищенных токоведущих частей в распределительных устройствах и щитах (фиг. 114)



Фиг. 114.

Обозначение размера (фиг. 114)	Напряжение до 0,23 *кв* по отношению к земле и до 0,4 между фазами при заземленной нейтрали	Напряжение между фазами, *кв*						
		1	3	6	10	20	35	110
„А" — до стен, частей зданий и собственных покрытий, а также между проводами разной полярности	1,5	5	7	10	12	18	30	75
„Б" — до сплошных ограждений и дверей	5	8	10	13	15	21	33	78
„В" — до металлических сетчатых ограждений и сетчатых дверей, с размером ячеек не более 2×2 *см*	5 (рекомендуется 10)	15	17	20	22	28	40	85
„Г" — до поручней, перил, барьеров	5 (рекомендуется 12)	35	35	35	35	50	50	92
„Д" — до временных ограждений	—	35	35	35	60	60	60	150
„Е" — до противоположной стены	120	120	120	120	120	160	180	250
„Ж" — между голыми токоведущими частями, расположенными с двух сторон прохода на высоте менее размера „З"	180	180	180	180	180	260	260	400

Обозначение размера (фиг. 114)	Напряжение до 0,23 *кв* по отношению к земле и до 0,4 между фазами при заземленной нейтрали	Напряжение между фазами, *кв*						
		1	3	6	10	20	35	110
„З" — до пола над проходами и коридорами (см. примечание 1)	250 (см. примечание 2)	250	250	250	250	300	300	не нормируется

Примечания. 1. Допускается расположение токоведущих частей на высоте менее размера „З", но при обязательной защите их сетчатым или сплошным ограждением; при этом высота прохода в свету должна быть не менее 190 *см*.

2. При напряжении до 1 *кв* размер „З" может быть уменьшен до 200 *см* без выполнения защитных ограждений при отсутствии выступающих частей или предметов, стесняющих свободное движение.

3. Расстояния по поверхности изоляции для 380 *в* — 15 *мм*; для 220 *в* — 20 *мм*.

§ 80. Наименьшие допустимые расстояния от токоведущих частей для открытых подстанций

1. Расстояния между проводами разных фаз

Род проводки	Расположение проводов	Напряжение *кв*	Расстояния между проводами разных фаз *см*
Жесткие провода на изоляторах	В вертикальной плоскости	10	45
		35	100
		110	190
	В горизонтальной плоскости	10	35
		35	100
		110	190
Гибкие провода	В вертикальной плоскости	10	35
		35	100
		110	190
	В горизонтальной плоскости	10	60
		35	120
		110	250

2. Наименьшие допустимые расстояния между токоведущими проводами и заземленными частями конструкций, а также между токоведущими и заземленными проводами

Напряжение, *кв*	10	35	110
Расстояния в свету между жесткими и гибкими проводами, закрепленными на штыревых и опорных изоляторах, *см*	30	35	—
Расстояния между осями гибких проводов, закрепленных на подвесных изоляторах, *см* . .	—	40	110

3. Расстояния от наинизшей точки провода до земли

Напряжение, *кв*	До 35	110
Расстояние до земли, *м*	3,5	4,0

§ 81. Наименьшие допустимые размеры коридоров и проходов в распределительных устройствах, помещениях щитов и магнитных станций

1. Распределительные устройства

а) При защите токоведущих частей сплошными или сетчатыми ограждениями, поручнями или барьерами минимальная ширина прохода или коридора в свету должна иметь размеры, не препятствующие нормальному обслуживанию установки (оперированию разъединителями, выключателями, замене электрооборудования), но не менее 0,8 *м*. При этом:

при защите токоведущих частей сплошными или сетчатыми ограждениями допускается местное сужение проходов выступающими частями зданий (колонны и т. п.) или оборудования, но не более чем на 0,15 *м*;

при защите токоведущих частей поручнями или барьерами должны быть также выдержаны расстояния от токоведущих частей до противоположной стены или между токоведущими частями, расположенными с 2-х сторон прохода (размеры „Е" и „Ж" по таблице § 79).

б) В распределительных устройствах до 10 *кв* с масляными выключателями типов ВМ и ВМГ или аналогичных им, рекомендуется следующая ширина коридоров управления (между ограждением и стеной или между ограждениями и стенами, расположенными с двух сторон):

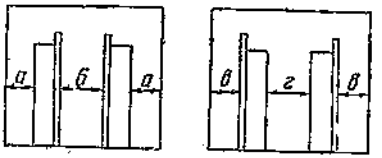
Тип привода	Размер в *м*, при расположении камер	
	однорядном	двухрядном
Соленоидный привод типа ГП или ПС . . .	1,2	1,8
Ручной привод КАМ, ПРА, РБА, ПМ и т. п. .	1,2	1,5 [1]

в) Минимальная ширина взрывного коридора при условии отсутствия препятствий для транспорта оборудования — 1,2 *м*.

Допускается местное сужение до 0,8 *м*.

2. Помещения щитов при напряжении до 500 *в* включительно (фиг. 115)

Обозначение размера	Размеры, *м*
а	1 [2]
б	1,5
в	1,2
г	1,5



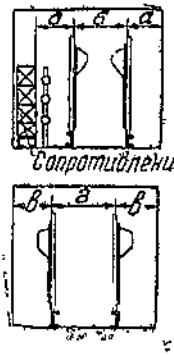
Фиг. 115.

Примечание. Допускается местное сужение проходов выступающими частями зданий или оборудования, но не более, чем на 0,2 *м*.

[1] В распределительных устройствах с аванкамерами рекомендуется — 1,8 *м*.

[2] Для одиночно стоящих панелей щитов размер *а* может быть уменьшен до 0,65 *м*.

3. Помещения магнитных станций при напряжении до 500 *в* включительно (фиг. 116)



Фиг. 116.

Обозначение размера	Размеры, *м*
а	1,2
б	2,2
в	1,4
г	1,9
д	1,0

Примечания. 1. При напряжении 110 и 220 *в*, а также напряжении 380 *в* при заземленной нейтрали сети, размер *а* может быть уменьшен до 0,8 *м*.

2. Для одиночно стоящих панелей магнитных станций размеры *а*, *в* и *д* могут быть уменьшены до значений: $а = 0{,}85$ *м*; $в = 0{,}95$ *м*; $д = 0{,}85$ *м*.

3. Допускается местное сужение проходов выступающими частями зданий или оборудования, но не более чем на 0,2 *м*.

§ 82. Выбор и размещение основного электрооборудования подстанций [1]

(Основные положения)

1. Мощность короткого замыкания должна приниматься, исходя из развития сети не более, чем на ближайшие 2—3 года.

[1] Из „Правил устройства электроустановок промышленных предприятий", 1949, §§ 104, 105, 108, 114.

4. Распределительные шины и аппаратуру, присоединенную к шинам ключателей отходящих фидеров, как правило, выбирать по току кого замыкания на шинах.

5. Шины, а также аппаратуру отходящих фидеров, установленную ключателями выбирать без проверки по току короткого замыкания.

6. Фидерный выключатель при наличии реакторов с изолированными вибирать по току к. з. за фидерным реактором. Многообъемные ные выключатели устанавливаются при этом во взрывных ка-

7. При отсутствии выключателей надлежащей разрывной мощности ется временно, впредь до возможности замены выключателей установки реакторов, установка во взрывных камерах выключателей нальной разрывной мощностью ниже расчетной мощности корот- замыкания. При этом, однако, разрывная мощность выключателя на быть не менее 50% значения расчетной мощности короткого кания в данной точке сети.

8. Допускается при тех же условиях устанавливать в камерах не- ного типа (например, прислонных) маломасляные выключатели пример, типа ВМГ) при обязательном устройстве:

а) огнестойких перегородок между соседними камерами, а также выключателями и шинными разъединителями,

б) стенок достаточной прочности между приводом выключателя и ключателем (для защиты лица, производящего операции).

9. Во всех распределительных устройствах и подстанциях приме- стальные шины (в том числе и для ошиновки аккумуляторных ей). При переменном токе стальные шины применять при токах 600 *а*.

10. При сооружении распределительных устройств руководствоваться следующим:

а) Масляные выключатели с весом масла до 20 *кг* включительно, же выключатели с весом масла до 60 *кг*, имеющие 1, 2-кратный и запас по предельно отключаемой мощности, допускается уста- вать без взрывных камер. В этом случае выключатели должны отделены друг от друга поперечными перегородками облегченного Привод выключателей бакового типа должен быть огражден от ключателя надежной перегородкой или металлическим щитом. Высота городки и щитов должна быть не менее 1,8 *м*.

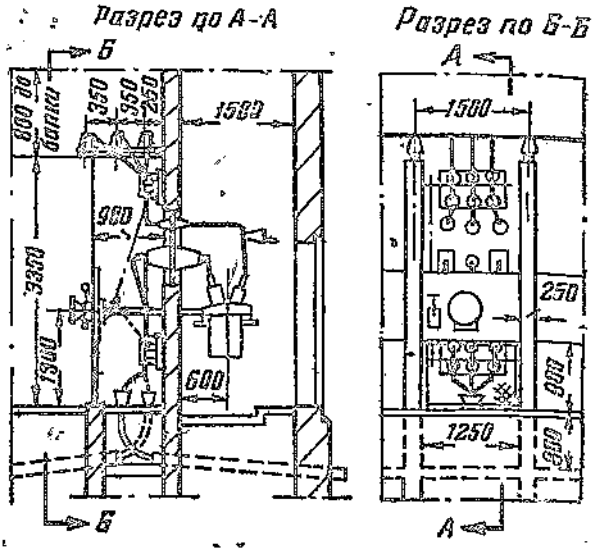
При большом числе выключателей с весом масла свыше 20 *кг* мендуется распределительное устройство разделять перегородками отсеки, с числом выключателей от 4 до 6 в каждом.

б) Прочие масляные выключатели устанавливать во взрывных каме- имеющих выход наружу или во взрывной коридор. При весе масла выше 250 *кг* взрывная камера должна иметь выход только наружу.

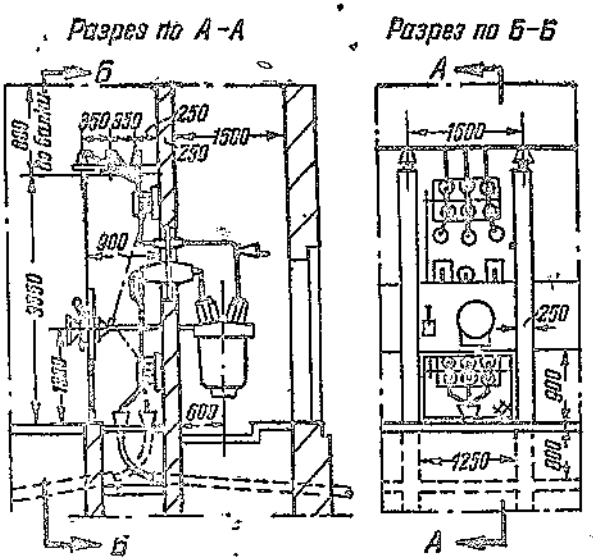
в) Для масляных выключателей бакового типа при весе масла выше 20 и до 250 *кг* предусматривать маслосборные ямы с гравием без него.

При весе масла больше 250 *кг* предусматривать маслосборные ямы гравием.

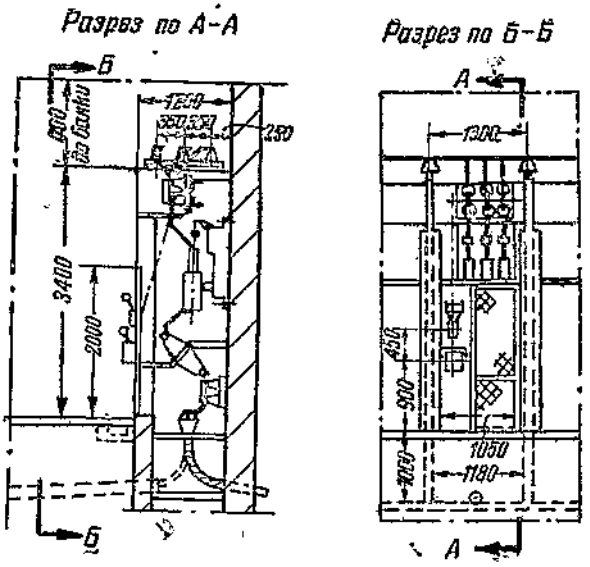
§ 83. Камеры масляных выключателей типов ВМ-16, ВМ-22, ВМГ-132/122 (фиг. 117, 118, 119 и 120).



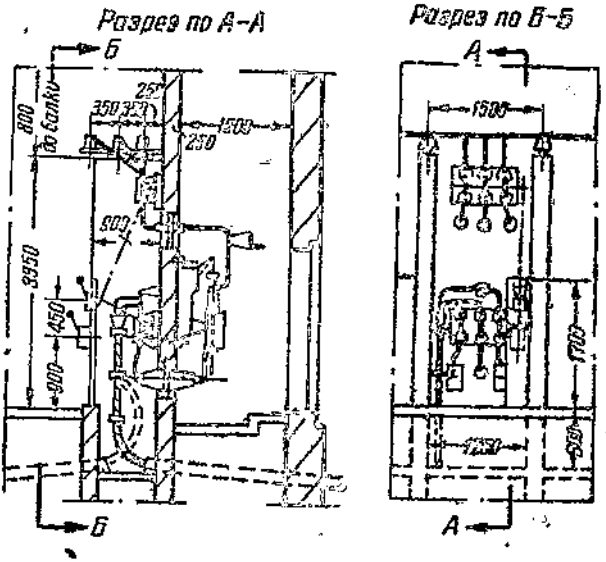
Фиг. 117. Камера масляного выключателя типа ВМ-16.



Фиг. 118. Камера масляного выключателя типа ВМ-22.



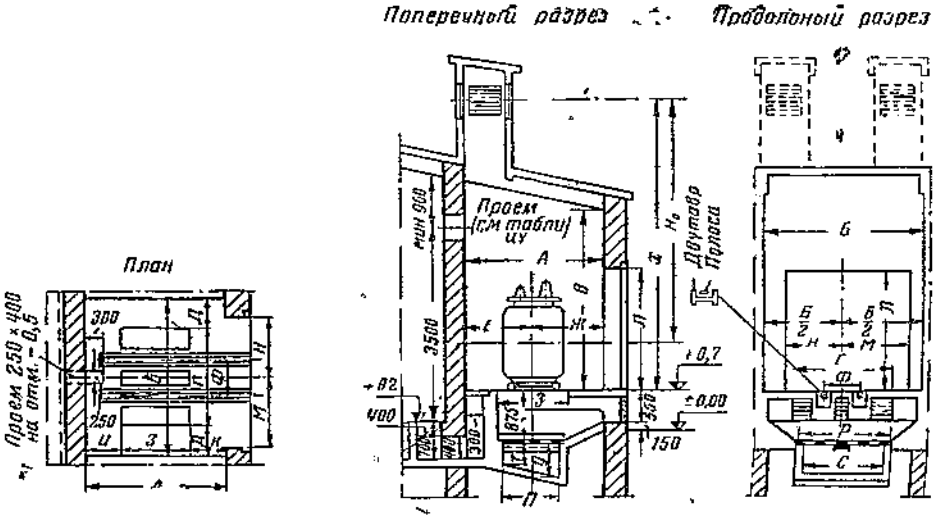
Фиг. 119. Камера прислонного типа масляных выключателей типов ВМГ-132/122.



Фиг. 120. Установка масляных выключателей типов ВМГ-132, 122 в камере масляного выключателя ВМ.

§ 84. Камеры трансформаторов

1. Размеры камер и маслосборных ям в *мм* при выкатке трансформаторов широкой стороной (фиг. 121)



Фиг. 121.

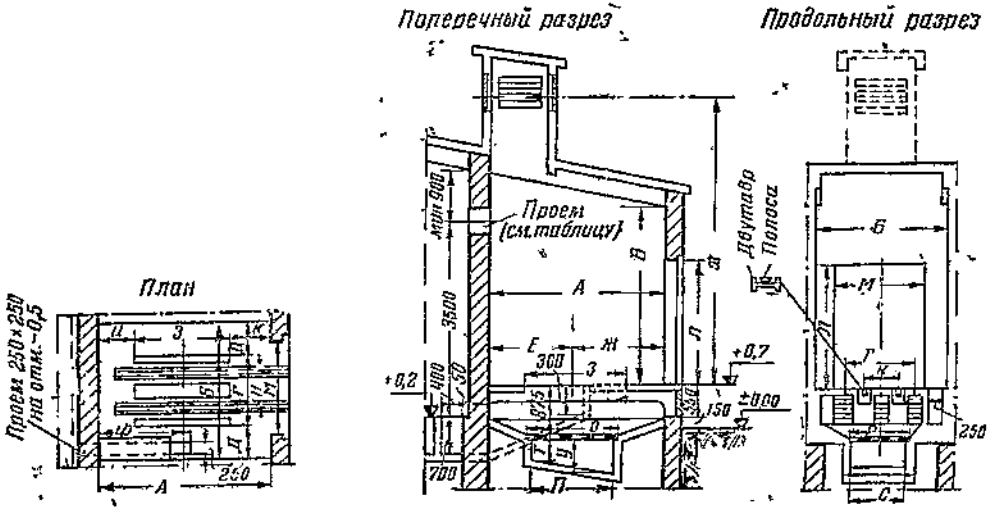
Мощность трансформатора *ква*	Направляющие для катков: Двутавр, профиль №	Направляющие для катков: Полоса, *мм*	Вентиляция: Площадь входного отверстия, $м^2$	Вентиляция: Площадь вытяжного отверстия, $м^2$	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*	*И*	*К*	*Л*	*М*	*Н*	*О*	*П*	*Р*	*С*	*Т*	*У*	*Ф*	*Х*
135— 320	10	60×10	0,27	0,54	2 400	2 900	3 200	1 800	550	1 120	1 280	1 200	520	680	2 200	1 100	1 100	1 150	1 050	1 600	1 500	500	700	660	5 200
420— 560	10	60×10	0,4	0,8	3 000	3 500	3 200	2 300	600	1 450	1 550	1 600	650	750	2 500	1 550	1 300	1 600	1 500	2 300	2 200	450	550	820	5 200
750—1 000	12	60×5	0,65	1,3	3 000	3 900	4 000	2 600	650	1 400	1 600	1 700	550	750	3 450	1 750	1 350	1 600	1 500	2 300	2 200	750	950	1 070	5 500
1 350—1 800	12	70×14	1,0	2,0	4 000	4 600	4 500	3 000	820	1 750	2 250	1 900	800	1 200	3 700	1 900	1 500	2 300	2 200	3 200	3 100	550	750	1 070	6 000

Размеры вентиляционных отверстий, приведенные в таблице, относятся к температуре входящего воздухаа $t = 25°$ С; для других температур см. таблицу § 86.

Проемы для вывода шин низкого напряжения

Мощность трансформатора, *ква*	Размеры проема *мм*
135— 320	380 × 830
420— 560	380 × 1 130
750—1 000	380 × 1 130
1 350—1 800	380 × 1 440

2. Размеры камер и маслосборных ям в *мм* при выкатке трансформаторов узкой стороной (фиг. 122)



Фиг. 122.

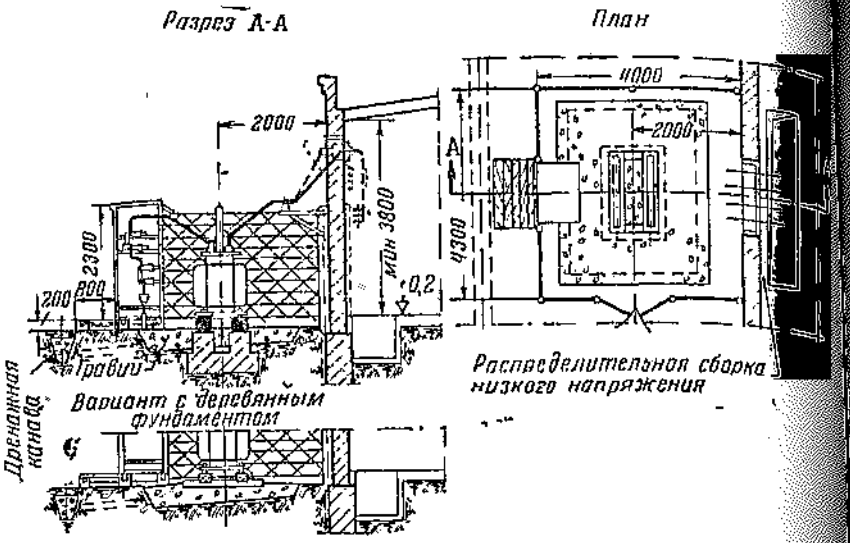
Мощность трансформатора *ква*	Шины для катков		Вентиляция		*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*	*И*	*К*	*Л*	*М*	*Н*	*О*	*П*	*Р*	*С*	*Т*	*У*	*Ф*	*Х*
	Двутавр, профиль №	Полоса, *мм*	Площадь входного отверстия, $м^2$	Площадь вытяжного отверстия, $м^2$																				
135— 320	10	60×10	0,27	0,54	3 000	2 300	3 200	1 200	550	1 450	1 550	1 800	550	650	2 200	1 600	660	1 600	1 500	1 150	1 050	500	700	1 600	5 200
420— 560	10	60×10	0,4	0,8	3 500	2 900	3 200	1 600	650	1 675	1 825	2 300	525	675	2 500	2 000	820	2 300	2 200	1 600	1 500	450	550	1 800	5 200
750—1 000	12	60×5	0,65	1,3	3 700	2 900	4 000	1 700	600	1 800	1 900	2 600	500	600	3 450	2 100	1 070	2 300	2 200	1 600	1 500	750	950	1 900	5 500
1 350—1 800	12	70×14	1,0	2,0	5 100	3 500	4 500	1 900	800	2 300	2 800	3 000	800	1 800	3 700	2 300	1 070	3 200	3 100	2 300	2 200	550	750	2 400	6 000

Размеры вентиляционных отверстий, приведенные в таблице, относятся к температуре входящего воздуха = 25° С; для других температур см. таблицу § 86.

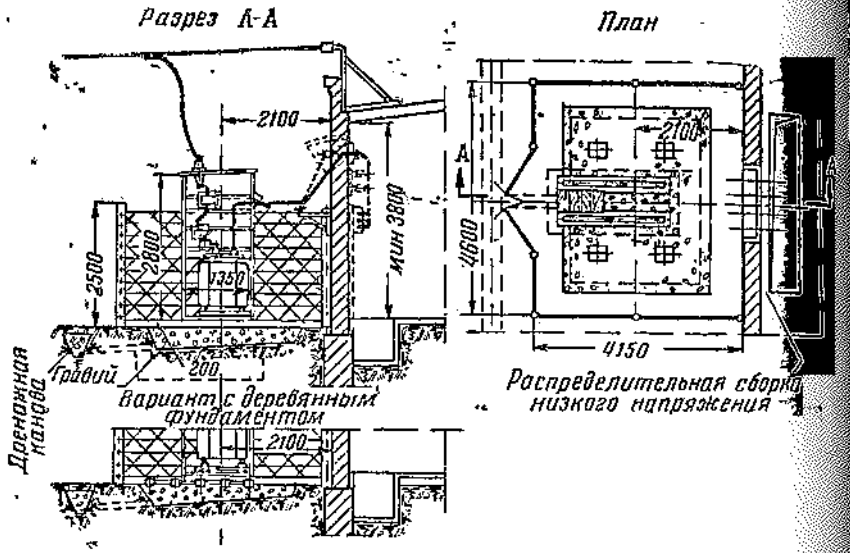
Проемы для вывода шин низкого напряжения

Мощность трансформатора, *ква*	Размеры проема *мм*
135— 320	380 × 830
420— 560	380 × 1 130
750—1 000	380 × 1 130
1 350—1 800	380 × 1 440

§ 85. Наружная установка трансформаторов у стен огнестойких зданий (фиг. 123, 124, 125)



Фиг. 123. Открытая установка трансформатора 320 *ква* с кабельным вводом высокого напряжения.



Фиг. 124. Открытая установка трансформатора 320 *ква* с воздушным вводом высокого напряжения.

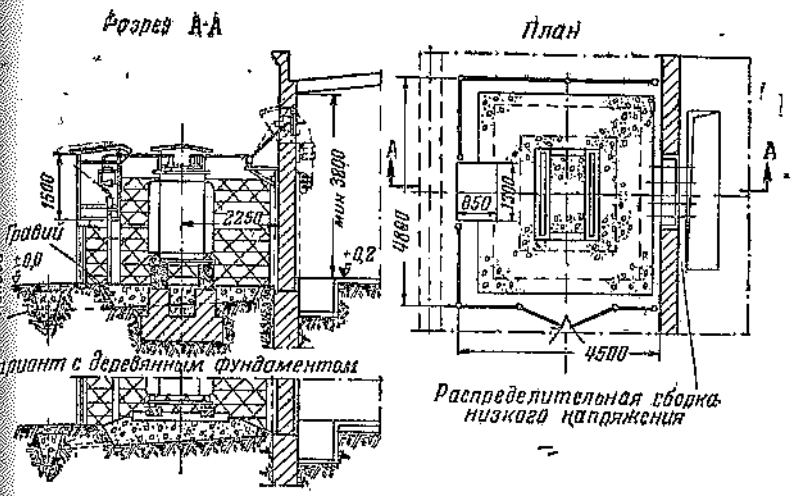


Рис. 125. Открытая установка трансформатора 560—1 000 *ква* с кабельным вводом высокого напряжения.

§ 86. Размеры (живые сечения) вентиляционных отверстий для камер силовых трехфазных трансформаторов

В таблицах даны живые сечения входных вентиляционных отверстий. Живые сечения выходных отверстий — вдвое больше.

H_0 — размер от средней точки габарита трансформатора по высоте до середины выходного отверстия в метрах.

1. Живые сечения входных отверстий в $м^2$ при температуре входящего воздуха 25° С

Трансформаторы 6 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	H_0, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,147	0,132	0,120	0,11	0,104	0,098	—	—	—	—	—	—	—
135	0,192	0,171	0,156	0,144	0,135	0,127	0,121	—	—	—	—	—	—
180	0,245	0,219	0,20	0,185	0,173	0,163	0,156	0,148	—	—	—	—	—
240	—	0,277	0,252	0,234	0,218	0,206	0,196	0,187	—	—	—	—	—
320	—	0,337	0,309	0,285	0,267	0,250	0,239	0,227	0,217	—	—	—	—
420	—	—	0,377	0,350	0,326	0,307	0,292	0,279	0,266	—	—	—	—
560	—	—	0,458	0,424	0,398	0,375	0,356	0,339	0,324	0,313	0,3	0,29	—

Примечание. Размеры вентиляционных отверстий для трансформаторов мощностью выше 560 *ква* брать по приведенной ниже таблице для 10 *кв*.

Трансформаторы 10 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	$H_{вх}$, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,134	0,138	0,126	0,116	0,109	0,103	—	—	—	—	—	—	—
135	0,204	0,182	0,166	0,154	0,144	0,135	0,128	—	—	—	—	—	—
180	0,260	0,231	0,212	0,196	0,183	0,173	0,164	0,157	—	—	—	—	—
240	—	0,294	0,268	0,249	0,232	0,219	0,208	0,199	—	—	—	—	—
320	—	0,357	0,325	0,30	0,282	0,264	0,25	0,240	0,230	—	—	—	—
420	—	—	0,40	0,371	0,346	0,325	0,310	0,2	0,2	—	—	—	—
560	—	—	0,488	0,451	0,423	0,40	0,378	0,360	0,344	0,332	0,32	0,31	—
750	—	—	0,595	0,595	0,536	0,525	0,50	0,475	0,454	0,436	0,42	0,406	0,39
1 000	—	—	—	0,735	0,690	0,650	0,618	0,59	0,562	0,540	0,52	0,503	0,49
1 350	—	—	—	—	0,885	0,835	0,795	0,756	0,725	0,695	0,668	0,65	0,63
1 800	—	—	—	—	—	1,05	1,0	0,95	0,905	0,87	0,84	0,815	0,79
2 400	—	—	—	—	—	1,33	1,27	1,21	1,16	1,11	1,07	1,03	1,0
3 200	—	—	—	—	—	1,67	1,60	1,42	1,36	1,31	1,26	1,22	1,19
4 200	—	—	—	—	—	1,90	1,90	1,81	1,73	1,66	1,59	1,55	1,52
5 600	—	—	—	—	—	2,42	2,30	2,19	2,09	2,01	1,94	1,88	1,82

2. Живые сечения входных отверстий в $м^2$ при температуре входящего воздуха 30° С

Трансформаторы 6 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	$H_{вх}$, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,226	0,205	0,186	0,172	0,162	0,152	—	—	—	—	—	—	—
135	0,288	0,236	0,242	0,224	0,210	0,197	0,189	—	—	—	—	—	—
180	0,376	0,324	0,310	0,287	0,268	0,253	0,243	0,23	—	—	—	—	—
240	—	0,430	0,398	0,362	0,338	0,32	0,304	0,29	—	—	—	—	—
320	—	0,522	0,476	0,443	0,413	0,388	0,371	0,352	0,336	—	—	—	—
420	—	—	0,585	0,54	0,505	0,476	0,453	0,432	0,413	—	—	—	—
560	—	—	0,713	0,658	0,620	0,582	0,553	0,526	0,503	0,484	0,465	0,45	—

Примечание. Размеры вентиляционных отверстий для трансформаторов мощностью выше 560 *ква* брать по приведенной ниже таблице для 10 *кв*.

