Библиотека СОК

Федеральное агентство по образованию
Томский политехнический университет

А.В.Кабышев, С.Г.Обухов

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ: СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

Учебное пособие

Томск 2005

УДК 621.311.4.658.26

Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.

В справочнике представлены материалы, необходимые для проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий: определения электрических нагрузок, выбора трансформаторов и электрических аппаратов напряжением до и выше 1000 В, их основные технические характеристики. Приведено электрооборудование, которое в настоящее время широко эксплуатируется в сетях промышленного электроснабжения, а также сведения о новом и модернизированном оборудовании, о возможных заменах устаревших модификаций на новые, выпускаемые предприятиями Российской Федерации.

Предназначен для студентов электроэнергетических и электромеханических специальностей Института дистанционного образования ТПУ.

Печатается по постановлению Редакционно-издательского Совета Томского политехнического университета.

Рецензенты:

Ю. Ю. Крючков – профессор кафедры физики и теоретических основ связи Томского высшего командного училища связи, доктор физико-математических наук;

А. А. Гурченок – доцент кафедры физики Томского государствен-ного педагогического университета, кандидат физико-математических наук.

Темплан 2005

© Томский политехнический университет, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебное пособие предназначено для студентов электроэнергетических и электромеханических специальностей. В нем подобран обширный справочный материал по проектированию электроснабжения объектов, необходимый для выполнения индивидуальных заданий, курсовых и выпускных квалификационных работ. Пособие содержит девять разделов и охватывает вопросы проектирования внутризаводских и цеховых систем электроснабжения, компенсацию реактивной мощности в электрических сетях общего назначения. Кроме справочного материала в нем даны рекомендации по расчету цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В и распределительных воздушных и кабельных линий высокого напряжения, указания по выбору трансформаторов, коммутационной и защитной аппаратуры, методика расчета токов короткого замыкания и проверка выбранного оборудования на устойчивость к их действию.

В первой части учебного пособия представлен справочный материал по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий.

В первом разделе представлены графики нагрузок предприятий некоторых отраслей промышленности и методы определения расчетных нагрузок на различных уровнях систем электроснабжения объектов. Кратко отражены особенности расчета силовых электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок. Приведены справочные данные для расчета осветительных нагрузок.

Второй раздел посвящен вопросам выбора схем и конструкций цеховых сетей, способа канализации электрической энергии и типа проводников с учетом технологии производства и условий окружающей среды. Даны технические характеристики проводов, кабелей и комплектных шинопроводов, указания по их выбору и применению.

В третьем разделе систематизированы сведения о длительно допустимых токовых нагрузках проводов, шин и кабелей; сведения о поправочных коэффициентах на условия прокладки и перегрузки проводников.

В четвертый раздел вошли материалы по электрооборудованию напряжением до 1000 В, которое в настоящее время широко эксплуатируется в сетях промышленного электроснабжения, а также сведения о новом и модернизированном оборудовании, о возможных заменах устаревших модификаций новыми.

Сведения о технических характеристиках высоковольтного оборудования систем электроснабжения и о возможных заменах аппаратов представлены в пятом разделе пособия.

Наличие данного пособия не освобождает студентов от необходимости использования другой нормативно-технической документации при детальной проработке отдельных вопросов проектирования электроустановок.

Многообразие условий, которые необходимо учитывать при проектировании электроснабжения объектов различных отраслей промышленности, не позволяет в ряде случаев дать однозначные рекомендации по некоторым вопросам. Они должны решаться путем тщательного анализа специфических требований, предъявляемых к электроснабжению производством или отраслью промышленности. Поэтому приведенные в пособии рекомендации не следует рассматривать как единственно возможные. В отдельных случаях возможны и неизбежны отступления от них, вытекающие из опыта проектирования в конкретной отрасли промышленности и специфики работы объектов.

Поскольку пособие предназначено для учебных целей, не представляется возможным всюду делать ссылки на первоисточники. В основном справочный материал заимствован из [1-7], а также из информационно-справочного издания «Новости электротехники» (www.news.elteh.ru). По вопросам, которые изложены только частично, по тексту даются ссылки на соответствующую литературу.

Материалы справочника могут быть использованы как на стадии проектирования электроснабжения объектов и установок, так и при проработке вопросов оптимизации развивающихся сетей и систем электроснабжения, повышения надежности, безопасности и экономичности их работы.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Методы расчета

Электрические нагрузки промышленных предприятий определяют выбор всех элементов системы электроснабжения: линий электропередачи, районных трансформаторных подстанций, питательных и распределительных сетей. Поэтому правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации электрических сетей.

Расчет нагрузок на разных уровнях электроснабжения производится различными методами в зависимости от исходных данных и требований точности. Обычно расчет ведут от низших уровней к высшим. Однако при проектировании крупных предприятий иногда приходится вести расчеты от верхних уровней к нижним. В этом случае пользуются комплексным методом расчета. За основу берут информационную базу аналогичного предприятия (технология, объем производства, номенклатура изделий). При этом сначала решают вопросы электроснабжения предприятия в целом, затем комплекса цехов, отдельного производства, района завода; цеха или части завода, питающихся от одной РП. Комплексный метод предусматривает одновременное применение нескольких способов расчета максимальной нагрузки $P_р$ (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Методы расчета электрических нагрузок

Метод расчета	Формула	Пояснения
По электроемкости продукции	$P_р=\sum Э_i \, М_i / Т_м$	$М_i$, $Э_i$ - объем и электроемкость (табл.1.2) продукции i-го вида; $Т_м$ - годовое число часов использования максимума нагрузки
По общегодовому электропотреблению	$P_р=К_м \, А / Т_г$	$К_м$ - среднегодовой коэффициент максимума; А - общегодовое электропотребление; $Т_г = 8760$ - число часов в году
По удельным мощностям нагрузок	$P_р=\gamma \, F$	γ - удельная плотность нагрузки (табл. 1.3); F - площадь предприятия, района, цеха
По среднегодовому коэффициенту спроса $К_с$	$P_р = К_с \, P_{уст}$	$P_{уст}$ - сумма установленных мощностей; $К_с$ – коэффициент спроса (табл. 1.6)
Метод упорядоченных диаграмм (табл. 1.4)	$P_р=К_м \, К_и \, P_{уст}$	$P_{уст}$ - сумма установленных мощностей; $К_м$ – коэффициент максимума (табл. 1.8); $К_и$ – коэффициент использования (табл. 1.7)

Таблица 1.2

Средние удельные нормы расхода электроэнергии на некоторые виды промышленных изделий

Продукция	Единица измерения	Средняя удельная норма расхода
1	**2**	**3**
Кислород	$\frac{кВт \cdot ч}{тыс.м^3}$	469,7
Переработка газа		16,1
Сжатый воздух		80
Этилен	$\frac{кВт \cdot ч}{т}$	2214,4
Ацетилен		3234,8
Чугун		9,7
Электротехническая сталь		677,2
Сталь мартеновская		11,9
Сталь кислородно-конверторная		25
Прокат черных металлов		102,5
Трубы стальные		133,3
Бумага		667,3
Картон		525,6
Целлюлоза		367,1
Производство масел		309,9
Добыча железной руды	$\frac{кВт \cdot ч}{т}$	56,5
Добыча марганцевой руды		90,2
Ферросилит 45 %		4726
Цемент		106
Асбест		600,5
Гипс		24,3
Добыча угля	$\frac{кВт \cdot ч}{т}$	30,0
В том числе: добыча подземным способом добыча открытым способом переработка угля (обогащение) угольные брикеты		 38,0 11,9 6,9 27,6
Пиломатериалы	$\frac{кВт \cdot ч}{м^3}$	19
Древесностружечные плиты		169
Фанера клееная		104,6
Железобетонные конструкции		28,1
Кирпич красный	$\frac{кВт \cdot ч}{тыс.шт}$	77,2
Кирпич силикатный		34,9
Шифер		55,7
Строительно-монтажные работы	$\frac{кВт \cdot ч}{тыс.руб}$	22,63
Производство мебели		429
Хлопчатобумажные ткани	$\frac{кВт \cdot ч}{тыс.м^2}$	1100
Шерстяные ткани		2390
Шелковые ткани		1210
Льняные ткани		1061,4
Чулочно-насочные изделия	$\frac{кВт \cdot ч}{тыс.пар}$	200,6
Обувь кожаная		791,5

окончание табл. 1.2

1	2	3
Бурение разведочное	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}}$	74,5
Бурение эксплутационное		101,5
Добыча нефти	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$	30,7
Переработка нефти: первичная переработка крекинг термический крекинг каталитический гидроформинг и каталитический риферинг		30,4 14,2 14,7 60,6 81,1
Транспортировка нефтепродуктов по магистральным продуктопроводам	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{тыс.т} \cdot \text{км}}$	15,4
Транспортировка нефти по магистральным нефтепроводам		13,4
Транспортировка газа по магистральным газопроводам		20,2
Химические волокна	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$	4861,8
В том числе: шелк вискозный шелк капроновый шелк ацетатный шелк триацетатный шелк хлориновый штапель вискозный штапель медно-аммиачный Искусственный шелк для корда и технических изделий шелк капроновый для корда и технических изделий шелк лавсановый для корда и технических изделий штапель капроновый штапель лавсановый		 8937,6 11651,3 6263,4 7643,3 2396,1 2349,0 1981,5 4180,0 6409,7 5383,2 3355,3 3507,4
Синтетические смолы и пластмассы	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$	1414,4
В том числе: карбамидные смолы капролактам диметилфталат ацетат полиэтилен высокого давления полиэтилен низкого давления ацетаты целлюлозы ионообменные смолы поливинилацетатная эмульсия прочие виды смол и пластмасс		 160,7 4053,1 1663,2 6098,6 2285,5 3797,2 2053,9 2378,8 428,9 780,9

Таблица 1.3

Ориентировочные удельные плотности силовой нагрузки на 1 м^2 площади производственных зданий некоторых отраслей промышленности

Производственные здания	γ, Вт/м^2
Литейные и плавильные цехи	230—370
Механические и сборочные цехи	200—300
Механосборочные цехи	280—390
Электросварочные и термические цехи	300—600
Штамповочные и фрезерные цехи	150—300
Цехи металлоконструкций	350—390
Инструментальные цехи	50—100
Прессовочные цехи для заводов пластмасс	100—200
Деревообрабатывающие и модельные цехи	75—140
Блоки вспомогательных цехов	260—300
Заводы горно-шахтного оборудования	400—420
Заводы бурового оборудования	260—330
Заводы краностроения	330—350
Заводы нефтеаппаратуры	220—270
Прессовые цехи	277—300

Таблица 1.4

Сводка основных положений по определению расчетных электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм

Фактическое число электроприемников в группе, n	$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном. min}}}$	$n_{\text{эф}}$	$P_{\text{р}}$, кВт	$Q_{\text{р}}$, кВар
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Три и менее	не определяется		$P_{\text{р}} = \sum_{1}^{n} P_{\text{ном}}$	$Q_{\text{р}} = \sum_{1}^{n} P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi$
Более трех	$m \le 3$ При определении исключаются ЭП, суммарная мощность которых не превышает 5 % $\sum P_{\text{ном}}$ группы	$n_{\text{эф}} = n$	$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} =$ $= K_{\text{м}} \cdot \sum K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}$ ($K_{\text{м}}$ определяется по табл. 1.8)	При $n \le 10$ $Q_{\text{р}} = 1{,}1 \cdot Q_{\text{см}}$ при $n > 10$ $Q_{\text{р}} = Q_{\text{см}} =$ $= \sum_{1}^{n} P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi$
	$m > 3$ (точное определение не требуется)	$n_{\text{эф}} < 4$	$P_{\text{р}} = \sum K_{\text{з}} \cdot P_{\text{ном}}$ (допускается принимать $K_{\text{з}}$=0,9 для ЭП длительного режима и $K_{\text{з}}$=0,75 для ЭП ПКР)	$Q_{\text{р}} = 0{,}75 \cdot P_{\text{р}}$ (для ЭП длительного режима cosφ=0.8, tgφ=0.75) $Q_{\text{р}} = P_{\text{р}}$ (для ЭП ПКР cosφ=0.7, tgφ=1)

окончание табл. 1.4

1	2	3	4	5
	$m > 3$	$n_{эф} \geq 4$	$P_р = К_м \cdot P_{см}$ ($К_м$ определяется по табл. 1.8)	При $n \leq 10$ $Q_р = 1{,}1 \cdot Q_{см}$ при $n > 10$ $Q_р = Q_{см} = \sum_{1}^{n} P_{см} \cdot \mathrm{tg}\varphi$
	$m > 3$	$n_{эф} > 200$	$P_р = P_{см} = \sum К_и \cdot P_{ном}$	$Q_р = Q_{см}$
Если более 75 % установленной мощности расчетного узла составляют ЭП с практически постоянным графиком нагрузки ($к_и \geq 0.6$, $к_{вкл} \approx 1$, $к_{загр} \geq 0.9$ – насосы, компрессоры, вентиляторы)		не определяется	$P_р = P_{см} = \sum к_и \cdot p_{ном}$	$Q_р = Q_{см} = \sum_{1}^{n} P_{см} \cdot \mathrm{tg}\varphi$
При наличии в расчетном узле ЭП с переменным и постоянным графиком нагрузки	Определяется только для ЭП с переменным графиком нагрузки		$P_р = P_{р1} + P_{р2} = К_м \cdot P_{см1} + P_{см2}$	$Q_р = Q_{р1} + Q_{см2}$

Примечание. Эффективное число электроприемников определяется по соотношению $n_{эф} = \left(\sum_{i=1}^{n} P_{ном.i} \right)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} P_{ном.i}^2$ или одним из упрощенных способов; при $m>3$ и $К_и < 0.2$, $n_{эф}$ определяется по таблице 1.5.

Таблица 1.5

Относительные значения эффективного числа электроприемников

$n_{эф*} = \frac{n_{эф}}{n}$ **в зависимости от** $n_* = \frac{n_1}{n}$ **и** $P_* = \frac{P_{ном.1}}{P_{ном}}$

$n_* = \frac{n_1}{n}$	P*													
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
0,005	0,005	0,006	0,007	0,01	0,013	0,019	0,024	0,03	0,039	0,051	0,073	0,11	0,18	0,34
0,01	0,009	0,012	0,015	0,019	0,026	0,037	0,047	0,059	0,07	0,1	0,14	0,2	0,32	0,52
0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,19	0,26	0,36	0,51	0,71
0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21	0,27	0,36	0,48	0,64	0,81
0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,15	0,18	0,22	0,27	0,34	0,44	0,57	0,72	0,86
0,05	0,05	0,06	0,07	0,1	0,13	0,18	0,22	0,26	0,33	0,41	0,51	0,64	0,79	0,9
0,06	0,06	0,08	0,09	0,12	0,15	0,21	0,26	0,31	0,38	0,47	0,58	0,70	0,83	0,92
0,08	0,08	0,09	0,12	0,15	0,20	0,28	0,33	0,40	0,48	0,57	0,68	0,79	0,89	0,94
0,10	0,09	0,12	0,15	0,19	0,25	0,34	0,40	0,47	0,56	0,66	0,76	0,85	0,92	0,95
0,15	0,14	0,17	0,23	0,28	0,37	0,48	0,56	0,67	0,72	0,80	0,88	0,93	0,95	-
0,20	0,19	0,23	0,29	0,37	0,47	0,64	0,69	0,76	0,83	0,89	0,93	0,95	-	-
0,25	0,24	0,29	0,35	0,45	0,57	0,71	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95	-	-	-
0,30	0,29	0,35	0,42	0,53	0,66	0,80	0,86	0,90	0,94	0,95	-	-	-	-
0,35	0,32	0,41	0,50	0,52	0,74	0,86	0,91	0,94	0,95	-	-	-	-	-

окончание табл. 1.5

0,40	0,35	0,47	0,57	0,69	0,81	0,91	0,93	0,95	-	-	-	-	-	-
0,45	0,43	0,52	0,64	0,76	0,87	0,93	0,95	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,48	0,58	0,70	0,82	0,91	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
0,55	0,52	0,63	0,75	0,87	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	0,57	0,69	0,81	0,91	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,65	0,62	0,74	0,86	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,70	0,66	0,80	0,90	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,75	0,71	0,85	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	0,76	0,89	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,85	0,80	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,90	0,85	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания. 1.Для промежуточных значений P_* и n_* рекомендуется брать ближайшие меньшие значения

2. Таблица составлена по уравнению $n_{эф*} = \dfrac{0.95}{\dfrac{P_*^2}{n_*} + \dfrac{(1+P_*)^2}{1-n_*}}$

1.2. Коэффициенты спроса, использования и максимума

Значения коэффициентов использования, спроса и максимума для различных электроприемников определены из опыта эксплуатации и при проектировании принимаются по справочным материалам – табл.1.6-1.8.