Трансформаторы 10 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	$H_{вх}$, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,239	0,214	0,196	0,18	0,169	0,160	—	—	—	—	—	—	—
135	0,316	0,282	0,257	0,2	0,223	0,210	0,20	—	—	—	—	—	—
180	0,403	0,357	0,329	0,304	0,284	0,268	0,254	0,243	—	—	—	—	—
240	—	0,455	0,415	0,386	0,360	0,340	0,322	0,308	—	—	—	—	—
320	—	0,55	0,505	0,466	0,433	0,41	0,392	0,372	0,356	—	—	—	—
420	—	—	0,62	0,575	0,535	0,503	0,48	0,45	0,436	—	—	—	—
560	—	—	0,755	0,70	0,655	0,62	0,585	0,556	0,533	0,515	0,495	0,48	—

Мощность трансформатора *ква*	H_0, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
750	—	—	1,0	0,923	0,86[illegible]	0,815	0,775	0,735	0,703	0,675	0,65	0,63	0,61
1 000	—	—	—	1,14	1,07	1,01	0,955	0,915	0,87	0,837	0,805	0,783	0,76
1 350	—	—	—	—	1,37	1,29	1,23	1,18	1,12	1,08	1,03	1,0	0,972
1 800	—	—	—	—	—	1,63	1,55	1,47	1,40	1,34	1,30	1,26	1,22
2 400	—	—	—	—	—	2,06	1,97	1,88	1,78	1,72	1,66	1,6	1,55
3 200	—	—	—	—	—	2,43	2,34	2,20	2,11	2,03	1,95	1,89	1,83
4 200	—	—	—	—	—	3,08	2,95	2,8[illegible]	2,68	2,58	2,46	2,40	2,32
5 600	—	—	—	—	—	3,74	3,56	3,40	3,24	3,13	3,0	2,92	2,82

3. Живые сечения входных отверстий в $м^2$ при температуре входящего воздуха 35° С

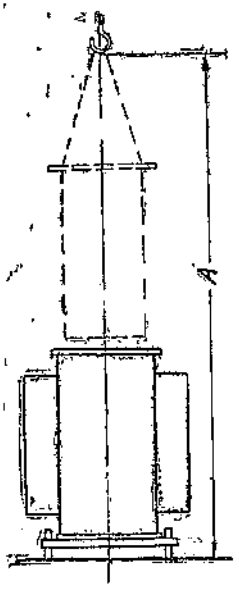
Трансформаторы 6 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	H_0, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,417	0,375	0,340	0,312	0,294	0,278	—	—	—	—	—	—	—
135	0,545	0,485	0,442	0,406	0,382	0,360	0,342	—	—	—	—	—	—
180	0,64	0,62[illegible]	0,566	0,52[illegible]	0,490	0,462	0,440	0,42[illegible]	—	—	—	—	—
240	—	0,78[illegible]	0,715	0,66[illegible]	0,618	0,585	0,555	0,530	—	—	—	—	—
320	—	0,95[illegible]	0,873	0,8[illegible]9	0,755	0,707	0,675	0,642	0,615	—	—	—	—
420	—	—	1,07	0,99	0,923	0,87[illegible]	0,828	0,790	0,753	—	—	—	—
560	—	—	1,30	1,20	1,13	1,07	1,01	0,960	0,915	0,880	0,845	0,82	—

Примечание. Размеры вентиляционных отверстий для трансформаторов мощностью выше 560 *ква* брать по приведенной ниже таблице для 10 *кв*.

Трансформаторы 10 *кв*

Мощность трансформатора *ква*	H_0, *м*												
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
100	0,435	0,392	0,356	0,329	0,309	0,292	—	—	—	—	—	—	—
135	0,577	0,515	0,47	0,436	0,408	0,384	0,365	—	—	—	—	—	—
180	0,736	0,654	0,60	0,555	0,519	0,490	0,465	0,445	—	—	—	—	—
240	—	0,833	0,760	0,706	0,656	0,621	0,590	0,5 5	—	—	—	—	—
320	—	1,01	0,920	0,852	0,80	0,750	0,716	0,683	0,6 1	—	—	—	—
420	—	—	1,18	1,05	0,98	0,92	0,817	0,84	0,80	—	—	—	—
560	—	—	1,41	1,28	1,20	1,13	1,07	1,02	0,973	0,94	0,905	0,875	—
750	—	—	1,83	1,68	1,58	1,48	1,41	1,34	1,28	1,23	1,19	1,15	1,11
1 000	—	—	—	2,08	1,95	1,83	1,75	1,67	1,59	1,53	1,47	1,43	1,38
1 350	—	—	—	—	2,50	2,36	2,24	2,14	2,05	1,97	1,89	1,84	1,78
1 800	—	—	—	—	—	2,97	2,83	2,68	2,55	2,46	2,38	2,30	2,23
2 400	—	—	—	—	—	3,76	3,60	3,42	3,25	3,14	3,02	2,92	2,83



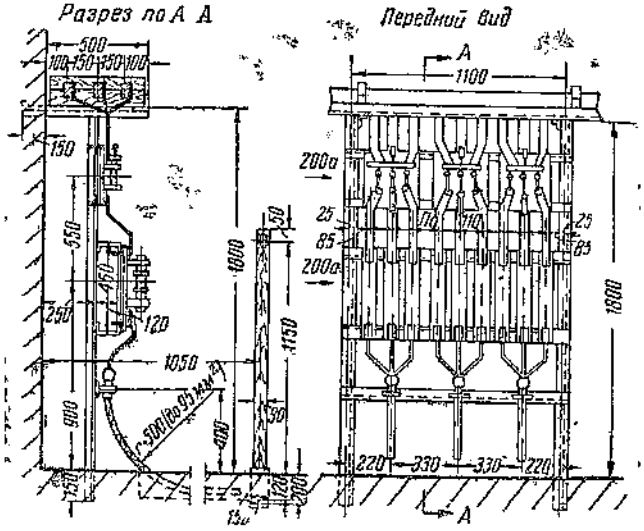
Фиг. 126.

§ 87. Наименьшая допустимая высота от пола до крюка подъемного приспособления для подъема сердечника трансформатора (фиг. 126)

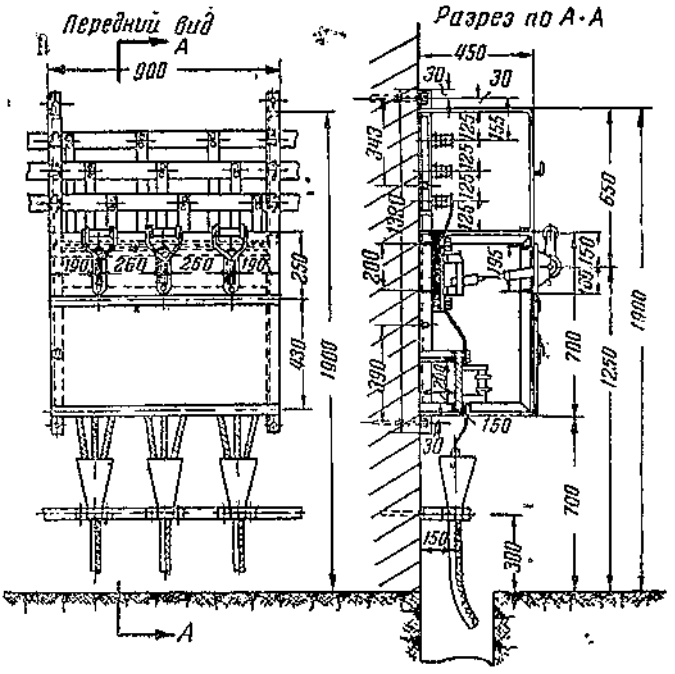
Размер *A*, *мм*

Мощность трансформатора *ква*	Напряжение, *кв*		
	6	10	35
135	2 900	3 100	3 800
180	2 900	3 100	3 800
240	3 120	3 420	4 000
320	3 420	3 820	4 000
420	3 720	3 720	
560	3 900	3 900	4 550
750	4 850	4 850	
1 000	5 200	5 200	5 400
1 350	5 400	5 400	5 400
1 800	6 200	6 200	6 200
2 400	6 850	6 850	6 850
3 200	7 250	7 250	7 250
4 200	7 250	7 250	7 250
5 600	7 250	7 250	7 250

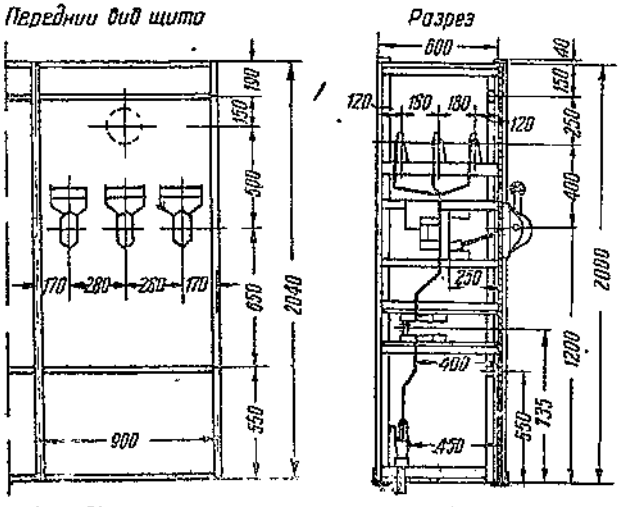
§ 88. Распределительные щиты и сборки для напряжений до 500 *в* упрощенной конструкции (фиг. 127, 128 и 129)



Фиг. 127. Распределительная сборка переменного тока до 500 *в*.



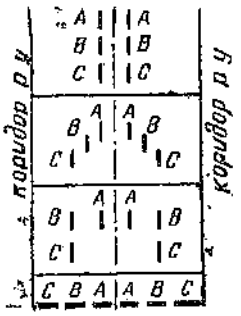
Фиг. 128. Приспонный щит упрощенной конструкции.



Фиг. 129. Отдельно стоящий щит упрощенной конструкции.

§ 89. Взаимное расположение фаз в закрытых распределительных устройствах и окраска шин

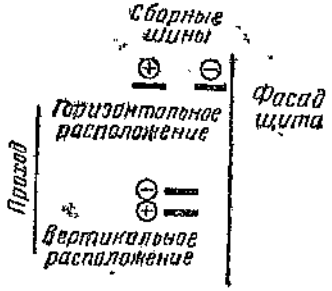
1. Трехфазный переменный ток (фиг. 130)



Фиг. 130. Варианты расположения и фазировка сборных шин трехфазного переменного тока.

Фаза	Цвет окраски шин
A	Желтый
B	Зеленый
C	Красный

2. Двухпроводная система постоянного тока (фиг. 131)



Фиг. 131. Варианты расположения сборных шин постоянного тока.

Полярность	Цвет окраски шин
+	Бордо
—	Синий

Шины, расположенные вертикально (например, ответвления от сборных шин), должны иметь одинаковое чередование цветов, если это не вызывает значительных конструктивных осложнений при проектировании.

§ 90. Определение средневзвешенного и расчетного коэффициента мощности

Активная мощность: $P = S\cos\varphi$,

Реактивная мощность: $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = S\sin\varphi = P\operatorname{tg}\varphi$.

Расчетный $\cos\varphi$ приемников находится по величине:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P}.$$

Величина $\cos\varphi$ (фидера, установки) может относиться, смотря по назначению, либо к средней нагрузке, либо к максимальной.

В соответствии с изменениями (по графику) нагрузок активной P и реактивной Q величина $\cos\varphi$ также меняется.

При смешанной нагрузке и нормальном соотношении между величинами силовой и осветительной нагрузок можно руководствоваться эмпирической зависимостью:

$$\frac{Q}{Q_{max}} \approx \sqrt{\frac{P}{P_{max}}}.$$

В формулах: P_{max}, Q_{max} — активная и реактивная нагрузки в момент максимума по графику,

P, Q — активная и реактивная нагрузки в заданный момент (по графику),

S — полная мощность в *ква*.

Средневзвешенный $\cos\varphi$ за некоторый период времени определяется из выражения $\operatorname{tg}\varphi = \frac{W_Q}{W_P}$,

где W_P — активная энергия в киловатт-часах,

W_Q — реактивная энергия в квар-часах.

Расход реактивной и активной энергии берется из показаний счетчиков реактивной и активной энергии или из подсчетов.

§ 91. Мощность компенсирующего устройства

Опережающая мощность компенсатора $Q_к$, необходимая для увеличения $\cos\varphi$ установки от $\cos\varphi_1$ до $\cos\varphi_2$, определяется из выражения:

$$Q_к = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = P \cdot k_1 \text{ квар}.$$

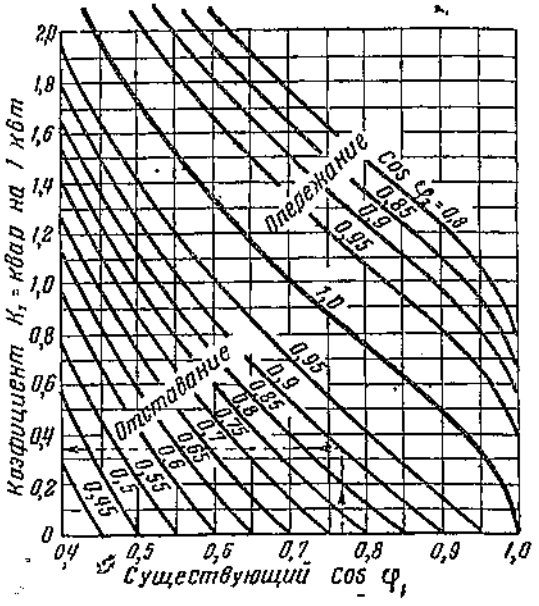
Коэфициент k_1 представляет собой необходимую для компенсации мощность на 1 *квт* нагрузки, выраженную в реактивных киловольт-амперах.

Значение k_1 может быть принято по кривым фиг. 132.

Пример. Найти необходимую мощность компенсирующего устройства, а также добавочную мощность P_2, которую можно получить от загруженной полностью установки за счет улучшения $\cos\varphi$.

Дана мощность, потребляемая установкой, $P = 500$ *квт*. Решено повысить коэфициент мощности с $\cos\varphi_1 = 0{,}77$ до $\cos\varphi_2 = 0{,}9$.

Полная мощность $S = \frac{500}{0{,}77} = 650$ *ква*.



Фиг. 132. Кривые зависимости коэфициента k_1 = *квар* на 1 *квт* от некомпенсированного $\cos\varphi_1$.

По кривым фиг. 132, идя от $\cos\varphi_1 = 0{,}77$ до кривой $\cos\varphi_2 = 0{,}9$, находим $k_1 = 0{,}34$. Тогда мощность компенсирующего устройства $Q_к = 0{,}34 \cdot 500 = 170$ *квар*.

Допустимая активная нагрузка при $\cos\varphi_2 = 0{,}9$ будет: $P_1 = S\cos\varphi_2 = 650 \cdot 0{,}9 = 585$ *квт*.

Возможная добавочная нагрузка $P_2 = 585 - 500 = 85$ *квт*.

§ 92. Мощность статических конденсаторов

Мощность батареи статических конденсаторов Q_c, выраженная в *квар*, определяется из выражений:

а) при схеме соединения фаз треугольником:

$$Q_c = 3\omega CU^2 10^{-3},$$

при схеме соединения фаз в звезду или при однофазной схеме:

$$Q_c = \omega C U^2 10^{-3},$$

C — емкость одной фазы в *мкф*;
U — линейное напряжение в *кв*.

§ 93. Характерные величины cos φ для различных потребителей энергии

1. Асинхронные электродвигатели

Определение коэфициента мощности асинхронных двигателей в условиях эксплоатации и номинальные коэфициенты мощности асинхронных двигателей см. часть II Справочника.

Коэфициент мощности при частичных нагрузках асинхронных двигателей в зависимости от значения cos φ при полной нагрузке можно принимать по следующей таблице.

cos φ при полной нагрузке двигателя	Значения cos φ при нагрузках			
	1/4	2/4	3/4	5/4
0,92	0,76	0,89	0,91	0,92
0,91	0,74	0,87	0,90	0,91
0,90	0,70	0,85	0,89	0,90
0,89	0,65	0,82	0,87	0,89
0,88	0,60	0,80	0,86	0,88
0,87	0,58	0,78	0,85	0,87
0,86	0,55	0,76	0,83	0,87
0,85	0,53	0,74	0,82	0,86
0,84	0,52	0,72	0,81	0,85
0,83	0,50	0,70	0,80	0,84
0,82	0,48	0,69	0,78	0,83
0,81	0,47	0,68	0,77	0,82
0,80	0,46	0,67	0,76	0,81
0,79	0,45	0,65	0,75	0,80
0,78	0,43	0,63	0,73	0,80
0,77	0,42	0,62	0,72	0,79
0,76	0,40	0,60	0,70	0,78
0,75	0,38	0,58	0,69	0,78

Коэфициент мощности двигателей, скорость которых регулируется путем включения реостата в цепь ротора, остается неизменным при любой скорости, если момент вращения остается постоянным, и уменьшается, если одновременно с понижением скорости происходит также и понижение момента вращения. В этом случае коэфициент мощности может быть взят из той же таблицы для частичных нагрузок, причем доля нагрузки δ определяется из следующего выражения:

$$\delta = \frac{P_2' n}{P_2 n'},$$

где P_2 — номинальная мощность двигателя при полном числе оборотов в минуту;

P_2' — мощность двигателя при заданном пониженном числе оборотов в минуту;

n — номинальное число оборотов в минуту;

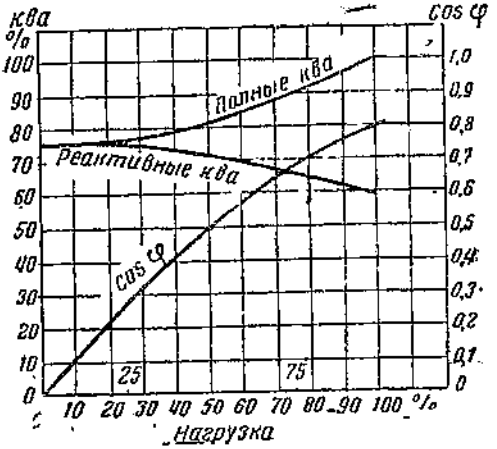
n' — заданное пониженное число оборотов в минуту.

Коэфициент мощности в момент пуска двигателей:

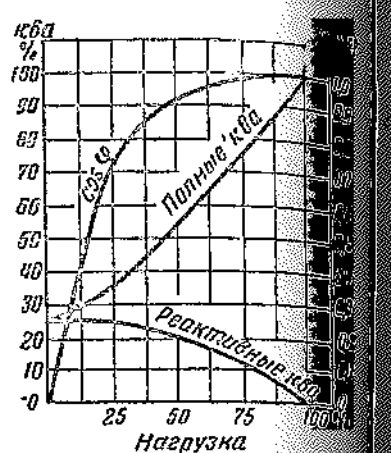
а) с короткозамкнутым ротором . . . . . 0,3—0,4,
б) с контактными кольцами . . . . . 0,6—0,7,
в) крановых . . . . . 0,65.

2. Реактивная мощность синхронных электродвигателей завода „Электросила"

Величина реактивной мощности (в процентах от номинальной мощности), которую синхронный двигатель может отдать в сеть при постоянном токе возбуждения, равном номинальному, определяется по кривым фиг. 133 и 134, относящимся к $\cos\varphi = 0{,}8$ и $\cos\varphi = 1$.



Фиг. 133. Полные *ква*, реактивные *ква* и $\cos\varphi$ в зависимости от нагрузки на валу при нормальном возбуждении для синхрочных электродвигателей с номинальным $\cos\varphi = 0{,}8$.



Фиг. 134. Полные *ква*, реактивные ква и $\cos\varphi$ в зависимости от нагрузки на валу при нормальном возбуждении для синхронных электродвигателей с номинальным $\cos\varphi = 1$.

При заданной нагрузке на валу двигателя, пользуясь кривыми фиг. 133 и 134, можно определить реактивную мощность, которую двигатель способен отдать в сеть.

Для двигателей, нормально работающих при $\cos\varphi = 0{,}9$, значения реактивной мощности могут быть получены путем интерполяции.

Пример. Определить результирующий $\cos\varphi$ силовой установки 6 *кв*, потребляющей $I_1 = 600$ *квт* с отстающим $\cos\varphi_1 = 0{,}6$. К установке добавляется синхронный двигатель мощностью $P_2 = 230$ *квт*, 325 *ква*, 6 *кв*, 187 *об/мин*, с опережающим $\cos\varphi = 0{,}8$ и нагрузкой на валу, равной 50% от номинальной мощности. Двигатель предназначен также для улучшения $\cos\varphi$.

Мощность установки:

полная — $S_1 = \frac{600}{0{,}6} = 1\,000$ *ква*,

реактивная — $Q_1 = 600 \operatorname{tg} \varphi = 800$ *квар*.

Опережающая реактивная мощность, которую двигатель может дать в сеть при нагрузке на валу в 50%, по кривой фиг. 133.

$$Q_2 = 0{,}71 \times 325 = 231 \text{ } квар.$$

Суммарные нагрузки: активная — $P_2 = 600 + 115 = 715$ *кет*

реактивная — $Q_2 = 800 - 231 = 569$ *квар*

полная — $S_2 = \sqrt{715^2 + 569^2} = 910$ *ква*.

Результирующий $\cos \varphi$ установки

$$\cos \varphi = \frac{715}{910} = 0{,}785.$$

3. Коэфициент мощности для фидеров, питающих группы токоприемников

Значения коэфициента мощности для разных групп токоприемников см. часть II Справочника.

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Глава I. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 3—35 *кв* И ИЗЫСКАНИЕ ТРАСС

§ 1. Методология техно-рабочего проектирования

1. Производятся геодезические изыскания по трассе линий передачи в результате которых проектировщик составляет план трассы, профиль линии передачи и профили пересечений линий с инженерными сооружениями в увеличенном масштабе.

2. Кроме того, необходимо получить следующие данные:

а) потребляемая мощность, *ква*;
б) коэфициент мощности;
в) данные о питающей подстанции;
г) номинальное напряжение линии передачи;
д) число часов использования максимума;
е) план местности в районе прохождения линии.

3. По получении вышеперечисленных данных производится выбор марки и сечения провода по допустимой плотности тока и потере напряжения (§§ 7, 8, 9).

4. Производится механический расчет проводов:

а) определяется расчетный климатический район (§ 16);
б) определяются удельные нагрузки на провода (§ 17);
в) подсчитывается длина критического пролета (§ 19);
г) определяется напряжение в проводе: 1) при температуре—5° С и обледенелых проводах; 2) при максимальной температуре воздуха и проводах, свободных от гололеда (§ 18);
д) определяются стрелы провеса проводов для указанных в п. „г" условий (§ 20).

5. Производится расчет пересечений проектируемой линии передачи с инженерными сооружениями (§ 5).

6. Производится разбивка опор по профилю с одновременным составлением журнала разбивки опор.

7. Выбираются необходимые типы опор из числа типовых конструкций или же, в случае надобности, производится механический расчет опор (§§ 23—27).

8. Выбирается уровень изоляции линии передачи (§ 31).

9. Определяются мероприятия по грозозащите линии передачи (§§ 36, 37).

10. Составляется пояснительная записка к проекту.

11. Составляются монтажные кривые тяжений и стрел провеса проводов для разных температур (§ 22).

12. В отношении линий передачи с номинальным напряжением 20 *кв* и выше в проекте должны быть:

а) выбраны количество и расположение контрольных монтерских пунктов по трассе;

б) предусмотрены дороги вдоль трассы линии передачи для монтажа и эксплоатации линии;

в) предусмотрена связь между контрольными пунктами и конечными подстанциями;

г) проверено влияние проектируемой линии передачи на провода связи и сигнализации.

13. Составляются подробные спецификации на лесоматериалы, металлы, провода и электротехнические материалы.

14. Составляются сметно-финансовые расчеты стоимости сооружения линий передачи, предусматривающие затраты на сооружение линии передачи, затраты на сооружение контрольных пунктов, дорог, линий связи и на подготовку трассы для строительства (снос строений, возмещение потрав, прорубка просек и т. п.).

§ 2. Изыскания трасс

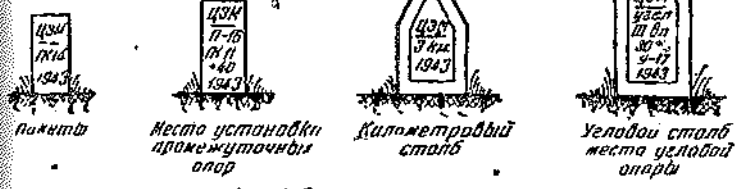
1. Предварительные изыскания

Предварительные изыскания включают следующие виды работ: а) нанесение вариантов прохождения трассы на карту в масштабе не менее 1:50 000 (в зависимости от длины линии и степени заселенности местности); б) рекогносцировку местности по намеченным вариантам и выбор наивыгоднейшего из них.

2. Трассировка

а) Вешение линии.

На выбранной трассе с намеченными углами поворота линии ставятся вешки на таком расстоянии друг от друга, при котором обеспечивается видимость ближайших вешек. В случае прохождения лесных



Пикетаж — *Место установки промежуточных опор* — *Километровый столб* — *Угловой столб места угловой опоры*

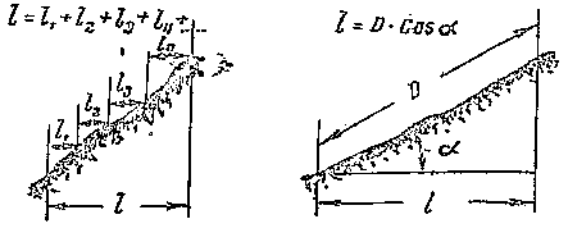
Фиг. 1. Закрепительные знаки.

массивов направление линии намечается по румбу с помощью теодолита, после чего прорубается визирка шириною 1,5—2 *м*. Расстановка вешек производится по теодолиту. Через каждые 1—2 *км* линии и по углам ее устанавливают осевые закрепительные знаки (фиг. 1), выверенные с помощью теодолита.

б) Пикетаж.

После того как на участке трассы или по всей ее длине вешение линии закончено, приступают к промеру линии с забивкой пикетов через каждые 100—200 *м*. В случае большого уклона участка линии промер производят уступами или по наклонной поверхности с вычислением горизонтального проложения линии на данном участке (фиг. 2).

При промере линии отмечают места пересечений трассы с линиями связи, шоссейными и грунтовыми дорогами, с железнодорожными и трамвайными путями и т. д. и данные заносят в абрисную книжку.



Фиг. 2. Промер наклонного участка трассы.

в) Составление абриса.

Одновременно с промером линии ведется ответственная часть полевых работ — составление абриса трассы, т. е. зарисовка ситуации в 100-метровой зоне. В абрисной книжке отмечаются: границы посевов, лесных массивов и лесных пород, населенные пункты и отдельно стоящие строения, кубатура строений, подлежащих сносу, железнодорожные и трамвайные пути, шоссе с указанием мест пересечений и углов встречи, грунтовые и полевые дороги, линии высокого и низкого напряжения, линии связи с указанием числа проводов и высоты их подвеса в месте пересечения, номеров опор, между которыми проходит трасса, и углов встречи.

г) Угломерная съемка.

С помощью теодолита замеряются все левые или правые углы поворота линии или углы отклонения последующего направления от предыдущего с пометкой „Влево" (Вл.), или „Вправо" (Впр.), см. фиг. 5. Результаты измерения углов заносятся в журнал установленной формы и используются для составления плана трассы.

3. Нивелирование

Для получения продольного профиля, необходимого для разбивки опор, производят геометрическое или тригонометрическое нивелирование. В первом случае пользуются нивелиром, во втором — теодолитом-тахеометром.

а) Геометрическое нивелирование производится с конечных точек (фиг. 3-А) или с середины (фиг. 3-Б). Последний способ нивелирования более удобен и точен. Работа по нему ведется двумя рейками. Отсчеты по рейкам записываются в журнале установленной формы.

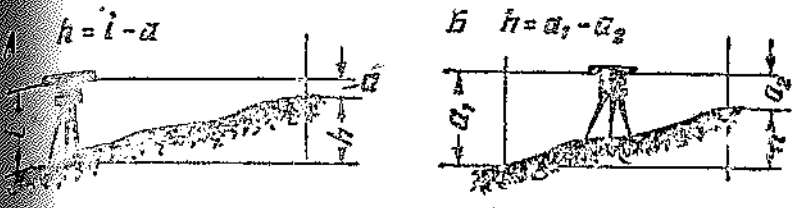
Для построения профиля подсчитывают обычно не абсолютные, а условные отметки. На профиле должны быть приведены отметки пикетов, мест резких переломов поверхности земли, берегов рек, озер, границ оврагов и котлованов, железных дорог и шоссейных магистралей, а также мест пересечения трассы с линиями высокого и низкого напряжения и линиями связи. В случае сильно пересеченной местности или для специальных целей производится съемка поперечного профиля (в плоскости, перпендикулярной к направлению линии) по 50 м в одну и другую сторону от оси трассы.

б) Тригонометрическое нивелирование (фиг. 4) выполняется теодолитом-тахеометром путем наведения средней нити трубы на вешку или

(устанавливаемую в соответствующих местах) и замера угла клона визирного луча.

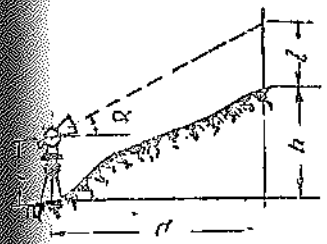
Превышение подсчитывается по формуле:

$$h = d \operatorname{tg} \alpha + l - l + f,$$



Фиг. 3. Геометрическое нивелирование. *А*—с конечных точек; *Б*—с середины; *h*—превышение; *l*—высота инструмента; *a*—отсчет по рейке; a_1—отсчет по задней рейке; a_2—отсчет по передней рейке.

где *h*—превышение,
d—горизонтальное проложение линии,
α—угол наклона визирного луча,
l—высота рейки или вешки,
i—высота инструмента,
f—поправка на кривизну земли и рефракцию.



Фиг. 4. Тригонометрическое нивелирование.

Если $d < 300$ *м*, то *f* можно не вводить в формулу.

Наводя нить трубы на метку, сделанную на рейке на высоте инструмента, получают $l = i$. При $f = 0$ формула примет следующий вид:

$$h = d \operatorname{tg} \alpha.$$

4. Камеральная обработка материалов изысканий

В результате камеральной обработки полевых материалов (вычислений) составляются: план трассы, продольный профиль и профили переходов через железные дороги, шоссе, грунтовые дороги, реки, линии высокого и низкого напряжения, линии связи и т. д. в увеличенном масштабе.

5. Исследование грунтов

Для сооружения оснований опор и установки самих опор необходимо знать примерный характер грунта по слоям вдоль всей трассы, особенно на участках болотных и сомнительных по устойчивости. При исследовании можно воспользоваться обнажениями в оврагах и обрывистых берегах рек, а также в близко расположенных котлованах и карьерах. Кроме того, производится рытье шурфов или штанговое бурение на глубину не менее 3 *м*. Шурфование и бурение выполняются чаще в сухих местах и чаще в болотистых. В буровых журналах отмечается месторасположение шурфа, изменения грунта по слоям и толщина

6. Производственный пикетаж

После разбивки опор на профиле проект переносится в натуру. По осевым и угловым столбам восстанавливают створ линии и стальной лентой, ориентируясь по расставленным вешкам, производят разметку мест установки опор, отмеряя расстояния от ближайших пикетов. Места установки опор закрепляют кольями, на которых указывается номер и тип опоры и ее удаление от ближайшего пикета, считая по ходу трассы.

Если рельеф местности ровный и местность не сильно заселена, то производственный пикетаж линий 3, 6 и 10 *кв* можно вести одновременно с изысканиями линии, причем установка пикетов производится в местах установки опор; по ним и производится нивелирование. Привязку трассы к государственной геосети необходимо выполнять во всех случаях, когда требуется увязка трассы с генпланом строительства и с планом развития района. При сооружении временных линий можно ограничиться привязкой концов трассы к существующим капитальным сооружениям.