Величина коэффициента спроса $К_с$ может быть принята по таблице 1.9 в зависимости от величины коэффициента использования $К_и$ для данной группы приемников (таблица 1.9 составлена для среднего коэффициента включения, равного 0,8).

Таблица 1.6

Коэффициенты спроса и мощности

Наименование цеха, производства	$К_с$	cosφ
Корпуса, цеха, насосные и другие установки общепромышленного назначения		
Блок основных цехов	0,40-0,50	0,75
Блок вспомогательных цехов	0,30-0,35	0,7
Кузнечно-прессовые	0,40-0,5	0,75
Термические, закалочные	0,6	0,75
Металлоконструкций, сварочно-заготовительные	0,25-0,35	0,65-0,75
Механосборочные, столярные, модельные	0,20-0,30	0,60-0,80
Малярные, красильные	0,40-0,50	0,60-0,70
Собственные нужды ТЭЦ	0,60-0,70	0,8
Лаборатории, заводоуправления, конструкторские бюро, конторы	0,40-0,50	0,70-0,80

продолжение табл. 1.6

Депо электрокар	0,50-0,70	0,70-0,80
Депо (паровозное, пожарное, железнодорожное)	0,30-0,40	0,60-0,80
Гаражи автомашин	0,20-0,30	0,7
Котельные	0,50-0,60	0,8
Склады готовой продукции, металла, магазины	0,30-0,40	0,8
Столовая	0,40-0,50	0,9
Лесозаводы	0,35-0,45	0,75
Лесосушилки	0,60-0,70	0,75-0,90
Термическая нагрузка (нагревательные печи)	0,70-0,80	0,85-0,90
Крановая нагрузка, подъемники	0,20-0,30	0,50-0,70
Электросварка	0,6	0,35
Малярные, модельные	0,40-0,50	0,50-0,60
Склады открытые	0,20-0,30	0,60-0,70
Медеплавильные заводы		
Ватержакеты и отражательные печи	0,5	0,8
Цех рафинации меди	0,6	0,75
Заводы цветной металлургии		
Цех электролиза	0,7	0,85
Отдел регенерации	0,5	0,8
Разливочная	0,4	0,7
Лаборатория	0,25	0,7
Аглоцех	0,5	0,8
Заводы черной металлургии		
Цех холодного проката	0,40-0,50	0,8
Цех горячего проката	0,50-0,60	0,8
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,75
Доменный цех	0,45	0,75
Слябинг	0,5	0,8
Цех сталеплавильных печей	0,4	0,7
Цех проката жести	0,45	0,70-0,80
Обогатительные фабрики		
Цех обогащения	0,60-0,65	0,8
Цех дробления	0,40-0,45	0,75
Флотационный цех	0,60-0,70	0,75
Сгустители	0,50-0,55	0,7
Шаровые мельницы	0,50-0,60	0,8
Реагентный, баритовый цех	0,6	0,8
Золоизвлекательный цех	0,4	0,7
Цех мокрой магнитной сепарации	0,5	0,8
Дробильно-промывочный цех	0,40-0,50	0,8
Агломерационные фабрики		
Спекальный цех	0,5	0,7
Цех фильтрации	0,50-0,60	0,7
Цех рудничной мелочи	0,4	0,65
Цех шихты	0,4	0,65
Цех перегрузки	0,30-0,40	0,65
Сероулавливающее устройство	0,50-0,55	0,75

продолжение табл. 1.6

Алюминиевые заводы

Блок мокрого размола и обработки	0,5	0,3
Выпарка, декомпозиция	0,55-0,60	0,85
Цех спекания, прокалывания	0,50-0,60	0,85
Цех выщелачивания, сгущения	0,40-0,50	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,65
Заводы тяжелого машиностроения		
Главный корпус	0,30-0,40	0,65-0,70
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,70-0,80
Кузнечный цех	0,40-0,45	0,75
Термический цех	0,50-0,60	0,65
Моторный цех	0,35	0,75
Арматурный цех	0,30-0,35	0,6
Рессорный цех	0,3	0,65
Сварочный цех	0,40-0,45	0,6
Аппаратный цех	0,3	0,7
Изоляционный цех	0,50-0,60	0,9
Лаковарочный цех	0,6	0,9
Эстакада	0,25	0,65
Цех пресс-порошка	0,40-0,50	0,85
Цех электролиза	0,5	0,8
Цех металлопокрытий	0,4	0,8
Экспериментальный цех	0,2	0,7
Трансформаторные заводы		
Главный корпус	0,4	0,80-0,85
Сварочный корпус	0,35	0,7
Аппаратный корпус	0,3	0,7
Изоляционный корпус	0,6	0,9
Лаковарочный корпус	0,4	0,8
Авторемонтные заводы		
Цех обмотки проводов	0,4	0,7
Кузовной цех	0,35	0,8
Цех обкатки автодвигателей	0,60-0,70	0,6
Станочное оборудование	0,25	0,6
Разборно-моечный цех	0,3	0,65
Судоремонтные заводы		
Главный корпус	0,4	0,8
Котельный цех	0,5	0,65
Сухой док	0,4	0,6
Плавающий док	0,5	0,7
Механические цеха	0,25-0,35	0,60-0,70
Автомобильные заводы		
Цех шасси и главный конвейер	0,35	0,75
Моторный цех	0,25	0,7
Прессово-кузовный цех	0,2	0,7
Кузнечный цех	0,2	0,75
Арматурно-агрегатный цех	0,2	0,7

продолжение табл. 1.6

Авиационные заводы		
Цех обработки блоков, поршней, шатунов и прочих деталей двигателей	0,35	0,7

Цех сборки, испытаний двигателей	0,4	0,8
Цех производства мелких деталей	0,3	0,7
Гальванический цех	0,5	0,85
Станция химводоочистки, канализации	0,6	0,8
Градирня	0,7	0,8
Склад кислот	0,3	0,7
Цех пластмасс	0,4	0,9
Штамповочный цех деталей корпуса самолета	0,4	0,6
Штамповочный цех деталей покрытия самолета	0,3	0,8
Цех сборки остова самолета	0,4	0,6
Цех полной сборки самолетов	0,4	0,7
Химические заводы и комбинаты		
Цех красителей	0,4	0,75
Цех натриевой соли	0,45	0,75
Цех хлорофоса, синильной кислоты	0,50-0,55	0,75
Цех метиленхлорида, сульфата аммония	0,5	0,70-0,75
Цех холодильных установок	0,6	0,8
Склады готовой продукции	0,2	0,5
Надшахтные здания	0,7	0,80-0,85
Здания подъемных машин	0,60-0,70	0,80-0,85
Галереи транспортеров	0,35-0,40	0,60-0,80
Здание шахтного комбината	0,5	0,9
Эстакады и разгрузочные пункты	0,60-0,70	0,65-0,80
Цех обезвоживания	0,5	0,8
Башня Эстнера	0,5	0,7
Эстакада наклонного транспорта	0,4	0,8
Сушильное отделение	0,7	0,8
Корпус запасных резервуаров	0,3	0,8
Химлаборатория	0,3	0,8
Цех защитных покрытий	0,5	0,8
Нефтеперерабатывающие заводы		
Установка каталического крекинга	0,50-0,60	0,8
Установка термического крекинга	0,65	0,85
Установка прянной гонки	0,50-0,60	0,75
Установка алкиляции, инертного газа	0,55	0,75
Электрообессоливающая, этилсмесительная установка	0,50-0,60	0,8
ЭЛОУ	0,50-0,60	0,8
Резервуарные парки	0,3	0,65
Коксохимические заводы		
Дезинтеграторное отделение	0,6	0,8
Перегрузочная станция дробления	0,5	0,7
Дозировочное отделение	0,4	0,8
Угольные ямы	0,7	0,75
Вагоноопрокидыватель	0,4	0,8

продолжение табл. 1.6

Коксовые батареи	0,60-0,70	0,85-0,90
Пекококсовая установка	0,7	0,8
Смоларазгонный цех	0,7	0,8
Дымососная установка	0,7	0,8
Бензольный цех	0,7	0,8

Насосная конденсата	0,6	0,7
Ректификация	0,6	0,75
Сероочистка	0,7	0,8
Углемойка	0,4	0,75
Холодильники аммиачной воды	0,5	0,8
Цементные заводы		
Шиферное производство	0,35	0,7
Сырьевые мельницы	0,50-0,60	0,8
Сушильный цех	0,40-0,50	0,85
Цементные мельницы	0,50-0,60	0,8
Шламбассейны	0,7	0,85
Клинкерное отделение	0,35-0,45	0,75
Цех обжига	0,40-0,50	0,80-0,90
Электрофильтры	0,4	0,75
Цех дробления	0,5	0,8
Химводоочистка	0,50-0,60	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,6
Заводы абразивные и огнеупоров		
Цех шлифпорошков	0,5	0,8
Подготовительный цех	0,4	0,75
Цех шлифзерна, шлифизделий	0,40-0,50	0,75
Цех дробления	0,50-0,60	0,8
Цех переплавки пирита	0,6	0,85
Печной цех	0,6	0,9
Углеподготовка	0,40-0,50	0,75
Шамотный цех	0,40-0,45	0,7
Стекольный цех	0,5	0,75
Промышленные базы стройиндустрии		
Корпус дробления камня	0,40-0,60	0,75
Корпус промывки и сортировки	0,40-0,50	0,7
Корпус керамзитовых, бетонных и гончарных труб	0,4	0,7
Корпус железобетонных конструкций	0,30-0,40	0,7
Бетонно-смесительный цех	0,5	0,75
Цех силикатно-бетонных изделий	0,40-0,45	0,75
Цех производства шифера	0,40-0,45	0,75
Цех помола извести	0,5	0,7
Цех ячеистых бетонов	0,4	0,65
Цех гибсошлаковых изделий	0,4	0,65
Арматурный цех	0,35	0,6
Склады	0,25	0,6

окончание табл. 1.6

Текстильные, трикотажные, ситценабивные меланжевые фабрики		
Прядильный цех	0,50-0,70	0,75
Ткацкий цех	0,60-0,70	0,8
Красильный, отбельный цех	0,50-0,55	0,70-0,80
Крутильный цех	0,50-0,60	0,8

Корпуса "медио", "утка" и др.	0,5	0,7
Сушильный, ворсовальный цех	0,40-0,50	0,75-0,80
Печатный цех	0,5	0,75
Вязальный, трикотажный цех и др.	0,40-0,50	0,7
Цех носочно-чулочных изделий	0,40-0,50	0,7
Цех капроно-нейлоновых изделий	0,50-0,60	0,75
Швейные мастерские	0,30-0,40	0,65
Основальный корпус	0,6	0,7
Кузнечно-сварочный цех	0,3	0,5
Опытный флотационный цех	0,7	0,8
Разгрузочное устройство	0,3	0,8
Главный корпус сильвинитовой фабрики	0,7	0,8
Научно-исследовательские и экспериментальные институты		
Главный корпус опытного завода	0,30-0,40	0,7
Машинный зал	0,5	0,8
Электрофизический корпус	0,4	0,75
Лаборатория низких температур	0,50-0,60	0,85
Корпус высоких напряжений	0,35	0,8
Лаборатория специальных работ	0,35	0,7
Деревообрабатывающие комбинаты и заводы		
Лесопильный завод	0,4	0,75
Сушильный цех	0,35	0,8
Биржа сырья	0,3	0,65
Цех прессованных плит	0,4	0,75
Столярный, модельный, деревообрабатывающий	0,25-0,35	0,7
Станкостроительный завод		
Главный корпус	0,5	0,6
Эстакада к главному корпусу	0,5	0,7
Станция осветления вод	0,7	0,85
Бумажные фабрики		
Бумажные машины	0,60-0,65	0,75
Дереворубка	0,40-0,45	0,65
Кислотный цех	0,5	0,8
Варосный цех	0,35	0,70-0,80
Отбельный цех	0,50-0,60	0,7
Тряпковарка	0,60-0,65	0,8
Лесотаски	0,35	0,6

Таблица 1.7

Коэффициенты использования и мощности некоторых механизмов и аппаратов промышленных предприятий

Механизмы и аппараты	$К_и$	cosφ
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, расточные).	0,12—0,14	0,5
То же при крупносерийном производстве.	0,16	0,6
То же при тяжелом режиме работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки).	0,17—0,25	0,65
Поточные линии, станки с ЧПУ	0,6	0,7
Переносный электроинструмент	0,06	0,65
Вентиляторы, эксгаустеры, санитарно-техническая вентиляция	0,6—0,8	0,8—0,85
Насосы, компрессоры, дизель-генераторы и двигатель-генераторы	0,7—0,8	0,8—0,85
Краны, тельферы, кран-балки при ПВ = 25 %	0,06	0,5
То же при ПВ = 40 %	0..1	0,5
Транспортеры	0,5—0,6	0,7—0,8
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,25—0,3	0,35—0,4
Приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2—0,24	0,65
Элеваторы, шнеки, несбалансированные конвейеры мощностью до 10 кВт	0,4—0,5	0,6-0,7
То же, сблокированные и мощностью выше 10 кВт	0,55—0,75	0,7—0,8
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7
Сварочные машины шовные	0,2—0,5	0,7
Сварочные машины стыковые и точечные	0,2—0.25	0,6
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75—0,8	0,95
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75—0,8	0,95
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0,5	0,95
Вакуум-насосы	0,95	0,85
Вентиляторы высокого давления	0,75	0,85

окончание табл. 1.7

Вентиляторы к дробилкам	0,4—0,5	0,7—0,75
Газодувки (аглоэкструдеры) при синхронных двигателях	0,6	0,8—0,9
То же при асинхронных двигателях	0,8	0,8
Молотковые дробилки	0,8	0,85
Шаровые мельницы	0,8	0,8
Грохоты	0,5—0,6	0,6-0,7
Смесительные барабаны	0,6—0,7	0,8
Чашевые охладители	0,7	0,85
Сушильные барабаны и сепараторы	0,6	0,7
Электрофильтры	0,4	0,87
Вакуум-фильтры	0,3	0,4
Вагоноопрокидыватели	0,6	0,5
Грейферные краны	0,2	0,6
Лампы накаливания	0,85	1,0
Люминесцентные лампы	0,85—0,9	0,95

Таблица 1.8

Определение коэффициента максимума по известным значениям $K_и$ и $n_{эф}$

$n_{эф}$	Коэффициент максимума $К_м$ при $К_и$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,25	2,87	2,42	2,0	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,1	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
35	1,55	1,41	1,30	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,03
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,03
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,05	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02

окончание табл. 1.8

100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

120	1,19	1,15	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,01
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,01
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,01
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,00

Таблица 1.9

Взаимосвязь между коэффициентом спроса и коэффициентом использования

$К_и$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$К_с$	0,5	0,6	0,65-0,70	0,75-0,80	0,85-0,90	0,92-0,95

1.3. Осветительная нагрузка

Таблица 1.10

Коэффициенты спроса осветительных нагрузок

Характеристика помещения	$К_{со}$
Мелкие производственные здания и торговые помещения	1
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Производственные здания, состоящие из ряда отдельных помещений	0,85
Библиотеки, административные здания, предприятия общественного питания	0,9
Лечебные заведения и учебные учреждения, конторско-бытовые здания	0,8
Складские здания, электрические подстанции	0,6
Аварийное освещение	1,0

Таблица 1.11

Удельная мощность (плотность) осветительной нагрузки, Вт/м^2

Наименование объекта	*Р*уд
Литейные и плавильные цеха	12-19
Механические и сборочные цеха	11-16
Электросварочные и термические цеха	13-15
Инструментальные цеха	15-16
Деревообрабатывающие и модельные цеха	15-18
Блоки вспомогательных цехов	17-18
Инженерные корпуса	16-20
Центральные заводские лаборатории	20-27
Заводы горно-шахтного оборудования	10-13
Освещение территории	0.16

1.4. Графики электрических нагрузок

Режимы работы потребителей электрической энергии не остаются

постоянными, а непрерывно изменяются в течение суток, недель и месяцев года. Соответственно изменяется и нагрузка всех звеньев передачи и распределения электроэнергии и генераторов электрических станций. Изменение нагрузок электроустановок в течение времени принято изображать графически в виде графиков нагрузки.

Различают графики активных и реактивных нагрузок. По продолжительности графики нагрузки делятся на сменные, суточные и годовые.

В условиях эксплуатации изменения нагрузки по активной и реактивной мощности во времени представляют в виде ступенчатой кривой по показаниям счетчиков активной и реактивной электроэнергии, снятым через одинаковые определенные интервалы времени (30 или 60 мин.).

Знание графиков нагрузки позволяет определять величину сечений проводов и жил кабелей, оценивать потери напряжения, выбирать мощности генераторов электростанций, рассчитывать системы электроснабжения проектируемых предприятий, решать вопросы технико-экономического характера и многое другое.

Характерные суточные графики электрических нагрузок предприятий различных отраслей промышленности приведены на рис.1.1.

Рис. 1.2 иллюстрирует взаимосвязь между временем максимальных потерь и временем использования максимума нагрузки.