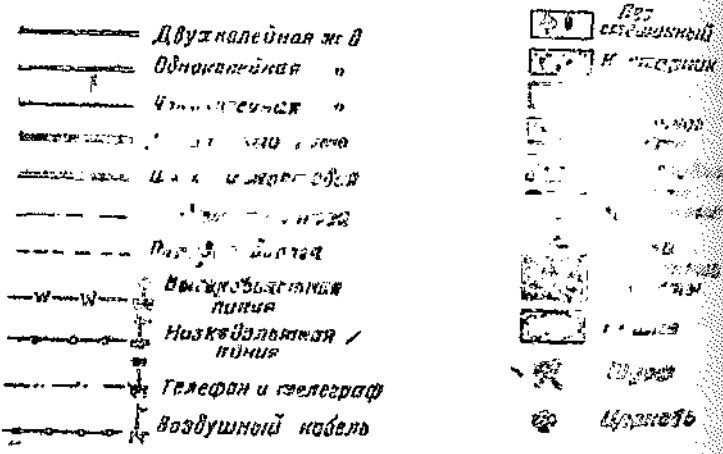
7. Согласования

После выбора и уточнения трассы необходимо произвести согласования с соответствующими райисполкомами, горкомхозами и лесоохраной (в случае прохождения линии через лесные массивы).

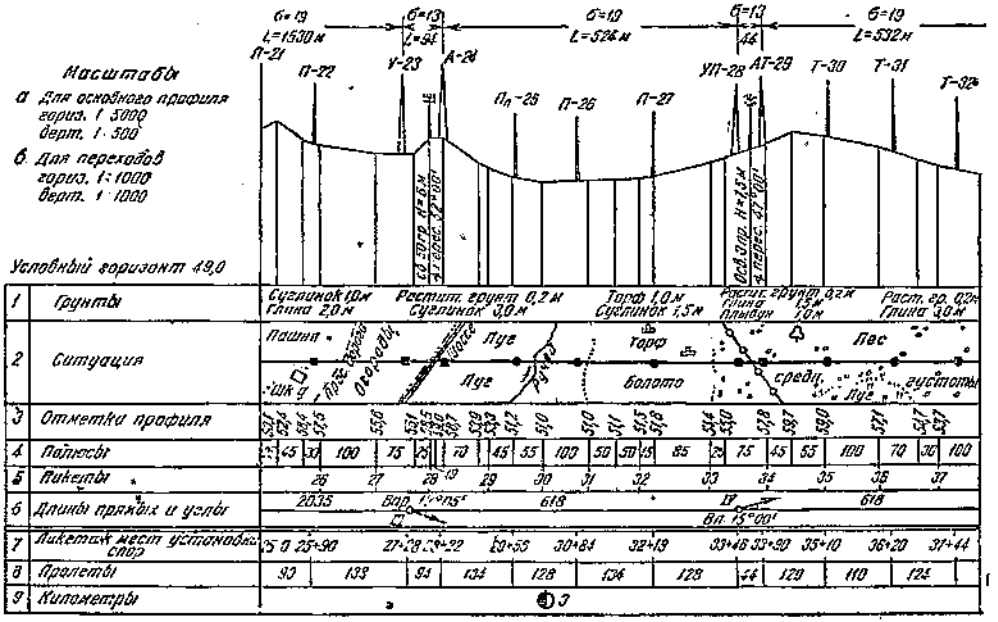
Согласования с управлениями железных дорог, районными энергоуправлениями связи, управлениями шоссейных магистралей, управлениями водных бассейнов и другими организациями, интересы которых затрагиваются сооружением высоковольтной линии, производятся после того, как выполнены основные полевые изыскания и основная расчетная часть проекта.

§ 3. Образец оформления продольного профиля к проекту линии электропередачи

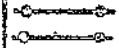
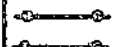
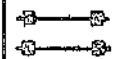
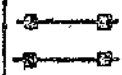
1. Условные обозначения ситуации трассы линии электропередачи (фиг. 5)



Фиг. 5.


Масштабы
а Для основного профиля
гориз. 1:3000
верт. 1:300
б Для переходов
гориз. 1:1000
верт. 1:1000
Условный горизонт 49,0
Б=19 L=1530 м
Б=13 L=91
Б=19 L=526 м
Б=13 46
Б=19 L=532 м
П-21
П-22
У-23
А-24
Оп-25
П-26
П-27
УП-28
АТ-29
Т-30
Т-31
Т-32
Св. 30гр. Н=8,5 м 3 пролёт 42 пров.
Ан. 2гр. Н=13,5 м 4 пролёт 47 пров.
1 Грунты
Суглинок 1,0 м Глина 2,0 м
Раст. грунт 0,2 м Суглинок 3,0 м
Торф 1,0 м Суглинок 1,5 м
Раст. грунт 0,2 м Глина 1,5 м Пльвун 7,0 м
Раст. гр. 0,2 м Глина 3,0 м
2 Ситуация
Пашня
Луг
Болото
Лес
среди. густоты
3 Отметка профиля
4 Пятна
5 Пикеты
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
6 Длины прямых и углы
2035
618
618
Вл. 15°00'
7 Пикетаж мест установки опор
25+90 27+28 28+22 30+55 30+84 32+19 33+46 33+90 35+10 36+20 37+44
8 Пролеты
90 133 94 134 128 134 128 44 129 110 125
9 Километры
3

Фиг. 6.

Обозначение		Наименование	Наименование опор
в профиле	в плане		
		$П$ $Т$	Промежуточные нормальные " с тросом
То же		$П_п$ $П_с$	Промежуточные повышенные " специальные
То же	То же	$Т_в$ $Т_с$	Тросовые повышенные " специальные
		$А$ $А_т$	Анкерные нормальные " с тросом
То же	То же	$А_п$ $А_с$	Анкерные повышенные " специальные
То же	То же	$А_{тп}$ $А_{тс}$	Анкерные повышенные с тросом " специальные с тросом
		$У$ $У_т$	Угловые нормальные " с тросом
То же	То же	$У_в$ $У_с$	Угловые повышенные " специальные
То же	То же	$У_{вп}$ $У_{тс}$	Угловые повышенные с тросом " специальные "
То же	То же	$К$ $К_т$	Концевые нормальные " с тросом
То же	То же	$К_с$ $К_{тс}$	Концевые специальные " " с тросом

Фиг. 7.

1. Провода, тросы и опоры

Характер местности или пересекаемый объект	Провода и тросы				Опоры
	Напряжение 3, 6, 10 *кв*		Напряжение 20, 35 *кв*		Напряжение 3–35 *кв*
	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Типы опор
Населенные места и территории промышленных предприятий	Ослабленное	Двойной подвес	Нормальное	Одинарный подвес	Промежуточные нормального типа
Автогужевые дороги I класса и автострады	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные При пересечении автогужевых дорог I класса — промежуточные усиленные
Автогужевые дороги II и III классов	Нормальное при многопроволочных, ослабленное при однопроволочных проводах	Двойной подвес	Нормальное при многопроволочных, ослабленное при однопроволочных проводах	Одинарный подвес	Промежуточные

Продолжение

Характер местности или пересекаемый объект	Провода и тросы				Опоры
	Напряжение 3, 6, 10 *кв*		Напряжение 20, 35 *кв*		Напряжение 3—35 *кв*
	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Типы опор
Автогужевые дороги IV—V классов	Нормальное при многопроволочных и ослабленное при однопроволочных проводах	Одинарный подвес	Нормальное при многопроволочных и ослабленное при однопроволочных проводах	Одинарный подвес	Промежуточные
Магистральные пути железных дорог постоянного пользования	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные
Железнодорожные пути нормальной или узкой колеи непостоянного пользования или местного сообщения	Нормальное	Одинарный подвес	Нормальное при многопроволочных и ослабленное при однопроволочных проводах	Одинарный подвес	Промежуточные, усиленные
Электрифицированные железные дороги	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные
Судоходные или сплавные реки, каналы и прудовые бассейны	В случае замерзающих рек — нормальное, при незамерзающих — ослабленное	Двойной подвес	В случае замерзающих рек — нормальное, при незамерзающих — ослабленное	Одинарный при подвесных изоляторах	Промежуточные, усиленные

Характер местности или пересекаемый объект	Провода и тросы				Опоры
	Напряжение 3, 6, 10 *кв*		Напряжение 20, 35 *кв*		Напряжение 3—35 *кв*
	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Тяжение в проводе	Крепление проводов	Типы опор
Надземные нефтепроводы и трубопроводы особого назначения	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные
Канатные дороги	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Одинарный подвес при подвесных изоляторах	Анкерные или промежуточные усиленные
Линии связи I класса	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные
Линии связи II и III классов	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Промежуточные усиленные
Линии передачи 3, 6, 10, 35 *кв*, при пересечении между собой	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Одинарный подвес	Анкерные
Отдельные здания и строения	Ослабленное	Двойной подвес	Ослабленное	Двойной подвес	Анкерные

2. Допускаемые габариты при пересечениях и сближениях

Характер местности или пересекаемый объект	Минимально допускаемые габариты в метрах						Угол пересечения
	Вертикальные при максимальном провесе провода			Сближение по горизонтали			
	Расстояние от проводов линии	Напряжение		Расстояние	Напряжение		
		3, 6, 10 кв	20, 35 кв		3, 6, 10 кв	20, 35 кв	
Населенные места и территории промышленных предприятий	До поверхности земли	6,0	6,5	От крайнего провода до надземных сооружений	1,5	3,0	—
Автогужевые дороги I класса и автострады	1. До полотна дороги 2. То же, при обрыве проводов в соседнем пролете	6,5 5,5	7,0 6,0	От оси линии до края дороги	3	5	Не менее 30°
Автогужевые дороги II и III классов	1. До полотна дороги 2. То же, при обрыве проводов в соседнем пролете	6,5 5,5	7,0 6,0	То же	3	5	То же

Характер местности или пересекаемый объект	Минимально допускаемые габариты в метрах						Угол пересечения
	Вертикальные при максимальном провесе провода			Сближение по горизонтали			
	Расстояние от проводов линии	Напряжение		Расстояние	Напряжение		
		3, 6, 10 кв	20, 35 кв		3, 6, 10 кв	20, 35 кв	
Автогужевые дороги IV и V классов	1. До полотна дороги	5,5	6,0	От оси линии до края дороги	1,5	2,0	Не менее 30°
	2. То же, при обрыве проводов в соседнем пролете	4,5	5,0				
Магистральные пути железных дорог постоянного пользования	1. До головки рельса:			От любой части опоры до габарита подвижного состава	3,0	3,0	То же
	а) широкая колея	7,5	7,5				
	б) узкая колея	6,0	6,0				
	2. До внегабаритных грузов на заводских путях	1,5	2,0	От оси линии до ближайшего рельса при следовании линии передачи параллельно железной дороге	Высота опоры плюс 3 м		То же

Продолжение

Характер местности или пересекаемый объект	Минимально допускаемые габариты в метрах						Угол пересечения
	Вертикальные при максимальном провесе провода			Сближение по горизонтали			
	Расстояние от проводов линии	Напряжение		Расстояние	Напряжение		
		3, 6, 10 *кв*	20, 35 *кв*		3, 6, 10 *кв*	20, 35 *кв*	
Электрифицированные железные дороги постоянного пользования	До проводов контактной сети	По согласованию с управлением железной дороги с учетом требований защиты от перенапряжений (см. § 37)		От любой части опоры до габарита подвижного состава	5	5	Не менее 30°.
				От оси линии до ближайшего рельса при следовании линии передачи параллельно ж. д.	Высота опоры плюс 5 *м*		То же
Судоходные или сплавные реки, каналы и другие водные бассейны	1. До поверхности высоких вод, сплавных рек и каналов	5	5,5	—	—	—	Не нормируется
	2. До габарита сплава	1,5	1,5	—	—	—	
	3. До самой высокой мачты или трубы парохода на судоходных реках и каналах	1,5	1,5	—	—	—	

Характер местности или пересекаемый объект	Минимально допускаемые габариты в метрах: Вертикальные при максимальном провесе проводов: Расстояние от проводов линии	Напряжение 3, 6, 10 кв	Напряжение 20, 35 кв	Сближение по горизонтали: Расстояние	Напряжение 3, 6, 10 кв	Напряжение 20, 35 кв	Угол пересечения
Надземные нефтепроводы и трубопроводы особого назначения	До любой части трубопровода: 1. При прохождении над трубопроводом	3	3,5	При параллельном сближении линий передачи	Наибольшая высота опоры плюс 2 м		Не менее 30°
	2. При прохождении под трубопроводом	3	Не допускается				
Канатные дороги	До элементов канатной дороги	1	2	То же	4	5	Не менее 45°
Линии связи I, II и III классов, провода радиовещания и сигнализации	До проводов пересекаемой линии: 1. При расстоянии от ближайшей опоры до пересечения 25 м и менее	2,0	3,0	1. От крайних проводов в ненаселенных местностях, для всех классов линий	10,0	15,0	Как правило, не менее 45°
	2. То же 50 м	2,0	4,0	2. То же в населенных местностях	7,0	10,0	Для линий сильного тока напряжением до 20 кв по согласо-

Продолжение

Характер местности или пересекаемый объект	Минимально допускаемые габариты в метрах: Вертикальные при максимальном провесе провода — Расстояние от проводов линии	Напряжение 3, 6, 10 кв	Напряжение 20, 35 кв	Сближение по горизонтали — Расстояние	Напряжение 3, 6, 10 кв	Напряжение 20, 35 кв	Угол пересечения
То же	3. То же 75 м	2,0	5,0	3. От места пересечения проводов до ближайшей опоры линии сильного тока в пролете пересечения	7,0	7,0	ванию с заинтересованными организациями допускается до 30°
Линии передачи 3, 6, 10, 35 кв при пересечении между собой	До проводов пересекаемой линии	Определяется из условий защиты от перенапряжений (см. § 37)		То же	Принимается равным высоте наиболее высокой опоры на участке сближения		То же
Отдельные здания и строения	До любой части строения и здания	3,5	4	От крайнего провода линии до здания	2,5	3,5	—

Расчетная формула

$$y = \frac{x}{L}\left[h + 4f_м\left(1 - \frac{x}{L}\right)\right],$$

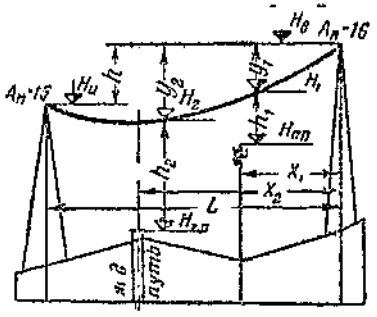
где y — провес провода в месте пересечения в метрах;
x — расстояние от высшей точки подвеса провода до места пересечения в метрах;
h — разность высот подвеса провода на опорах ($h = H_в - H_н$) в метрах;
L — пролет между опорами в метрах;
$f_м$ — максимальная стрела провеса провода в метрах, определяемая как $f_м = f(L)$.

На фиг. 8 приведена схема перехода линии электропередачи через линию связи ($x = x_1$) и железную дорогу ($x = x_2$).

Расстояния от проводов линии электропередачи (фиг. 8):

а) до проводов пересекаемой линии связи

$$h_1 = H_в - (H_{пр} + y_1) = H_в - H_1$$



Фиг. 8. Схема перехода линии электропередачи.

б) до головки рельса пересекаемого ж.-д. пути

$$h_2 = H_в - (H_{ср} + y_2) = H_в - H_2,$$

где H_1 и H_2 — отметки нижнего провода линии передачи над местом пересечения $H_1 = H_в - y_1$ и $H_2 = H_в - y_2$.

§ 6. Ширина просеки для линий связи и линий передачи 3—35 *кв* (фиг. 9)

а) Для линий связи — 5 *м*,

б) для линий 3—35 *кв* при низкорослых насаждениях высотой до 4 *м*

$$B = D + 6\ м,$$

в) для линий 3—10 *кв* при насаждениях высотой более 4 *м*

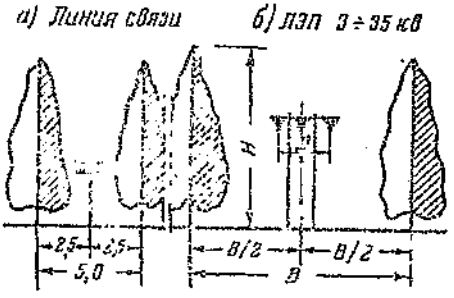
$$B = D + 10\ м.$$

При порубке просеки кроны крайних деревьев обрубаются.

г) Для линий 20—35 *кв* в насаждениях высотою более 4 *м*

$$B = D + 15\ м.$$

При порубке просеки в насаждениях высотою более 4 *м* деревья сомнительной прочности, отстоящие от оси трассы линии передачи на величину $B_1 \leqslant H + 0{,}5D + 3\ м$, подлежат вырубке.



Фиг. 9. Ширина просек для линий.

Обозначения:

B — полная ширина просеки в метрах;
D — расстояние между крайними проводами линии в метрах;
H — высота дерева в метрах;
B_1 — расстояние от оси трассы до дерева в метрах.

§ 7. Основные формулы для электрического расчета

1. Рабочий ток линии:

$$I_p = \frac{1000\,S}{\sqrt{3}\,U_н} \leq I_д .$$

2. Напряжение в конце линии передачи

$$U_2 \approx U_1 - \frac{(P + \Delta P)\,R + (Q + \Delta Q)\,X}{U_1} .$$

3. Потери мощности в линии

$$\Delta P = 3\,I_p^2\,R\,10^{-6} = \frac{P^2 + Q^2}{U_н^2}\,R = \frac{S^2}{U_н^2}\,R ;$$

$$\Delta Q = 3\,I_p^2\,X\,10^{-6} = \frac{P^2 + Q^2}{U_н^2}\,X = \frac{S^2}{U_н^2}\,X ;$$

$$\Delta S = 3\,I_p^2\,Z\,10^{-6} = \frac{S^2}{U_н^2}\,Z = \Delta P + j\Delta Q .$$

4. Потеря напряжения в линии

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{\sqrt{3}\,I_p}{10^3}\,(R\cos\varphi + X\sin\varphi) = \frac{S}{U_н}\,(R\cos\varphi + X\sin\varphi).$$

Обозначения:

I_p — рабочий ток линии, *а*;
$I_д$ — длительно допустимый ток нагрузки проводов линии, *а*;
P — значение активной мощности в конце линии, *мгвт*;
Q — значение реактивной мощности в конце линии, *мгвар*;
S — значение полной мощности в конце линии, *мгва*;
R — активное сопротивление одной фазы линии, *ом*;
X — реактивное сопротивление одной фазы линии, *ом*;
$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ — полное сопротивление одной фазы линии, *ом*;
U_1 — напряжение в начале линии, *кв*;
U_2 — напряжение в конце линии, *кв*;
$U_н$ — номинальное напряжение линии, *кв*;
ΔP — активная потеря мощности в линии, *мгвт*;
ΔQ — реактивная потеря мощности в линии, *мгвар*;
ΔS — полная потеря мощности в линии, *мгва*;
ΔU — потеря напряжения, *кв*.

§ 8. Допускаемые плотности тока для медных и железных проводов по техно-экономическим условиям

В целях обеспечения наиболее правильного соотношения между расходованием металла для проводов и потерями энергии НКЭС установлены следующие временные экономические плотности тока для проводов линий электропередачи [1].

При числе часов использования максимума	Экономическая плотность тока, $a/мм^2$		
	медные провода	алюминиевые провода	железные провода
Более 5000 в год	2	1	0,35
От 2500 до 5000	2,5	1,2	0,4
Менее 2500 в год	3	1,4	0,45

Выбранные сечения проверяются по допустимой нагрузке и в необходимых случаях — по потере напряжения.

§ 9. Длительно допустимые нагрузки голых проводов на открытом воздухе при расчетной температуре воздуха $t = 25°$ С

Медные провода		Алюминиевые провода		Сталь-алюминиевые провода		Железные провода	
Марка провода	$I_д$, a	Марка провода	$I_д$, a	Марка провода	$I_д$, a	Марка провода	$I_д$, a [2]
М-10	108	—	—	—	—	—	—
М-16	150	А-16	120	—	—	—	—
М-25	205	А-25	160	АС-35	210	Ж-4	35/20
М-35	270	А-35	205	АС-50	265	Ж-5	40/25

[1] „Сборник решений Технического отдела НКЭС", 1944 г.

[2] В числителе указаны значения $I_д$ для стальной телеграфной проволоки, в знаменателе — для катанки.

Продолжение

Медные провода		Алюминиевые провода		Сталь-алюминиевые провода		Железные провода	
Марка провода	$I_д$, а	Марка провода	$I_д$, а	Марка провода	$I_д$, а	Марка провода	$I_д$, а
М-50	335	А-50	260	АС-70	330	Ж-6	60/30
М-60	380	—	—	АС-95	415	—	—
М-70	425	А-70	320	АС-120	480	—	—
М-95	510	А-95	400	АС-150	545	Ж-35	80
М-120	595	А-120	455	АС-185	630	Ж-50	90
М-150	685	А-150	540	АС-240	725	Ж-70	125
М-185	780	А-185	620	АСУ-300	855	Ж-95	140
М-240	920	А-240	720	АСУ-400	1 070	Ж-120	175

Предельная температура для медных, алюминиевых и сталь-алюминиевых проводов — 90° С, предельная температура для железных проводов — 70° С.

В качестве расчетной температуры воздуха принимается средняя температура в 13 час. самого жаркого месяца. При значениях, отличающихся от $t = 25°$ С, величины нагрузок, указанные в таблице, умножают на следующие коэфициенты:

$t°$	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45
Медные, алюминиевые и сталь-алюминиевые провода . . .	1,14	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83
Железные провода . .	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,74

§ 10. Электрическое сопротивление проводов воздушных линий при $t = 20°$ С

1. Медные провода[1]

Марка провода	Активное сопротивление (r) ом/км	Среднее расстояние между проводами, мм											
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000
		Реактивное сопротивление (x), ом/км											
МГ-10	1,81	0,382	0,398	0,412	0,426	0,437	0,456	—	—	—	—	—	—
МГ-16	1,15	0,359	0,375	0,389	0,403	0,414	0,433	0,447	0,458	0,468	0,477	—	—
МГ-25	0,752	0,346	0,362	0,376	0,390	0,401	0,420	0,434	0,445	0,455	0,464	0,471	—
МГ-35	0,532	0,334	0,350	0,364	0,378	0,389	0,408	0,422	0,433	0,443	0,452	0,459	0,466
МГ-50	0,370	0,324	0,340	0,354	0,368	0,379	0,398	0,412	0,423	0,433	0,442	0,449	0,456
МГ-70	0,271	0,312	0,328	0,342	0,356	0,367	0,386	0,400	0,411	0,421	0,430	0,437	0,444
МГ-95	0,195	0,303	0,319	0,333	0,347	0,358	0,377	0,391	0,402	0,412	0,421	0,428	0,435
МГ-120	0,154	0,296	0,312	0,326	0,340	0,351	0,370	0,384	0,395	0,405	0,414	0,421	0,428
МГ-150	0,123	—	—	0,318	0,332	0,343	0,362	0,376	0,387	0,397	0,406	0,413	0,420

Продолжение

Марка провода	Активное сопротивление (r) ом/км	Среднее расстояние между проводами, мм											
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000
		Полное сопротивление (z), ом/км											
МГ-10	1,81	1,850	1,853	1,857	1,860	1,863	1,866	—	—	—	—	—	—
МГ-16	1,15	1,205	1,209	1,214	1,218	1,222	1,229	1,233	1,237	1,241	1,245	—	—
МГ-25	0,752	0,828	0,835	0,841	0,847	0,852	0,861	0,868	0,874	0,879	0,884	0,887	—
МГ-35	0,532	0,628	0,637	0,645	0,653	0,659	0,670	0,679	0,686	0,692	0,698	0,703	0,707
МГ-50	0,370	0,492	0,502	0,512	0,522	0,530	0,543	0,554	0,562	0,570	0,576	0,582	0,587
МГ-70	0,271	0,410	0,422	0,433	0,444	0,453	0,469	0,480	0,490	0,498	0,506	0,512	0,518
МГ-95	0,195	0,360	0,374	0,386	0,398	0,408	0,424	0,437	0,447	0,456	0,464	0,470	0,477
МГ-120	0,154	0,334	0,348	0,361	0,373	0,383	0,401	0,414	0,424	0,433	0,442	0,448	0,455
МГ-150	0,123	—	—	0,341	0,354	0,364	0,382	0,396	0,406	0,416	0,424	0,431	0,438

[1] Ср. примечание на стр. 696.

(2)	Активное	Среднее расстояние между проводами, мм

[1] См. примечание на стр. 596.

Марка провода	Активное сопротивление (r) ом/км	Среднее расстояние между проводами, мм									
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000
		Реактивное сопротивление (x), ом/км									
А-16	1,910	0,358	0,375	0,390	0,405	—	—	—	—	—	—
А-25	1,240	0,345	0,363	0,377	0,390	0,402	0,421	—	—	—	—
А-35	0,885	0,336	0,352	0,366	0,380	0,391	0,410	—	—	—	—
А-50	0,695	0,325	0,341	0,355	0,369	0,380	0,398	0,413	0,423	0,433	0,442
А-70	0,445	0,315	0,331	0,345	0,359	0,370	0,388	0,402	0,413	0,423	0,431
А-95	0,315	0,303	0,319	0,333	0,347	0,358	0,377	0,393	0,402	0,413	0,421
А-120	0,260	0,297	0,313	0,327	0,341	0,352	0,371	0,385	0,396	0,405	0,414
А-150	0,200	0,288	0,305	0,319	0,333	0,344	0,363	0,376	0,388	0,398	0,406
А-185	0,160	0,279	0,298	0,311	0,328	0,339	0,355	0,370	0,382	0,391	0,399
А-240	0,125	—	0,289	0,303	0,318	0,328	0,347	0,361	0,373	0,383	0,389

Продолжение

Марка провода	Активное сопротивление (r) ом/км	Среднее расстояние между проводами, мм									
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000
		Полное сопротивление (z), ом/км									
А-16	1,910	1,943	1,946	1,949	1,952	—	—	—	—	—	—
А-25	1,240	1,288	1,292	1,296	1,300	1,304	1,309	—	—	—	—
А-35	0,885	0,947	0,953	0,958	0,963	0,968	0,975	—	—	—	—
А-50	0,695	0,768	0,774	0,781	0,787	0,792	0,801	0,809	0,814	0,819	0,824
А-70	0,445	0,545	0,555	0,563	0,572	0,579	0,591	0,599	0,608	0,614	0,620
А-95	0,315	0,437	0,448	0,458	0,469	0,477	0,491	0,504	0,511	0,519	0,526
А-120	0,260	0,395	0,407	0,418	0,429	0,438	0,453	0,465	0,474	0,481	0,489
А-150	0,200	0,351	0,365	0,376	0,388	0,398	0,414	0,426	0,437	0,445	0,453
А-185	0,160	0,322	0,338	0,350	0,365	0,375	0,389	0,403	0,413	0,422	0,430
А-240	0,125	—	0,315	0,328	0,342	0,351	0,369	0,382	0,393	0,403	0,409

[1] См. примечание на стр. 596.

3. Сталь-алюминиевые провода

Марка провода	Активное сопротивление (r) *ом/км*	Среднее расстояние между проводами, *мм*											
		1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500
		Реактивное сопротивление (x), *ом/км*												
АС-35	0,870	0,385	0,403	0,417	0,429	0,438	0,446	—	—	—	—	—	—	—
АС-50	0,600	0,374	0,392	0,406	0,418	0,427	0,435	—	—	—	—	—	—	—
АС-70	0,430	0,364	0,382	0,396	0,408	0,417	0,425	0,433	0,440	0,446	—	—	—	—
АС-95	0,310	0,353	0,371	0,385	0,397	0,406	0,414	0,422	0,429	0,435	—	—	—	—
АС-120	0,255	0,347	0,365	0,379	0,391	0,400	0,408	0,416	0,423	0,429	—	—	—	—
АС-150	0,210	0,340	0,358	0,372	0,384	0,398	0,401	0,409	0,416	0,422	—	—	—	—
АС-185	0,165	—	—	0,365	0,377	0,386	0,394	0,402	0,409	0,415	—	—	—	—
АС-240	0,130	—	—	0,357	0,369	0,378	0,386	0,394	0,401	0,407	0,413	—	—	—
АС-300	0,100	—	—	—	—	—	—	—	—	0,399	0,405	0,410	0,414	0,418
АС-400	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	0,391	0,397	0,402	0,406	0,410

Марка провода	Активное сопротивление (r), *ом/км*	Среднее расстояние между проводами, *мм*											
		1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500
		Полное сопротивление (z), *ом/км*												
АС-35	0,870	0,951	0,959	0,965	0,970	0,974	0,978	—	—	—	—	—	—	—
АС-50	0,600	0,707	0,717	0,724	0,731	0,736	0,741	—	—	—	—	—	—	—
АС-70	0,430	0,563	0,575	0,585	0,593	0,599	0,605	0,610	0,615	0,620	—	—	—	—
АС-95	0,310	0,470	0,483	0,494	0,504	0,511	0,517	0,524	0,529	0,534	—	—	—	—
АС-120	0,255	0,431	0,445	0,457	0,467	0,474	0,481	0,488	0,494	0,499	—	—	—	—
АС-150	0,210	0,400	0,415	0,427	0,438	0,450	0,452	0,460	0,467	0,471	—	—	—	—
АС-185	0,165	—	—	0,400	0,411	0,420	0,427	0,434	0 441	0,447	—	—	—	—
АС-240	0,130	—	—	0,380	0,391	0,400	0,407	0,415	0,422	0,427	0,433	—	—	—
АС-300	0,100	—	—	—	—	—	—	—	—	0,411	0,417	0,422	0,426	0,430
АС-400	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	0,399	0,405	0,410	0,414	0,418

Примечание. В вышеприведенных таблицах (пп. 1; 2; 3) среднее расстояние между проводами трехфазной линии определяется по формуле: $m = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$, где a, b, c — соответственно расстояния между каждой парой фаз.