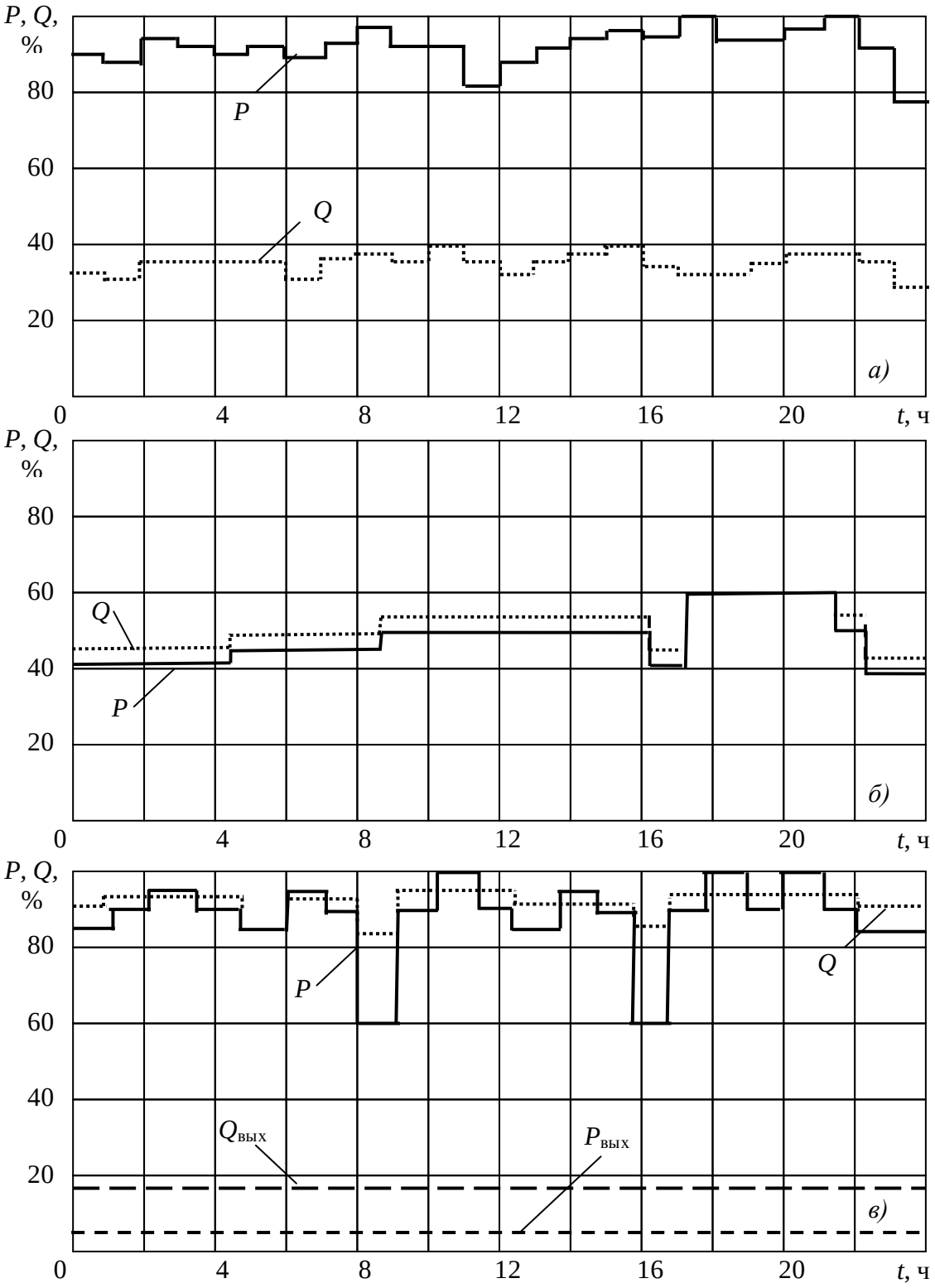
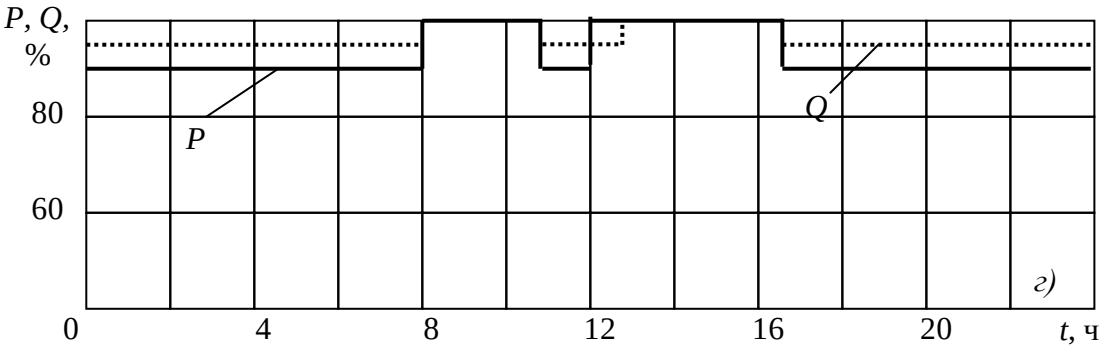
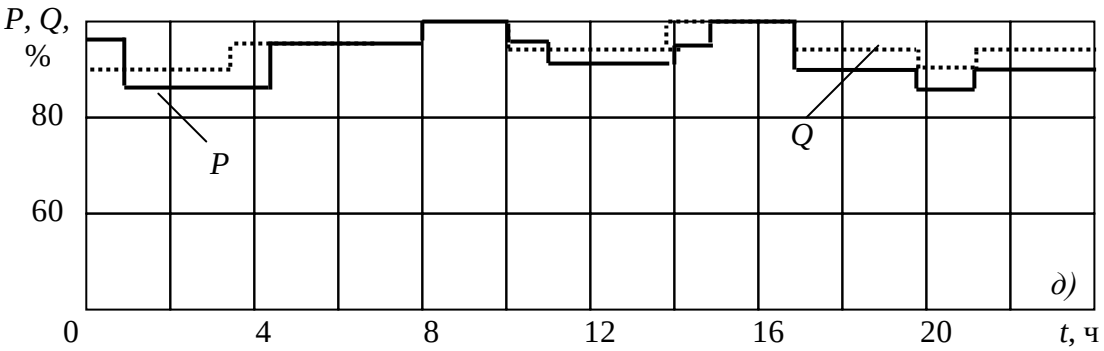


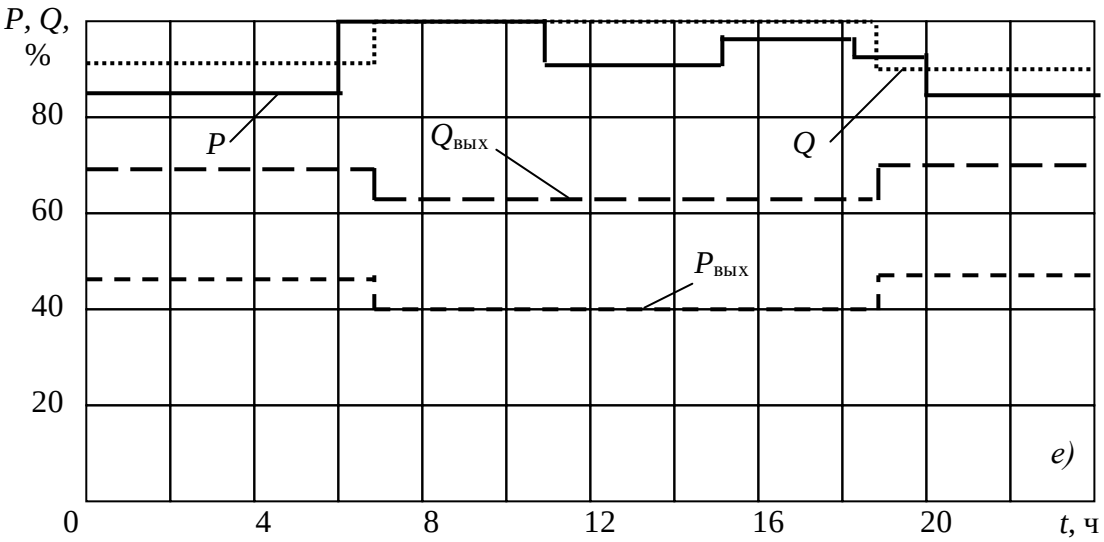
Рис.1.1. Характерные суточные графики электрических нагрузок предприятий различных отраслей промышленности

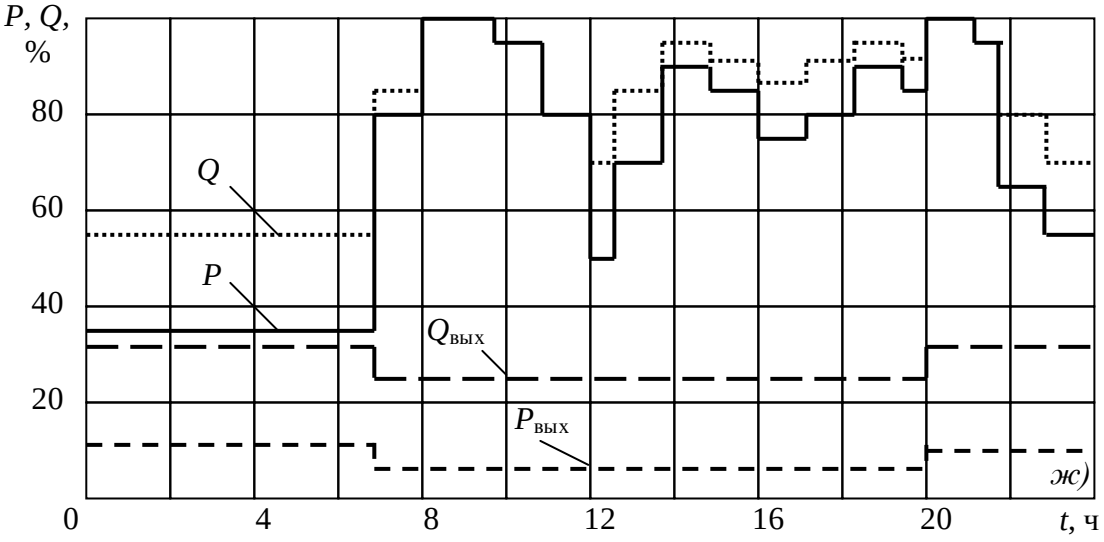
а – нефтепереработка; б – угледобыча; в – торфопереработка; г – цветной металлургии; д – химии; е – черной металлургии; ж – ремонтно-механических заводов; з – станкостроительных; и – автомобильных; к – деревообрабатывающей промышленности; л – целлюлозно-бумажной промышленности; м – легкой промышленности; н – прядильно-ткацких фабрик; о – печатных и отделочных фабрик; п – пищевой промышленности; р – тяжелого машиностроения.

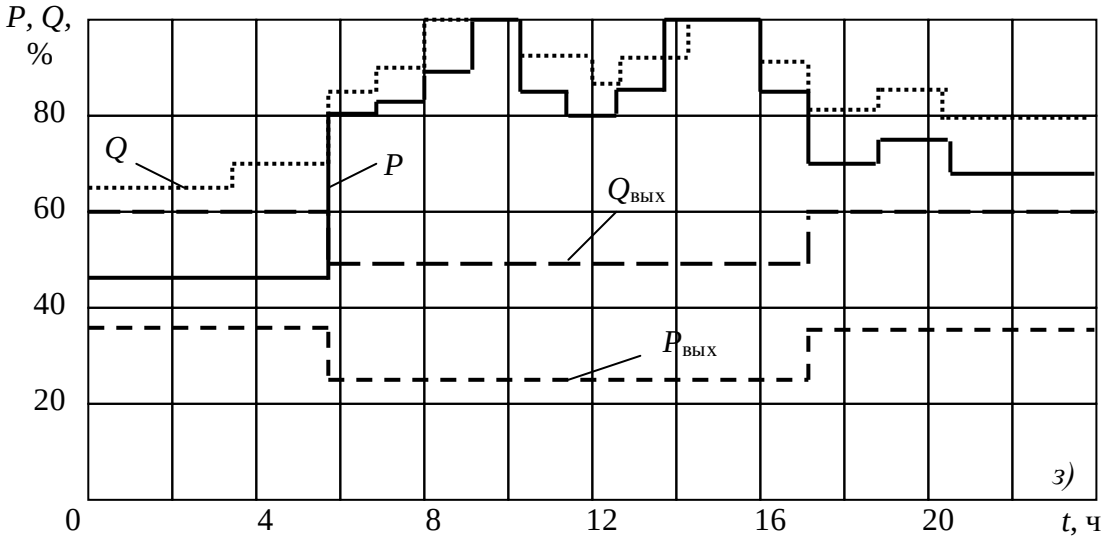
P, Q – активная и реактивная нагрузка рабочего дня; $P_{вых}$, $Q_{вых}$ - активная и реактивная нагрузка выходного дня

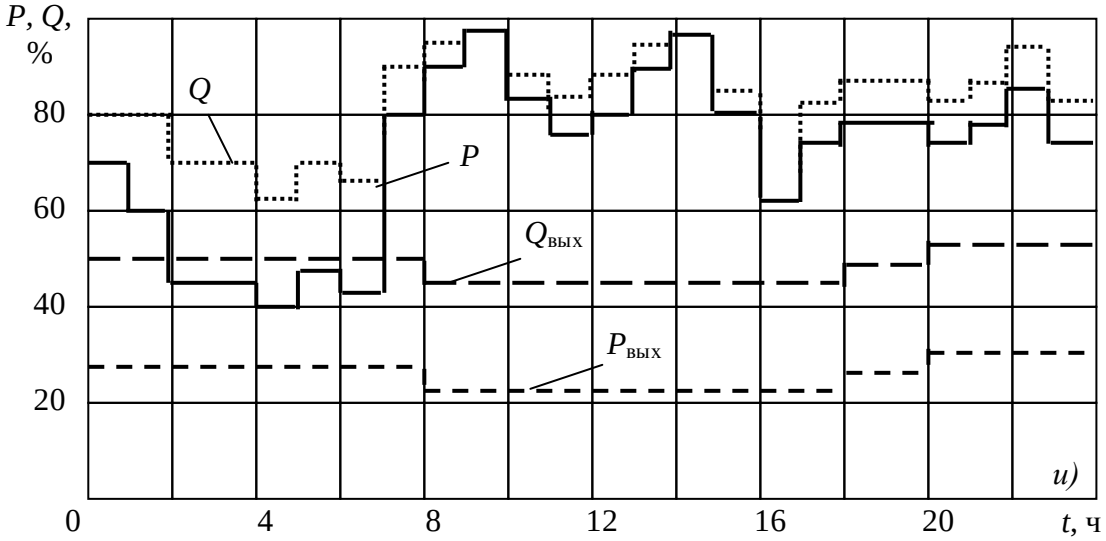

P, Q, %
80
60
P
Q
0
4
8
12
16
20
t, ч
г)

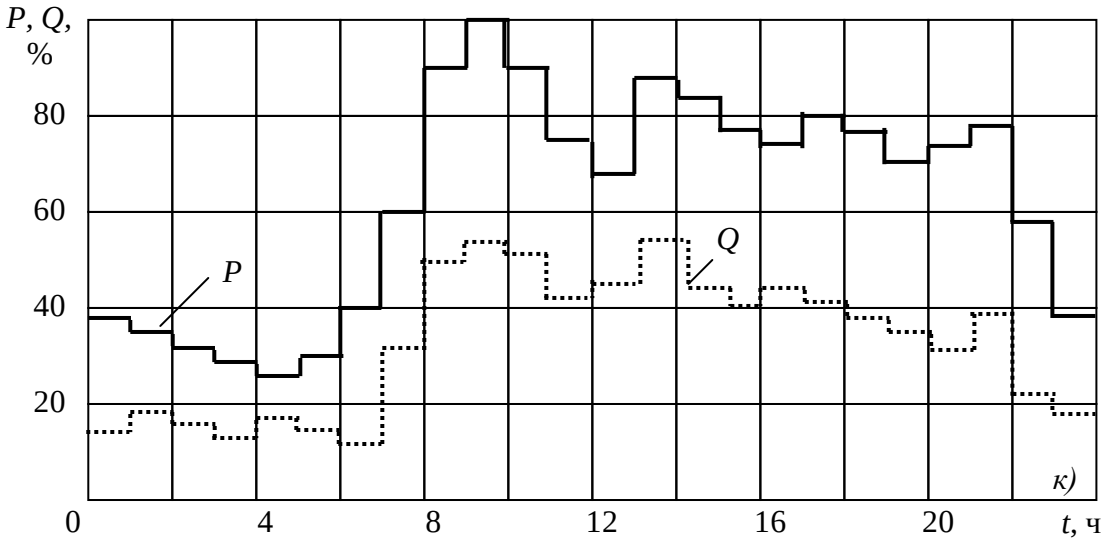

P, Q, %
80
60
P
Q
0
4
8
12
16
20
t, ч
д)

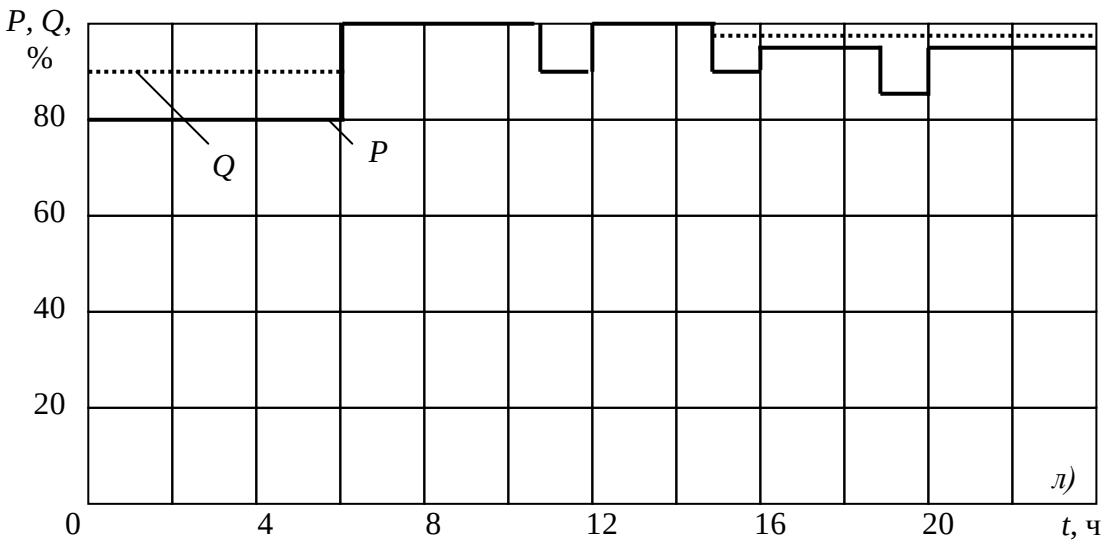

P, Q, %
80
60
40
20
P
Qвых
Q
Pвых
0
4
8
12
16
20
t, ч
е)

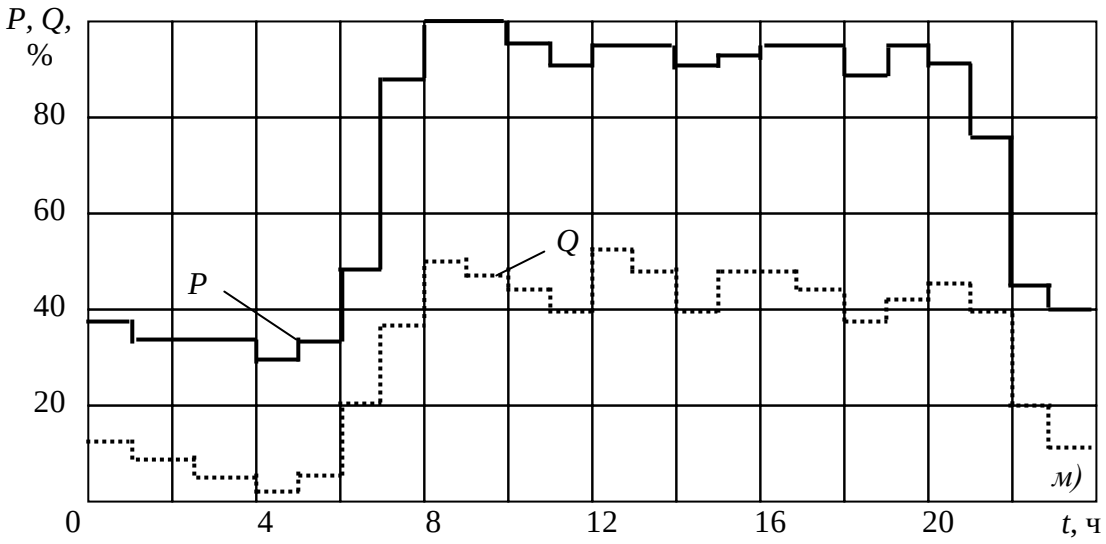

P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
Qвых
Pвых
0
4
8
12
16
20
t, ч
ж)

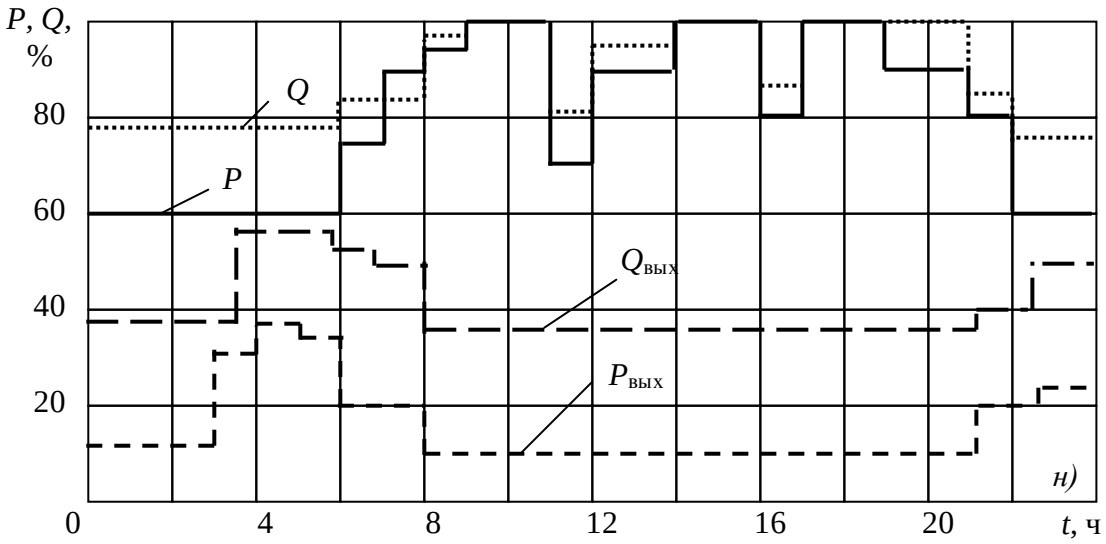

P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
Qвых
Pвых
з)
0
4
8
12
16
20
t, ч

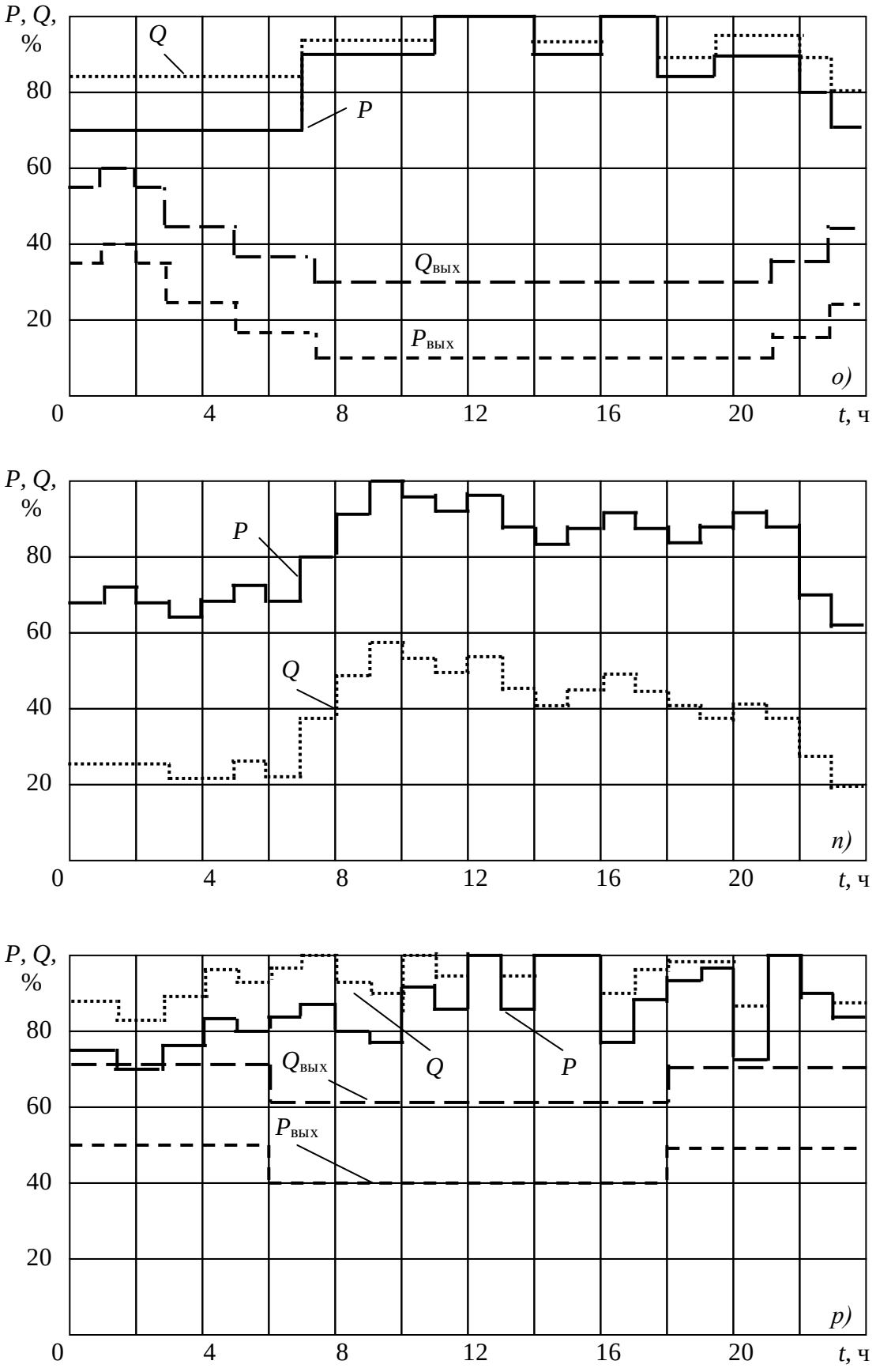

P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
Qвых
Pвых
и)
0
4
8
12
16
20
t, ч


P, Q, %
80
60
40
20
P
Q
к)
0
4
8
12
16
20
t, ч


P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
0
4
8
12
16
20
t, ч
л)


P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
0
4
8
12
16
20
t, ч
м)


P, Q, %
80
60
40
20
Q
P
Qвых
Pвых
0
4
8
12
16
20
t, ч
н)


P, Q, %
80
60
40
20
0
4
8
12
16
20
t, ч
Q
P
Qвых
Pвых
о)
P, Q, %
80
60
40
20
0
4
8
12
16
20
t, ч
P
Q
п)
P, Q, %
80
60
40
20
0
4
8
12
16
20
t, ч
Qвых
Q
P
Pвых
р)

1.5. Показатели, характеризующие графики нагрузок

При расчетах нагрузок применяются некоторые безразмерные показатели графиков нагрузок, характеризующие режим работы приемников электроэнергии по мощности и во времени.

Таблица 1.12

Показатели графиков электрических нагрузок по активной мощности

Коэффициент	Расчетные формулы показателей	
	Индивидуальные графики	Групповые графики
Использования $К_и$	$к_и = p_{см}/p_{ном}$ $к_и = к_{вкл} \cdot к_{загр}$	$К_и = \frac{P_{см}}{P_{ном}} = \frac{\sum_1^n к_и \cdot p_{ном}}{\sum_1^n p_{ном}}$ $К_и = К_{вкл} \cdot К_{загр}$
Включения, $К_{вкл}$	$к_{вкл} = \frac{t_{вкл}}{t_ц} = \frac{t_р + t_{хх}}{t_ц}$	$К_{вкл} = \frac{\sum_{i=1}^n к_{вкл} \cdot p_{ном.i}}{\sum_{i=1}^n p_{ном.i}}$
Загрузки, $К_{загр}$	$к_{загр} = \frac{p_{с.вкл}}{p_{ном}} = \frac{к_и}{к_{вкл}}$	$К_{загр} = \frac{К_и}{К_{вкл}}$
Формы графика нагрузки, $К_ф$	$к_ф = \frac{p_{ск}}{p_{см}}$	$К_ф = \frac{P_{ск}}{P_{см}}$ $P_{ск} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3 + \ldots\ldots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots\ldots + t_n}}$, где $P_1, P_2, \ldots P_n$ – средняя нагрузка на интервалах времени между замерами показаний приборов; $t_1, t_2, \ldots t_n$ – временные интервалы между замерами.
Максимума, $К_м$	-	$К_м = \frac{P_р}{P_{см}}$ $К_м = f(n_{эф}, К_и)$ – определяют по табл.1.8
Спроса, $К_с$	-	$К_с = \frac{P_р}{P_{ном}}$ $К_с = К_и К_м$
Заполнения графика нагрузки, $К_{з.г}$	-	$К_{з.г} = \frac{P_{см}}{P_р} = \frac{1}{К_м}$

окончание табл. 1.12

Разновременности максимумов нагрузки (для трансформаторов ГПП см. табл. 1.13)	-	$К_{р.м} = \frac{P_р}{\sum_{i=1}^{n} P_{рi}}$ Кр.м = 0,85÷1,0

Таблица 1.13

Значения коэффициентов разновременности на шинах (6-10 кВ) трансформаторов ГПП

Коэффициент разновременности $К_{р.м.}$		
при $К_и \le 0,3$	$0.3 < К_и < 0,5$	при $К_и \ge 0,5$
0.75	0.8	0.85

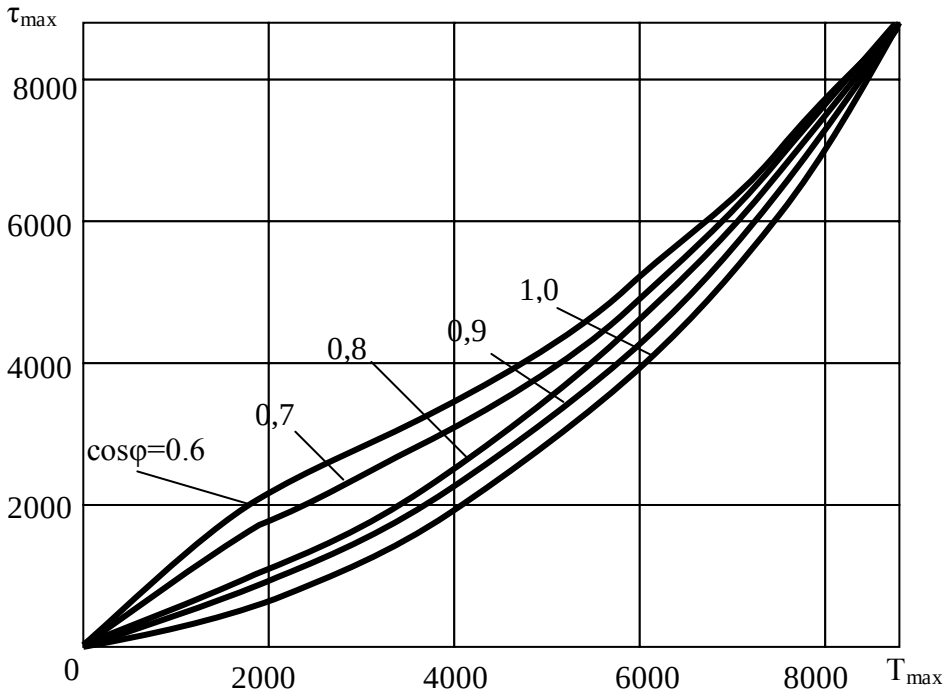


Рис. 1.2. Зависимость времени максимальных потерь τ_{max} от продолжительности использования максимума нагрузки T_{max} и cosφ

2. ВНУТРИЦЕХОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Определяющим фактором при выборе схемы цеховой сети является расположение технологического оборудования на плане цеха, степень его ответственности, номинальное напряжение и мощности электроприемников, расстояние от центра питания до электроприемника, характер нагрузки (спокойная, резкопеременная) и ее распределение по площади цеха. По структуре схемы внутрицеховых электрических сетей могут быть радиальными, магистральными и смешанными. По конструктивным признакам классификация сетей приведена на рис.2.1. Выбор конструкции сетей, способа канализации электрической энергии и типа проводников осуществляется с ориентацией на условия окружающей среды помещений цехов. В цеховых сетях напряжением до 1000 В наиболее широкое распространение получили электропроводки, кабельные линии комплектные шинопроводы. Воздушные линии имеют крайне ограниченное применение.

2.1. Общая классификация сред и помещений

Электропомещениями называются помещения или отгороженные, например сетками, части помещения, доступные только для обслуживающего персонала, в которых установлено находящееся в эксплуатации электрооборудование, предназначенное для производства, преобразования или распределения электроэнергии.