4. Многопроволочные медные провода (ГОСТ 839-54)

4. Многопроволочные железные провода (ток 50 гц)

Сила тока a	Марка провода																	
	Ж-35			Ж-50			Ж-70			Ж-95			Ж-120 I			Ж-120 II		
	r	x	z	r	x	z	r	x	z	r	x	z	r	x	z	r	x	z
10	3,87	1,46	4,14	2,87	0,96	3,03	1,82	0,71	1,95	1,51	0,64	1,645	1,14	0,51	1,25	1,22	0,67	1,39
15	3,91	1,76	4,29	2,90	1,16	3,12	1,82	0,80	1,99	1,51	0,69	1,67	1,14	0,55	1,265	1,22	0,72	1,42
20	3,99	1,97	4,45	2,92	1,32	3,21	1,83	0,88	2,03	1,52	0,73	1,685	1,14	0,58	1,28	1,22	0,76	1,435
25	4,09	2,17	4,63	2,97	1,44	3,30	1,84	0,95	2,07	1,523	0,75	1,70	1,14	0,60	1,29	1,235	0,78	1,46
30	4,22	2,32	4,83	3,02	1,56	3,40	1,86	1,02	2,12	1,525	0,80	1,725	1,14	0,62	1,30	1,246	0,81	1,485
35	4,34	2,46	5,00	3,09	1,64	3,48	1,88	1,10	2,18	1,527	0,82	1,735	1,14	0,63	1,305	1,25	0,83	1,50
40	4,55	2,57	5,23	3,18	1,71	3,61	1,91	1,16	2,24	1,53	0,84	1,75	1,14	0,64	1,31	1,26	0,85	1,529
45	4,66	2,68	5,40	3,24	1,80	3,80	1,96	1,22	2,31	1,535	0,86	1,76	1,14	0,66	1,32	1,275	0,88	1,555
50	4,70	2,76	5,45	3,46	1,86	3,93	2,00	1,28	2,38	1,54	0,88	1,775	1,14	0,66	1,32	1,29	0,90	1,575
60	4,67	2,82	5,45	3,52	1,95	4,01	2,10	1,40	2,52	1,55	0,91	1,795	1,14	0,67	1,325	1,38	0,94	1,68
70	4,63	2,84	5,43	3,58	1,98	4,09	2,16	1,50	2,63	1,56	0,94	1,82	1,14	0,68	1,33	1,37	0,98	1,685
80	4,50	2,82	5,32	3,55	1,97	4,06	2,22	1,56	2,71	1,59	0,96	1,86	1,14	0,69	1,335	1,44	1,02	1,765
90	—	—	—	3,59	1,96	4,04	2,24	1,61	2,76	1,64	0,98	1,91	1,14	0,70	1,34	1,50	1,06	1,84
100	—	—	—	3,50	1,95	4,00	2,24	1,64	2,78	1,67	1,00	1,95	1,14	0,70	1,34	1,56	1,10	1,91
120	—	—	—	—	—	—	2,20	1,65	2,75	1,70	1,14	2,05	1,16	0,70	1,355	1,61	1,14	1,97
140	—	—	—	—	—	—	2,11	1,61	2,66	1,74	1,14	2,05	1,16	0,70	1,355	1,61	1,4	1,97
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,74	1,14	2,05	1,19	0,70	1,38	1,61	1,4	1,97
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,74	1,14	2,05	1,20	0,70	1,39	1,61	1,4	1,97

Обозначения:

r — активное сопротивление, *ом/км*;

x — реактивное сопротивление, *ом/км*: $x = x_1 + x_2$, где x_1 — внутреннее индуктивное сопротивление; x_2 — внешнее (принято: $x_2 = 0{,}4$ *ом/км*);

z — полное сопротивление, *ом/км*.

5. Стальная катаная проволока (ОСТ 502—41)

Сила тока *a*	Диаметр проволоки, *мм*								
	4			5			6		
	r	*x*	*z*	*r*	*x*	*z*	*r*	*x*	*z*
2	24,0	13,9	27,7	—	—	—	—	—	—
4	28,5	16,5	33,0	20,1	11,7	23,3	—	—	—
6	28,5	16,5	33,0	21,6	12,6	25,0	17,2	10,1	20,0
8	27,3	15,8	31,6	21,5	12,5	24,8	17,4	10,2	20,3
10	26,1	15,1	30,2	21,2	12,3	24,5	16,6	9,8	19,3
15	24,6	14,3	28,4	19,1	11,1	22,1	15,6	9,2	18,1
20	22,1	12,9	25,6	18,3	10,7	21,2	14,8	8,8	17,3
25	20,0	11,7	23,2	17,8	10,4	20,6	14,3	8,5	16,7
30	—	—	—	17,8	10,4	20,6	13,9	8,3	16,2
40	—	—	—	—	—	—	13,5	8,1	15,8
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Обозначения см. стр. 597.

6. Телеграфная линейная проволока

Ток в проводе *a*	Диаметр проволоки, *мм*								
	4			5			6		
	r	*x*	*z*	*r*	*x*	*z*	*r*	*x*	*z*
1	11,8	1,94	12,0	—	—	—	—	—	—
2	12,5	4,78	13,4	8,35	3,98	9,25	7,2	4,35	8,4
3	13,4	8,3	15,8	9,5	6,85	11,7	7,7	5,93	9,75
4	14,3	10,3	17,6	10,8	8,5	13,75	8,85	7,60	11,7
5	15,5	11,9	19,6	12,3	10,1	15,9	10,1	8,8	13,4
6	16,5	12,9	21,0	13,8	11,6	18,0	10,7	9,55	14,3
7	17,3	13,6	22,0	15,0	12,7	19,7	11,1	9,95	14,9
8	18,0	14,6	23,2	15,4	13,7	20,6	11,3	10,25	15,2
9	18,1	14,7	23,3	15,2	13,6	20,4	11,4	10,3	15,4
10	18,1	14,7	23,3	14,6	12,8	19,4	11,5	10,7	15,7
15	17,3	13,7	22,1	13,6	11,8	18,0	11,3	10,4	15,4
20	—	—	—	12,7	10,9	16,7	11,0	10,3	15,1
25	—	—	—	—	—	—	10,7	9,6	14,4

Обозначения см. стр. 597.

Примечание. Ввиду отсутствия данных в ОСТ 12426—39 о величинах *r*, *x* и *z* последние подсчитаны по ОСТ 2426.

§ 11. Значения $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ для проводов воздушных линий

1. Медные провода [1]

	Марка провода	Значения $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ *ом/км* при среднем расстоянии между проводами, *мм*											
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000
$\cos\varphi = 0{,}7$	МГ-10	1,524	1,535	1,545	1,555	1,564	1,575	—	—	—	—	—	—
	МГ-16	1,044	1,056	1,066	1,078	1,085	1,098	1,109	1,116	1,123	1,129	—	—
	МГ-25	0,751	0,764	0,773	0,783	0,792	0,804	0,815	0,822	0,830	0,836	0,842	—
	МГ-35	0,600	0,615	0,622	0,633	0,640	0,653	0,664	0,672	0,678	0,685	0,690	0,694
	МГ-50	0,482	0,494	0,504	0,515	0,523	0,536	0,546	0,554	0,561	0,567	0,572	0,577
	МГ-70	0,402	0,415	0,425	0,435	0,443	0,456	0,466	0,474	0,482	0,487	0,493	0,497
	МГ-95	0,349	0,361	0,372	0,381	0,389	0,403	0,413	0,420	0,428	0,434	0,440	0,444
	МГ-120	0,309	0,328	0,339	0,349	0,356	0,369	0,379	0,387	0,394	0,400	0,405	0,411
	МГ-150	—	0,302	0,312	0,322	0,330	0,342	0,353	0,361	0,369	0,374	0,380	0,385
$\cos\varphi = 0{,}8$	МГ-10	1,658	1,666	1,675	1,683	1,691	1,700	—	—	—	—	—	—
	МГ-16	1,117	1,127	1,136	1,145	1,152	1,162	1,170	1,177	1,183	1,188	—	—
	МГ-25	0,784	0,795	0,802	0,811	0,818	0,829	0,837	0,844	0,850	0,855	0,860	—
	МГ-35	0,612	0,625	0,631	0,640	0,647	0,657	0,666	0,673	0,678	0,684	0,688	0,692
	МГ-50	0,483	0,493	0,501	0,510	0,516	0,528	0,536	0,543	0,549	0,554	0,558	0,562
	МГ-70	0,392	0,403	0,411	0,420	0,427	0,438	0,447	0,453	0,460	0,465	0,469	0,472
	МГ-95	0,333	0,344	0,352	0,361	0,367	0,378	0,387	0,394	0,400	0,405	0,410	0,414
	МГ-120	0,291	0,307	0,316	0,325	0,331	0,342	0,351	0,357	0,363	0,369	0,373	0,377
	МГ-150	—	0,279	0,287	0,296	0,302	0,313	0,322	0,329	0,335	0,339	0,342	0,349
$\cos\varphi = 0{,}9$	МГ-10	1,772	1,779	1,785	1,791	1,797	1,803	—	—	—	—	—	—
	МГ-16	1,171	1,179	1,185	1,192	1,197	1,204	1,210	1,215	1,219	1,223	—	—
	МГ-25	0,800	0,809	0,814	0,820	0,826	0,833	0,839	0,844	0,849	0,852	0,856	—
	МГ-35	0,609	0,618	0,623	0,629	0,634	0,641	0,648	0,653	0,657	0,661	0,664	0,667
	МГ-50	0,465	0,473	0,479	0,486	0,491	0,498	0,505	0,509	0,514	0,518	0,521	0,523
	МГ-70	0,367	0,375	0,382	0,387	0,393	0,400	0,407	0,412	0,416	0,420	0,423	0,426
	МГ-95	0,303	0,310	0,317	0,323	0,327	0,336	0,342	0,346	0,351	0,355	0,358	0,361
	МГ-120	0,259	0,271	0,278	0,284	0,289	0,297	0,302	0,307	0,311	0,315	0,319	0,322
	МГ-150	—	0,241	0,247	0,253	0,258	0,266	0,272	0,277	0,281	0,285	0,289	0,292

[1] См. примечание на стр. 601.

2. Алюминиевые провода[1]

	Марка провода	Значения ($r\cos\varphi + x\sin\varphi$) *ом/км* при среднем расстоянии между проводами, *мм*									
		600	800	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000
$\cos\varphi = 0{,}7$	А-16	1,593	1,605	1,615	—	—	—	—	—	—	—
	А-25	1,115	1,129	1,137	1,148	1,156	1,169	—	—	—	—
	А-35	0,858	0,871	0,883	0,891	0,901	0,913	—	—	—	—
	А-50	0,717	0,731	0,741	0,750	0,761	0,772	0,781	0,788	0,795	0,802
	А-70	0,534	0,547	0,557	0,567	0,575	0,589	0,598	0,606	0,613	0,619
	А-95	0,437	0,450	0,459	0,469	0,478	0,490	0,502	0,508	0,516	0,521
	А-120	0,393	0,406	0,416	0,426	0,434	0,446	0,457	0,465	0,471	0,478
	А-150	0,345	0,358	0,367	0,378	0,386	0,399	0,409	0,417	0,425	0,430
	А-185	0,313	0,326	0,335	0,346	0,353	0,366	0,390	0,399	0,405	0,411
	А-240	—	0,295	0,304	0,313	0,324	0,336	0,345	0,354	0,361	0,365
$\cos\varphi = 0{,}8$	А-16	1,743	1,754	1,762	—	—	—	—	—	—	—
	А-25	1,200	1,211	1,218	1,227	1,234	1,245	—	—	—	—
	А-35	0,908	0,919	0,923	0,936	0,944	0,954	—	—	—	—
	А-50	0,749	0,761	0,769	0,777	0,786	0,795	0,803	0,810	0,816	0,821
	А-70	0,543	0,554	0,563	0,571	0,578	0,590	0,597	0,603	0,610	0,614
	А-95	0,433	0,444	0,452	0,460	0,468	0,478	0,488	0,493	0,499	0,505
	А-120	0,385	0,396	0,404	0,413	0,419	0,430	0,439	0,445	0,451	0,457
	А-150	0,332	0,343	0,351	0,360	0,366	0,378	0,386	0,393	0,399	0,404
	А-185	0,297	0,308	0,315	0,324	0,331	0,341	0,350	0,357	0,363	0,368
	А-240	—	0,274	0,282	0,289	0,298	0,308	0,317	0,324	0,330	0,334
$\cos\varphi = 0{,}9$	А-16	1,875	1,883	1,889	—	—	—	—	—	—	—
	А-25	1,265	1,274	1,279	1,285	1,291	1,299	—	—	—	—
	А-35	0,941	0,949	0,956	0,961	0,967	0,974	—	—	—	—
	А-50	0,765	0,773	0,780	0,785	0,792	0,799	0,805	0,809	0,814	0,818
	А-70	0,536	0,544	0,550	0,556	0,561	0,570	0,575	0,580	0,584	0,588
	А-95	0,415	0,424	0,429	0,435	0,441	0,448	0,455	0,459	0,464	0,468
	А-120	0,362	0,371	0,377	0,383	0,387	0,395	0,402	0,407	0,411	0,415
	А-150	0,305	0,313	0,319	0,325	0,330	0,338	0,344	0,349	0,353	0,357
	А-185	0,267	0,274	0,280	0,287	0,292	0,299	0,305	0,310	0,315	0,318
	А-240	—	0,239	0,245	0,250	0,256	0,264	0,270	0,276	0,280	0,284

[1] См. примечание на стр. 601.

3. Сталь-алюминиевые провода

3. Сталь-алюминиевые провода

	Марка провода	Значения ($r\cos\varphi + x\sin\varphi$) ом/км при среднем расстоянии между проводами, мм											
		1 500	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7500
$\cos\varphi = 0{,}7$	АС-35	0,883	0,896	0,906	0,914	0,920	0,926	—	—	—	—	—	—	—
	АС-50	0,687	0,700	0,710	0,716	0,724	0,730	—	—	—	—	—	—	—
	АС-70	0,561	0,574	0,581	0,592	0,598	0,604	0,610	0,616	0,619	—	—	—	—
	АС-95	0,469	0,482	0,492	0,500	0,506	0,512	0,518	0,524	0,527	—	—	—	—
	АС-120	0,427	0,440	0,450	0,458	0,464	0,470	0,476	0,482	0,485	—	—	—	—
	АС-150	0,390	0,403	0,413	0,421	0,427	0,433	0,439	0,445	0,448	—	—	—	—
	АС-185	—	—	0,376	0,384	0,390	0,396	0,402	0,408	0,411	—	—	—	—
	АС-240	—	—	0,346	0,354	0,360	0,366	0,372	0,378	0,381	0,385	—	—	—
	АС-300	—	—	—	—	—	—	—	—	0,355	0,359	0,363	0,366	0,369
	АС-400	—	—	—	—	—	—	—	—	0,335	0,339	0,343	0,346	0,349
$\cos\varphi = 0{,}8$	АС-35	0,927	0,938	0,946	0,953	0,958	0,963	—	—	—	—	—	—	—
	АС-50	0,705	0,716	0,724	0,731	0,736	0,741	—	—	—	—	—	—	—
	АС-70	0,562	0,573	0,581	0,588	0,593	0,598	0,603	0,608	0,612	—	—	—	—
	АС-95	0,460	0,471	0,479	0,486	0,491	0,496	0,501	0,506	0,510	—	—	—	—
	АС-120	0,412	0,423	0,431	0,438	0,443	0,448	0,453	0,458	0,465	—	—	—	—
	АС-150	0,372	0,383	0,391	0,398	0,403	0,408	0,413	0,418	0,422	—	—	—	—
	АС-185	—	—	0,350	0,357	0,362	0,367	0,372	0,377	0,381	—	—	—	—
	АС-240	—	—	0,317	0,324	0,329	0,334	0,339	0,344	0,348	0,352	—	—	—
	АС-300	—	—	—	—	—	—	—	—	0,319	0,323	0,326	0,322	0,331
	АС-400	—	—	—	—	—	—	—	—	0,299	0,303	0,303	0,309	0,311
$\cos\varphi = 0{,}9$	АС-35	0,951	0,959	0,965	0,970	0,974	0,978	—	—	—	—	—	—	—
	АС-50	0,713	0,711	0,717	0,722	0,726	0,730	—	—	—	—	—	—	—
	АС-70	0,545	0,553	0,559	0,564	0,568	0,572	0,576	0,579	0,582	—	—	—	—
	АС-95	0,433	0,441	0,447	0,452	0,456	0,460	0,464	0,467	0,470	—	—	—	—
	АС-120	0,381	0,389	0,395	0,400	0,404	0,408	0,412	0,415	0,418	—	—	—	—
	АС-150	0,337	0,345	0,351	0,356	0,360	0,364	0,368	0,371	0,374	—	—	—	—
	АС-185	—	—	0,306	0,311	0,315	0,319	0,323	0,326	0,329	—	—	—	—
	АС-240	—	—	0,271	0,276	0,280	0,284	0,288	0,291	0,294	0,297	—	—	—
	АС-300	—	—	—	—	—	—	—	—	0,264	0,267	0,267	0,271	0,273
	АС-400	—	—	—	—	—	—	—	—	0,243	0,246	0,248	0,250	0,252

Примечание. В вышеприведенных таблицах (пп. 1, 2, 3) среднее расстояние между проводами трехфазной линии определяется по формуле: $m = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}$, где a, b, c — соответственно расстояния между каждой парой фаз.

§ 12. Конструктивные данные голых проводов

1. Медные, алюминиевые и железные провода

Марка провода	Сечение *мм*²	Число проволок и их диаметр *мм*	Наружный диаметр провода *мм*	Вес *кг/км*	Строительная длина *м*
А. Медные провода					
МГ-10	9,9	1×3,55	3,55	88,0	900
МГ-16	15,88	7×1,7	5,1	145	4 000
МГ-25	24,25	7×2,10	6,3	222	3 000
МГ-35	34,36	7×2,5	7,5	314	2 500
МГ-50	49,48	7×3,0	9,0	452	2 000
МГ-70	68,7	12×2,7	11,2	626	1 500
МГ-95	93,52	12×3,15	13,1	850	1 200
МГ-120	118,78	12×3,55	14,8	1 080	1 000
МГ-150	148,07	19×3,15	15,8	1 345	800
Б. Алюминиевые провода					
А-16	15,89	7×1,7	5,1	44	6 300
А-25	24,48	7×2,11	6,3	68	5 500
А-35	34,36	7×2,50	7,5	95	4 500
А-50	49,48	7×3,00	9,0	137	3 500
А-70	68,9	7×3,54	10,6	190	2 500
А-95	96,53	7×4,19	12,6	266	1 750
А-120	117,00	19×2,8	14,0	323	1 500
А-150	151,85	19×3,19	16,0	419	1 250
В. Железные провода					
Ж-4	12,56	1×4	4	99	4 000
Ж-5	19,63	1×5	5	154	3 000
Ж-6	28,27	1×6	6	222	—
Ж-35	37,2	7×2,6	7,8	290	2 500
Ж-50	49,5	12×2,3	9,2	395	2 000
Ж-70	78,8	19×2,3	11,5	630	1 500
Ж-95	94,0	37×1,8	12,6	750	1 200
Ж-120 I	124,0	49×1,8	16,2	1 000	1 000
Ж-120 II	116,5	27×2	14,7	925	1 000

2. Бронзовые провода

Марка провода	Полное сечение провода *мм²*	Наружный диаметр провода *мм*	Число проводов и диаметр *мм*	Вес *кг/км*	Разрушающее усилие *кг*
Б-50	49,97	9,15	19×1,83	460	2 998
Б-70	70,27	10,85	19×2,17	640	4 075
Б-95	95,52	12,65	19×2,53	870	5 540
Б-120	121,21	14,25	19×2,85	1 100	7 030
Б-150	146,00	15,68	37×2,24	1 380	8 469

3. Сталь-алюминиевые провода

Марка провода	Полное сечение провода, *мм²*	Наружный диам. провода, *мм*	Отношение сечения А к С	Сталь		Алюминий		Вес, *кг/км*	Строительная длина, *м*
				Число проволок и их диаметр *мм*	Сечение *мм²*	Число проволок и их диаметр *мм*	Сечение *мм²*		
АС-35	38,9	8,25	8,73	3×1,3	4,0	6×2,12	34,9	128	4 500
АС-50	57,4	9,85	7,67	7×1,1	6,7	6×3,28	50,7	193	3 000
АС-70	79,9	11,65	7,6	7×1,3	9,3	6×3,87	70,6	269	2 000
АС-95	115,7	13,85	5,5	7×1,8	11,8	28×2,11	97,9	431	1 400
АС-120	141,4	15,3	5,43	7×2,0	22,0	28×2,33	119,4	504	1 400—2 400
АС-150	175,3	17,00	56,60	7×2,2	26,2	28×2,6	148,7	623	1 000—1 700
АС-185	218,1	19,1	5,33	7×2,5	34,4	28×2,89	183,7	781	800—1 500
АСУ-300	367,5	25,2	4,09	12×2,2	72,2	30×3,54	295,3	1 487	800
АСУ-400	506,9	29,3	4,42	19×2,5	93,3	30×4,19	413,6	1 880	600

4. Сталь-алюминиевые провода старых марок

Марка провода	Полное сечение провода $мм^2$	Наружный диаметр провода, $мм$	Отношения сечения A к C	Сталь		Алюминий		Вес, $кг/км$	Разрушающее усилие, $кг$
				Число проволок и диаметр $мм$	Сечение $мм^2$	Число проволок и диаметр $мм$	Сечение $мм^2$		
СА-35	73,3	11,3	2,06	7×1,4	10,8	26×1,75	22,5	262	2 100
СА-50	105,1	13,5	6,01	7×1,65	15,0	26×2,10	90,1	373	3000
СА-70	143,5	15,8	5,85	7×1,95	20,9	26×2,43	122,6	515	4 150
СА-95	193,7	18,3	5,96	7×2,25	27,8	26×2,85	165,9	687	5 600
СА-120	244,9	20,6	5,85	7×2,55	35,8	26×3,20	209,1	873	7 100
СА-150	309,8	23,1	5,92	7×2,85	44,6	26×3,60	264,7	1 100	8 950
СА-185	382,9	25,7	5,81	7×3,20	56,2	26×4,00	326,7	1 367	11 000
СА-240	491,7	29,1	6,13	19×2,15	68,9	26×4,55	422,8	1 740	14 200

Примечание. Цифра в маркировке провода указывает, какому сечению медного провода соответствует провод СА по проводимости. Например, провод марки СА-120, примерно, соответствует проводу М-120.

§ 13. Расход проводов на 1 *км* трехфазной воздушной линии передачи

Медные провода		Алюминиевые провода		Железные провода		Сталь-алюминиевые провода		
Марка	Вес $кг/км$	Марка	Вес $кг/км$	Марка	Вес $кг/км$	Марка	Вес, $кг/км$	
							Алюминия	Общий
М-10	275	А-16	136	Ж-4	304	АС-35	298	395
М-16	453	А-25	210	Ж-5	475	АС-50	432	596
М-25	707	А-35	294	Ж-6	685	АС-70	603	831
М-35	991	А-50	424	—	—	АС-95	835	1 382
М-50	1 415	А-70	586	Ж-35	895	АС-120	1 020	1555
М-70	1 979	А-95	822	Ж-50	1 220	АС-150	1 270	1 922
М-95	2 685	А-120	1 000	Ж-70	1 946	АС-185	1 570	2 415
М-120	3 400	А-150	1 295	Ж-95	2 320	АСУ-300	2 520	4 600
М-150	4 150	—	—	Ж-120 I	3 000	АСУ-400	3 520	5 820
—	—	—	—	Ж-120 II	2 830	—	—	—

Примечание. Длина провода увеличена на 3% на провес и возможные отходы.

§ 14. Минимально допустимые сечения проводов для воздушных линий передачи 3—35 *кв*

На линиях 3—35 *кв* в населенных и ненаселенных местностях допускается применение однопроволочных и многопроволочных проводов, начиная от нижеуказанных сечений:

Материал проводов	Напряжение, *кв*	
	3—10	20—35
Медные и стальные . .	10 *мм*²	16 *мм*²
Алюминиевые	16 *мм*²	25 [1] *мм*²

Диаметр однопроволочных стальных проводов не должен превышать 6 *мм*, а сечения однопроволочных алюминиевых и медных проводов не должны превышать 16 *мм*².

При пересечениях железных дорог нормальной и узкой колеи, электрифицированных железных дорог, автогужевых дорог I класса и автострад, канатных дорог, судоходных рек и бассейнов, надземных нефтепроводов, газопроводов, трубопроводов особого назначения, а также отдельных зданий и строений должны применяться многопроволочные провода с минимальным сечением: алюминиевые провода — 25 *мм*², а провода из других материалов — 16 *мм*².

§ 15. Минимально допустимые расстояния (в *см*) между проводами по условиям сближения их в пролете

1. Минимально допустимые расстояния между проводами для линий передачи 3, 6, 10 *кв*

Пролеты *м*	Марка провода				
	Ж-4; Ж-5 МГ-10; МГ-16; АС-35	Ж-6; МГ-25; АС-50	Ж-35; МГ-35; АС-70	Ж-50; МГ-50; АС-95	Ж-70; Ж-120; МГ-70; МГ-120; АС-120; АС-185
I и II районы климатических условий					
75 и ниже	80	80	80	80	80
100	90	90	90	90	90
125	—	110	110	110	110
150	—	—	—	130	130
175	—	—	—	150	150
200	—	—	—	—	175

[1] Однопроволочные провода не допускаются.

Пролеты, м	Марка провода				
	Ж-4; Ж-5; МГ-10; МГ-16; АС-35	Ж-6; МГ-25; АС-50	Ж-35; МГ-35; АС-70	Ж-50; МГ-50; АС-95	Ж-70; Ж-120; МГ-70; МГ-120; АС-120; АС-185
III и IV районы климатических условий					
50 и ниже	100	100	100	100	100
75	125	125	125	125	125
100	—	175	175	175	175
125	—	—	200	200	200
150	—	—	—	250	250

Примечания. 1. Расстояния действительны как для горизонтального, так и вертикального расположения проводов.

2. При алюминиевых проводах указанные в таблицах расстояния по сравнению с медными проводами увеличить на 20%.

3. Для участков линий, запроектированных с ослабленным тяжением проводов, расстояние между проводами увеличивать против значений, указанных в таблицах: для марок М и АС на 20%, для марки А на 40%.

2. Минимально допустимые расстояния между проводами для линий передачи 20—35 кв

Пролеты, м	Марка провода						
	Ж-4; Ж-5; МГ-16; АС-35	Ж-6; МГ-25; АС-50	Ж-35; МГ-35; АС-70	Ж-50; МГ-50; АС-95	Ж-70; МГ-70; АС-120	Ж-95; МГ-95; АС-150	Ж-120; МГ-120; АС-185
I и II районы климатических условий							
125 и ниже	225	200	200	200	200	200	200
150	275	250	250	225	200	200	200
175	—	—	300	275	250	250	225
200	—	—	325	300	275	275	250
225	—	—	325	325	300	300	300
250	—	—	325	325	325	325	325
III и IV районы климатических условий							
75 и ниже	275	275	275	250	250	250	250
100	300	300	300	275	275	275	275
125	325	325	325	300	275	275	275
150	350	350	350	325	300	300	300
175	—	—	—	325	325	300	300
200	—	—	—	325	325	325	325

2. Расстояние между проводами линий 35 *кв* корректируется по условиям грозоупорности.

§ 16. Расчетные климатические условия

Наименование величин		Значения для района климатических условий			
		I	II	III	IV
Температура воздуха °С	Наивысшая	+40			
	Наинизшая	—40			
	При гололеде	— 5			
	При скорости ветра 25 *м*/сек	— 5			
	При монтаже проводов и тросов	—15			
Скорость ветра *м*/сек	Нормальный режим. Провода и тросы свободны от гололеда	25			
	Нормальный режим. Провода и тросы покрыты гололедом	10		15	
	Аварийный режим. Провода и тросы покрыты гололедом	0			
	При температуре +40° С и —40° С	0			
	При монтаже проводов и тросов	10			
Толщина стенки льда в сантиметрах		0,5	1,0	1,5	2,0
Удельный вес льда		0,9			

Примечания. 1. В районах, где по условиям местности можно ожидать особо сильных ветров и гололедов, особо высоких или низких температур, приведенные в данном параграфе расчетные величины должны быть соответственно изменены.

2. Если гололед в данной местности повторяется не чаще 1 раза в 4 года, для ненаселенных мест многопроволочные провода рассчитываются по пределу текучести материала провода.

§ 17. Удельные нагрузки для голых проводов

1. Расчетные формулы

№№ пп.	Наименование удельной нагрузки	Обозначения и расчетные формулы
1	От собственного веса провода	γ_1
2	От веса льда при гололеде	$\gamma_2 = \frac{\pi b (d + b) \gamma_0}{1\,000 \cdot q}$
3	От собственного веса и веса льда на проводе	$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2$
4	От давления ветра на провод при отсутствии гололеда	$\gamma_4 = \frac{a_0 v_1^2 \cdot d}{1\,000 \cdot q}$
5	От давления ветра на провод при гололеде	$\gamma_5 = \frac{a_0 v_2^2 (d + 2b)}{1\,000 \cdot q}$
6	От собственного веса и давления ветра на провод при отсутствии гололеда	$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}$
7	От собственного веса, веса льда и давления ветра на провод при гололеде	$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2}$

Обозначения:

d — диаметр провода, *мм*,
q — сечение провода, *мм*^{2},
$a_0 = 0{,}06$ — коэфициент обтекания провода,
$\gamma_0 = 0{,}9$ — удельный вес льда,
v_1 — скорость ветра при отсутствии гололеда,
v_2 — скорость ветра при гололеде,
b — толщина льда, *мм*.