В зависимости от характера окружающей среды нормативными документами [7] введена следующая классификация помещений:

Сухие помещения – помещения, в которых относительная влажность не превышает 60 % при 20° С. Сухие помещения называются нормальными, если в них отсутствуют условия, характерные для помещений жарких, пыльных, с химически активной средой или взрывоопасных.

Влажные помещения – помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и в небольших количествах, относительная влажность в которых не превышает 75 % при 20°С.

Сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность длительно превышает 75 % при 20°С.

Особо сырые помещения – помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % при 20°С (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Жаркие помещения – помещения, в которых температура длительно превышает 30°С.

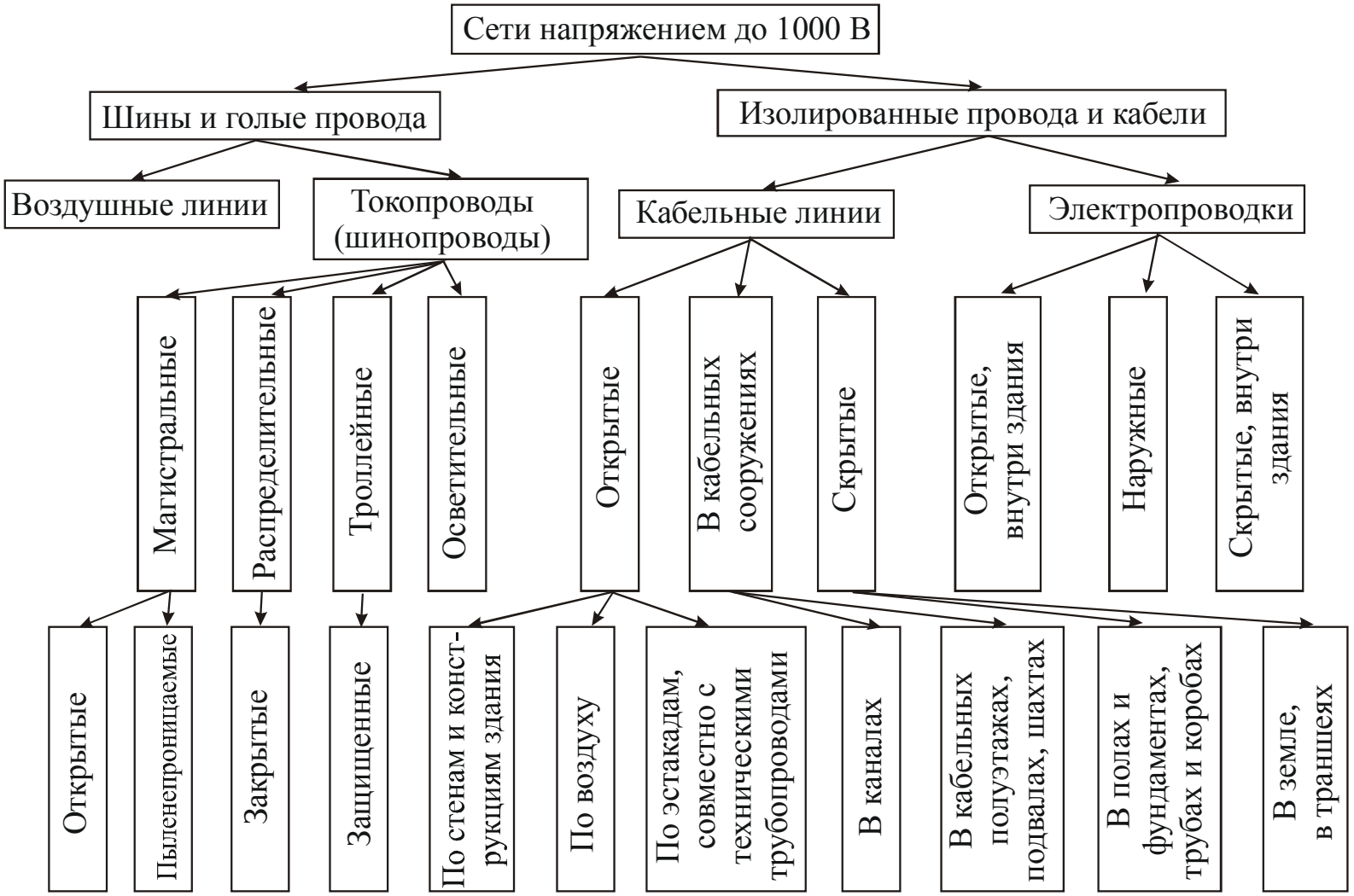


Рис.2.1. Классификация сетей по конструктивным признакам

Пыльные помещения – помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п. Пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью.

Помещения с химически активной средой – помещения, в которых по условиях производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Взрывоопасные помещения – помещения (и наружные установки), в которых по условиям технологического процесса могут образоваться взрывоопасные смеси: горючих газов или паров с воздухом или кислородом и с другими газами-окислителями (с хлором); горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

К невзрывоопасным относятся помещения и наружные установки, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо (печные отделения газогенераторных станций, газовые котельные и др.), технологический процесс которых связан с применением открытого огня или раскаленных частей (открывающиеся электрические и другие печи), либо наружные поверхности имеют температуры нагрева, превышающие температуру самовоспламенения паров и газов в окружающей среде.

Взрывоопасность помещений определяется принятой классификацией – классы В-I, В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа.

К классу В-I относят помещения, в которых в большом количестве выделяются горючие газы или пары, обладающие свойствами, способствующими образованию с воздухом или другими окислителями взрывоопасных смесей при нормальных недлительных режимах работы. Например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, при переливании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

К классу В-Iа относят помещения, в которых отсутствуют взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями, но наличие их возможно только в результате аварий или неисправностей

К классу В-Iб относят те же помещения, что и к классу В-Iа, но имеющие следующие особенности:

- горючие газы обладают высоким нижним пределом взрываемости (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);
- образование в аварийных случаях в помещениях общей взрывоопасной концентрации по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация (помещения электролиза воды и поваренной соли);

- горючие газы и легковоспламеняющиеся горючие жидкости имеются в помещениях в небольших количествах, не создающих общей взрывоопасной концентрации, и работа с ними производится без применения открытого пламени. Эти помещения относятся к невзрывоопасными, если работа в них выполняется в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

К классу В-Iг относят наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, емкости, сливно-наливные эстакады и т.д.), где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности. Для наружных установок взрывоопасными считаются зоны: до 20 м по горизонтали и вертикали от эстакад с открытым сливом и наливом легковоспламеняющихся жидкостей; до 3 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасного закрытого технологического оборудования и 5 м по вертикали и горизонтали от дыхательных и предохранительных клапанов – для остальных установок. Наружные открытые эстакады с трубопроводами для горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей относят к невзрывоопасным.

К классу В-II относят помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна, способные образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси при недлительных режимах работы (загрузка и разгрузка технологических аппаратов).

К классу В-IIа относят помещения класса В-II, в которых опасные состояния не имеют места, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасные помещения – помещения, в которых по технологическому процессу выделяются, применяются или хранятся горючие вещества. Пожароопасность определяется принятой классификацией – классы П-I, П-II, П-IIа, П-III.

К классу П-I относят помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки выше 45 °С (например, склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и т.п.).

К классу П-II относят помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром (но не взрывом) из-за физических свойств пыли или волокон или из-за того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например, деревообделочные цеха, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов).

К классу П-IIа относят производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества, причем признаки, перечисленные в П-II, отсутствуют.

К классу П-III относят наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°С (например, открытые склады минеральных масел), а также твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, древесины).

С точки зрения поражения электрическим током помещения подразделяются на помещения с повышенной опасностью, особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости или проводящей пыли;
- токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.п.)
- высокой температуры;
- возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости;
- химически активной среды;
- одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности – помещения, в которых отсутствуют условия, создающие «повышенную опасность» и «особую опасность».

Рекомендации по выбору напряжения распределительных сетей приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Выбор напряжения распределительных сетей

Номинальное напряжение сети, В	Применение
Напряжение выше 1000 В	
6000	На промышленных предприятиях при наличии значительного числа электроприемников на 6 кВ, при электроснабжении передвижных строительных машин (экскаваторов, земснарядов).
10 000	В городах и сельских районах, на промышленных предприятиях при отсутствии большого числа электроприемников, которые могут питаться непосредственно от сети 6 кВ.

окончание табл. 2.1

Напряжение до 1000 В	
660	В угольной, горнорудной, химической и нефтяной промышленности. Допускается без ограничения для всех отраслей промышленности в случае экономической целесообразности.
380/220	В городских электросетях, для питания силовых и осветительных электроприемников промышленных предприятий по четырехпроводной системе от общих трансформаторов.
36	Для сети и ремонтного освещения в помещениях повышенной опасности.
12	Для сети местного и ремонтного освещения в котельных и других, особо опасных помещениях.
12, 24, 36, 48, 60, 110, 220	Для питания цепей управления, сигнализации и автоматизации технологических процессов.

2.2. Электропроводки

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплением, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями. Это определение распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1000 В переменного и постоянного тока, выполненных внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях предприятий и учреждений, микрорайонов и дворов, на строительных площадках с применением изолированных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм^2 (при сечении более 16 мм^2 – кабельные линии).

В электропроводках применяют защищенные и незащищенные изолированные провода, а также кабели.

Защищенный провод имеет поверх электрической изоляции металлическую или другую оболочку, предназначенную для герметизации и защиты от внешних воздействий находящейся внутри нее части провода.

Незащищенный провод не имеет такой оболочки, но может иметь обмотку или оплетку пряжей, которая не рассматривается как защита провода от механических повреждений.

Кабель – одна или несколько скрученных вместе изолированных жил, заключенных в общую герметическую оболочку (резиновую, пластмассовую, алюминиевую, свинцовую).

Для электропроводок применяют провода и кабели преимущественно с алюминиевыми жилами за исключением производств со взрывоопасной средой категорий В-I и В-Iа, где применение проводников с медными жилами является обязательным. Кроме этого, медные проводники применяются для

механизмов, работающих в условиях постоянных вибраций, сотрясений, а также для передвижных электроустановок.

Основные технические данные наиболее распространенных проводов приведены в таблице 2.2.

Указания по выбору и применению проводов и кабелей для силовых и осветительных сетей отражены в таблице 2.3, а минимально допустимые сечения по условию механической прочности – в таблице 2.4.

При прокладке кабелей с алюминиевыми жилами в траншеях сечением жил должно составлять не менее 6 мм^2.

Если предусмотрена электропроводка в трубах, то во всех случаях, где это допустимо, следует вместо металлических труб применять пластмассовые. Металлические трубы используют во взрывоопасных зонах и в специально обоснованных в проекте случаях в соответствии с требованиями нормативных документов (таблица 2.5). Размеры труб, применяемых для электропроводок, приведены для полимерных труб в таблице 2.6, а для стальных – в таблице 2.7.

Таблица 2.2.

Основные технические данные наиболее распространенных проводов

Марка	Характеристика	Напряжение, В	Количество жил	Площадь сечения жилы, мм^2
Провода с алюминиевыми жилами				
АПР	Установочный, с резиновой изоляцией в пропитанной оплетке	660	1	2,5–240
АПВ	С поливинилхлоридной изоляцией	660, 380	1	2,5–120
АППВ	С поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	500	2; 3	2,5–6
АППВС	То же, но без разделительного основания	500	2; 3	2,5–6
АПРФ	С резиновой изоляцией в фальцованной оболочке из сплава АМЦ	660	1; 2; 3	2,5–4
АПРТО	С резиновой изоляцией в оплетке хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в трубах	660	1 2; 3 4; 7; 10; 14 4; 7	2,5–240 2,5–120 2,5 4–10
АПН	С резиновой изоляцией, не распространяющей горения, без оплетки	500	1 2; 3	2,5–6 2,5–4

продолжение табл. 2.2

Марка	Характеристика	Напря-	Коли-	Площадь

		жение, В	чество жил	сечения жилы, мм^2
АРТ	Установочный, с резиновой изоляцией, с алюминиевыми жилами, с несущим тросом	660	2 3 4	2,5-4 4 и 6 4–35
АВТ	С поливинилхлоридной изоляцией, с несущим тросом	380; 660	2; 3 4	2,5–4 2,5–16
АВТУ	То же, с усиленным несущим тросом	380; 660	2; 3	2,5–4
АВТВ и АВТВУ	То же, что и провода АВТ и АВТУ, но для внутренней прокладки	—	—	—
АПРВ	С резиновой изоляцией в оболочке из поливинилхлоридного пластика	660	1	2,5–6
АПРИ	С резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	660	1	2,5–120
АПРН	С резиновой изоляцией в негорючей резиновой оболочке	660	1	2,5–120
АППР	Плоский с резиновой изоляцией, не распространяющей горения, с разделительным основанием	660	2; 4	2,5–10
Провода с медными жилами				
ПР	С резиновой изоляцией в оплетке, пропитанной противогнилостным составом	660 3000	1 1	0,75–240 1,5–185
ПРГ	То же, но с гибкой жилой	660	1	0,75–240
ПВ-1	С поливинилхлоридной изоляцией	660; 380	1	0,5–95
ПВ-2	То же, но с гибкой жилой	660; 380	1	0,5–95
ПРД	С резиновой изоляцией в непропитанной оплетке	380	2	0,75–6
ППВ	С поливинилхлоридной изоляцией, с разделительными основанием	500	2; 3	0,75–4
ППВС	То же, но без разделительного основания	500	2; 3	0,75–4
ПРЛ	С резиновой изоляцией, в оплетке, покрытой лаком, одножильный	660	1	0,75–6
ПРГЛ	То же, но с гибкой жилой	660	1	0,75–70
КРПТ	Кабель с резиновой изоляцией, переносный, в резиновой оболочке	660	1 2 и 3 2 и 3 с заземляющей жилой	2,5–120 0,75–120 0,75–120

окончание табл. 2.2

Марка	Характеристика	Напряжение, В	Количество жил	Площадь сечения жилы, мм^2

ПРП	С резиновой изоляцией, в оплетке из стальных проволок	660	1; 2; 3	1–95
			4; 6; 7; 8;10	4–10
			4; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 19; 24; 30	1–2,5
ПРРП	То же, но в резиновой оболочке	660	1; 2; 3	1–95
			4; 6; 7; 8;10	4–10
			4; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 19; 24; 30	1–2,5
ПРФ	С резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из сплава АМЦ	660	1; 2; 3	1–4
ПРФЛ	То же, но в латунной оболочке	660	1; 2; 3	1–4
ПРТО	С резиновой изоляцией, в хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в трубах	660	1 2; 3 4; 7; 10; 14 4 и 7	1–240 1–120 1,5 и 2,5 4–10
ПРВ	С резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	660	1	1–6
ПРГВ	То же, но с гибкой жилой	660	1	1–6
ПРВД	С резиновой изоляцией в оболочке из поливинилхлоридного пластиката, двухжильный, скрученный	380	2	1–6
ПРИ	С резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	660	1	0,75–120
ПРТИ	Такие же, как ПРИ, но с гибкой жилой	660	1	0,75–120
ПРН	С резиновой изоляцией в негорючей резиновой оболочке	660	1	1,5–120
ПРГН	Такие же, как ПРН, но с гибкой жилой	660	1	1,5–120

Примечание. Стандартный ряд сечений проводов: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240 мм^2. Для каждой марки проводов установлена определенная шкала сечений. Сечения 0,35; 0,5 и 0,75 мм^2 – только для медных жил.

Таблица 2.3

Указания по выбору и применению проводов и кабелей для силовых и осветительных сетей [8]

Вид электропроводки	Способ прокладки проводов и кабелей	Марка проводов и кабелей	Характеристика помещений и зон по условиям среды																	
			Сухие с нормальной средой	Влажные	Сырые	Особо сырые	С химически активной средой	Пыльные	Жаркие	Пожароопасные				Взрывоопасные						Наружные установки
										П-I	П-II	П-IIа	П-III	В-I	В-Iа	В-Iб	В-II	В-IIа	В-Iг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открытая по несгораемым и трудно сгораемым основаниям	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, лентах, полосах	АПРН, ПРН АПВ, ПВ1 АПРИ, ПРИ АППВ, ППВ АПРФ, ПРФ	+ + + + +	+ + + +	 + +	 + 	 	 + + + +	+ +	 +	 +	 +	 +							
	По поверхности стен, потолков, покрытых сухой или мокрой штукатуркой на роликах и клицах	АППВ, ППВ АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1 ПРД, ПРВД	+ + + +[2]	+ + +	+ +[1]	 +[4]	 	+ 	 	 	 	 	 							
	На изоляторах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1	+ +	+ +	 +	 +	+ +	+ +	+ +	 	 	 	 							
	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	АПВ, ПВ1 АПРН, ПРН АПРФ, ПРФ	+ +	+ +	+ +	+ +	 	+[3] +[3]	+ +	+[3] + +	+[3] + +	+[3] + +	+[3] + +							+ +

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открытая по несгораемым и трудно сгораемым основаниям	В электро-технических плинтусах	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРИ, ПРИ АПРН, ПРН	+ + + +							+ +	+ +	+ +	+ +							
	В винипластовых трубах	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН АПРТО, ПРТО	+ + +	+ + +	+ + +	+ +	+ +													+ +
	В стальных трубах [9]	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + + +			+ + +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[4] +[5]	+[4] +[5]	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
	На тросах	АВТВ, АВТВУ, АРТ, АПВ АВТУ АВТ АПРН, ПРН	+ +	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +											+ + +

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Открыто по сгораемым поверхностям и конструкциям	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, лентах и полосах	АПРФ, ПРФ АПРН, ПРН АППР, ППР	+ + +[8]	+ + +[8]	+ +	 +		 +	+ 											
	С подкладкой под провода несгораемых материалов	АПВ, ПВ1 АППВ, ППВ АПРИ, ПРИ	+ + +	+ + +	+ +	+ 		+ + +												
	На роликах и клицах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1 ПРД, ПРВД	+ + +[2]	+ +	 +[1]	 +[1]														
	На изоляторах	АПРИ, ПРИ АПВ, ПВ1	+ +	+ +	 +	 +			+ +											
	На лотках и в коробах с открывающимися крышками	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	+	+	+	+		+[3]	+											+[3]
	В стальных трубах [9]	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + +		+ + + +	+ + + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +							+ +
	На тросах	АВТВ, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН АВТВУ АВТ АВТУ	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +		+ + +	+ + +											+ +

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Скрыто по несгораемым и трудносгораемым конструкциям и поверхностям	Непосредственно в винипластовых трубах по поверхностям стен и потолков	АПВ, ПВ1, АПРТО, ПРТО АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + +	+ + +	+ + +	+ +	+ +													+ +
	В полиэтиленовых трубах, замоноличенных в бороздах и т.п., в сплошном слое несгораемых материаллов[11]	АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН АПРТО, ПРТО	+ + +	+ + +	+ + +	+ +	+ +													+ +
	В стальных трубах и глухих стальных коробах непосредственно	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + +			+ + +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[6] +[7] +	+[4] +[5]	+[4] +[5]	+	+	+	+	+
	В каналах несгораемых строительных конструкций (стеновых панелей, перегородок, сплошных панелей, перекрытий)[15]	АППВС, ППВС АПВ, ПВ1	+ +	+ +	+ +	+ 		+ +												

продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Скрыто по несгораемым и трудносгораемым конструкциям и поверхностям	По стенам, перегородкам и перекрытиям[12] в сухой или мокрой штукатурке[13], поверх несгораемых плит перекрытий под чистым полом, в пределах чердака или кровли поверх этажа[14], в бороздах железобетонных и крупнопанельных плит[12]	АППВС, ППВС	+	+	+	+		+												
Скрыто по сгораемым конструкциям	В винипластовых трубах с подкладкой под трубы несгораемых материалов[10] с последующим заштукатуриванием[16]	АПВ, ПВ1, АПРТО, ПРТО АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + +	+ + +	+ + +	+ +	+ +	+ + +												+ +

окончание табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Скрыто по сгораемым конструкциям	В стальных трубах и глубоких стальных коробах непосредственно	АПРТО, ПРТО АПВ, ПВ1 АППВС, ППВС АПРН, ПРН	+ + + +	+ + + +	+ + + +	+ + +		+ + + +	+ +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +							+ +
	По стенам, перегородкам в сухой[17] или мокрой[18] штукатурке	АППВС, ППВС	+	+	+			+												
Открыто по несгораемым и сгораемым конструкциям	Непосредственно по поверхностям стен и потолков, на лотках и в коробах с открытвающи-мися крышками	АВВГ, ВВГ, АВРГ, ВРГ АНРГ, НРГ	+ +	+ +	+ 	+ 	+	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +		+ +	+ +	+ +
	На тросах	АВВГ, ВВГ, АВРГ, ВРГ АНРГ, НРГ	+ +	+ +	+ 	+ 	+	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +		+ +	+ +		+ +	+ +	+ +

Пояснения к табл. 2.3

[1] На роликах для сырых мест.

[2] В жилых и общественных зданиях при реконструкции.

[3] Только в коробах с открываемыми крышками.

[4] Только ПРТО.

[5] Только ПВ1.

[6] ПРТО в тех случаях, когда требуется применение проводов с медными жилами.

[7] ПВ1 в тех случаях, когда требуется применение проводов с медными жилами.

[8] Внутри зданий в сельской местности.

[9] Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенки 2 мм и менее в сырых и особо сырых помещениях и в наружных установках.

[10] С подкладной листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающего в обе стороны от провода или трубы на 10 мм.

[11] В сплошном слое штукатурки, алебастрового, цементного раствора или асбеста толщиной не менее 10 мм.

[12] В заштукатуриваемой борозде, в сплошном слое алебастрового намета толщиной не менее 5 мм или под слоем листового асбеста толщиной не менее 3 мм.

[13] Под слоем мокрой штукатурки толщиной не менее 5 мм.

[14] Под слоем цементного или алебастрового намета толщиной не менее 10 мм.

[15] То же путем закладки (замоноличивания) проводов в несгораемые конструкции при их изготовлении.

[16] Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки или алебастра толщиной не менее 10 мм.

[17] В сплошном слое алебастрового (цементного) намета толщиной не менее 10 мм или между двумя слоями листового асбеста толщиной не менее 3 мм.

[18] Под слоем мокрой штукатурки с подкладкой под провод слоя листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 10 мм, выступающих с каждой стороны провода не менее чем на 10 мм.

Таблица 2.4.

Минимально допустимые сечения проводов и кабелей в электропроводках по условию механической прочности

Провода и кабели	Минимальное сечение, мм^2	
	Медь	Алюминий
Шнуры в общей оболочке и провода шланговые для присоединения переносных бытовых электроприемников	0,75	—
Провода и кабели шланговые для присоединения переносных электроприемников в промышленных установках	1,5	—
Кабели шланговые для передвижных электроприемников	2,5	—
Провода внутридомовой сети		
- для групповых линий сети освещения при отсутствии штепсельных розеток	1	2,5
- для групповых линий сети освещения со штепсельными розетками и штепсельные линии	1,5	2,5
- для ввода в квартиры к потребителям, расчетным счетчикам	2,5	4
- для стояков в жилых зданиях для питания квартир	4	6
Изолированные провода и кабели при прокладке во взрывоопасных помещениях в стальных трубах		
- осветительные сети	1,5	2,5
- силовые сети	2,5	4

Таблица 2.5.

Область применения стальных труб для электроустановок

Наименование труб	Область применения
1	**2**
Трубы стальные водогазопроводные (обыкновенные и легкие)	а) во взрывоопасных зонах; б) в пожароопасных зонах (на участках выхода труб из пола, фундаментов и т.п.)[1]
Трубы стальные и электросварные прямошовные	а) в пожароопасных зонах всех классов при скрытой прокладке[1]; б) в детских яслях и садах, в оздоровительных лагерях; в) на чердаках промышленных, гражданских и жилых зданий; г) в животноводческих помещениях; д) в пределах сцены (эстрады, манежа), в кинопроекторной, перемоточной, зрительных залах театров, клубных учреждений, спортивных учреждений; е) в спальных больничных корпусов; ж) в вычислительных центрах; з) в домах-интернатах для инвалидов и престарелых;

окончание табл. 2.5

1	2
Трубы стальные и электросварные прямошовные	и) в сложных фундаментах под оборудование; к) за непроходными подвесными потолками из сгораемых материалов[1]; л) в горячих цехах (линейных, кузнечно-прессовых и т.п.), где производится работа с горячим металлом.

[1] Толщина стенок труб должна быть не менее 2,5 мм.

[2] В сырых, особо сырых помещениях и в наружных установках толщина стенок труб должна быть не менее 2 мм.

Таблица 2.6

Размеры полимерных труб для электропроводок, мм

Наружный диаметр (номинальный)	Толщина стенки для трубы типа			
	Л	СЛ	С	Т
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Из полиэтилена низкой и высокой плотности				
10				2,0
12				2,0
16			2	2,7
20			2	3,3
25		2,0	2,7	4,2
32	2,0	2,4	3,4	5,3
40	2,0	3,0	4,3	6,7
50	2,4	3,7	5,4	8,3
63	3,0	4,7	6,7	10,5
75	3,6	5,6	8,0	12,5
90	4,3	6,7	9,6	15,0
Из полипропилена				
10				
12				
16				
20	2,0			
25	2,0		2,0	
32	2,0		2,0	
40	2,0		2,3	
50	2,0		2,8	
63	2,0		3,6	
75	2,4		4,3	
90	2,8		5,1	

окончание табл. 2.6

1	2	3	4	5

Винипластовые				
10				1,0
12				1,0
16				1,2
20				1,5
25			1,5	1,9
32			1,8	2,4
40		1,8	2,0	3,0
50		1,8	2,4	3,7
63		1,9	3,0	4,7
75	1,8	2,2	3,6	5,6
90	1,8	2,7	4,3	6,7
Гофрированные из полиэтилена низкого давления				
16				
20				
25				
32				
40				

Примечание. Л – легкий, СЛ – среднелегкий, С – средний; Т – тяжелый тип.

Таблица 2.7

Трубы стальные водогазопроводные для прокладки проводов и кабелей

Условный проход $D_у$, мм	Наружный диаметр $D_н$, мм	Толщина стенки, мм	
		Легкие	Обыкновенные
20	26,8	2,35	2,8
25	33,5	2,8	3,2
40	48,0	3,0	3,5
50	60,0	3,0	3,5
65	75,5	3,2	4,0
80	88,5	3,5	4,0
90	101,3	3,5	4,0
100	114,0	4,0	4,5

Примечание. Способ соединения труб: легких – на накатной резьбе или манжетами, обыкновенных – при толщине стенки от 2,8 до 3,5 мм на накатной резьбе или манжетами, при толщине стенки 4,0 и 4,5 мм – только манжетами.

Диаметр труб выбирают в зависимости от числа и диаметра прокладываемых в них проводов, а также количества изгибов трубы на трассе между протяжными или ответвительными коробками. Вначале определяется группа сложности (I, II или III) прокладки в зависимости от длины участка трубной трассы, числа и углов изгибов участка (табл.2.8). Затем по номограмме (рис.2.2) определяется внутренний диаметр трубы D в зависимости от числа проводов n, их наружного диаметра d и группы сложности прокладки электропроводки. Для определения внутреннего

диаметра трубы при прокладке в ней проводников одного диаметра соединяют прямой линией отметки на шкалах, соответствующие диаметру и числу прокладываемых проводников для заданной группы сложности прокладки. Пересечение прямой со средней шкалой соответствует требуемому внутреннему диаметру трубы (рис.2.2). Аналогичные номограммы имеются и для случая прокладки в одной трубе нескольких проводов разных диаметров.

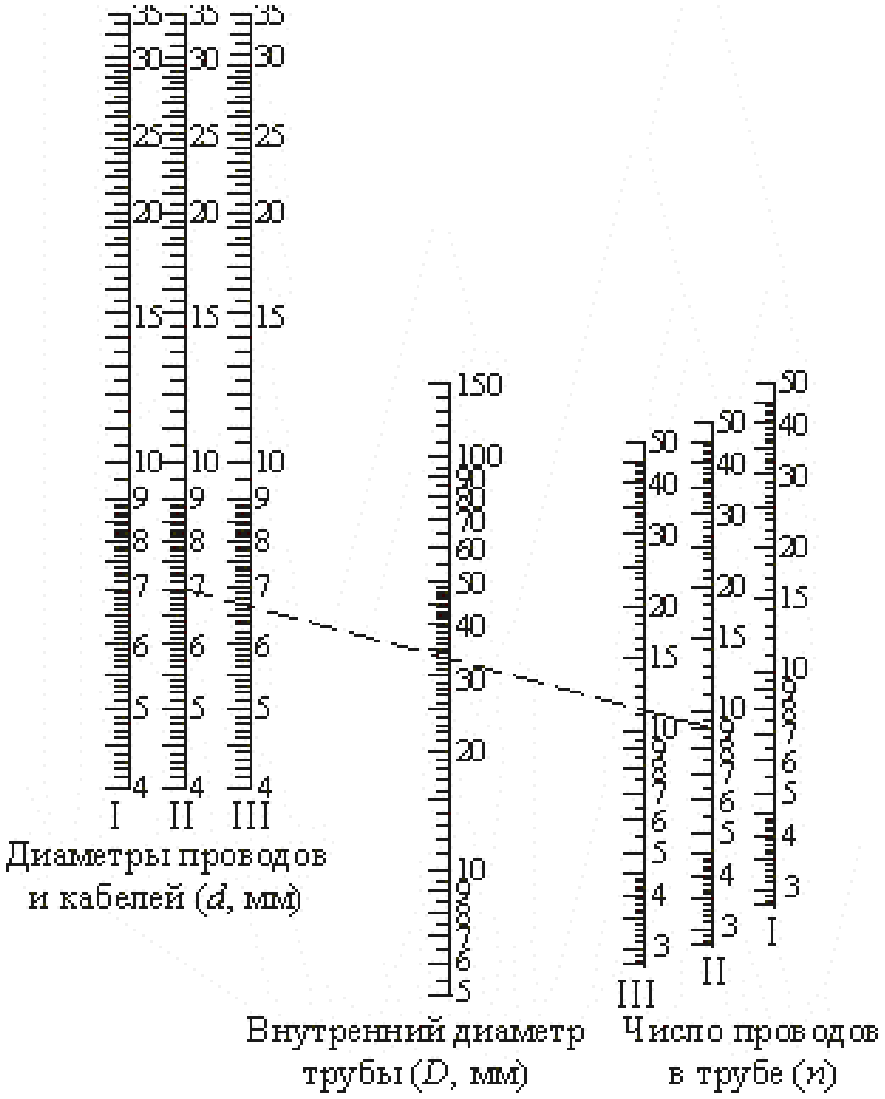


Рис. 2.2. Номограмма для выбора диаметра труб для прокладки трех и более проводов и кабелей

Таблица 2.8

Группа сложности прокладки проводов для участков трубных проводок в зависимости от их конфигурации и длины

Конфигурация участков трубных проводок при различных сочетаниях углов поворота	Максимальная длина трубопроводов, м, для групп сложности		
	I	II	III
Прямой участок	100	75	50
Повороты:			
1×90° или 2×(120°; 135°)	75	50	30
2×90° или 3×(120°; 135°), или 1×90°+2×(120°; 135°)	50	30	20
3×90° или 4×(120°; 135°), или 1×90°+3× (120°; 135°), или 2×90°+2×(120°; 135°), или 1×90°+4×(120°; 135°)	40	25	15
4×90° или 5×(120°; 135°), или 2×90°+3× (120°; 135°), или 3×90°+2×(120°; 135°)	30	20	10

Примечание. При большем количестве поворотов трубных трасс или большей из длине трассы разделяют на части протяжными коробами.

Для прокладки в трубах по условиям протяжки не рекомендуется применять проводники сечением выше 120 мм^2.

При прокладке нескольких кабелей и более четырех проводов в одной трубе, лотке, коробе выбор сечения проводников по условиям нагрева длительным током проводят с учетом поправочного коэффициента на условия прокладки $К_{прокл}$. При нормальных условиях (один кабель, прокладка на открытом воздухе) $К_{прокл}$=1, в остальных случаях определяется по таблицам ПУЭ.

2.3. Кабельные линии

Основными элементами силовых кабелей являются: токопроводящие жилы, изоляция, оболочки и защитные покровы. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (рис.2.3).

Силовые кабели различают: по роду металла токопроводящих жил- кабели с алюминиевыми и медными жилами; по роду материалов, которыми изолируются токоведущие жилы – кабели с бумажной, с пластмассовой и резиновой изоляцией; по роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды – кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке; по способу защиты от механических повреждений – бронированные и небронированные; по количеству жил – одно-, двух-, трех- и четырехжильные.