2. Удельные нагрузки для медных проводов, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$

Марка провода	q, $мм^2$	d, мм	Районы	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
МГ-10	10,0	3,57	I	0,0089	0,0121	0,0210	0,0134	0,0081	0,0161	0,0225
			II		0,0384	0,0473		0,0141		0,0493
			III		0,0790	0,0879		0,0454		0,0990
			IV		0,1380	0,1419		0,0585		0,1538
МГ-16	16,08	5,15	I	0,0089	0,0089	0,0178	0,0120	0,00565	0,01495	0,0187
			II		0,0268	0,0357		0,0094		0,0369
			III		0,0532	0,0621		0,0295		0,0683
			IV		0,0888	0,0977		0,0379		0,1050
МГ-25	24,95	6,40	I	0,0089	0,00645	0,01535	0,00962	0,00394	0,0137	0,0171
			II		0,01855	0,02745		0,00635		0,0281
			III		0,0365	0,0454		0,01965		0,0494
			IV		0,0598	0,0687		0,02510		0,0732
МГ-35	34,9	7,55	I	0,0089	0,00507	0,01397	0,00812	0,00302	0,01205	0,0143
			II		0,01418	0,02308		0,00475		0,0238
			III		0,0275	0,0364		0,0145		0,0392
			IV		0,0445	0,0554		0,0184		0,0565
МГ-50	50,10	9,06	I	0,0089	0,00396	0,01280	0,00678	0,00228	0,0112	0,0191
			II		0,01078	0,01968		0,00348		0,0200
			III		0,0201	0,0293		0,0105		0,0312
			IV		0,0328	0,0417		0,0132		0,0438
МГ-70	70,10	10,90	I	0,0089	0,0032	0,01210	0,00583	0,00179	0,01065	0,0122
			II		0,00845	0,01735		0,00264		0,0193
			III		0,0157	0,0245		0,00788		0,0258
			IV		0,0248	0,0337		0,00990		0,0351
МГ-95	94,60	12,60	I	0,0089	0,0232	0,01152	0,00498	0,00143	0,0102	0,01165
			II		0,00572	0,01562		0,00205		0,01580
			III		0,0124	0,0213		0,0061		0,0222
			IV		0,01945	0,02685		0,0075		0,0293
МГ-120	120,10	14,20	I	0,0089	0,00225	0,01115	0,00442	0,00121	0,00895	0,001125
			II		0,0057	0,0146		0,00171		0,0147
			III		0,0103	0,0192		0,00497		0,01985
			IV		0,0161	0,0250		0,0061		0,0258
МГ-150	149,80	15,90	I	0,0089	0,00196	0,01076	0,00398	0,00104	0,00975	0,0108
			II		0,0049	0,01380		0,00143		0,0139
			III		0,00875	0,01765		0,00412		0,01815
			IV		0,01350	0,02240		0,00503		0,0225

3. Удельные нагрузки для алюминиевых проводов, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$

Марка провода	g_1, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$	d, мм	Районы	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
А-16	15,89	5,10	I II III IV	0,0027	0,00896 0,0268 0,0536 0,0892	0,01166 0,0295 0,0563 0,0919	0,0120	0,0057 0,0095 0,0298 0,0384	0,0123	0,0130 0,0308 0,0536 0,0936
А-25	24,48	6,30	I II III IV	0,0027	0,0065 0,0188 0,0370 0,0606	0,0092 0,0215 0,3970 0,0633	0,00965	0,0040 0,00644 0,0200 0,0255	0,01005	0,0100 0,0225 0,0445 0,0682
А-35	34,36	7,50	I II III IV	0,0027	0,00514 0,0144 0,0287 0,0453	0,00784 0,0171 0,0314 0,0480	0,00820	0,00306 0,00480 0,01470 0,01865	0,00864	0,00792 0,01775 0,03470 0,05130
А-50	49,48	9,00	I II III IV	0,0027	0,0040 0,0109 0,0206 0,0331	0,00670 0,01358 0,00233 0,03580	0,00683	0,00236 0,00352 0,01055 0,01335	0,00735	0,0071 0,0140 0,0257 0,0382
А-70	68,9	10,60	I II III IV	0,0027	0,00320 0,00845 0,01645 0,02510	0,00590 0,01115 0,01915 0,02780	0,00578	0,00180 0,00266 0,00800 0,00990	0,00638	0,00616 0,01145 0,02030 0,02950
А-95	96,53	12,60	I II III IV	0,0027	0,00257 0,00681 0,01215 0,01910	0,00527 0,00931 0,01485 0,02180	0,0049	0,00140 0,00202 0,00556 0,00736	0,0056	0,00545 0,00956 0,01600 0,02300
А-120	117,09	14,00	I II III IV	0,0027	0,00229 0,0056 0,0105 0,0164	0,0045 0,0085 0,0132 0,0191	0,00449	0,00123 0,00174 0,00503 0,00623	0,00524	0,00515 0,00867 0,01416 0,01950
А-150	151,85	15,00	I II III IV	0,0027	0,00195 0,00485 0,00866 0,01340	0,00465 0,00755 0,01136 0,01610	0,00395	0,00102 0,00142 0,00408 0,00496	0,0048	0,00476 0,00768 0,01210 0,01685

Удельные нагрузки для сталь-алюминиевых проводов, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$

Марка провода	q, $мм^2$	d, $мм$	Районы	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
АС-35	38,9	8,25	I	0,00323	0,0048	0,00303	0,00795	0,00282	0,00858	0,00852
			II		0,0133	0,01650		0,00435		0,01705
			III		0,0254	0,02863		0,01330		0,03160
			IV		0,0410	0,04423		0,01675		0,0474
АС-50	57,4	9,85	I	0,0033	0,00365	0,00595	0,00645	0,00208	0,00725	0,00726
			II		0,00979	0,00131		0,00312		0,01345
			III		0,01845	0,02175		0,00935		0,02370
			IV		0,02940	0,03270		0,01170		0,03470
АС-70	79,9	11,65	I	0,0038	0,00295	0,00625	0,00548	0,00163	0,00634	0,00647
			II		0,00766	0,01096		0,00238		0,01125
			III		0,01420	0,01750		0,00705		0,01890
			IV		0,02240	0,02570		0,00874		0,02720
АС-95	115,7	13,85	I	0,00349	0,0023	0,00579	0,0045	0,00124	0,0057	0,0059
			II		0,0058	0,00933		0,00175		0,0095
			III		0,0106	0,01409		0,00511		0,0150
			IV		0,0165	0,01999		0,00628		0,0210
АС-120	141,4	15,30	I	0,0035	0,00202	0,00552	0,00405	0,00107	0,00536	0,00564
			II		0,00506	0,00856		0,0016		0,00870
			III		0,00910	0,01260		0,00432		0,01330
			IV		0,01410	0,01760		0,00528		0,01840
АС-150	175,3	17,00	I	0,00355	0,00177	0,00532	0,00365	0,00092	0,00504	0,0054
			II		0,00435	0,00790		0,00127		0,0080
			III		0,00775	0,01130		0,00362		0,0119
			IV		0,01190	0,01545		0,00439		0,0161
АС-185	218,1	19,10	I	0,00358	0,00156	0,00514	0,00328	0,00080	0,00486	0,00520
			II		0,00378	0,00736		0,001075		0,00745
			III		0,00665	0,01023		0,003040		0,01070
			IV		0,01010	0,01368		0,003560		0,0141 0
АСУ-300	367,5	25,2	I	0,00405	0,00116	0,00521	0,00257	0,000575	0,0048	0,00525
			II		0,00271	0,00606		0,00074		0,00680
			III		0,00465	0,00870		0,00202		0,00894
			IV		0,00595	0,01100		0,00240		0,01130
АСУ-400	506,9	29,3	I	0,00371	0,00095	0,00466	0,00216	0,000465	0,0043	0,00470
			II		0,00219	0,00590		0,000585		0,00594
			III		0,00371	0,00742		0,001580		0,00760
			IV		0,00550	0,00921		0,001840		0,00940

5. Удельные нагрузки для сталь-алюминиевых проводов старых марок, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$

Марка провода	q, $мм^2$	d, мм	Районы	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
СА-35	73,3	11,3	I II III IV	0,00357	0,00315 0,00825 0,0152 0,0242	0,00672 0,01182 0,01877 0,02777	0,0058	0,00175 0,00256 0,00761 0,00945	0,00582	0,00695 0,01210 0,02025 0,02831
СА-50	105,1	13,5	I II III IV	0,00355	0,00249 0,00534 0,01150 0,01803	0,00604 0,00989 0,01505 0,02155	0,00482	0,00134 0,00191 0,00560 0,00688	0,00600	0,0062 0,0100 0,0161 0,0227
СА-70	143,5	15,8	I II III IV	0,00359	0,00205 0,00509 0,00903 0,01410	0,00564 0,00868 0,01265 0,01769	0,00412	0,00108 0,00149 0,00431 0,00525	0,00547	0,00575 0,00832 0,01340 0,01850
СА-95	193,7	18,3	I II III IV	0,00354	0,00170 0,00413 0,00730 0,01120	0,00524 0,00767 0,01084 0,01474	0, 0354	0,00088 0,00118 0,00336 0,00405	0,00501	0,00532 0,00776 0,01240 0,01590
СА-120	244,9	20,6	I II III IV	0,00356	0,00148 0,00353 0,00617 0,00940	0,00504 0,00709 0,00973 0,01256	0,00316	0,00075 0,00099 0,00279 0,00334	0,00476	0,00503 0,00716 0,01080 0,01300
СА-150	309,3	23,1	I II III IV	0,00356	0,00129 0,00303 0,00524 0,00790	0,00485 0,00659 0,00890 0,01146	0,0028	0,00064 0,00084 0,00232 0,00276	0,00455	0,0049 0,0067 0,0092 0,0118
СА-185	382,9	25,7	I II III IV	0,00357	0,00113 0,00264 0,00452 0,00675	0,00470 0,00621 0,00809 0,01032	0,00252	0,00056 0,00072 0,00196 0,00232	0,00436	0,00474 0,00626 0,00834 0,01060
СА-240	491,7	29,1	I II III IV	0,00354	0,00098 0,00225 0,03810 0,00565	0,00452 0,00579 0,00735 0,00919	0,00222	0,00048 0,00060 0,00162 0,00190	0,00419	0,00455 0,00582 0,00752 0,00940

6. Удельные нагрузки для железных проводов, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$

Марка провода	q, $мм^2$	d, мм	Районы	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7
Ж-4	12,56	4,00	I II III IV	0,00785	0,0101 0,0315 0,0643 0,1080	0,01795 0,03935 0,07215 0,11585	0,0119	0,00880 0,01145 0,03650 0,01740	0,0143	0,0192 0,0410 0,0810 0,1253
Ж-5	19,64	5,00	I II III IV	0,00785	0,0072 0,0216 0,0432 0,0718	0,01505 0,02945 0,05105 0,07965	0,00955	0,00458 0,00764 0,02400 0,03090	0,0124	0,0158 0,0304 0,0565 0,0855
Ж-6	28,27	6,00	I II III IV	0,00785	0,0055 0,0160 0,0315 0,0520	0,01335 0,02385 0,03935 0,05985	0,00795	0,00340 0,00532 0,01715 0,02190	0,0112	0,0138 0,0244 0,0430 0,0638
Ж-35	37,2	7,8	I II III IV	0,00785	0,00485 0,0135 0,0260 0,0422	0,01270 0,02135 0,03385 0,05005	0,00786	0,00287 0,00448 0,01370 0,01785	0,0111	0,0131 0,0218 0,0365 0,0530
Ж-50	49,6	9,2	I II III IV	0,00785	0,00405 0,01095 0,0208 0,0334	0,0119 0,0186 0,02865 0,04125	0,00698	0,00233 0,00351 0,01030 0,01340	0,01055	0,0121 0,0192 0,0307 0,0434
Ж-70	78,8	11,5	I II III IV	0,00785	0,00296 0,0077 0,0143 0,0226	0,01081 0,01655 0,02215 0,03045	0,00547	0,00164 0,00240 0,00710 0,00882	0,00957	0,01098 0,01570 0,02380 0,03180
Ж-95	94,0	12,6	I II III IV	0,00785	0,00254 0,00678 0,0125 0,0196	0,01049 0,01463 0,02035 0,02745	0,00502	0,00144 0,00208 0,00611 0,00755	0,00933	0,0106 0,0148 0,0213 0,0285
Ж-120 I	124,0	16,2	I II III IV	0,00785	0,00241 0,00598 0,0107 0,0165	0,01025 0,01383 0,01855 0,02425	0,0049	0,00127 0,00175 0,00502 0,00612	0,00925	0,0104 0,0139 0,0192 0,0252
Ж-120 II	116,5	14,7	I II III IV	0,00785	0,00238 0,00600 0,01083 0,01680	0,01023 0,01385 0,01865 0,02465	0,00472	0,00127 0,00179 0,00520 0,00635	0,00917	0,01035 0,01400 0,01935 0,02550

§ 18. Допускаемые напряжения в медных, алюминиевых, железных и сталь-алюминиевых проводах

1. Расчетная формула для медных, алюминиевых и железных проводов

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{вр}}{n},$$

где σ_m — максимально допускаемое напряжение в проводе, $кг/мм^2$,
$\sigma_{вр}$ — временное сопротивление провода, $кг/мм^2$,
n — коэфициент запаса прочности.

Ослабленное тяжение в проводах применяется в следующих случаях:

1. При прохождении линий электропередачи до 10 *кв* включительно по населенным местам и территориям промышленных предприятий.

2. При пересечении линиями электропередачи независимо от их напряжения:

а) автострад, автогужевых дорог 1 класса;
б) путей магистральных железных дорог;
в) наземных нефтепроводов, газопроводов и трубопроводов особого назначения;
г) контактной сети электрифицированного транспорта;
д) линий связи всех классов;
е) отдельно стоящих зданий и строений;
ж) незамерзающих судоходных рек и каналов.

3. На верхней пересекающей линии при взаимном пересечении линий электропередачи.

Применение однопроволочных проводов на вышеперечисленных пересечениях не допускается.

Нормальное тяжение в проводах применяется во всех остальных случаях.

Значения $\sigma_{вр}$, n и σ_m

Провода (всех марок)	$\sigma_{вр}$, $кг/мм^2$	Нормальное тяжение		Ослабленное тяжение	
		n	σ_m, $кг/мм^2$	n	σ_m, $кг/мм^2$
Однопроволочные провода					
Медные	37	2,5	14,8	3,5	10,6
Железные	44		17,6		12,6
Многопроволочные провода					
Медные	39	2	19,5	3	13,0
Алюминиевые	16		8		5,3
Железные	60		30		20

2. Расчетная формула для сталь-алюминиевых проводов

$$\sigma_m = \frac{\left(\frac{E_c}{E_a} + a\right)\sigma_a + (\alpha_a - \alpha_c)(t + 5^\circ)E_c}{1 + a},$$

E_c — модуль упругости стали — 20 000 *кг/мм²*,

E_a — модуль упругости алюминия — 6 300 *кг/мм²*,

α_a — коэфициенты линейного расширения стали и алюминия:

$$\alpha_c = 12 \cdot 10^{-6}; \quad \alpha_a = 23 \cdot 10^{-6},$$

t — температура: $t = -5^\circ$ С при $l > L_{кр}$; $t = -40^\circ$ С при $l < L_{кр}$,

a — отношение сечения алюминиевой части провода к сечению стальной части,

σ_a — допускаемое напряжение алюминиевого провода; при расчетах проводов с нормальным тяжением $\sigma_a = 8$ *кг/мм²*, с ослабленным тяжением — $\sigma_a = 5{,}3$ *кг/мм²*,

l — расчетный пролет, *м*,

$L_{кр}$ — критический пролет, *м*.

Значения σ_m

Марка провода	Сечение, *мм²*		$a = \frac{q_a}{q_c}$	Фиктивные[1] допускаемые напряжения в проводе, *кг/мм²*			
				нормальное тяжение		ослабленное тяжение	
	алюминиевая часть q_a	стальная часть q_c		σ'_m при $l > L_{кр}$	σ''_m при $l < L_{кр}$	σ'_m при $l > L_{кр}$	σ''_m при $l < L_{кр}$
АС 35	34,9	4,0	8,73	9,30	8,50	6,03	5,19
АС 50	50,7	6,7	7,67	9,47	8,60	6,13	5,20
АС 70	70,6	9,3	7,6	9,50	8,62	6,15	5,21
АС 95	97,6	11,8	5,5	9,98	8,80	6,40	5,22
АС 120	119,4	22,0	5,43	10,00	8,81	6,45	5,23
АС 150	148,7	26,2	5,6	9,96	8,79	6,39	5,22
АС 185	183,7	34,4	5,33	10,16	8,85	6,45	5,22
АСУ 300	295,3	72,2	4,09	10,57	9,06	6,70	5,19
АСУ 400	413,6	93,3	4,42	10,40	8,98	6,60	5,19

[1] Фиктивным называется условное (расчетное) напряжение в проводе, которое имело бы место при работе обеих частей провода (стальной и алюминиевый) с одинаковым напряжением — *кг/мм²*.

Значения σ_m для сталь-алюминиевых проводов старых марок

Марка провода	Фиктивные допускаемые напряжения, кг/мм²			
	нормальное тяжение		ослабленное тяжение	
	σ'_m при $l > L_{кр}$	σ''_m при $l < L_{кр}$	σ'_m при $l > L_{кр}$	σ''_m при $l < L_{кр}$
СА- 35	12,25	9,75	7,65	5,12
СА- 50	9,85	8,75	6,30	5,20
СА- 70	9,90	8,77	6,34	5,21
СА- 95	9,88	8,76	6,32	5,22
СА-120	9,90	8,77	6,34	5,21
СА-150	9,90	8,80	6,34	5,22
СА-185	9,92	8,78	6,35	5,22
СА-240	9,84	8,75	6,31	5,24

§ 19. Критические пролеты проводов

1. Расчетные формулы

Критические пролеты при медных, алюминиевых и стальных проводах:

$$L_{кр} = \sigma_m \sqrt{\frac{24\,a\,(t_{гол} - t_{мин})}{\gamma_7^2 - \gamma_1^2}}.$$

Критические пролеты при сталь-алюминиевых проводах:

$$L_{кр} = \sqrt{\frac{24\,\alpha\,a\,(t_{гол} - t_{мин})}{\left(\frac{\gamma_7}{\sigma'_m}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_1}{\sigma''_m}\right)^2}}.$$

Обозначения:

α — коэфициент линейного расширения провода,

a — отношение площади сечения алюминиевой части провода к площади сечения стальной части,

$t_{гол}$ — температура при гололеде,

$t_{мин}$ — минимальная температура.

Прочие обозначения см. §§ 17, 18, 20.

При определении приведенных ниже в таблицах (см. пп. 2, 3, 4) значений критических пролетов $t_{гол}$ принято $= -5°$ С; $t_{мин} -40°$ С.

Значения критических пролетов для медных, алюминиевых и железных проводов

Медные провода				Алюминиевые провода				Железные провода			
Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м	
		нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение
МГ-10	I	113	76	А-16	I	87,4	58	Ж-4	I	100,5	68,7
	II	48	32		II	36,2	24		II	45,2	62,9
	III	24	16		III	17,5	11,6		III	21,9	14,9
	IV	15	10		IV	11,2	7,4		IV	14,1	9,6
МГ-16	I	130	88	А-25	I	115,5	76,5	Ж-5	I	129,3	88,4
	II	55	43		II	49,8	33		II	59,9	41,0
	III	34	23		III	25	16,6		III	31,5	21,5
	IV	22	15		IV	16,3	10,8		IV	20,6	14,1
МГ-25	I	162	107	А-35	I	149,5	99	Ж-6	I	155	106
	II	87	58		II	63,4	42		II	76,3	52,4
	III	50	34		III	32,1	21,3		III	41,7	28,5
	IV	32	23		IV	21,6	14,6		IV	27,9	19,1
МГ-35	I	210	138	А-50	I	169	112	Ж-35	I	236	157,6
	II	106	71		II	80,8	53,5		II	148	99
	III	62	41		III	43,6	28,9		III	84,5	56,5
	IV	48	28		IV	29,2	19,3		IV	57,7	38,5
МГ-50	I	245	162	А-70	I	201	133	Ж-50	I	328	219
	II	132	86		II	100	66,3		II	172	115
	III	79	52		III	54	35,7		III	101,5	67,6
	IV	55	37		IV	37,6	25		IV	70,6	47,1
МГ-70	I	280	187	А-95	I	236	157	Ж-70	I	397	265
	II	144	95		II	121,5	80,4		II	222	148
	III	97	65		III	70,5	46,6		III	140,5	94
	IV	59	46		IV	48,5	32,1		IV	97,5	65

Продолжение

Медные провода				Алюминиевые провода				Железные провода			
Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м	
		нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение
МГ-95	I	310	205	А-120	I	254	168	Ж-95	I	423	282
	II	180	119		II	135	89,5		II	240	160,5
	III	116	77		III	80	53		III	152	101,5
	IV	84	56		IV	57,4	38,8		IV	110	73,5
МГ-120	I	338	226	А-150	I	283	187,5	Ж-120$_I$	I	443	299
	II	197	131		II	155	102,5		II	262	175
	III	132	88		III	94,4	62,5		III	172	115
	IV	97	64		IV	66,9	444		IV	126	84,1
МГ-150	I	385	251	—	—	—	—	Ж-120$_{II}$	I	448	299
	II	220	145		—	—	—		II	260	173
	III	148	98		—	—	—		III	170,5	114
	IV	113	75		—	—	—		IV	166	83

3. Значения критических пролетов для сталь-алюминиевых проводов

Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м	
		нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение
АС- 35	I	166,5	109,5	АС-50	I	210	139
	II	77,4	50,3		II	98,3	66
	III	41,1	26,7		III	56,4	36,4
	IV	27,3	17,8		IV	38,2	24,7

Продолжение

Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м		Марка провода	Район климатических условий	$L_{кр}$, м	
		нормальное тяжение	ослабленное тяжение			нормальное тяжение	ослабленное тяжение
АС-70	I	246	166	АС-185	I	426	318
	II	124	81		II	221,5	147,5
	III	71,1	46,3		III	140	93
	IV	48,9	31,6		IV	102,5	66,3
АС-95	I	316	218	АСУ-300	I	568	550
	II	161	105		II	282	194,5
	III	96	62		III	183,5	121
	IV	67,5	43,2		IV	136	88,6
АС-120	I	347	248	АСУ-100	I	—	—
	II	180	119		II	325	254
	III	114	71,2		III	230	154
	IV	77,5	50,1		IV	174,5	113
АС-150	I	384	279				
	II	201,5	134				
	III	128	81				
	IV	89,3	57,8				

4. Значения критических пролетов для сталь-алюминиевых проводов старых марок

Марка провода	Район климатических условий							
	I		II		III		IV	
	a[1]	$б$[1]	a	$б$	a	$б$	a	$б$
ПА-35	339	239	152	98,3	86,3	54,5	61	40,2
ПА-50	289	161	150	97	87,8	56,6	61,5	39,3
ПА-70	339	235	176	115,5	108	68,8	76,6	49
ПА-95	391	279	206	136	129	83,3	93	60
ПА-120	440	326	232	154,5	149	96,5	133	71,6
ПА-150	489	380	260	182	166,5	112	124,5	96,3

[1] a — нормальное тяжение.
$б$ — ослабленное тяжение.

Марка провода	Район климатических условий							
	I		II		III		IV	
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
СА-185	559	456	288	196	189	124	141	91,4
СА-240	623	550	328	222	215	141,5	161	105

§ 20. Формулы для механического расчета проводов

Напряжение в проводе, *кг/мм²*:

$$\sigma - \frac{l^2\gamma^2}{24\,\beta\sigma^2} = \sigma_m - \frac{l^2\gamma_m^2}{24\,\beta\sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta}\,(t - t_m)\ [1].$$

Стрела провеса провода

$$f = \frac{l^2\gamma}{8\sigma}\ [2].$$

В формулах обычно заданы величины: l, γ, γ_m, σ_m, α, β, t и t_m. Определяются $\sigma = \psi(l, t, \gamma)$ и $f = \psi(l, \sigma)$.

Уравнение (1) приводится к виду: $\sigma - \frac{A}{\sigma^2} = \pm B$ и решается методом подбора коэфициентов.

Обозначения:

l — расчетный пролет, *м*,
t — температура воздуха при расчетных условиях, °С,
γ — удельная нагрузка провода для расчетных условий, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$,
σ_m — максимально допустимое напряжение провода, *кг/мм²*,
γ_m — удельная нагрузка для наиболее тяжелого режима работы провода, $\frac{кг}{м \cdot мм^2}$; при $l > L_{кр}$ принимается $\gamma_m = \gamma_7$, при $l < L_{кр}$ принимается $\gamma_m = \gamma_1$ (см. § 17),
t_m — температура в °С для наиболее тяжелого режима работы провода; при $l > L_{кр}$ принимается $t_m = -5°$ С, при $l < L_{кр}$ принимается $t_m = -40°$ С,
$L_{кр}$ — критический пролет, *м*,
α — коэфициент линейного расширения провода (§ 21),
β — коэфициент упругого удлинения провода (§ 21),
σ — искомое напряжение в проводе в *кг/мм²*.

Примечания. 1. Для сталь-алюминиевых проводов величина σ_m при $l > L_{кр}$ принимается $= \sigma'_m$; при $l < L_{кр}$ принимается $= \sigma''_m$ (§ 18).

2. Значения γ_1 и γ_7 берутся из таблиц удельных нагрузок на провода (§ 17).

§ 21. Значения коэфициентов линейного расширения (α) и упругого удлинения (β) для проводов

Обозначения коэфициентов	Медные провода	Алюминиевые провода	Железные провода	Сталь-алюминиевые провода							
				АС-35	АС-50	АС-70	АС-95	АС-120	АС-150	АС-185	АСУ-300	АСУ-400
α	17·10⁻⁶	23·10⁻⁶	12·10⁻⁶	20,1·10⁻⁶	19,8·10⁻⁶	19,7·10⁻⁶	19·10⁻⁶	18,9·10⁻⁶	19·10⁻⁶	18,9·10⁻⁶	18,2·10⁻⁶	18,4·10⁻⁶
β	77·10⁻⁶	159·10⁻⁶	50·10⁻⁶	130·10⁻⁶	127·10⁻⁶	126·10⁻⁶	119·10⁻⁶	118·10⁻⁶	119·10⁻⁶	118·10⁻⁶	111·10⁻⁶	113,3·10⁻⁶

Формулы для определения значений коэфициентов α и β для сталь-алюминиевых проводов:

$$\alpha = \frac{\alpha_c E_c + \alpha_a E_a \cdot a}{E_c + a E_a}, \qquad \beta = \frac{1 + a}{E_c + a E_a},$$

где α_c и E_c — соответственно коэфициент линейного расширения и модуль упругости стали,

α_a и E_a — то же, но для алюминия,

a — отношение площади сечения алюминиевой части провода к площади сечения стальной части.

Значения коэфициентов α и β
для сталь-алюминиевых проводов старых марок

Марка провода	СА-35	СА-50	СА-70	СА-95
α	$16{,}2 \cdot 10^{-6}$	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$
β	$92{,}5 \cdot 10^{-6}$	$121{,}3 \cdot 10^{-6}$	$120{,}5 \cdot 10^{-6}$	$121 \cdot 10^{-6}$

Продолжение

Марка провода	СА-120	СА-150	СА-185	СА-240
α	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$	$19{,}15 \cdot 10^{-6}$	$19{,}1 \cdot 10^{-6}$	$19{,}25 \cdot 10^{-6}$
β	$120{,}5 \cdot 10^{-6}$	$121 \cdot 10^{-6}$	$120 \cdot 10^{-6}$	$121{,}5 \cdot 10^{-6}$

§ 22. Метод построения кривых тяжений проводов, $\sigma = f(l)$

(Обозначения см. § 20)

Для построения кривых $\sigma = f(l)$ следует пользоваться формулой:

$$l = \sqrt{\frac{\sigma - M}{\frac{B}{\sigma^2} - A}}, \quad \text{где} \quad A = \frac{\gamma_m^2}{24\beta\sigma_m^2}; \quad B = \frac{\gamma^2}{24\beta}; \quad M = \sigma_m + \frac{\alpha}{\beta}(t_m - t).$$

Индекс m при σ, γ и t показывает, что величина относится к исходным условиям, соответствующим максимальному напряжению в проводе. Те же величины без индекса относятся к заданным расчетным условиям. Задаваясь величиною σ, определяют l, причем при $l > L_{кр}$ значение σ должно быть $\geq \sqrt{\frac{B}{A}}$; при $l < L_{кр}$ — σ принимается от $\sigma = 0$ до величины, при которой кривая $l = f(\sigma)$ пересекается с той же кривой, построенной для случая $l > L_{кр}$. Указанное пересечение должно произойти в точке, соответствующей $l = L_{кр}$.

Пример расчета: Провод МГ-25; $\sigma_m = 19$ кг/мм²; $L_{кр} = 87$ м (район II); $\gamma_1 = 8{,}9 \cdot 10^{-3}$; $\gamma_m = 11{,}4 \cdot 10^{-3}$; $\gamma_7 = 28{,}1 \cdot 10^{-3}$; $\alpha = 17 \cdot 10^{-6}$; $\beta = 77 \cdot 10^{-6}$. Данные расчета сведены в таблицу:

A	B	M	σ	$\sigma - M = C$	$\frac{B}{24} - A = D$	$l = \sqrt{\frac{C}{D}}$	Примечания
$l > L_{кр} = 87$ м; $v = 25$ м/сек; $t_m = -5°$ С без гололеда; $\gamma_7 = 28{,}1 \cdot 10^{-3}$; $\gamma_6 = 13{,}7 \cdot 10^{-3}$							
$\frac{28{,}1^2 \cdot (10^{-3})^2}{24 \cdot 77 \cdot 10^{-6} \cdot 19^2} = 1180 \cdot 10^{-6}$	$\frac{13{,}7^3 \cdot (10^{-3})^2}{24 \cdot 77 \cdot 10^{-6}} = 102\,000 \cdot 10^{-6}$	$19 + \frac{17 \cdot 10^{-6}}{77 \cdot 10^{-6}} [-5 - (-5)] = 19$	9,5 10 10,5 11,5 15,5	9,5 9,0 8,5 7,5 4,0	$50 \cdot 10^{-6}$ $160 \cdot 10^{-6}$ $255 \cdot 10^{-6}$ $410 \cdot 10^{-6}$ $725 \cdot 10^{-6}$	436 238 185 135,5 74,5	$\sigma \geqslant \sqrt{\frac{102\,000}{1180}} = 9{,}3$ кг/мм²
$l < L_{кр} = 85$ м; $v = 25$ м/сек; $t_m = -5°$ С без гололеда							
$\frac{8{,}9^2 \cdot (10^{-3})^2}{24 \cdot 77 \cdot 10^{-6} \cdot 19^2} = 119 \cdot 10^{-6}$	$102\,000 \cdot 10^{-6}$	$19 + \frac{17 \cdot 10^{-6}}{77 \cdot 10^{-6}} [-40 - (-5)] = 11{,}3$	18 15 12 11,5	6,7 3,7 0,7 0,2	$196 \cdot 10^{-6}$ $335 \cdot 10^{-6}$ $590 \cdot 10^{-6}$ $635 \cdot 10^{-6}$	185 105 34,5 17,5	

По полученным данным строятся кривые $\sigma = f(l)$.

§ 23. Расчетные условия для деревянных опор линий передачи

Режим работы линии передачи	Типы опор	Схема расчета опор	Район климатических условий	Расчетная температура воздуха °С	Толщина слоя льда на проводах, см	Расчетная скорость ветра м/сек
Нормальный	Анкерные, полуанкерные, угловые, промежуточные опоры всех типов	1. Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	10 15
		2. Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда	I II III IV	—5	отсутствует	25
	Концевые	1. Провода и тросы не оборваны $l > L_{кр}$	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	10 15
		2. Провода и тросы не оборваны $l < L_{кр}$	I II III IV	—5 —40	отсутствует	0
Аварийный	Анкерные, полуанкерные, угловые, промежуточные усиленного типа	1. Оборваны (независимо от числа проводов на опоре) два провода одного пролета, дающие наибольший изгибающий момент на опору. Тросы не оборваны	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	

Продолжение

Режим работы линии передачи	Типы опор	Схема расчета опор	Район климатических условий	Расчетная температура воздуха °С	Толщина слоя льда на проводах, *см*	Расчетная скорость ветра *м/сек*
Аварийный	Анкерные, полуанкерные, угловые, промежуточные усиленного типа	2. Оборваны два провода одного пролета, дающие наибольший крутящий момент на опору. Тросы не оборваны	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	0
		3. Оборван (независимо от числа тросов на опоре) один трос, дающий наибольший изгибающий момент на опору. Провода не оборваны	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	0
		4. Оборван один трос, дающий наибольший крутящий момент на опору. Провода не оборваны	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	0
	Концевые опоры	1. Оборваны все провода, кроме двух, дающих наибольший крутящий момент на опору	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	0
		2. Оборваны все тросы, кроме одного, дающего наибольший крутящий момент на опору				

Продолжение

Режим работы линии передачи	Типы опор	Схема расчета опор	Район климатических условий	Расчетная температура воздуха °С	Толщина слоя льда на проводах, *см*	Расчетная скорость ветра *м/сек*
Аварийный	Промежуточные опоры нормального типа	1. Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий момент на опору. Тросы не оборваны	I II III IV	—5	0,5 1,0 1,5 2,0	0
		2. Оборван один провод, дающий наибольший крутящий момент на опору. Тросы не оборваны				
В условиях монтажа	Анкерные, полуанкерные, угловые, промежуточные усиленного типа	1. Смонтирована в одном из двух пролетов, примыкающих к опоре, независимо от числа подвешиваемых электрических цепей, лишь одна цепь. Тросы на опоре не смонтированы	I II III IV	—15	отсутствует	10
		2. Смонтировано в одном из двух пролетов, примыкающих к опоре, независимо от общего числа тросов на опоре, не более двух тросов. Провода на опоре не смонтированы				

Примечание. Промежуточные опоры нормального типа при применении штыревых изоляторов рассчитываются только на нормальный режим.