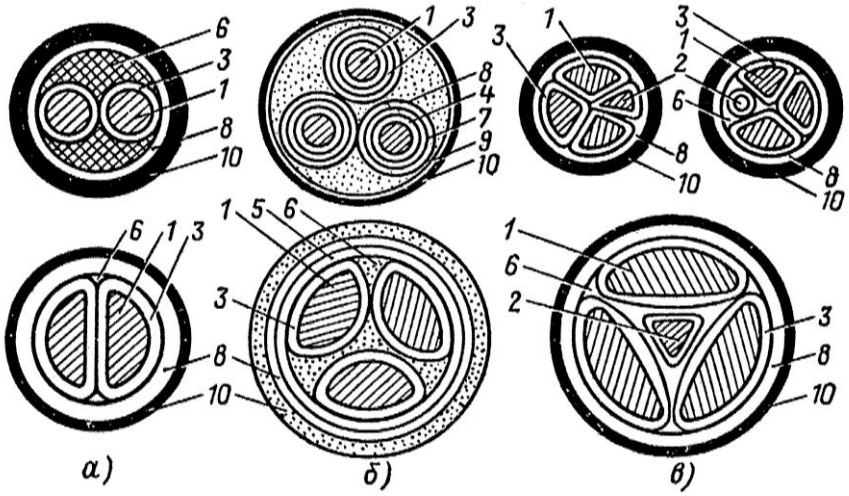


Рис. 2.3. Сечения силовых кабелей:

а – двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами;

б – трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками;

в – четырехжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной и треугольной формы;

1 – токопроводящая жила; 2 – нулевая жила; 3 – изоляция жилы; 4 – экран на токопроводящей жиле; 5 – поясная изоляция; 6 – заполнитель; 7 – экран на изоляции жилы; 8 – оболочка; 9 – бронепокров; 10 – наружный защитный покров

Трехжильные кабели имеют только основные жилы (для передачи электрической энергии), а четырехжильные – три основные и одну нулевую. Для каждой марки кабелей установлена определенная шкала сечений [6]. Нулевая жила, как правило, имеет сечение, уменьшенное по сравнению с основными жилами (табл.2.9).

Типоразмеры силовых кабелей напряжением до 10 кВ приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.9

Соотношение сечений, мм^2, основных и заземляющих (нулевых) жил

Сечение основной токопроводящей жилы, мм^2	Сечение жилы защитного заземления, мм^2, для кабелей		
	с пластмассовой изоляцией	с резиновой изоляцией	с бумажной пропитанной изоляцией
1	—	1	—
1,5	1	1	—
2,5	1,5	1,5	—
4	2,5	2,5	—
6	4	4	—
10	6	6	6
16	10	10	10
25, 35	16	16	16
50, 70	—	25	25
95, 120	—	35	35
150, 185	—	50	50
240, 300	—	70	—

Примечание. У кабелей с резиновой изоляцией с алюминиевыми основными жилами сечением 2,5 мм^2 сечение жилы защитного заземления должно быть 2,5 мм^2.

Таблица 2.10

Типоразмеры силовых кабелей напряжением до 10 кВ

Марка	Число жил	Сечение жил, мм^2, при напряжении, кВ				
		0,66	1	3	6	10
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**8**	**7**
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией						
ААГ, АСГ, СГ, ААШв, ААШп	1	–	10-800	10-625	–	–
ААБлГ, ААБл, ААБ2л, ААБ2Шв, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБ2л, СБ2л, АСБн, СБН, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ	1	–	10-800	10-625	–	–
ААПл, ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, ААПлШв	1	–	50-800	35-625	–	–
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, СБн-В, АСБлн-В, АСБ2л-В, АСБн-В, СБ2л-В	1	–	10-500	10-500	–	–
АСБГ-В, СБГ-В	1	–	10-625	–	–	–
АСБ2лГ-В, СБ2лГ-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, АСП2л-В, АСП2л-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, ААПл-В, СП2л-В	1	–	240-625	–	–	–
АСП2лГ-В, СП2лГ-В	1	–	–	–	–	–
ААБл, ААБл-В, АСБ, СБ, АСБ-В, СБ-В, АСБл, СБл, АСБл-В, СБл-В, АСП2л, СП2л, АСПл, СКл, АСКл	1	–	240-800	–	–	–
АСГ, СГ, АСБ, СБ, АСБл, СБЛ, АСБ2л, СБ2л, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ	2	–	6-150	–	–	–
АСП, СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПГ, СПГ	2	–	25-150	–	–	–
АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В, СБн-В, АСБлн-В, СБлн-В, СБГ-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, АСБГ-В	2	–	6-120	–	–	–
АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2л-В	2	–	25-120	–	–	–
ААГ, ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2лШв, ААБ2лШп, ААБлГ, АСШв, ААБ2л, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСБ2лШв, СБ2лШв, АСБ2лГ, СБ2лГ, СГ, АСГ, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн	3	–	6-240	6-240	10-240	16-240

продолжение табл. 2.10

1	2	3	4	5	8	7
СПШв	3	–	25-240	–	16-240	16-240
СШв, СБШв, ААП2л, ААПлГ, ААП2лШв, ААП2лГ, АСПл, АСП, СП, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, АСП2лГ, СПГ, АСКл, СКл, СП2лГ	3	–	25-240	25-240	16-240	16-240
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБн-И, ААГ-В, АСБлн-В, СБлн-В, АСБГ-В, СБГ-В, СБ2л-В, ААШп-В, АСБ2л-И, СБл-В, АСБн-В	3	–	6-120	6-120	16-120	–
ААБв, ААБвГ	3	–	–	–	10-240	16-240
ААШв-В, ААБлГ-В, АСБГ-В, СБГ-В	3	–	185-240	–	–	–
ААПл-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В, СПл-В, СПлн-В, АСПлн-В, АСП2л-В, СП2л-В	3	–	25-150	25-150	16-120	–
АСПГ-В, СПГ-В, АСП2лГ-В, СП2лГ-В	3	–	185-240	–	–	–
ААГ, ААШп, ААШв, ААБлГ, ААП2лШв, ААБл, ААБ2л, АСГ, СГ, АСБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСШв, СШв, СБШв, АСБГ-В, СБГ-В	4	–	10-185	–	–	–
ААПл. ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПШв, СПл, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, АСП2л	4	–	16-185	–	–	–
ААШв, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л-В, АСБн-В, АСБлн-В, СБн-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В	4	–	10-120	–	–	–
АСКл, СКл	4	–	25-185	–	–	–
ААБлГ-В, ААПл-В, ААПлГ-В, СП-В, АСП-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2л-В, АСПл-В, СПн-В	4	–	16-120	–	–	–

продолжение табл. 2.10

1	2	3	4	5	8	7
Кабели с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом						
ЦААБл, ЦААБ2л, ЦААБШв, ЦААБШп, ЦААПл, ЦААП2л, ЦААБлГ, ЦААБлн,ЦААПлГ, ЦААПлн, ЦААПлШв, ЦААСПШв, ЦСБн, ЦААШв, ЦАСБ, ЦСБ, ЦАСБГ, ЦСБГ, ЦАСБн, ЦАСБШв, ЦСШв, ЦАСШв, ЦСПШв, ЦСБШв, ЦАСП, ЦАСБл, ЦСБл, ЦАСПГ, ЦСП, ЦСПГ, ЦСПн, ЦАСПл, ЦСПл, ЦАСКл, ЦСКл, ЦААБвГ, ЦАСПн	3	–	–	–	25-185	25-185
Кабели с пластмассовой изоляцией						
ВВГ, ПВГ, ПсВГ, ПвВГ, ВВГ-ХЛ	1, 2, 3	1,5-50	1,5-240	–	–	–
	4		1,5-185	–	–	–
АВВГ, АПВГ, АПсВГ, АПвВГ, АВВГ-ХЛ	1, 2, 3	2,5-50	2,5-240	–	–	–
	4		2,5-185	–	–	–
АВБбШв, ВБбШв, АПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв, АПвБбШв	2	4-50	6-240	–	–	–
	3			6-240		
	4		6-185	–		
АВАШв, ВАШв, АПвАШв, ПвАШв	3	4-50	6-240	6-240	10-240	–
	4		6-185	6-185	–	
АВВГ, ВВГ, АПВГ, ПВГ, АПсВг, ПсВГ, АПвВГ, ПвВГ, АВБбШв, ВБбШв, АПБбШв, ПБбШв, АПсБбШв, ПсБбШв, АПвБбШв, ПвБбШв	3	–	–	–	10-240	–
ВВГ, ПВГ, ПсБГ, ПвВГ, ВВГ-ХЛ, АПВГ, АПсВГ, АПвВГ, АВВГ	5	–	1,5-2,5	–	–	–
			2,5-3,5			
Кабели силовые для взрывоопасных и химически активных сред						
АВБВ	2	2,5-50	–	–	–	–
	3-4	2,5-120				
ВБВ	2	1,5-50	–	–	–	–
	3-4	1,5-95				
Кабели силовые гибкие						
КШВГ-ХЛ, КШВГЭВ-ХЛ	3	–	–	–	10-150	–
КРПТ, КРПТН, КРПТ-ХЛ	1	2,5-120	–	–	–	–
	2-3	0,75-120				

окончание табл. 2.10

1	2	3	4	5	8	7
КРПГ, КРПГ-ХЛ	2 и 3	0,75-70	–	–	–	–
КРПГН	3	1,5-10	–	–	–	–
КРПС, КРПС-ХЛ	3	2,5-10	–	–	–	–
КРПСН, КРПСН-ХЛ	3	2,5-50	–	–	–	–
КРШК, КРШК-ХЛ	3	95-150	–	–	–	–
КШВГ-ХЛ, КШВГЭ-ХЛ	3	–	–	–	6-50	–
Кабели с резиновой изоляцией						
СРГ	1 2 и 3	1-240 1-185	– –	1,5-500 –	2,5-500 –	240-400 –
Марка	Число жил	Сечение жил, мм^2, при напряжении, кВ				
		0,66	1	3	6	10
АСРГ	1 2 3	4-300 4-250 2,5-240	– – –	4-500 – –	4-500 – –	240-400 – –
ВРГ, ВРТГ, НРГ, ВРГ-ХЛ	1-3	1-240	–	–	–	–
АВРГ, АНРГ, АВРТГ	1	4-300	–	–	–	–
АВРГ-ХЛ	2 и 3	2,5-300	–	–	–	–
СРБ2лГ, АСРБ2лГ	1	–	–	240, 400, 500	–	–
СРБГ, АСРБГ	1	–	–	–	95,240, 400,500	–
СРБ, СРБГ, ВРБн, ВРБ, ВРБГ, НРБ, НРБГ, ВРТБ, ВРТБГ, ВРТБн	2 и 3	2,5-185	–	–	–	–
АСРБ, АСРБГ, АВРБ, АВРБн	2	4-240	–	–	–	–
АВРБГ, АНРБ, АНРБГ, АВРТБ, АВРТБГ, АВРТБн	3	2,5-240	–	–	–	–

Примечание. Стандартный ряд сечений кабелей: 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000; 1200; 2000 мм^2. Для каждой марки установлена определенная шкала сечений. Сечения 0,35; 0,5 и 0,75 мм^2 – только для медных жил.

Каждая конструкция кабелей имеет свое обозначение и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля (табл.2.11).

Таблица 2.11

Буквенные обозначения марок кабелей

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
А	Впереди обозначения	Материал жил – алюминий
Не имеет символа	–	Материал жил – медь
А	Впереди обозначения (для кабелей с алюминиевыми жилами после символа материала жил)	Оболочка – алюминий
С	То же	Оболочка – свинец
СТ	То же	Оболочка – стальная гофрированная
В	То же	Оболочка – поливинилхлорид
Н	То же	Оболочка – наирит (негорючая резина)
П	То же	Оболочка – полиэтилен
Р	В середине обозначения	Изоляция жил – теплостойкая резина
В	То же	Изоляция жил – поливинилхлорид
П	То же	Изоляция жил – полиэтилен
Пс	То же	Изоляция жил – самозатухающий полиэтилен
Пв	То же	Изоляция жил – вулканизированный полиэтилен
Не имеет символа	То же	Изоляция жил – бумажная, нормально пропитанная
В	В конце обозначения через дефис	Изоляция жил – бумажная, беднено-пропитанная
Ц	В начале обозначения	Изоляция жил – бумажная, пропитанная нестекающей массой на основе церезина
Б	В конце обозначения	Защитный покров – броня из стальной ленты
П	В конце обозначения	Защитный покров – броня из плоской стальной оцинкованной проволоки

окончание табл. 2.11

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
К	То же	Защитный покров – броня из круглой стальной оцинкованной проволоки
Г	То же	Указывает на отсутствие джутовой оплетки поверх брони
О	Перед символом С	Характеризует кабели с отдельно освинцованными жилами
О	Перед символом В	Характеризует кабели с отдельно экранированными жилами под поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы
Шв	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из поливинилхлоридного пластиката
Шп	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из полиэтилена
в	После буквы, обозначающей тип брони	Указывает на наличие усиленной подушки под броню, накладываемой поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии
б	То же	Отсутствие подушки у защитного покрова
л	То же	Усиленная подушка у защитного покрова
2л	То же	Особо усиленная подушка у защитного покрова
н	То же	Негорючий наружный покров у защитного покрова
–1к, –2к	В конце обозначения, после тире	С одной или двумя контрольными жилами
Т, ТС	То же	В тропическом исполнении

Область применения силовых кабелей зависит от конструктивного выполнения электрической сети, способа прокладки кабелей и воздействия на них агрессивной и взрыво- или пожароопасной окружающей среды. Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в земле (траншеях), приведены в таблице 2.12, а для прокладки в воздухе – в таблице 2.13. Марки кабелей в этих таблицах расположены в убывающей последовательности, начиная с наиболее предпочтительных.

Таблица 2.12.

Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в земле (траншеях)

Область применения	Кабель прокладывается на трассе	С бумажной пропитанной изоляцией		С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой[1]
		В процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям	В процессе эксплуатации подвергается растягивающим усилиям	В процессе эксплуатации не подвергается растягивающим усилиям
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, АСБ[1]	ААПл, АСПл[1]	АВВГ[2], АПсВГ[2], АПвВГ[2], АПВГ[2]
	С наличием блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБ2л, АСБ[1]	ААП2л, АСПл[1]	АВВБ, АПВБ, АПсВБ, АППБ, АПвПБ, АПБбШв, АПвБбШв, АВБбШв, АВБбШп, АПсБбШв
В земле (траншеях) со средней коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2л, АСБ[1], АСБл[1]	ААПл, АСПл[1]	АПАШп, АПАШв, АВАШв, АПсАШв, АВРБ, АНРБ, АВАБл, АПАБл
	С наличием блуждающих токов	ААШп, ААШв[3], ААБ2л, ААБв, АСБл[1], АСБ2л[1]	ААП2л, АСПл[1]	
В земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШп, ААШв[3], ААБ2л, ААБ2лШв, ААБ2лШп, ААБв, АСБл[1], АСБ2л[1]	ААП2лШв, АСП2л[1]	АПАШп, АПАШв, АВАШв, АПсАШв, АВРБ, АНРБ, АВАБл, АПАБл
	С наличием блуждающих токов	ААШп, ААБв, АСБ2л[1], АСБ2лШв[1]	ААП2лШв, АСП2л[1]	

[1] Применение кабелей в свинцовой оболочке должно быть в каждом конкретном случае технически обосновано в проектной документации.

[2] Кабели на номинальное напряжение до 1 кВ включительно.

[3] Подтверждается опытом эксплуатации.

[4] Для прокладки на трассах без ограничения разности уровней.

Примечания. 1. Кабели с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке не следует применять для прокладки на трассах с наличием блуждающих токов в грунтах с высокой коррозийной активностью.

2. Кабели ААШв не следует применять: на трассах с числом поворотов более четырех под углом, превышающим 30° (или более двух поворотов в трубах); на прямолинейных участках, имеющих более четырех переходов в трубах длинной более 20 м (или более двух переходов в трубах длиной 40 м) и более четырех переходов через огнестойкие перегородки или аналогичные препятствия (например, стены зданий) из-за значительной жесткости кабеля и низкой механической прочности защитного шланга.

Таблица 2.13

Марки кабелей, рекомендуемых для прокладки в воздухе

Область применения	С пропитанной бумажной изоляцией		С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой	
	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при опасности механических повреждений в эксплуатации	при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации	при опасности механических повреждений в эксплуатации
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Прокладка в помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях и др.:				
сухих	ААГ, ААШв	ААБлГ	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ[2], АПВГ[2], АПвсВГ, АПсВГ	АВВБГ, АВРБГ, АВБбШв, АВАШв, АПвсБбШв, АПсВБГ, АПвсБГ, АПВБГ[2], АНРБГ, АПвВБГ[2], АПАШв, АПвБбШв[2]
сырых, частично отапливаемых при наличии среды с низкой коррозионной активностью	ААШв	ААБлГ		
сырых, частично отапливаемых при наличии среды со средней и высокой коррозионной активностью	ААШв, АСШв[1]	ААБвГ, ААБ2лШв, ААБлГ, АСБлГ[1], АСБ2лГ[1], АСБ2лШв[5]		
Прокладка в пожароопасных зонах	ААГ, ААШв	ААБвГ, ААБлГ, АСБлГ[1]	АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АПвсВГ, АНРГ, АСРГ[1]	АВВБГ, АВВБбГ, АВБбШв, АПвсБГ, АВРБГ, АСРБГ[1], АПсБбШв

1	2	3	4	5
Прокладка во взрывоопасных зонах классов:				
В-I, В-Iа	СБГ, СБШв	–	ВВГ[3], ВРГ[3], НРГ[3], СРГ[3]	ВБВ, ВБбШв, ВВБбГ, ВВБГ, НРБГ, СРБГ[1]
В-Iг, В-II	ААБлГ, АСБГ[1], ААШв	–	АВВГ, АВРГ, АНРГ	АВБВ, АВБбШв, АВВБбГ
В-Iб, В-IIа	ААГ, АСГ[1], АСШв[2], ААШв	ААБлГ, АСБГ[1]	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ[1]	АВВБГ, АВРБГ, АНРБГ, АСРБГ[1]
Прокладка на эстакадах:				
технологических	ААШв	ААБлГ, ААБвГ, ААБ2лШв, АСБлГ[1]	–	АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ, АПсВБГ, АПвсБГ, АВАШв
специальных кабельных	ААШв, ААБлГ, ААБвГ[4], АСБлГ[1]	–	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ	АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ
по мостам	ААШв	ААБлГ	АПвВГ, АПВГ, АПвсВГ, АВАШв, АПАШв	АВАШв, АПсВБГ, АПвВБГ, АПВБГ
Прокладка в блоках	СГ, АСГ		АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ	

[1] Применение кабелей в свинцовой оболочке должно быть в каждом конкретном случае технически обоснованно в проектной документации.