№ № п/п	Наименование	Единица измерения	Обозначение и расчетные формулы
1	Максимальное тяжение в проводе или тросе	*кг*	$S_м = \sigma_м q$
2	Тяжение в проводе или тросе при $t = -5°$ С; $v_1 = 25$ *м*/сек без гололеда	*кг*	$S_1 = \sigma_0 q$
3	То же при $t = -5°$С; $v_2 = 10$ или 15 *м*/сек при гололеде	*кг*	$S_2 = \sigma_7 q$
4	То же при $t = -5°$ С; $v = 0$ при гололеде	*кг*	$S_3 = \sigma_3 q$
5	То же при обрыве	*кг*	См. примечание
6	Вес пролета провода или троса без гололеда	*кг*	$g_1 = \gamma_1 ql$
7	То же при гололеде	*кг*	$g_2 = \gamma_3 ql$
8	Давление ветра на пролет провода или троса без гололеда; $v_1 = 25$ *м*/сек . .	*кг*	$P_1 = \gamma_4 ql$
9	То же при гололеде; $v_2 = 10$ или 15 *м*/сек	*кг*	$P_2 = \gamma_5 ql$

№№ п/п.	Наименование		Единица измерения	Обозначение и расчетные формулы	
10	Давление ветра на погонный метр столба при $v_1 = 25$ *м*/сек	Определяется исходя из среднего диаметра столба	*кг*/*м*	P_0'	$\alpha v_1^2 \frac{d_0 + d_n}{2}$
11	Давление ветра на погонный метр столба при $v_2 = 10$ или 15 *м*/сек . .		*кг*/*м*	P_0''	
12	Вес гирлянды и изоляторов для промежуточной опоры		*кг*	g_u'	
13	Вес гирлянды и изоляторов для анкерной опоры		*кг*	g_u''	
14	Вес 1 $м^3$ дерева		*кг*/$м^3$	$g_0 = 550$	
15	Вес монтажной люльки для промежуточной опоры		*кг*	$g_л' = 250$	
16	Вес монтажной люльки для анкерных опор		*кг*	$g_л'' = 500$	
17	Вес монтера и инструментов		*кг*	$g_м = 70$	

Обозначения:

σ_3, σ_6 и σ_7 — напряжения в проводе, определяемые по удельным нагрузкам γ_3, γ_6 и γ_7 (§ 17);
q — сечение провода;
l — расчетный пролет;
α — коэфициент обтекания цилиндра (опоры); $\alpha = 0{,}06$;
d_0 и d_n — диаметры вершины и комля столба в метрах. Значение $v_1 = 10$ *м*/сек принимается для I и II районов климатических условий; $v_2 = 15$ *м*/сек — для III и IV районов.

Примечание. При определении усилий, действующих на промежуточную опору с подвесными изоляторами и глухими зажимами при обрыве проводов, тяжение в проводе определяется с учетом отклонения точек подвеса провода.

25. Допускаемые напряжения в древесине деревянных опор

1. Допускаемые напряжения для сосны (предел I)

№ строк	Наименование напряжения	Условные обозначения	Допускаемые напряжения кг/см²	Пояснения
1	Изгиб	σ_u	120	—
	Растяжение вдоль волокон	σ_p	80	
2	Сжатие и смятие вдоль волокон . .	σ_c, $\sigma_{c.м}$	120	При смятии под углом допускаемые напряжения рассчитываются по формуле: $\sigma_{c\alpha} = \frac{\sigma_{c.м}}{1 + \left[\frac{\sigma_{c.м}}{(\sigma_{c.м})_{90°}} - 1\right] \sin^2 \alpha}$
	Сжатие и смятие поперек волокон по всей поверхности и в щековых врубках . . .	σ_c, $(\sigma_c)_{90°}$	18	
3	Смятие поперек волокон на части длины и в лобовых врубках . .	$(\sigma_{c.м})_{90°}$	30	Относится к случаям, когда длина свободного конца элемента, подвергающегося смятию, не менее его толщины и, во всяком случае, не менее 10 *см*, а также к случаям расчета опорных плоскостей деревянных конструкций
6	Скалывание вдоль волокон в лобовых врубках . . .	τ	12	Относится к случаям, когда длина скалывания в направлении врезки не превышает двукратной толщины (брутто) рассчитываемого элемента и одновременно не превышает 10-кратной глубины врезки
7	Скалывание вдоль волокон в щековых врубках:			Относится к случаям, когда длина скалывания в направлении врезки не превышает 5-кратной толщины (брутто) рассчитываемого элемента и одновременно не превышает 10-кратной глубины врезки
	а) в сопряжении под углом $< 30°$ . . .	τ	6	
	б) в сопряжении под углом $\geqslant 30°$ . . .	τ	4	
8	Скалывание при изгибе	τ_u	22	—

При расчете механической прочности деревянных опор установлены три предела допускаемых напряжений — I, II, III.

Предел I применяется при расчете всех типов опор при нормальном режиме работы линий

Предел II применяется при расчете анкерных, полуанкерных, концевых и специальных опор при аварийном режиме работы линий.

Предел III применяется при расчете:

а) промежуточных опор нормального и усиленного типа при аварийных режимах работы линий,

б) опор всех типов при всех режимах работы линий, при расчете их на единичные случаи ураганного ветра скоростью свыше 25 *м*/сек.,

в) для опор всех типов в условиях монтажа проводов и тросов, а также подъема опор.

В зависимости от предела допускаемых напряжений, к значениям таблицы пункта 1 применяются следующие коэфициенты (φ):

Предел допускаемых напряжений .	I	II	III
Переходный коэфициент	1,0	1,6	2,0

2. Допускаемые напряжения для дуба, лиственницы, ели и пихты

При использовании леса указанных пород к основным допускаемым напряжениям (см. п. 1) применяются следующие коэфициенты (φ).

Порода леса . . .	Дуб	Лиственница	Ель	Пихта
Коэфициент . . .	1,15	1,2	0,8	0,85

3. В случае, когда элементы опор должны быть рассчитаны не только на сжатие и смятие вдоль волокон, но и на продольный изгиб, — к значениям, приведенным в пункте 1, должны быть применены следующие коэфициенты (φ).

Значение коэфициента φ

$\beta = \frac{l}{r}$	$\frac{l}{h}$	$\frac{l}{d}$	φ	$\frac{1}{\varphi}$	$\beta = \frac{l}{r}$	$\frac{l}{h}$	$\frac{l}{d}$	φ	$\frac{1}{\varphi}$
5	1,5	1,3	0,97	1,04	60	17,4	15	0,58	1,72
10	2,9	2,5	0,93	1,08	70	20,3	17,5	0,51	1,96
20	5,8	5	0,86	1,16	80	23,2	20	0,44	2,27
30	8,7	7,5	0,79	1,26	90	26,1	22,5	0,37	2,70
40	11,6	10	0,72	1,39	100	28,9	25	0,30	3,33
50	14,5	12,5	0,65	1,54	110	31,8	27,5	0,25	4,03

$\beta = \frac{l}{r}$	$\frac{l}{h}$	$\frac{l}{d}$	φ	$\frac{1}{\varphi}$	$\beta = \frac{l}{r}$	$\frac{l}{h}$	$\frac{l}{d}$	φ	$\frac{1}{\varphi}$
120	34,7	30	0,21	4,80	170	49,3	42,5	0,10	10,0
130	37,6	32,5	0,18	5,64	180	52,1	45	0,09	11,0
140	40,5	35	0,15	6,53	190	54,9	47,5	0,08	12,0
150	43,4	37,5	0,13	7,50	200	57,8	50	0,07	14,0
160	46,3	40	0,11	9,00					

Обозначения:

l — расчётная длина сжатого элемента; $r = \sqrt{\frac{I_{бр}}{F_{бр}}}$ — наименьший радиус инерции сечения сжатого элемента; $I_{бр}$ и $F_{бр}$ — момент инерции и площадь сечения (брутто); h — меньшая сторона сжатого элемента (при прямоугольном сечении); d — диаметр сжатого элемента (при круглом сечении).

Диаметр d определяется следующим образом:

а) при шарнирном закреплении обоих концов:

$$d = 0{,}2\,(2{,}8d_0 + 2{,}2d_к),$$

б) при элементе, заделанном толстым концом:

$$d = 0{,}33\,(d_0 + 2d_к),$$

в) при элементе, заделанном тонким концом:

$$d = 0{,}25\,(3d_0' + d_к'),$$

где d_0 — диаметр тонкого конца, $d_к$ — диаметр толстого конца, d_0' и $d_к'$ — диаметры тонкого и толстого концов в месте заделки.

Элементы, для которых значения $\beta = \frac{l}{r} > 200$, допускается применять только в виде свободностоящих столбов. В этом случае $\varphi = \frac{3\,000}{\beta^2}$.

§ 26. Основные и производные допускаемые напряжения (*кг/см*²) в металлических элементах деревянных опор

1. Основные допускаемые напряжения (растяжение, сжатие и изгиб)

Расчетный режим	Марки сталей				
	СТ-5	СТ-4	СТ-3	СТ-2	СТ-1
Нормальный	1 750	1 400		1 200	
Аварийный (§ 23) . . .	2 700	2 100		1 800	

Основные допускаемые напряжения для немаркированной стали на основе соответствующих испытаний определяются по формуле:

$$\sigma' = \sigma \frac{\sigma_в' \Sigma'}{900} \text{ кг/см}^2,$$

где $\sigma_в'$ — временное сопротивление испытуемой немаркированной стали, $кг/см^2$,

Σ' — относительное удлинение испытуемой немаркированной стали, %,

σ — допускаемое напряжение для стали ближайшей низшей (по временному сопротивлению) марки, $кг/см^2$.

2. Производные допускаемые напряжения (срез, смятие)

Род напряжения	Режим работы					
	нормальный			аварийный		
	Марки сталей					
	СТ-5	СТ-4 СТ-3	СТ-2 СТ-1	СТ-4 СТ-5	СТ-2 СТ-3	СТ-2 СТ-1
Срез	1 400	1 100	950	2 150	1 650	1 400
Смятие торцевой поверхности .	2 600	2 100	1 800	4 000	3 100	2 600

При применении немаркированной стали к производным допускаемым напряжениям вводятся коэфициенты: при срезе — $k = 0{,}8$; при смятии торцевой поверхности — $k = 1{,}5$.

3. Допускаемые напряжения для болтов и заклепок

Изделия	Усилия	Режим работ			
		нормальный		аварийный	
		Марки сталей			
		СТ-3 и выше	СТ-2 СТ-1	СТ-3 и выше	СТ-2 СТ-1
Заклепки	Срез	1 100	950	1 550	1 350
	Смятие	2 400	2 050	3 400	2 900
	Отрыв головок .	850	700	1 200	1 000
Черные болты	Срез	850	700	1 200	1 000
	Смятие	1 700	1 450	2 400	2 000
	Растяжение . .	1 100	950	1 550	1 350

§ 27. Минимальная глубина заложения фундаментов опор

1. Минимальная глубина h заложения одностоечных опор для линий передачи 3—10 *кв* без укрепления их ригелями (в метрах):

$$h = \sqrt{\frac{6\,M}{0{,}7\,d\,\sigma}},$$

где M — опрокидывающий момент, *тм*,
d — диаметр опоры у поверхности земли,
σ — допускаемое напряжение в грунте на сжатие, $т/м^2$,
0,7 — коэфициент, учитывающий цилиндрическую форму опоры.

Значение σ в $т/м^2$ для различных грунтов:[1]

Слабый	Средний	Прочный
10	25	50

2. Минимальная глубина заложения для сложных опор

$$h = \sqrt[3]{\frac{12{,}7 M_{max}\, n_1}{A\,b}},$$

где h — минимальная глубина заложения, *м*,
M_{max} — максимальный опрокидывающий момент (в *тм*) относительно сечения на уровне земли,
n_1 — коэфициент запаса устойчивости,
A — постоянная, характеризующая грунт, $т/м^3$,
b — расчетная ширина подземной части стула, *м* (для ригеля — его длина, при его отсутствии — диаметр комля).

Устойчивость анкерных опор, кроме того, проверяется на аварийный режим работы по формуле:

$$M_{опр} < M_a + M_в + M_р,$$

где $M_{опр}$ — опрокидывающий момент от натяжения проводов для наиболее нагруженной фермы, *тм*,
M_a — противодействующий момент от веса опоры, изоляторов и проводов при гололеде, *тм*,
$M_в$ — момент сопротивления выворачиваемой ноги, равный

$$M_в = \frac{A \cdot b \cdot h^3}{6{,}2\,n_1},$$

$M_р$ — противодействующий момент, обусловленный давлением грунта на ригель, равный

[1] К „слабым" относятся грунты, допускающие нагрузку не более 1 $кг/см^2$, „средним" — 2 $кг/см^2$, „прочным" — свыше 2 $кг/см^2$.

$$M_p = -\frac{c \cdot A \cdot h \cdot b \cdot l}{n_1},$$

где c — горизонтальное расстояние между ригелем и пятой опоры на уровне земли,

l — свободная длина ригеля.

Остальные обозначения — см. выше.

3. Коэфициенты запаса устойчивости опор в грунте (n_1)

Тип и режим работы опор	Условия применения коэфициентов	
	при сухих, нормально сырых и мокрых, но не разжиженных грунтах	при расчете опор на действие вертикальных нагрузок[1]
Опоры конечные, ответвительные, угловые и переходные при любых режимах работы	3,0	1,2
Анкерные опоры при нормальном режиме работы	2,0	1,2
Анкерные опоры при аварийном режиме работы и промежуточные опоры при нормальном режиме работы	1,75	1,1
Промежуточные опоры при аварийном режиме работы	1,25	1,0

§ 28. Дерево для опор

1. Основные применяемые породы леса: сосна, ель, пихта, лиственница.

2. Лес может быть применен как длинномерный, так и короткомерный с диаметром в верхнем отрубе не менее:

а) для подвергающихся расчету главных элементов опор (стойки, стулья и т. п.)

при напряжениях — 3, 6,10 *кв* . . . . . 16 *см*

„ „ — 20, 35 *кв* . . . . . 18 *см*

б) для вспомогательных, не подвергающихся расчету элементов опор (связи, ригели и т. п.), для всех напряжений — 14 *см*.

[1] Вес проводов с гололедом, траверз, изоляторов и собственный вес опор.

Длина бревен, *м*	От 4 до 8,5 с градацией через 0,5	9	11 и 13
Диаметр в верхнем отрубе, *см*	от 16 до 30	от 16 до 24	от 16 до 28

Естественная конусность (сбег) при расчетах принимается равной 1 *см* на 1 *м* длины столба. Бревна должны иметь припуск по длине около 7 *см*.

3. Консервация дерева. Консервация заводским путем не обязательна, однако необходимо предусматривать местную консервацию торцов и сечений методом поверхностной обмазки. В качестве антисептика рекомендуется уралит (смесь 85% фтористого натра с 15% динитрофенола) или креозот.

§ 29. Объемы круглых бревен ($м^3$) в зависимости от длины и диаметра d_0 в верхнем отрубе

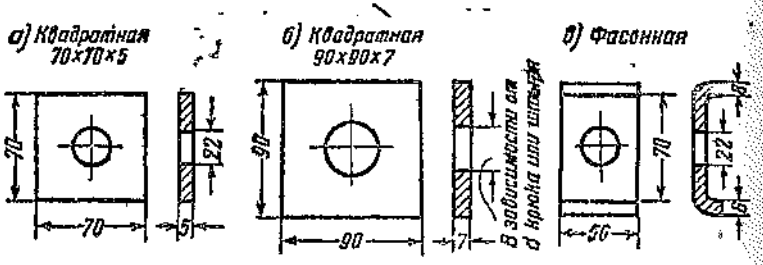
Диаметр (d_0), *см*	Длина (l), *м*										
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
14	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15
15	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17
16	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19
17	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21
18	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23
19	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26
20	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
21	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31
22	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,26	0,28	0,31	0,34
23	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25	5,28	0,31	0,34	0,37
24	0,10	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40
25	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43
26	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,47
27	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,46	0,50
28	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,54
29	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,36	0,40	0,44	0,49	0,53	0,58
30	0,17	0,21	0,26	0,29	0,34	0,38	0,43	0,42	0,52	0,57	0,62

Диаметр (d_0), *см*	Длина (l), *м*										
	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,0
14	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,31	0,33	0,37
15	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,37	0,42
16	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,41	0,46
17	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,51
18	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,56
19	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,62
20	0,31	0,34	0,35	0,39	0,42	0,45	0,48	0,52	0,55	0,59	0,67
21	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,50	0,53	0,56	0,60	0,64	0,73
22	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,70	0,79
23	0,40	0,44	0,47	0,51	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,75	0,85
24	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,63	0,67	0,71	0,76	0,81	0,91
25	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,98
26	0,51	0,55	0,59	0,63	0,68	0,72	0,78	0,83	0,88	0,93	1,05
27	0,54	0,59	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,89	0,94	1,00	1,13
28	0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,89	0,95	1,01	1,07	1,20
29	0,63	0,68	0,73	0,78	0,84	0,89	0,95	1,01	1,08	1,14	1,28
30	0,67	0,72	0,78	0,83	0,89	0,95	1,02	1,08	1,15	1,21	1,36

§ 30. Поковки для сборки деревянных опор

1. Шайбы (фиг. 10)

Применение шайб



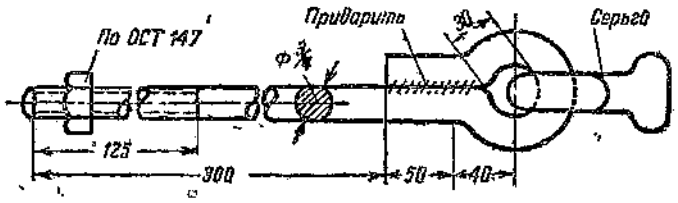
Фиг. 10.

а) Квадратная: $70 \times 70 \times 5$ *мм* — под болты для сборки деревянных опор.

б) Квадратная: $90 \times 90 \times 7$ *мм* — под штыри, заварные крюки (кольца) для крепления проводов.

в) Фасонная: $80 \times 50 \times 8$ *мм* — под болты для затяжки бандажей.

2. Болт с заварной серьгой, вес 1,32 *кг* (фиг. 11)

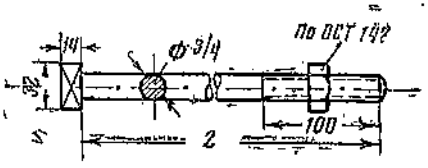


Фиг. 11.

Применяется для крепления подвесных изоляторов при подвесных и натяжных гирляндах.

3. Болты черные с квадратной головкой и шайбами (фиг. 12)

Длина *L* и вес болтов



Фиг. 12.

L, *мм*	250	300	350	400	450	500	550
Вес с гайкой *кг*	0,75	0,86	0,97	1,08	1,19	1,30	1,41

Продолжение

L, *мм*	600	650	700	750	800	900	950
Вес с гайкой *кг*	1,52	1,63	1,74	1,85	1,96	2,18	2,29

§ 31. Применение изоляторов различных типов на линиях передачи

1. Подвесные изоляторы

Номинальное напряжение линии передачи *кв*	Тип опор	Число элементов в подвесной гирлянде с изоляторами типов					Число элементов в натяжной гирлянде с изоляторами типов				
		П-2	П-4,5	ПР-3	ПС-2	ПС-3	П-2	П-4,5	П-7	ПП-4,5	НС-2
110	Деревянная .	—	5	5	5	5	—	5	5	6	6
	Металлическая	—	6	6	6	6	—	6	6	7	7
35	Деревянная .	3	2	2	2	2	4	3	—	4	3
	Металлическая	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	4—6	4—6	—	5—6	4—6

Пояснения. 1. Применение подвесных изоляторов на линиях передачи 3, 6, 10 *кв* допускается только в тех случаях, когда требуется повышенная механическая или электрическая прочность, но применение штыревых изоляторов на высшее напряжение или крепление проводов на нескольких штыревых изоляторах не удовлетворяет этим требованиям.

2. Количество элементов в подвесной гирлянде на линиях передачи 35 *кв* с металлическими опорами уточняется в соответствии с руководящими указаниями по защите от перенапряжений установок от 3 *кв* и выше.

3. Подвесные изоляторы специальных типов: ПР-3,5; ПС-2; ПС-3; ПП-4,5 и НС-2 применяются в зонах интенсивного загрязнения воздуха топочными уносами химических и металлургических заводов, солевыми отложениями вблизи морей и пр. Тип изоляторов выбирается в зависимости от характера и интенсивности загрязнения. Для линий передачи 6 и 10 *кв* в этих случаях применяются штыревые изоляторы на следующее высшее напряжение или изоляторы подвесного типа.

2. Штыревые изоляторы

а) Универсальный штыревой линейный изолятор типа УШЛ, выпускаемый в настоящее время союзными заводами, может применяться для напряжений 3, 6 и 10 *кв* как на деревянных, так и на металлических опорах.

б) Указания по применению выпускавшихся ранее изоляторов приведены в нижеследующей таблице:

Номинальное напряжение линии передачи, *кв*	Типы изоляторов	
	При деревянных опорах с незаземленными и не соединенными металлически между собой штырями изоляторов	При металлических опорах и деревянных с заземленными или металлически соединенными между собой штырями изоляторов
10	ШС-10; ШД-10; Томас; П-2; П-4,5	ШС-20; ШД-20; П-2; П-4,5
6	ШС-6; ШД-6; ШИ-6; Томас; П-2; П-4,5	ШС-10; ШД-10; П-2; П-4,5

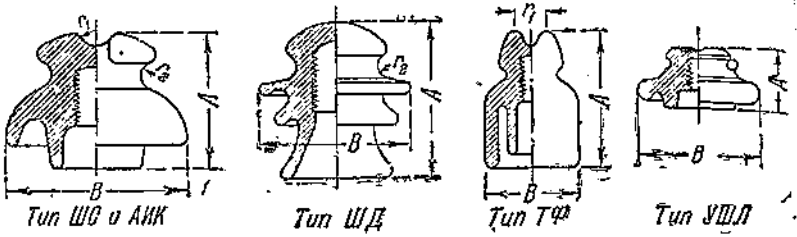
в) Для линий с деревянными траверзами и незаземленными штырями и крюками в случае необходимости могут быть, помимо изоляторов, указанных выше, применены также изоляторы типов:

Напряжение линии *кв*	Типы изоляторов
10	Ш-6; ШИ-6; ШД-6; (ОСТ 8370)
3—6	ТФ-1; ТФ-2; ТФ-3; АИК-1; АИК-2; АИК-3 (ОСТ 2852)

При этом необходимо по возможности производить выборочное испытание электрической прочности изоляторов. Во всех случаях должна быть произведена тщательная отбраковка изоляторов.

§ 32. Характеристики линейных изоляторов

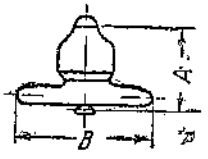
1. Штыревые изоляторы типов УШЛ, Ш, ШД, ШС (фиг. 13)



Фиг. 13. Штыревые изоляторы: *а*—типа ШС; *б*—типов Ш и ШД; *с*—типа УШЛ.

Тип штыревого изолятора	Номинальное эксплоатационное напряжение *кв*	Размер, *мм*		Механические характеристики		Электрические характеристики			
						Напряжение, *кв*			
		A	*B*	Нагрузка испытательная, *кг*	Нагрузка разрушающая, *кг*	Сухоразрядное	Мокроразрядное	Среднее пробивное	Минимальное пробивное
УШЛ	6—10	78	130	—	800	58,5	27,9	101,6	94,5
Ш-6	6	90	85	450	800	50	25	75	65
ШД-6	6	108	100	—	1 300	52	—	—	76
ШС-6	6	90	120	—	1 400	58	29	—	93
Ш-10	10	110	105	600	1 100	60	33	90	78
ШД-10	10	126	112	—	1 900	62	38	—	90
ШС-10	10	106	140	—	1 400	64	33	—	101
Ш-20	20	165	160	800	1 400	85	52	128	111
ШД-20	20	190	185	1 200	—	88	86	60	140
Ш-35	35	255	240	2 000	—	120	80	180	156
ШД-35	35	275	255	2 000	—	128	90	—	125

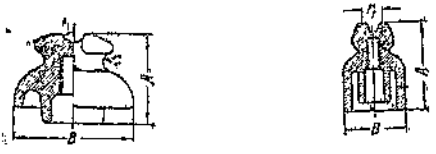
2. Подвесные изоляторы типа П (фиг. 14)



Фиг. 14.

Тип подвесного изолятора	Размер, *мм*		Механические характеристики		Электрические характеристики			
					Напряжение, *кв*			
	A	*B*	Нагрузка испытательная, *кг*	Нагрузка разрушающая, *кг*	Сухоразрядное	Мокроразрядное	Среднее пробивное	Минимальное пробивное
П-2	115	180	2 000	3 000	60	25	100	85
П-4,5	170	270	4 500	6 000	75	50	130	110
П-7	210	325	7 000	9 500	86	57	140	125

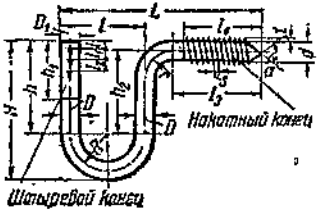
3. Изоляторы линейные типов АИК и ТФ (фиг. 15)



Фиг. 15. Изоляторы линейные: *а*—типа АИК; *б*—типа ТФ.

Тип	Фигура	Размеры, *мм*				Наибольшая допустимая нагрузка *кг*	Мокроразрядное напряжение, не менее *кв*
		A	*B*	r_1	r_2		
ТФ-3	16	90	72	18	—	450	—
ТФ-2	16	112	85	21	—	450	17
ТФ-1	16	135	93	24	—	450	17
АИК-3	16	58	62	6	6	450	—
АИК-2	16	77	79	7	8	700	—
АИК-1	16	95	95	9	9	850	—

§ 33. Крюки стальные для штыревых изоляторов (по ОСТ Главметиз 23/2022, фиг. 16)



Фиг. 16.

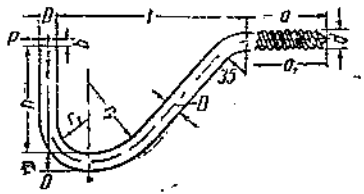
Типы крюков	Основные размеры крюков, *мм*					Размеры штыревой части крюков, *мм*					Вертикальная часть крюка, *мм*			Нарезная часть крюка, *мм*					Тип изолятора
	D	D_1	*H*	*C*	*L*	*h*	h_1	*l*	l_1	l_2	*R*	h_2	*r*	l_3	l_4	*t*	*S*	*a*	*d*	
КН18	18	16	144 ± 6	75 ± 5	204	98 ± 5	60	8	12	12	37 ± 2	89	30	91	78	3	6	Не более 60°	20	ТФ1 и ТФ2 (ОСТ 2852)
КН16	16	15	105 ± 4	60 ± 3	168	67 ± 3	40	5	10	10	30 ± 1,5	60	24	76	70	2	6		18	ТФ3 (ОСТ 2852)
КН12	12	12	80 ± 3	50 ± 2	127	49 ± 2	—	5	8	8	25 ± 1	45	18	53	53	2	6		13	ТФ4 (ОСТ 2852)

Допуск по диаметру ± 0,5 *мм*.

Крюки должны выдерживать, не изменяя своей формы, следующую нагрузку, приложенную в вертикальном направлении к штыревому концу: КН18 — 220 *кг*; КН16 — 165 *кг*; КН12 — 65 *кг*.

§ 34. Крюки стальные (ОСТ 3092) для штыревых изоляторов высоковольтных линий передачи

1. Крюки для изоляторов типа Ш (фиг. 17)

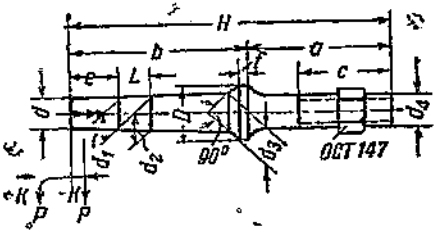


Фиг. 17.

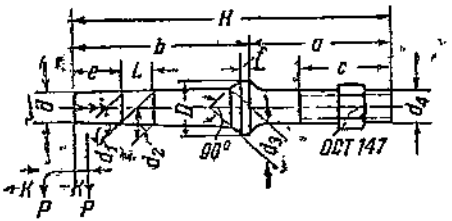
Тип крюка	Размеры, *мм*									Предельно допустимая нагрузка *кг*		Испытательная нагрузка, *кг*		Тип изолятора
	D	*d*	*a*	a_1	*l*	*h*	*b*	r_1	r_2	*P*	*Q*	*P*	*Q*	
КВ22	22	17	120	100	250	140	9	45	95	70	60	175	150	Ш-6, Ш-10 ОСТ 3370
КВ25	25	20	120	100	300	220	16	80	155	70	70	175	175	Ш-20 ОСТ 3370

Примечание. Допуски по размерам *D* . . . . . ± 0,5 *мм*.
Допуски по остальным размерам . . . . ± 3%.

§ 35. Штыри стальные (ОСТ 5093) для штыревых изоляторов воздушных линий (фиг. 18, 19)



Фиг. 18. Штырь стальной типа ШН.



Фиг. 19. Штырь стальной типа ШУ.

Обозначение штырей	Размеры, *мм*													Предельно допустимая нагрузка *кг*	Испытательная нагрузка *кг*	Тип изолятора
	d	d_1	d_2	d_3	d_4	D	a	b	c	$\pm k$	l	i	f	H			
ШН17	16	17	—	22	5/8″	30	60	125	55	—15	40	—	3	185	130	325	ТФ2 и ТФ1
ШН18	16	18	—	30	3/4″	38	100	130	50	—15	40	—	4	230	280	700	
ШН21	20	21	—	27	3/4″	38	105	130	65	9	44	—	4	235	200	500	Штыревые изоляторы 6—10 *кв*
ШУ22	20	22	25	31	7/8″	42	105	130	65	9	44	20	5	235	320	800	
ШУ24	20	24	27	35	1″	48	135	130	85	9	44	20	5	265	440		
ШН26	25	26	—	34	1″	50	135	210	85	16	60	—	5	345	260	1 100	То же 10 *кв*
ШУ30	25	30	34	44	1 1/4″	55	170	210	90	16	60	30	5	380	560	650	Ш-20
ШН37	37	37	—	37	1″	50	150	315	85	17	80	—	5	465	240	1 400	
ШН38	37	38	—	48	1 1/2″	65	170	315	90	17	80	—	6	485	500	600	
ШН40	37	40	—	56	1 1/2″	70	180	315	100	17	80	—	7	495	800	1 250	Ш-35
																2 000	

Примечание. Допуски размеров: *для диаметров* ± 1 *мм; для остальных размеров* ± 3%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для I, II и III частей

1. Работы по техплану, справочники, бюллетени, сборники и альбомы Главэлектромонтажа.
2. Каталоги и справочники электротехнических заводов.
3. „Справочник электротехника" (СЭТ).
4. „Электротехнический справочник", Мосэнерго, Госэнергоиздат, 1942 г.
5. „Инженерная справочная книга".
6. Hütte.
7. „Правила устройства установок промышленных предприятий", 1944 г.
8. „Инструктивные указания по экономии электроэнергии", Мосэнерго, 1941 г.
9. Теплоэлектропроект. „Таблицы допускаемых нагрузок на голые провода и шины", 1942 г.
10. Журн. „Вестник электропромышленности", 1938 г., № 12, 1940 г., № 7—8 и 1941 г., № 4.
11. Журн. „Электрификация и электромонтер".
12. Журн. „Электричество", 1935—1940 г., статьи Гейлера Л. Б.
13. Iron and Steel, Engineer, 1936 г.
14. „Справочник по расчету сопротивлений", Вешеневский С. Н.
15. Рукавишников, „Электротехника".
16. Гретц, „Техника сильных токов".
17. Rziha und Seidener, „Starkstromtechnik".
18. Левицкий, „Электроремонт на предприятиях".
19. Либерман, „Подстанции малой мощности", 1941 г.
20. Вайнер А. Л., „Заземления", 1938 г.
21. Карпов, „Электрический расчет распределительных сетей и линий передачи".
22. Лившиц, „Электрические машины".
23. Алексеев, „Конструкция электрических машин".
24. Фур, „Промышленные испытания электрических машин".
25. Свирский и Попов, „Испытания машин постоянного тока".
26. Ривлин, „Монтаж и ремонт электрических машин".
27. Вольпин, Гемке и др., „Обмотки электрических машин".
28. С. А. Пресс, „Электрооборудование металлорежущих станков".
29. А. Н. Оглоблин, „Справочник токаря".

Для IV части

1. Работы по техплану, справочники, бюллетени, сборники и альбомы Главэлектромонтажа.

2. Каталоги и справочники электротехнических заводов.

3. „Правила устройства электроустановок промышленных предприятий", 1944 г.

4. „Электротехнический справочник" Мосэнерго, Госэнергоиздат, 1942 г.

5. С. А. Ульянов, „Токи короткого замыкания", ОНТИ, 1937 г.

6. А. Я. Рябков, „Электрический расчет высоковольтных линий электропередачи", 1934 г.

7. Общесоюзные стандарты.

8. „Правила технической эксплоатации электрических станций и сетей", Госэнергоиздат, 1940 г.

9. „Противопожарные правила проектирования и устройства электрических станций и подстанций". НКЭС, 1941 г.

10. Проект „Правил устройства электротехнических установок сильного тока", ГОНТИ, 1939 г.

11. „Практические методы расчета токов к. з.", Х. О., ТЭП, 1940 г.

12. А. Б. Чернин, „Упрощенный американский метод расчета токов к. з.", ж. „Электричество", № 10, 1934 г.

13. А. Б. Чернин, „Практические указания к расчету токов к. з. по упрощенному американскому методу", ж. „Электричество", № 11, 1934 г.

14. „Руководящие указания для определения термического и механического действия токов к. з., СЗО ТЭП.

15. Работы по расчету токов к. з., М. О. ТЭП, 1940 г.

16. А. С. Либерман и Б. А. Поляков, „Снабжение промышленных предприятий реактивной энергией", 1939 г.

17. „Руководящие указания по расчету токов к. з. НКЭС, 1944 г.

18. „Руководящие указания по релейной защите", Главэнерго, 1939 г.

19. „Руководящие указания по релейной защите в особых условиях", ТО НКЭС, Госэнергоиздат, 1942 г.

20. „Питание оперативных цепей релейной защиты переменным током", М. О. ТЭП, 1941 г.

21. Н. Н. Ламтев, „Ремонтно-зарядные аккумуляторные станции".

22. Н. Н. Селезнев, „Особенности включения в сеть счетчиков типа И и ИР", ж. „Электромонтер", № 1, 1938 г.

23. Н. Н. Селезнев, „Счетчики типов И, Ич и $И_{ч_1}$ завода „Электроприбор", ж. „Электромонтер", № 8, 1938 г.

24. Н. Н. Селезнев, „Счетчики реактивной энергии", 1938 г.

25. „Электрические машины", под редакцией Г. Н. Петрова, 1940 г.

Для V части

26. „Правила устройства электроустановок промышленных предприятий", 1944 г.

27. Ф. Ф. Карпов, „Расчет электрических распределительных сетей и линий передачи", часть I и II, Госэнергоиздат, 1941 г.

28. Электротехнический справочник Мосэнерго, Госэнергоиздат 1942 г.

29. Дуткин, „Памятка монтера-воздушника", Госэнергоиздат, 1943 г.

30. А. А. Глазунов, „Электрические сети и системы". Часть II, Госэнергоиздат, 1940 г.

31. Армсеть. Информационный материал, „Изоляторы", раздел ИЛ, выпуск 1939 года.

32. „Единые нормы проектирования и устройства механической части электрических воздушных линий сильного тока". Госэнергоиздат, 1939 г.

33. И. А. Елкин и И. В. Коптев, „Воздушные и кабельные линии связи и их защита". Часть первая, Связьиздат, 1939 г.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Аварийные токи для разных схем включения трансформаторов тока и реле 513
Автоматы быстродействующие постоянного тока типа БДА 464
— типа ВАБ 465
Автотрансформаторы. Коэфициент полезного действия 389
— коэфициент трансформации 389
— область применения 389
— схемы включения 390
— пусковые трехфазные масляные 236-238
Аккумуляторы стартерные, переносные — технические данные 477-480
— стационарные, технические данные 471-474
— — установочные размеры 474-476
Активное сопротивление кабелей, см. Кабели
Амперметры—технические данные 539-540
Аппаратура управления
— катушки контакторов и реле 267-270
— контакторы постоянного тока и реле 269
— контакторы, магнитные пускатели и реле (технические данные) 271, 272, 274
— контакторы ХЭМЗ'а (технические характеристики) 273
— магнитные пускатели (технические характеристики) 271
— предохранители низковольтные 276
— токи включения магнитных пускателей 272
— магнитные пускатели 271, 272, 274
Асинхронные электродвигатели, см. Электродвигатели

Б

Блинкеры—технические данные о работе на переменном токе 507-508
Болты для лэп, см. Поковки
Бревна для опор лэп 634-636
Бруски деревянные, см. Пиломатериалы

В

Ваттметры—технические данные 539-540
Схемы включения 524
Величины математические 12, 14
— тригонометрические 15
Вентиляторы—расчет мощности электродвигателей 254-255
Вентиляционные отверстия камер трансформаторов 563-565
Веса аккумуляторов 473, 480
— выпрямителей ртутных 457-458
— машин электрических 200-203
— трансформаторов 391
— шин 116-122
— различных материалов 33
Винты для дерева и металла (технические характеристики) 28-29
— выбор для открытой проводки 77
Воздушные линии, см. Линии
Воздуходувки—расчет мощности электродвигателей 254-255
Вольтметры—технические данные 540
Воронки кабельные 78
— фарфоровые (выбор для эбонитовых трубок) 75-77
— фарфоровые для шнуровой проводки 77
Вставки плавкие—выбор 88-92
— номинальные токи 105-107
— технические данные для предохранителей к трансформаторам 10—160 *ква*, 6 *кв* 517-518
Втулки фарфоровые
— для открытой проводки 77
— для шнуровой проводки 77
Выключатели масляные—технические данные 392-397
Выпрямители ртутные
— металлические—анодные провода (выбор) 463
— — аппараты для установок с ртутными выпрямителями 463-465
— — габариты и веса 457-458
— — КПД 456
— — перегрузка 456
— — охлаждение 458
— — регулирование сеточное 461-462
— — технические данные 454-455
— стеклянные—группы 465
— — для зарядки аккумуляторных батарей 466-467
— — для силовой нагрузки 468-470
Выработка энергии, см. Энергия

Г

Габариты приближения подстанций к зданиям по условиям пожарной безопасности 543-545
— человеческого тела в различных положениях 18
Газовая защита, см. Защита
Газы—воздействие на проводниковые и изолирующие материалы 25
Гайки, см. Метизы
Географическая широта 289
Глухари—выбор для открытой проводки 77
Голые провода (указания по применению) 73-74
Грунты—исследование для лэп 578

Д

Движение вращательное 149-150
— поступательное 148-149, 151-152
Дерево—применение при сооружении подстанций 549
— применение для опор лэп 634-636

Деревянные опоры (расчет), см. Опоры
Динамическая устойчивость электропривода с асинхронным двигателем 246-249
— изоляторов 370
— трансформаторов тока 371
— шин, 364-369
Доски деревянные, см. Пиломатериалы 32

Е

Единицы измерения 5-11

З

Заземление
— допустимые величины напряжения прикосновения 132-133
— — — 134-135
— расчет заземления
— расчет заземляющих и зануляющих проводок 135
— расчетные коэфициенты прикосновения 133-134
— части установок, подлежащие заземлению 132
Заземлители и заземляющие провода 136
Заземлители естественные (расчет) 140-143
Заземляющие устройства (расчет) 137-143
Зануление (расчет), см. также Заземление 143-146
Зарядные устройства для аккумуляторных батарей 481
Защита проводов и кабелей
— выбор плавкой вставки, уставки тока автомата, сечений проводов и кабелей 88-92
— предельные значения соотношений между пропускной способностью проводов и кабелей и номинальным током плавких вставок или током выключения автоматических выключателей 89-91
— наименьшие допустимые сечения изолированных проводов и кабелей в соответствии с током плавкой вставки 95-96
— релейная, см. Релейная защита
— газовая 490

И

Измерение, см. Единицы измерения
Измерительные приборы
— технические данные счетчиков, ваттметров, амперметров, вольтметров, частотомеров и фазометров 521-542
Изолирующие материалы (характеристики) 24
Изоляторы станционные для внутренних установок опорные 427
— — проходные 428
— для линий электропередачи 638-641
— — штыревые (характеристики) 639
— — подвесные характеристики 638,641
— — линейного типа ТФ и АИК 640
Изоляция—контроль изоляции 532-536
— — изоляция лэп 638-641
Испытательное напряжение для высоковольтной аппаратуры 443-444

К

Кабели бронированные (применение) 47
— зарядные токи и токи замыкания на землю трехжильных кабелей 64
— конструктивные данные
— — силовых кабелей с резиновой изоляцией 61-62
— — силовых кабелей с бумажной изоляцией 65—68
— — контрольных кабелей с резиновой изоляцией 69—70
— — контрольных кабелей (обзор) 78—81
— — с бумажной изоляцией 71—72
— монтажные материалы силовых и контрольных
— марки кабелей в зависимости от характера
— — выбор кабелей окружающей среды и способов прокладки 48—57
— сечения жил кабелей (стандартные) 58
— свинцовые трубы для соединительных муфт 79
— электрические характеристики 3-жильных кабелей сильного тока 63
— термическая устойчивость 3-жильных кабелей 3—6—10 *кв* 452—453
— указания по выбору кабелей с бумажной изоляцией по нагреву током нагрузки 97
Кабельные линии
— пропускная способность кабельных линий в *квт* кабелей СГ, СБГ и СБ четырехжильных 380 *в* 335
— то же трехжильных 380 *в* 335
— — » » 500 *в* 336
— — » » 3 *кв* 336
— — » » 6 *кв* 337
— — » » 10 *кв* 337
Камеры трансформаторов 558—561
— масляных выключателей 556—557
— вентиляционные отверстия камер трансформаторов 563—565
Кислоты — воздействие кислот на проводниковые и изолирующие материалы 25
Классификация помещений и производств по степени:
опасности поражения людей электрическим током 18—19
пожарной опасности 19—20
Климатические условия (расчетные) для лэп 607
Компенсация реактивной мощности 569—578
Компрессоры — расчет мощности электродвигателей 254—255
Конденсаторы статические, см. Компенсация
Контакторы — технические данные катушек 267—270
— постоянного тока (технические характеристики) 269
— ХЭМЗ'а (технические характеристики) 273
Контргайки, см. Метизы
Короткое замыкание
— условные обозначения 345—346
— формулы для пересчета и приведения сопротивлений к базисным условиям 346—348
— реактансы воздушных и кабельных линий и трансформаторов 348—349
— сопротивление элементов цепи короткого замыкания в % к базисной мощности 349—350
— реактансы синхронных машин 350—352
— реактансы турбогенераторов и гидрогенераторов 352—353
— комбинирование реактансов и токораспределение 354—356
— определение токов трехполюсного короткого замыкания 356—359
— периодическая составляющая тока короткого замыкания 356—357
— ударный ток короткого замыкания 358
— учет системы 359
— затухание периодической составляю-

ней тока короткого замыкания таблицы 360—362
Коэфициенты у. и помещениях щитов и распределительных сооружений 552—554
— мощности и загрузки нагрузок многодвигателей (определение по диаграмме) 185—186
— использования светового потока ламп накаливания 313
— линейного расширения проводов 621—623
— мощности для определения нагрузок 565
— мощности средневзвешенной и расчетной 569
— характерные величины коэфициента мощности 571
— мощности фидеров, питающих группы токоприемников, отражения 257, 282
— поправочный на число кабелей, температуру почвы, воды и окружающего воздуха при выборе сечений проводов 101
— спроса для определения нагрузок 256—257
— трансформации автотрансформаторов 389
— упругого удлинения проводов 621—622
Коэфициенты полезного действия
— автотрансформаторов 389
— вала червяка 160
— средний для различных звеньев передачи 160
— механической передачи 159
— ртутных выпрямителей 456
— электродвигателей постоянного тока 188
Крановые электродвигатели 189, 203—206
Кривые тяжения проводов, см. Линии
Критические пролеты проводов для лэп 616—620
Крюки для штыревых изоляторов 612—643

Л

Лампы накаливания
— нормальные 306
— биспиральные 306
— малого напряжения 307
— светомаскировочные 307
— параметры ламп 308
— удельная мощность, см. Освещение
Линии электропередачи воздушные
— габариты пересечений 581—588
— дерево для опор, см. Опоры
— значения $r\cos\varphi + x\sin\varphi$ для проводов 599—601
— конструкция голых проводов 602—604
— критический пролет для проводов 616—620
— методология проектирования 574—575
— нагрузки на голые провода 593, 608—613
— напряжения (механические) в проводах
— расчетная формула 614—615
— значения напряжений $\sigma_{гл}$ 615—616
— опоры, см. Опоры
— переходы линий 589
— пикетаж поковки для деревянных опор 636-637
— просеки для линий 590
— профиль (график) 579—580
— расстояния между проводами в пролете 605-606
— расчет линий механический 602—623
— расчет линий электрический 591-601
— сопротивление голых проводов 594—601
— трасса (изыскание) 575—578
— изоляция 638—641

М

Магнитные пускатели 271-272, 274
Магнитные станции (помещения для станций) 279—280
Манометрический термометр 490
Марки проводов и кабелей, см. Провода и Кабели
Масляные выключатели—технические данные 392—397
Математические формулы 12—15
Материал установочный для прокладки проводов с резиновой изоляцией 75-77
— установочный для открытой проводки 77
— установочный для шнуровой проводки 77
Материяжный для прокладки кабелей 78—81
— проводов изолирующие 24
— строительные 23
— характеристики конструктивные 26-34
— допускаемые напряжения 33—34
Машины электрические, см. Электродвигатели и Электрические машины
Метизы (контргайки, болты, винты для металла, винты для дерева, гайки, шайбы) 28-29
Методология светотехнического проектирования 290—291
— проектирования линий электропередачи 574—575
Момент динамический 149
— инерции 152-153
— избыточный 148
— крутящий (вращающий) 150-158
— маховой 152-153
— пусковой и максимальный статический для различных рабочих машин 235
— средний квадратичный при переменной циклической нагрузке 154-155
Мощность лампы (удельная), см. Освещенность
Муфты для асбоцементных труб 30
— для газовых труб 30
— для канализационных труб 31
— свинцовые для соединения кабелей 79

Н

Нагрев электрических машин 155-157
Нагрузки (наибольшие допустимые)
— на провода и освинцованные кабели с резиновой изоляцией для температуры окружающей среды 25° С 92-94
— на голые медные провода 94
— то же алюминиевые и сталь-алюминиевые провода 94
— то же многопроволочные стальные провода 94
— то же провода для лэп 593, 608-613
— на кабели, прокладываемые непосредственно в земле при температуре почвы 15° С 98
— на кабели, прокладываемые на открытом воздухе при 25° С 98-99
— на кабели, прокладываемые в воде при 15° С 59
— на 3-жильные кабели при заземленной нейтрали
— на 3-жильные кабели с отдельно освинцованными жилами напряжением 20 и 35 кв при заземленной и незаземленной нейтрали, прокладываемые в земле и в воздухе при 15° С и на открытом воздухе при 25° С 100
— на шины прямоугольного сечения См. Шины
Нагрузки—подсчет для отдельных токоприемников 255—260

Нагрузки двигателей при разных тепловых режимах (пересчет мощности) 247-248
Нагрузки (механические) удельные на голые провода 608—613
Надписи у элементов осветительного оборудования (на чертежах)
Напряжения нормальные 285—286
— в электрических установках сильного тока 21
— строительных материалов и конструкций 33—34
— допускаемые в голых проводах лэп 614—616
— в древесине опор лэп 629—632
— остаточные при коротком замыкании, см. Короткое замыкание
— падение напряжения в трехфазных цепях 101—104
Наружное освещение, см. Освещение
Насосы—расчет мощности электродвигателей 251—254
Натуральные—тригонометрические величины 15
Нивелирование линий электропередач 576—577
Нормы освещенности, см. Освещенность

О

Обозначения условные
— единиц измерения 5—11
— сетей силовых 260—266
— в силовых сетях 284—288
Окраска шин 568
Опоры деревянные—механический расчет
— внешние нагрузки 627-628
— напряжение в древесине опор 629-631
— напряжение в металлических элементах деревянных опор 631—632
— расчетные условия 624-626
Оковки для деревянных опор 636—637
— дерево для опор 634—636
Освещение внутреннее
— годовое число часов использования максимума 288
— виды и способы питания 293-295
— наружное
— годовое число часов использования максимума 289
— правила 295
— виды и способы питания 296
— освещение светильниками дорог и проездов 325—326
— методология светотехнического проектирования 290-291
— системы освещения 292-293
— расчет
— освещения от светильников (общие сведения и выбор метода) 302-309
— по методу коэфициента использования светового потока 309-313
— по точечному методу 314-317
— освещения наклонными светильниками 316
— освещения несимметричными светильниками 316
— освещения наклонных плоскостей 317-318
— по удельной мощности лампы 323-324
— осветительных сетей на потерю напряжения 331—332
— сети общего освещения 326
— „ местного „ 327-328
— „ ремонтного „ 327-328
— на минимум проводникового металла 332—334
Освещенность общие указания 281
— общие указания по проектированию 291—292
— Остаточное напряжение, см. Короткое замыкание
Отражение—коэфициент отражения 282

П

Падение напряжения в 3-фазных сетях 101-104
Перегрузка электрических машин 155-157
Передаточные числа ременной передачи 158—161
Передача движения, зубчатая, канатная, коническая, механическая, ременная, тексропная, фрикционная, цепная, цилиндрическая, червячная 158-161
— расстояния между валами для ременной передачи 168
Пересечения линий электропередачи 581-588
Переходы линий электропередачи (расчет) 589
Периодическая составляющая т. к. з., см. Короткое замыкание
Пикетаж, 578
Пиломатериалы (доски и брусья) 32
Плавкая вставка
— выбор плавких вставок 88-92
— технические данные плавких вставок из медной проволоки для предохранителей низкого напряжения 108
— ток плавления в воздухе для проволок из различных материалов 108-109
Подстанции, см. Трансформаторные подстанции
Поковки для деревянных опор лэп 636-637
Покрышки для свинцовых муфт 80
Посты управления 277
Предохранители плавкие
— номинальные токи типов ПР-1, СПО, Электропульта, П, Н, ТЭЦеД 105-107
— размеры предохранителей 109-111
— технические данные низковольтных предохранителей 276
— защита предохранителями, см. Защита
Предупредительная сигнализация 420
Приближение подстанций к зданиям 543-545
Приводы масляных выключателей
— автоматические типа КАМ 398
— неавтоматические типа ПМ 398
— технические данные соленоидных приводов 399-402
— колебание напряжения для катушек соленоидных приводов 403
Провода, выбор марок изолированных проводов и шнуров в зависимости от характера окружающей среды и способов прокладки 39-46
— выбор для осветительной сети марок проводов и способов их прокладки 329-331
— голые провода—указания по применению 73-74
— конструктивные данные голых проводов 59
— голых проводов для лэп 602-604
— изолированных проводов 60
— марки проводов 34-36
— расстояние между проводами лэп, см. Линии
— расход проводов на 1 *км* лэп 605
— расширение линейное проводов 621-622
— сечение проводов
— наименьшие сечения 92
— минимальные сечения проводов для лэп 605

— выбор сечений изолированных проводов 88-92; 95-96
— выбор сечений проводов к приемникам с повторно-кратковременным режимом 113-116
— сопротивление электрическое
— голых медных проводов 594
— » алюминиевых проводов 595
— » сталь-алюминиевых проводов 596
— многопроволочных стальных проводов 597
— стальной катанки 598
— телеграфной проволоки 598
— трубы (газовые) для прокладки проводов (выбор) 82-83
Проводниковые материалы (характеристики) 23
Проволока для вязки проводов (выбор) 77
Проектирование светотехническое (методология) 290-291
Проектирование лэп 574-575
Пролеты критические для проводов лэп 616-620
Просеки для лэп 590
Профиль лэп 579-580
Проходы в р. у. и помещениях щитов 552-554
Пряжа хлопчатобумажная для монтажа кабелей в свинцовых соединительных муфтах 81
Пульты (размещение аппаратов и приборов) 277-278
Пуск в ход электродвигателей 218-246
— прямой электродвигателей асинхронных и синхронных 228-231
— асинхронных двигателей с к. з. р. 228-231
— синхронных двигателей 240-244
— продолжительность пуска электродвигателей синхронных и асинхронных 245-246
Пусковые автотрансформаторы 236-238
— реакторы 239-240
— сопротивления электродвигателей 218-222
— способ расчета сопротивлений для электродвигателей шунтовых постоянного тока и асинхронных с кольцами 221
— сопротивления в цепи статора электродвигателей с к. з. р. 222
— устройства для асинхронных двигателей с кольцами, см. Реостаты
Пускорегулирующая аппаратура, см. Аппаратура управления

Р

Разъединители — технические данные 403
Размеры коридоров и проходов в р. у. и помещениях щитов и магнитных станций 552-554
Размещение оборудования трансформаторных подстанций 554-555
Расстояния наименьшие допустимые между проводами и от проводов до заземленных частей 74
— наименьшие (в свету) от голых незащищенных токоведущих частей в р. у. и щитах 549-551
— наименьшие от токоведущих частей открытых подстанций 551
— наименьшие между проводами и заземленными конструкциями 552
— от наинизшей точки провода до поверхности земли 552
— минимальные между проводами лэп по условиям сближения их в пролете 605-606
Расширение линейное проводов 621-622
Реактанцы воздушных и кабельных линий, трансформаторов, синхронных машин, см. Короткое замыкание
Реакторы область применения 429
— выбор реакторов 429-430
— реактивное сопротивление 430
— технические данные бетонных реакторов 432-437
Реакторы пусковые масляные с железными сердечниками 239-240
Регулирование тока, напряжения и скорости 226
Регулировка тока трогания токовых реле, реле привода КАМ 512
Реле прямого действия отключающих катушек приводов КАМ, ПРА и РБА 508-512
— технические данные реле ХЭМЗ 491-507
— типа РЭ 270
Релейная защита фидеров и трансформаторов предохранителями 482-483
— фидеров высоковольтных с реле прямого действия (КАМ, ПРА, РБА) 483
— то же с реле косвенного действия с промежуточным трансформатором тока типа ТКБ-1 484
— с дешунтированием отключающих катушек 85 *кв*, входящих в блок „линия-трансформатор" 484-485
— трансформаторов предохранителями 482-483
— — с реле прямого действия (КАМ, ПРА, РБА) 485
— — с реле косвенного действия с тр. т. ТКБ-1 486
— — с реле прямого и косвенного действия 487
— — по схеме блока „линия-трансформатор" 487-489
— — питаемых от собир. шин 489
— — на переменном токе (расчет) 515-517
— — электродвигателей переменного тока высокого напряжения 519-522
— — то же до 600 *в* 522-523
— — уставка тока трогания максимальной токовой защиты 514
— — уставка тока трогания отсечки реле ИТ-81 и ИТ-82 514-515
Ременная передача 158-161
— шкивы (размеры) 162-167
Реостаты изготовления завода ХЭМЗ 234
— пусковые для асинхронных двигателей с конт. кольцами 231-234
— регулировочные 225-228
Ролики бумажные для монтажа кабелей 81
— фарфоровые для открытой проводки 77
— — для шнуровой проводки 77
Ртутные выпрямители 454-465

С

Светильники, выбор в зависимости от условий среды 297-298
— — светотехнический 296-297
— — расположения 304-305
— размеры патронов 303-304
— сортамент 299-301
— условные обозначения 283-284
— эскизы 302
Светность (светимость) 281
Световой поток 281
Световые свойства тел 282
Светотехническое проектирование 290-291
Сети расчет осветительных сетей, см. Освещение

— условные обозначения в сидовых сетях 260-266
Сечение проводов и кабелей (выбор), см. Провода, Кабели 88-92
— наименьшие допустимые сечения и соответствие с током плавкой вставки 95-96
— выбор сечений для ответвлений к приемникам с повторно-кратковременным режимом 112-115
Сигнализация предупредительная 490
Сила света 281
Синхронизация схемы синхронизации 536-538
Синхронные электродвигатели, см. Электродвигатели
Системы освещения, см. Освещение
Скорость угловая 147-151
Сопротивления обмоток электрических машин 169-171
— пусковых электродвигателей 218-222
— голых проводов 594-598
— элементов цепи короткого замыкания 349-350
— формулы для пересчета и приведения сопротивлений к базисным условиям 346-348
— реактанцы воздушных и кабельных линий, трансформаторов, синхронных машин 348-349, 352-353
Сталь прокатная 26-27
Станки металлорежущие
— подсчет тока фидеров 259-260
— расчет мощности электродвигателей 250-251
Станции магнитные (помещения для магнитных станций) 279-280
Статические конденсаторы 570
Строительные материалы
— характеристики 26-33
— напряжения 33-34
Счетчики — схемы
— трехфазные типа И 525-526
— однофазные типа Б 526-527
— реактивной энергии типа $И_р$ 527-529
— реактивной энергии по схеме Иллиовича 529
— активные типа И в схемах для учета реактивной энергии 530
— типа С и $Б_2$ для учета реактивной энергии в 3-фазных сетях 530-531
— технические данные 539-541
Съемка угломерная на лэп 576

Т

Температура воздуха и почвы (средняя) для основных районов СССР 16-17
— нагрева и перегрева различных элементов электрооборудования (максимально допустимая) 22
Термическая устойчивость
— подсчет допустимой величины т. к. з. по условиям термической устойчивости 367
— расчет токоведущих частей по термической устойчивости при т. к. з. 363-366
— термическая устойчивость кабелей 452-453
— " трансформаторов тока 414-416
— термическая устойчивость шин 446-451
Термометр манометрический 490
Токи короткого замыкания, см. Короткое замыкание
Токопроводы стальные — упрощенный расчет 123-131
Точечный метод расчета освещения, см. Освещение
Трансформаторные подстанции
— внутренние открытые 546-548
— встроенные и пристроенные 545-546
— закрытые внутри производственных помещений 548-549
— отдельно стоящие деревянные (временные) 549
— размещение оборудования 554-555
Трансформаторы вспомогательные для ртутных выпрямителей 463
— напряжения
— — выбор 441-442
— — погрешности 441
— — технические данные 438-440
— — типы и номинальные напряжения 438
— промежуточные типа ТКБ-1, см. Релейная защита 425-426
— силовые
— — электрические характеристики
— — понижающих трехфазных двухобмоточных 372-378
— — то же с нестандартными напряжениями 379-381
— — повышающих 3-фазных двухобмоточных 382
— — регулирование напряжения 383
— — группы соединений 384-385
— — нагрузки на выводы 385-386
— — сопротивление обмоток 387
— — падение напряжения 387
— — потери мощности и энергии 387-388
— — габариты и веса 391
— — тока
— — — типы 404
— — — сила тока 404
— — — классы точности 405-406
— — — многовитковые для дифер. и земл. защиты 407
— — — одновитковые для дифер. и земл. защиты 407-409
— — — динамическая устойчивость (общее) 409,371
— — — динамическая устойчивость внутренних трансформаторов тока типа ТПФ и ТПФУ 410
— — — на выводах 411
— — — то же ТПОЗ и ТПОФУ 412-413
— — — термическая устойчивость 414-416
— — — максимальная вторичная кратность 417-420
— — — кратность 10% (кривые) 421-424
— — наружная установка трансформаторов 546, 562, 563
Трассировка линий электропередачи 575-576
Тригонометрические величины натуральные 15
Трубки резиновые изоляционные полутвердые
— — — технические данные 81
— установочные (Бергмана) 32
Трубы асбоцементные 30
— свинцовые для кабельных муфт 79
— канализационные керамиковые 31
— стальные (газовые)
— — технические данные 30
— — выбор для прокладки проводов 82-83
— — выбор для прокладки кабелей 84-87
— — допустимые токовые нагрузки, см. Нагрузка, Шины

У

Ударный ток к. з., см. Короткое замыкание
Удельная мощность освещения для небольших помещений 323-324
Удельные механические напряжения на голые провода лэп 603-616
Ускорение угловое, свободного падения, — тангенциальное 147-151
Условные обозначения, см. Обозначения
Уставка тока трогания токовой защиты, см. Защита и Релейная защита
Установочный материал для прокладки проводок с резиновой изоляцией 75-77
Устойчивость термическая и динамическая; см. Термическая и Динамическая устойчивость

Ф

Фазометр типа ЭНФ 531-532
— технические данные 539-540
Фиктивное время для определения термического действия т. к. з. (кривые) 367-368
Формулы математические 12-15
— механического расчета лэп 608
Фундаменты опор лэп глубина заложения 633-634

Х

Характеристики механические
— асинхронных двигателей с к. з. р. 160
— — — с к. к. 161-162
Холостой ход электрических машин (универсальные характеристики) 217 218

Ц

Цапфы опор 169

Ч

Частотомер технические данные 540

Ш

Шайбы, см. Метизы
Шайбы для лэп 636-637
Шины, вес, размеры и длительно допустимые нагрузки шин:
— прямоугольного сечения
— — медных 116
— — алюминиевых 117
— — стальных 117-118
— коэфициенты для исчисления нагрузки многополосных шин 119
— круглого сечения
— — медных 120
— — стальных 120
— — труб (газовых) 121
— из фасонной стали
— — швеллер 121
— — уголок 122
— — рудничные рельсы 122
Поправочные коэфициенты на температуру окружающего воздуха 123
— динамическая устойчивость шин
— — — медных 445
— — — алюминиевых 447
— — — стальных 449
— термическая устойчивость шин
— — — медных 446
— — — алюминиевых 448
— — — стальных 450-451
— окраска шин 503
Ширина проходов и коридоров 552-554
Широта географическая городов СССР 289
Шкивы для ременной передачи (размеры) 162-167
Шнуры, см. Провода 644
Штыри для лэп
Шунты, выбор шунтов и соединительных проводов при измерениях на постоянном токе (общие указания и таблицы) 542

Щ

Щиты распределительные до 1 000 в 566-567

Э

Электрические машины
— мощность двигателя при разных тепловых режимах 247-248
— мощность электродвигателей для разных электроприводов 250-255
— перегрузка и нагрев электрических машин 155-157
— полярность выводов машин постоянного тока 195
— схемы внутренних соединений машин постоянного тока 192
— универсальные характеристики холостого хода эл. машин 217-218
— работа машин постоянного тока в качестве двигателя и генератора 190-192
— расположение и обозначение выводов обмоток 193-198
— вес электрических машин 200-203
Электродвигатели, коэфициент п. д. электродвигателей пост. тока 188
— крановые двигатели пост. тока (универсальные характеристики) 189
— крановые двигатели постоянного и трехфазного тока завода „Динамо" 203-206
— механическая прочность 198-199
— рабочие токи 168-169
— изменение реактивной мощности применяющейся нагрузке на валу 184
— пуск в ход 218-246
— сопротивление обмоток 169-171
— технические показатели двигателей:
— — асинхронных и синхронных 171-174
— — постоянного тока 186-188
Электродвигатели асинхронные
— до 100 *квт* с к. з. р. открытые и защищенные 207-210
— с конт. кольцами открытые и защищенные 211-212
— закрытые и взрывобезопасные 213-216
— с к. з. р.—данные для выбора проводов и предохранителей 175-179
— изменение мощности в зависимости от исполнения корпуса 172
— кпд 173
— cos φ 185-186, 571
— механические характеристики двигателей
— — — с к. з. р. 180

— — — с конт. кольцами 181-182
— — — с контактными кольцами и включенным сопротивлением 223-224
— работа при отклонении напряжения и частоты сети от номинального 182-183
Электродвигатели синхронные
— реактивная мощность 572-573
Электропривод динамическая устойчивость электропривода с асинхронным двигателем 248-249
— мощность электродвигателей (расчет) для:
— — металлорежущих станков 250-251
— — насосов 251-254
— — вентиляторов, воздуходувок, компрессоров 254-255
Энергия единицы энергии—8, потребление и потери энергии в сетях, трансформаторах и электрических машинах 342-345

Я

Якоря и полуякоря—выбор для открытой прокладки 77
Яркость 231

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Стр.

Глава 1. Обозначения и вспомогательные таблицы 5

§ 1. Условные обозначения и сокращения . . . . . —
§ 2. Соотношения между практическими и абсолютными единицами измерений 7
§ 3. Сравнение важнейших единиц мер 9
§ 4. Некоторые математические величины и формулы 12
§ 5. Углы в функции от натуральных тригонометрических величин 15
§ 6. Наивысшие средние температуры воздуха в 13 ч. дня самого жаркого месяца и наивысшие среднемесячные температуры почвы для основных районов СССР 16
§ 7. Расчетные габариты человеческого тела в различных положениях 17

Глава 2. Указания из действующих правил . . . 18

§ 8. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током . . . . . —
§ 9. Классификация помещений и производств по степени пожарной опасности 19
§ 10. Нормальные напряжения в электрических установках сильного тока 21
§ 11. Максимально допустимые температуры нагрева и перегрева различных элементов электрооборудования 22

Глава 3. Проводниковые и изолирующие материалы 23

12. Характеристики проводниковых и изолирующих материалов —
13. Воздействие кислот, щелочей и газов на проводниковые и изолирующие материалы 25

Глава 4. Строительные и конструктивные материалы 26

14. Сталь прокатная . . . . . —
15. Метизы 28
§ 16. Трубы, применяемые в электротехнических установках . . . 30
17. Пиломатериалы 32
18. Вес различных материалов 33
19. Допускаемые напряжения для строительных материалов и деталей конструкций, применяемых при сооружении электрических установок . . . . . —

Стр.

Глава 5. Провода, кабели и их прокладка 34

§ 20. Марки проводов и кабелей . . . . . —
§ 21. Выбор марок изолированных проводов и шнуров в зависимости от характера окружающей среды и способов прокладки 39
§ 22. О применении бронированных кабелей 47
§ 23. Выбор марок силовых и контрольных кабелей в зависимости от характера окружающей среды и способов прокладки . . 48
§ 24. Стандартные сечения проводов и кабелей 57
§ 25. Основные данные голых проводов 59
§ 26. Основные данные изолированных проводов 60
§ 27. Основные данные силовых кабелей с резиновой изоляцией по ОСТ 3516 61
§ 28. Электрические характеристики трехжильных кабелей сильного тока по ОСТ 6260 63
§ 29. Основные данные силовых кабелей с бумажной изоляцией по ОСТ 6260 65
§ 30. Основные данные контрольных кабелей с резиновой изоляцией 69
§ 31. Основные данные контрольных кабелей с бумажной изоляцией 71
§ 32. Указания по прокладке проводов 73
§ 33. Установочный материал для прокладки проводов с резиновой изоляцией 75
§ 34. Выбор монтажных материалов для прокладки кабелей . . . 78
§ 35. Выбор стальных (газовых) труб для прокладки изолированных проводов 82
§ 36. Выбор стальных (газовых) труб для прокладки кабелей . . 84

Глава 6. Выбор сечений и защиты проводов и кабелей при длительном режиме работы . 88

§ 37. Общие указания . . . . . —
§ 38. Наибольшие длительно допустимые провода и кабели . . . 92
§ 39. Наименьшие допустимые сечения изолированных проводов и кабелей в соответствии с током плавкой вставки $I_{вс}$. Осветительные сети в производственных помещениях при температуре окружающей среды +25° С 95
§ 40. Наименьшие допустимые сечения изолированных проводов и кабелей в соответствии с током плавкой вставки $I_{вс}$. Силовые сети в производственных помещениях при температуре окружающей среды +25° С 96
§ 41. Общие указания по выбору кабелей с бумажной изоляцией по нагреву током нагрузки 97
§ 42. Наибольшие длительно допустимые нагрузки кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых непосредственно в земле при температуре почвы +15° С 98
§ 43. Наибольшие длительно допустимые нагрузки кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых на открытом воздухе при температуре воздуха +25° С . . . . . —
§ 44. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в амперах) кабелей с бумажной изоляцией, прокладываемых в воде при температуре воды +15° С 99

Стр.

§ 45. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в *а*) для 3-жильных кабелей с отдельно освинцованными жилами на напряженных 20 и 35 *кв* при заземленной нейтрали, прокладываемых в земле и воде при температуре +15° С и на открытом воздухе при температуре +25° С 100
§ 46. Наибольшие длительно допустимые нагрузки (в *а*) трехжильных кабелей с отдельно освинцованными жилами на напряжение 20 и 35 *кв* при незаземленной нейтрали, прокладываемых в земле и воде при температуре +15° С и на открытом воздухе при температуре +25° С . . . . . —
§ 47. Поправочные коэфициенты при определении наибольших длительно допустимых нагрузок на кабели 101
§ 48. Падение напряжения в трехфазных цепях . . . . . —
§ 49. Шкала номинальных токов плавких предохранителей 105
§ 50. Размеры предохранителей 109

Глава 7. Выбор сечений проводов для ответвлений к приемникам с повторно-кратковременным режимом работы 112
§ 51. Общие указания . . . . . —
§ 52. Выбор сечений проводов с защитной металлической оболочкой (СРА, СРБ, СРГ, СРП, ТПРФ) для ответвлений к приемникам при повторно-кратковременном режиме работы (ПР-40%) и температуре окружающей среды 25° С 113
§ 53. Выбор сечений одножильных проводов (ПРТО-1000, ПРТО-2000, ПРГ, ПР), прокладываемых в трубах, для ответвлений к приемникам при повторно-кратковременном режиме работы (ПР-40%) и температуре окружающей среды 25° С 114
§ 54. Выбор сечений многожильных проводов (ПРТО-1000, ПРТО-2000), прокладываемый в трубах, для ответвлений к приемникам при повторно-кратковременном режиме работы (ПР-40%) и температуре окружающей среды 25° С . . . 115

Глава 8. Выбор шин и расчет токопроводов . . . 116
§ 55. Размеры, вес и наибольшие длительно допустимые расчетные нагрузки шин прямоугольного сечения . . . . . —
§ 56. Размеры, вес и длительно допустимые нагрузки круглых шин 120
§ 57. Размеры, вес и длительно допустимые расчетные нагрузки шин из фасонной стали 121
§ 58. Поправочные коэфициенты на температуру окружающего воздуха к наибольшим длительно допустимым нагрузкам шин (§§ 55—57) 123
§ 59. Упрощенный расчет стальных токопроводов . . . . . —

Глава 9. Заземление и зануление 132
§ 60. Общие положения . . . . . —
§ 61. Заземлители и заземляющие провода 136
§ 62. Расчет заземляющих устройств 137
§ 63. Расчет сопротивления растеканию оболочек кабелей R_k . . 140
§ 64. Расчет сопротивления растеканию водопровода $R_в$ 142
§ 65. Расчеты занулений 143

Часть вторая

ЭЛЕКТРОПРИВОД И СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Стр.

Глава 1. Общие вопросы 147

§ 1. Кинематика и динамика электропровода (Основные формулы) . . . . . —

Глава 2. Данные из норм и стандартов 155

§ 2. Основные требования ГОСТ 183—41. Машины электрические. Допустимые перегрузки и нагревы электрических машин . . . . . —

Глава 3. Механические передачи 158

§ 3. Крутящий момент и передаточное число . . . . . —
§ 4. КПД механических передач 159
§ 5. Передаточные числа и расположение ременных передач . . 161
§ 6. Размеры ременных шкивов для электродвигателей 162
§ 7. Расстояние между валами для ременных передач 168

Глава 4. Электродвигатели . . . . . —

§ 8. Рабочие токи электродвигателей . . . . . —
§ 9. Сопротивление обмоток электрических машин (Основные расчетные формулы) 169
§ 10. Асинхронные и синхронные машины 171
§ 11. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (технические данные для выбора проводов и предохранителей) . 175
§ 12. Механические характеристики асинхронных двигателей . . . 180
§ 13. Работа асинхронного двигателя при отклонении напряжения частоты сети от номинального 183
§ 14. Изменение реактивной мощности электродвигателей различного типа 184
§ 15. Определение $\cos\varphi$ и коэфициента загрузки асинхронного двигателя с помощью амперметра 185
§ 16. Машины постоянного тока (некоторые технические показатели) 186
§ 17. Работа машины постоянного тока в качестве двигателя и в качестве генератора 190
§ 18. Нормальные схемы внутренних соединений машин постоянного тока 192
§ 19. Расположение и обозначение выводов обмотки 194
§ 20. Механическая прочность электродвигателей 198
§ 21. Вес электрических машин 200
§ 22. Крановые и металлургические двигатели постоянного и трехфазного тока завода "Динамо" при ПВ = 25% 203
§ 23. Асинхронные электродвигатели до 100 *квт* 207
§ 24. Универсальные характеристики холостого хода электрических машин 217

Глава 5. Пуск и ход электродвигателей 218

§ 25. Расчет пусковых сопротивлений для электродвигателей . . . —
§ 26. Механические характеристики асинхронных двигателей с контактными кольцами и включенными сопротивлениями 223

Стр.

§ 27. Регулировочные реостаты 225
§ 28. Прямой пуск электродвигателей асинхронных и синхронных 228
§ 29. Пусковые устройства для асинхронных двигателей с контактными кольцами 231
§ 30. Пусковые и максимальные статические моменты для различных рабочих машин (ориентировочные средние значения) . . 235
§ 31. Автотрансформаторы пусковые, трехфазные, масляные . . . 236
§ 32. Реакторы пусковые, масляные с железным сердечником . . 239
§ 33. Пуск синхронных и короткозамкнутых асинхронных двигателей 240

Глава 6. Выбор мощности проходных электродвигателей 247
§ 34. Пересчет мощности (допустимой нагрузки) двигателя при разных тепловых режимах . . . . . —
§ 35. Динамическая устойчивость электропривода с асинхронным двигателем 248
§ 36. Приближенные формулы для определения мощности приводного двигателя металлорежущих станков 250
§ 37. Основные данные для расчета электроприводов поршневых и центробежных насосов 251
§ 38. Основные данные для расчета электроприводов, вентиляторов, воздуходувок и компрессоров 254

Глава 7. Указания по проектированию внутрицеховых сетей 256
§ 39. Коэфициенты спроса по мощности (K_c) и коэфициенты мощности для определения нагрузок по группам электрических приемников . . . . . —
§ 40. Коэфициенты спроса по току ($K_з$) и коэфициенты мощности для определения рабочего тока фидеров 257
§ 41. Формулы для подсчета тока фидеров, питающих двигатели одиночного привода металлообрабатывающих станков 259
§ 42. Условные обозначения — силовые сети 260

Глава 8. Аппаратура управления электроприводами 267
§ 43. Технические данные катушек контакторов и реле . . . . . —
§ 44. Размещение аппаратов и приборов на пультах 277
§ 45. Габариты помещений для станций магнитных и постов управления 279

Часть третья

ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ

Глава 1. Общие вопросы 281
§ 1. Световые величины и единицы . . . . . —
§ 2. Световые свойства тел 282
§ 3. Условные обозначения 283
§ 4. Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки 288
§ 5. Методология светотехнического проектирования 290

Глава 2. Общие указания по проектированию освещения 291
§ 6. Рациональное освещение помещений . . . . . —

Стр.

§ 7. Выбор системы освещения помещений 292
§ 8. Виды и способы питания внутреннего освещения 293
§ 9. Рациональное освещение открытых пространств (наружное освещение) 295
§ 10. Виды и способы питания наружного освещения 296

Глава 3. Светильники . . . . . —

§ 11. Светотехнический выбор светильников . . . . . —
§ 12. Выбор типа светильника в зависимости от условий среды 297
§ 13. Сортамент светильников (довоенная номенклатура) 299
§ 14. Эскизы светильников и патронов 302
§ 15. Выбор расположения светильников общего освещения . . . 304

Глава 4. Лампы 306

§ 16. Лампы накаливания нормальные и биспиральные . . . . . —
§ 17. Лампы накаливания малого напряжения и светомаскировочные 307
§ 18. Характеристика ламп в зависимости от подводимого напряжения 308

Глава 5. Расчет освещения . . . . . —

§ 19. Общие сведения о расчете освещения . . . . . —
§ 20. Расчет освещения по методу коэфициента использования светового потока 309
§ 21. Коэфициенты использования светового потока 311
§ 22. Коэфициенты использования светового потока для помещений с индексом, меньшим 0,5 313
§ 23. Расчет освещения по точечному методу 314
§ 24. Номограмма для определения коэфициента ψ при расчете освещения наклонных плоскостей 317
§ 25. Пространственные изолюксы горизонтальной освещенности от различных светильников 318
§ 26. Относительные изолюксы горизонтальной освещенности светильника „Кососвет“ 321
§ 27. Кривые относительной освещенности от различных светильников 322
§ 28. Нормативы для определения мощности ламп без светотехнического расчета 323
§ 29. Рекомендуемые варианты освещения светильниками дорог и проездов 325

Глава 6. Выполнение осветительных сетей 326

§ 30. Сети общего и наружного освещения . . . . . —
§ 31. Сети местного и ремонтного освещения 327
§ 32. Указания по выбору марок проводов и способов их прокладки 328
§ 33. Выбор марки провода и способа прокладки осветительной сети в зависимости от условий среды 329

Глава 7. Расчет осветительных сетей 331

§ 34. Указания по расчету на потерю напряжения . . . . . —
§ 35. Расчет разветвленной сети на минимум проводникового металла 332

Часть IV

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Стр.

Глава 1. Пропускная способность линий. Потребление и потери энергии 335

§ 1. Пропускная способность кабельных линий (нагрузка, потери расходов условной меди) . . . . . —
§ 2. Пропускная способность воздушных линий 338
§ 3. Потребление и потери энергии в электрических установках (в сетях, трансформаторах и электрических машинах) 342

Глава 2. Токи короткого замыкания 345

§ 4. Основные условные обозначения . . . . . —
§ 5. Формулы для пересчета и приведения сопротивлений к базисным условиям 346
§ 6. Реактанцы воздушных и кабельных линий и трансформаторов 348
§ 7. Значения сопротивлений элементов цепи короткого замыкания, выраженные в процентах и приведенные к базисной мощности ($P_б = 100$ *мгва*) 349
§ 8. Реактанцы синхронных машин 350
§ 9. Комбинирование реактанцев и токораспределение 354
§ 10. Определение токов трехфазного короткого замыкания . . 356
§ 11. Таблицы затухания периодической составляющей тока в точке короткого замыкания 360
§ 12. Расчет токоведущих частей по термической устойчивости при токах короткого замыкания 363
§ 13. Кривые фиктивного времени для определения термического действия токов короткого замыкания 367
§ 14. Подсчет допустимой величины тока короткого замыкания по условиям термической устойчивости шин, кабелей и аппаратов высокого напряжения . . . . . —
§ 15. Выбор шин и аппаратов высокого напряжения по динамической устойчивости при токах короткого замыкания 368

Глава 3. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы 372

§ 16. Электрические характеристики трансформаторов . . . . . —
§ 17. Группы соединений обмоток трансформаторов 384
§ 18. Допустимые нагрузки и размеры выводов трансформаторов 385
§ 19. Сопротивления. Потери напряжения, мощности и энергии. Кпд трансформаторов 387
§ 20. Автотрансформаторы 389
§ 21. Габариты и вес нормальных силовых трансформаторов 6, 10 и 35 *кв* 391

Глава 4. Высоковольтное электрооборудование подстанций 392

§ 22. Масляные выключатели . . . . . —
§ 23. Разъединители 403
§ 24. Трансформаторы тока 404
§ 25. Станционные изоляторы для внутренних установок 427
§ 26. Реакторы 429

Стр.

§ 27. Трансформаторы напряжения 438
§ 28. Испытательные и максимально допустимые рабочие напряжения для аппаратов распределительных устройств 3—110 *кв* и трансформаторов 443

Глава 5. Шины и кабели. Проверка на действие токов к. з. 445

§ 29. Динамическая и термическая устойчивость шин . . . . . —
§ 30. Термическая устойчивость 3-жильных кабелей 3—6—10 *кв* . 452

Глава 6. Ртутные выпрямители 463

§ 31. Металлические ртутные выпрямители . . . . . —
§ 32. Водяное охлаждение ртутных выпрямителей 458
§ 33. Основные соотношения и параметры ртутных выпрямителей и их трансформаторов 459
§ 34. Определение угла и пределов сеточного регулирования . . 461
§ 35. Электрическая прочность частей выпрямителя 462
§ 36. Выбор анодных проводов 463
§ 37. Аппаратуры для ртутно-выпрямительных установок . . . . —
§ 38. Стеклянные ртутные выпрямители 465

Глава 7. Аккумуляторные установки и зарядные устройства 471

§ 39. Типы и технические данные стационарных аккумуляторов по ГОСТ 825—41 . . . . . —
§ 40. Технические данные стационарных аккумуляторов типов С и СК 472
§ 41. Установка стационарных аккумуляторных батарей 474
§ 42. Типы и технические данные переносных стартерных аккумуляторных батарей по ГОСТ 959—41 477
§ 43. Технические данные стартерных аккумуляторных батарей типов СТЭ и СТП . . . . . —
§ 44. Зарядные устройства 481

Глава 8. Релейная защита 482

§ 45. Схемы защиты фидеров и трансформаторов высоковольтными предохранителями . . . . . —
§ 46. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидеров с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА) 483
§ 47. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидеров с реле косвенного действия и с промежуточными трансформаторами тока типа ТКБ-1 484
§ 48. Схемы максимальной защиты высоковольтных фидеров с реле косвенного действия. Вариант с дешунтированием отключающей катушки . . . . . —
§ 49. Схемы максимальной защиты трансформаторов мощностью до 1 000 *ква* включительно с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА). Вторичное напряжение до 500 *в* 485
§ 50. Схемы максимальной защиты трансформаторов до 1 000 *ква* включительно с реле косвенного действия и с промежуточными форматорами тока типа ТКБ-1. Вторичное напряжение до 500 *в* 486

Стр.

§ 51. Схемы максимальной защиты трансформаторов 1 000—1 800 *ква* с реле прямого действия (приводы КАМ, ПРА, РБА). Вторичное напряжение до 500 *в* 486
§ 52. Схемы максимальной защиты трансформаторов 1 000—1 800 *ква* с реле косвенного действия и реле прямого действия. Вторичное напряжение до 500 *в* 487
§ 53. Защита трансформаторов 35/3—6—10 *кв*, мощностью 1 000 *ква* и выше, работающих по схеме блока линия—трансформатор —
§ 54. Максимальная защита фидера 35 *кв*, входящего в блок линия—трансформатор 35/3—6—10 *кв*, при помощи реле косвенного действия. Мощность трансформатора 1 000 *ква* и выше . . . 488
§ 55. Защита трансформаторов 35/3—6—10 *кв*, мощностью 1 000 *ква* и выше, питаемых от собирательных шин 489
§ 56. Схема предупредительной сигнализации и отключения трансформатора от действия газового реле и сигнализации манометрического термометра 490
§ 57. Технические данные реле завода ХЭМЗ 491
§ 58. Технические данные блинкеров при работе на переменном токе 508
§ 59. Технические данные реле прямого действия отключающих катушек приводов ПРА, КАМ и РБА . . . . . —
§ 60. Распределение аварийных токов для разных схем включения трансформаторов тока и реле 513
§ 61. Определение уставок тока трогания токовой защиты 514
§ 62. Расчет релейной защиты на переменном оперативном токе 515
§ 63. Технические данные плавких вставок для предохранителей к трансформаторам мощностью 10—180 *ква*, 6 *кв* 517
§ 64. Защиты электродвигателей переменного тока высокого напряжения в промышленных установках 519
§ 65. Защита электродвигателей переменного тока напряжением 220—500 *в* в промышленных установках 522

Глава 9. Измерения и контроль 524

§ 66. Измерение мощности . . . . . —
§ 67. Учет активной энергии 525
§ 68. Учет реактивной энергии 527
§ 69. Измерение коэфициента мощности 531
§ 70. Контроль изоляции 532
§ 71. Схемы синхронизации 536
§ 72. Технические данные измерительных приборов 539
§ 73. Выбор шунтов и соединительных проводов к шунтам для измерений при постоянном токе 542

Глава 10. Распределительные устройства и трансформаторные помещения 543

§ 74. Габариты приближения подстанций к зданиям по условиям пожарной безопасности . . . . . —
§ 75. Трансформаторные подстанции в деревянных зданиях цехов и в зданиях цехов с деревянными покрытиями 545
§ 76. Устройство внутренних открытых трансформаторных подстанций (ВОТП) 546
§ 77. Устройство закрытых трансформаторных подстанций внутри производственных помещений 548
§ 78. Применение дерева при сооружении подстанций 549

Стр.

§ 79. Наименьшие допустимые расстояния в свету (в сантиметрах) от голых незащищенных токоведущих частей в распределительных устройствах и щитах 549
§ 80. Наименьшие допустимые расстояния от токоведущих частей для открытых подстанций 551
§ 81. Наименьшие допустимые размеры коридоров и проходов в распределительных устройствах, в помещениях щитов и магнитных станций 552
§ 82. Выбор и размещение основного электрооборудования подстанций 554
§ 83. Камеры масляных выключателей типов ВМ-16, ВМ-22 и ВМГ-132/122 556
§ 84. Камеры трансформаторов 558
§ 85. Наружная установка трансформаторов у стен огнестойких зданий 562
§ 86. Размеры (живые сечения) вентиляционных отверстий для камер силовых трехфазных трансформаторов 563
§ 87. Наименьшая допустимая высота от пола до крюка подъемного приспособления для подъема сердечника трансформатора 566
§ 88. Распределительные щиты и сборки для напряжений до 500 *в* —
§ 89. Окраска шин и взаимное расположение фаз в закрытых распределительных устройствах 568

Глава 11. Компенсация реактивной мощности . . . 569

§ 90. Определение средневзвешенного и расчетного коэфициента мощности . . . . . —
§ 91. Мощность компенсирующего устройства . . . . . —
§ 92. Мощность статических конденсаторов 570
§ 93. Характерные величины $\cos\varphi$ для различных потребителей энергии 571

Часть V

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Глава. 1. Методология проектирования линий электропередачи 3—35 *кв* и изыскание трасс. 574

§ 1. Методология технорабочего проектирования линий передачи 3—35 *кв* . . . . . —
§ 2. Изыскания трасс 575
§ 3. Образец оформления продольного профиля к проекту линии электропередачи 578
§ 4. Условия и габариты для пересечения линий электропередачи с инженерными сооружениями 581
§ 5. Расчет переходов 589
§ 6. Ширина просеки для линий связи и линий передачи 3—35 *кв* 590

Глава 2. Электрический расчет линий передачи 3—35 *кв* 591

§ 7. Основные формулы для электрического расчета . . . . . —
§ 8. Допускаемые плотности тока для медных и железных проводов по технико-экономическим условиям 592

Стр.

§ 9. Длительно допустимые нагрузки голых проводов на открытом воздухе при расчетной температуре воздуха t 25° С 592
§ 10. Электрическое сопротивление проводов воздушных линий при температуре t 20° С 594
§ 11. Значения ($r\cos\varphi + x\sin\varphi$) для проводов воздушных линий . 599

Глава 3. Механический расчет проводов 602

§ 12. Конструктивные данные голых проводов . . . . . —
§ 13. Расход проводов на 1 *км* 3-фазной воздушной линии передачи 604
§ 14. Минимально допустимые сечения проводов для воздушных линий передачи 3—35 *кв* 605
§ 15. Минимально допустимые расстояния между проводами по условиям сближения их в пролете . . . . . —
§ 16. Расчетные климатические условия 607
§ 17. Удельные нагрузки для голых проводов 608
§ 18. Допускаемые напряжения в медных, алюминиевых, железных и сталь-алюминиевых проводах 614
§ 19. Критические пролеты проводов 616
§ 20. Формулы для механического расчета проводов 620
§ 21. Значения коэфициентов линейного расширения (α) и упругого удлинения (β) для проводов 621
§ 22. Метод построения кривых тяжений проводов, $\sigma = f(l)$ . . . 622

Глава 4. Механический расчет деревянных опор для линий передачи 3—35 *кв* 624

§ 23. Расчетные условия для деревянных опор линий передачи. . —
§ 24. Определение внешних нагрузок для расчета опор 627
§ 25. Допускаемые напряжения в древесине деревянных опор . . 629
§ 26. Основные и производные допускаемые напряжения (*кг/см*^{2}) в металлических элементах деревянных опор 631
27. Минимальная глубина заложения фундаментов опор 633
28. Дерево для опор 634
§ 29. Объемы круглых бревен (*м*^{3}) в зависимости от длины и диаметра в верхнем отрубе 635
§ 30. Поковки для сборки деревянных опор 636

Глава 5. Изоляция линий передачи 638

§ 31. Применение изоляторов различных типов на линиях передачи . . . . . —
§ 32. Характеристики линейных изоляторов 640
§ 33. Крюки стальные для штыревых изоляторов (ОСТ Главметиз—23/2022) 642
§ 34. Крюки стальные (ОСТ—3002) для штыревых изоляторов высоковольтных линий передачи 643
§ 35. Штыри стальные (ОСТ—5093) для штыревых изоляторов воздушных линий 644
Список использованных материалов 645
Предметный указатель 647

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница, строка	Напечатано	Должно быть
43, столбец 3, 4 и 5	—	Указания по проводам марки ПГАО касаются группы № 5 (см. столбец 1), а не группы № 6, как напечатано
82, формула	$\cdots + n_k d_k = c$	$\cdots + n_k d_k^2 = c,$
128, заголовок последнего столбца таблицы *а* и *б*	max	$\frac{I_{max}}{a}$
131, последний столбец		$\frac{I_{max}}{a}$
142, вторая формула	$K_в = K_{эксп}\pi\left[1-\frac{d_в^2}{d_н^2}\right]\pi;$	$K_в = K_{эксп}\pi\left[1-\frac{d_в^2}{d_н^2}\right];$
210, столбец 4, 2-я строка сверху	000	1 000
239, столбец 4, 11-я строка сверху	1,75	17,5
340, 2-я строка сверху	(фиг. 10, 11 и 12)	(фиг. 9, 10, 11 и 12)
355, 6-я строка снизу	$X_{сн}X_с + X_н;$	$X_{сн} = X_с + X_н;$

Строка	Напечатано	Должно быть
368,4-я строка снизу	марки АТ	Марки МТ
374, 6-я строка снизу		Для обмоток 10/0,23 *кв* все данные, как для обмоток 10/0,4 *кв*
374, 17-я строка снизу		Для обмоток 10/3,15 *кв* ток х. х. = 8%; $R = 12{,}65$; $X = 27{,}8$; $Z = 30{,}5$
429, 7-я строка снизу	$X\% \approx 100\frac{I_н}{I_к} = \frac{U_{нс}}{U_н}$.	$X\% \approx 100\frac{I_н}{I_к} \cdot \frac{U_{нс}}{U_н}$.
429, 6-я строка снизу	$U_{нс} = 6$ *кв*	$U_н = 6$ *кв*;
439, столбец 3, 14-я строка снизу	$100/\sqrt[3]{3}$	$100/\sqrt{3}$
467, столбец 14		Для типа УРВ-34Т с возбуждением
467, столбец 8, заголовок	Напряжение 4, *в*	Напряжение, *в*
468, сноска 1	УРВ-40Т, 39Т	УРВ-40Т, 39Т и 41Т
500, столбец 3, заголовок	обрабатывания	срабатывания
533, фиг. 99	На фиг. 99 сопротивление R_2 включено последовательно с цепью R_1 и $V>$	Сопротивление R_2 должно быть включено параллельно с цепью R_1 и $V>$
554, фиг. 116	Размер *д* показан до сопротивления	Размер *д* должен быть до поручней