[2] Для одиночных кабельных линий, прокладываемых в помещениях.

[3] Для групповых осветительных сетей во взрывоопасных зонах класса В-Iа.

[4] Применяются при наличии химически активной среды.

[5] Кабель марки АСБ2лШв может быть использован в исключительно редких случаях с особым обоснованием.

Примечания. 1. То же, что примечание 2 к таблице 2.12.

2. Кабели с бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой оболочке с однопроволочными алюминиевыми жилами сечением 3×150–3×240 мм^2 не рекомендуется прокладывать на участках трасс с числом поворотов на строительной длине кабеля более трех под углом 90° в кабельных сооружениях промышленных предприятий из-за усилий тяжения, превышающих нормируемые.

В четырехпроводных сетях применяют четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается.

В сетях трехфазной системы допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия по сравнению с трехжильными или при невозможности применения кабеля необходимой строительной длины.

2.4. Комплектные шинопроводы

Шинопроводом называется жесткий токопровод на напряжение до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями. По назначению шинопровоы делятся на магистральные, рассчитанные на большой ток, с малым количеством ответвлений, и распределительные, выполненные на меньшие токи и большое количество присоединений, а также на осветительные и троллейные. Конструкции шинопроводов различных типов приведены на рис.2.4.

Магистральные шинопроводы предназначены для магистральных четырехпроводных электрических сетей в системе с глухозаземленной нейтралью, служат для питания распределительных шинопроводов и пунктов, отдельных крупных электроприемников. Их технические данные приведены в таблице 2.14.

Распределительные шинопроводы ШРА (с алюминиевыми шинами) и ШРМ (с медными шинами) предназначены для передачи и распределения электроэнергии напряжением 380/220 В при возможности непосредственного присоединения к ним электроприемников в системах с глухозаземленной нейтралью. Технические данные шинопроводов ШРА и ШРМ даны в таблице 2.15.

Комплектные магистральные и распределительные шинопроводы применяются только для внутренней электропроводки. При необходимости выхода шинопровода за пределы помещения, а также на сложных трассах, в местах пересечения с инженерными сооружениями удобнее заменять секции магистрального шинопровода кабельными вставками марки АВВ на большие токи. Технические данные одножильных кабелей марки АВВ приведены в таблице 2.16.

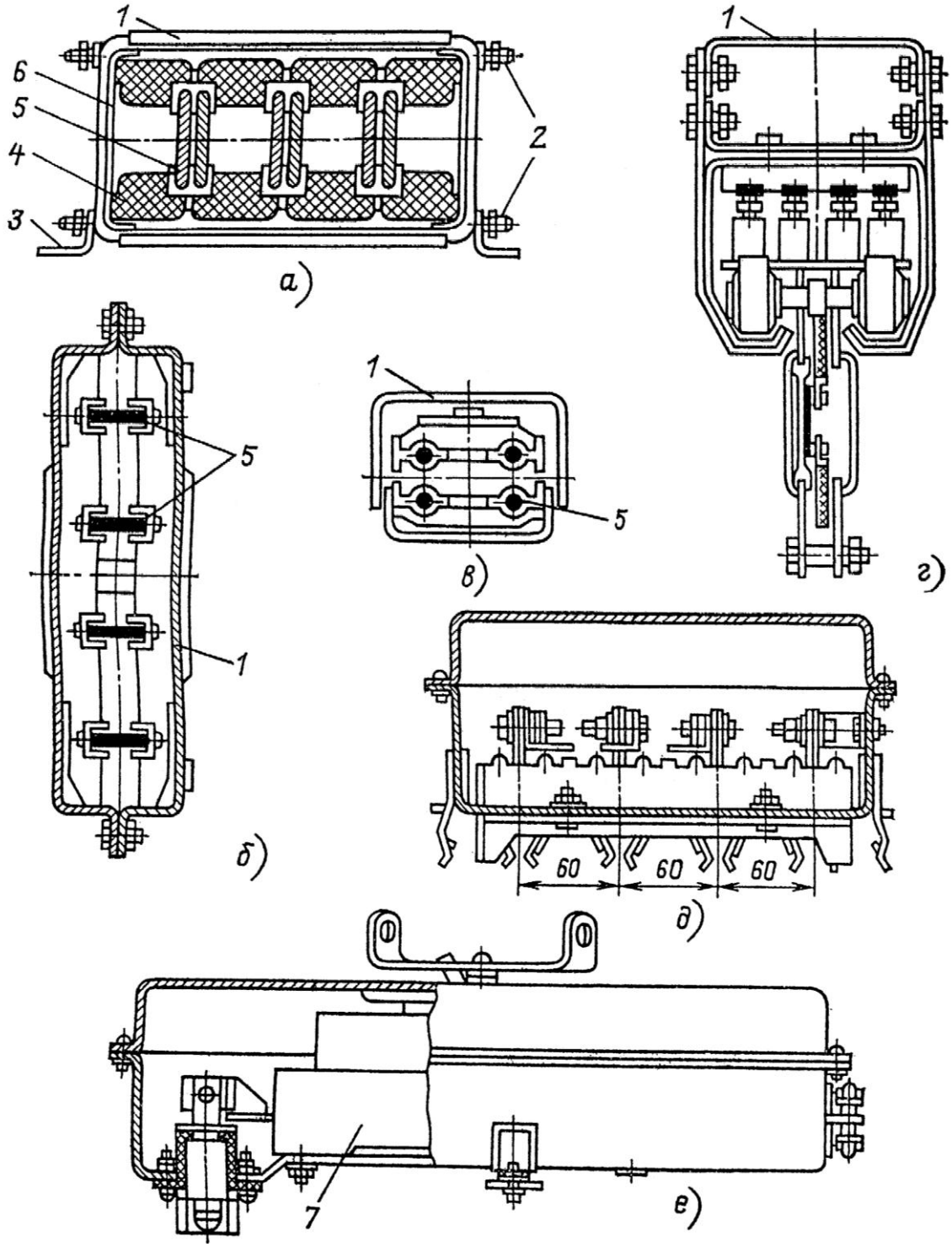


Рис. 2.4. Конструкции шинопроводов
различных серий и их элементы:
а – магистральный ШМА; б – распределительный ШРА; в – осветительный ШОС; г – троллейный ШТМ; д – вводная коробка; е – осветительная коробка с автоматическим выключателем;
1 – крышка; 2 – стяжные болты; 3 – алюминиевые уголки; 4 – изоляторы;
5 – шины; 6 – ярмо; 7 – автоматический выключатель

Таблица 2.14

Технические данные магистральных шинопроводов переменного тока

Показатели	Тип шинопровода			
	ШМА-73	ШЗМ-16	ШМА-68-Н	
Номинальный ток, А	1600	1600	2500	4000
Номинальное напряжение, В	660	660	660	660
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	70	70	70	100
Сопротивление на фазу, Ом/км:				
активное	0,031	0,017	0,027	0,013
реактивное	0,017	0,012	0,023	0,020
Сопротивление петли фаза-нуль (среднее), Ом/км:				
активное	0,072	–	–	–
реактивное	0,098	–	–	–
Число и размеры шин на фазу, мм	2(90×8)	2(100×10)	2(120×10)	2(160×10)
Число и сечение нулевых проводников, мм^2	2×710	–	2×640	2×640

Примечания. 1. Шинопровод ШМА-73 заменен на ШМА-16 на тот же номинальный ток.

2. Номинальный ток шинопроводов ШМА-4: 1250, 1600, 2500 и 3200 А.

Троллейные шинопроводы предназначены для питания подъемно-транспортных механизмов и переносных электрифицированных инструментов. Изготавливаются с медными шинами (на номинальный ток 100, 200 и 400 А) и с шинами из алюминиевого сплава (на номинальный ток 100, 250 и 400 А).

Осветительные шинопроводы предназначены для питания светильников и электроприемников малой мощности. Их номинальный ток 25, 63 и 100 А.

Основные технические данные троллейных и осветительных шинопроводов приведены в [2].

Таблица 2.15

Технические данные распределительных шинопроводов переменного тока

Показатели	Тип шинопровода						
	ШРА-73			ШРМ-75			ШРА-74
Номинальный ток, А	250	400	630	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	15	25	35	10	15	–	–
Сопротивление на фазу, Ом/км:							
активное	0,20	0,13	0,085	–	0,15	0,15	0,14
реактивное	0,10	0,10	0,075	–	0,20	0,20	0,10
Линейная потеря напряжения, В, на длине 100м при cosφ=0.8	–	11.5	12.5	–	9.5	–	–
Размеры шин на фазу, мм	35×5	60×5	80×5	3,6×11,2	35×5	50×5	80×5

Примечание. Шинопровод ШРА-73 заменен на ШРА-4 на напряжение 660В.

Таблица 2.16

Технические данные одножильных кабелей марки АВВ

Параметры	Сечение, мм^2			
	1000	1500	1800	2000
Длительно допустимая токовая нагрузка, А	1180	1440	1620	1790
Наружный диаметр, мм	55	63	66	68

Примечание. Максимальная длительно допустимая рабочая температура жилы не более 70°С.

3. ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА, ШИНЫ И КАБЕЛИ

3.1. Длительно допустимые токовые нагрузки на неизолированные провода и шины

Длительно допустимые токовые нагрузки на неизолированные провода и шины приведены в таблицах 3.1–3.4. Они приняты исходя из допустимой температуры их нагрева до 70° С при температуре окружающей среды 25° С. При расположении шин прямоугольного сечения шириной до 60 мм плашмя токовые нагрузки, указанные в таблицах 3.2, 3.3 и 3.4, необходимо уменьшить на 5 %, а шин шириной более 60 мм – на 8 %.

Таблица 3.1

Длительно допустимый ток для неизолированных проводов

Сечение, мм^2	Наружный диаметр, мм		Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Ток $I_д$, А, для проводов марок						Сопротивление постоянному току при 20° С, r_0, Ом/км	
				АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП		
	А и М	АС		вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений		М	АС, АСК, АСКП
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
10	3,5	4,4	10/1,8	84	53	95	–	60	–	1,79	3,16
16	5,1	5,4	16/2,7	111	79	133	105	102	75	1,13	1,80
25	6,3	6,6	25/4,2	142	109	183	136	137	106	0,72	1,176
35	7,5	8,3	35/6,2	175	135	223	170	173	130	0,515	0,79
50	9,6	9,9	50/8	210	165	275	215	219	165	0,36	0,6
70	10,6	11,7	70/11	265	210	337	265	268	210	0,27	0,43
95	12,4	13,9	95/16	330	260	422	320	341	255	0,19	0,30
120	14,0	15,3	120/19 120/27	390 375	313 –	485	375	395	300	0,154	0,245 0,249
150	15,8	17	150/19 150/24 150/34	450 450 450	365 365 –	570	440	465	355	0,122	0,195 0,194 0,196
185	17,5	19,1	185/24 185/29 185/43	520 510 515	430 425 –	650	500	540	410	0,099	0,154 0,159 0,156
240	20,1	21,5	240/32 240/39 240/56	605 610 610	505 505 –	760	590	685	490	0,077	0,118 0,122 0,12
300	22,2	24,4	300/39 300/48 300/66	710 690 680	600 585 –	880	680	740	570	0,063	0,096 0,098 0,10

окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
400	25,6	27,8	400/22 400/51 400/64	830 825 860	713 705 –	1050	815	895	690	0,047	0,073 0,073 0,074
500	–	–	500/27 500/64	960 945	830 815	–	980	–	820	–	–
600	–	–	600/72	1050	920	–	1100	–	955	–	–
700	–	–	700/86	1180	1040	–	–	–	–	–	–

Таблица 3.2

Токовая нагрузка на стальные шины прямоугольного сечения

Размер, мм		Ток, А	Размер, мм		Ток, А
Ширина	Толщина		Ширина	Толщина	
16	2,5	55/70	100	3	305/460
20	2,5	60/90	20	4	70/115
25	2,5	75/110	22	4	75/125
20	3	65/100	25	4	85/140
25	3	80/120	30	4	100/165
30	3	95/140	40	4	130/220
40	3	125/190	50	4	165/270
50	3	155/230	60	4	195/325
60	3	185/280	70	4	225/375
70	3	215/320	80	4	260/430
75	3	230/345	90	4	290/480
80	3	245/365	100	4	325/535
90	3	275/410			

Примечание. В числителе указана токовая нагрузка при работе на переменном, а в знаменателе – на постоянном токе.

Таблица 3.3

Токовая нагрузка на медные шины прямоугольного сечения при различном числе полос на полюс или фазу

Размер, мм		Ток, А			
Ширина	Толщина	1	2	3	4
15	3	210			
20	3	275			
25	3	340			
30	4	475			
40	4	625	–/1090		
40	5	700/705	–/1250		
50	5	860/870	–/1525	–/1895	
50	6	955/960	–/1700	–/2145	
60	6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	
80	6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	

окончание табл. 3.3

100	6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	

60	8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	
80	8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	
100	8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	
120	8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	
60	10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	
80	10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	
100	10	2310/24/70	3610/4325	4650/5385	5300/6060
120	10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800

Примечание. В числителе приведена токовая нагрузка при работе на переменном токе, в знаменателе – на постоянном.

Таблица 3.4

Токовая нагрузка на алюминиевые шины прямоугольного сечения при различном числе полос на полюс или фазу

Размер, мм		Ток, А			
Ширина	Толщина	1	2	3	4
15	3	165			
20	3	215			
25	3	265			
30	4	365/370			
40	4	480	–/855		
40	5	540/545	–/965		
50	5	665/670	–/1180	–/1470	
50	6	740/745	–/1315	–/1655	
60	6	870/880	1350/1555	1720/1940	
80	6	1150/1170	1630/2055	2100/2460	
100	6	1425/1455	1935/2515	2500/3040	
60	8	1025/1040	1680/1840	2180/2330	
80	8	1320/1355	2040/2400	2620/2975	
100	8	1625/1690	2390/2945	3050/3620	
120	8	1900/2040	2650/3350	3380/4250	
60	10	1155/1180	2010/2210	2650/2720	
80	10	1480/1540	2410/2735	3100/3440	
100	10	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400
120	10	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200

Примечание. В числителе приведена токовая нагрузка при работе на переменном токе, в знаменателе – на постоянном.

3.2. Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели и провода с резиновой и пластмассовой изоляцией

Токовые нагрузки на кабели и провода данной группы, в том числе на кабели в свинцовой, резиновой и ПВХ оболочке, приведены из расчета максимального нагрева жил до 65 °С при температуре окружающего воздуха 25 °С и земли 15 °С (таблицы 3.5–3.7). Допустимые длительные токи нагрузки для проводов и кабелей, проложенных в коробах или в лотках пучками, должны приниматься:

– для проводов по таблице 3.5, как для проводов, проложенных в трубах;

– для кабелей по таблицам 3.6 и 3.7, как для кабелей, проложенных в воздухе.

При одновременно нагруженных проводах более четырех, проложенных в трубах, коробах или лотках пучками, токи нагрузки для проводов должны приниматься по таблице 3.5, как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0.68 для 5–6 проводов, 0.63 для 7–9 и 0.60 для 10–12 проводов. Для проводов вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

Допустимые длительные токи нагрузки для проводов, проложенных в лотках при однородной укладке, следует принимать как для проводов, проложенных в воздухе, а при прокладке в коробах – как для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто, с применением снижающих коэффициентов.

Таблица 3.5

Токовая нагрузка на провода и шнуры с резиновой и ПВХ изоляцией

S, мм^2	Ток, А											
	Проложенные открыто		Проложенные в трубе									
			С медными жилами					С алюминиевыми жилами				
	С медными жилами	С алюминиевыми жилами	Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный	Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
0,5	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,75	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,0	17	–	16	15	14	15	14	–	–	–	–	–
1,2	20	18	18	16	15	16	14,5	–	–	–	–	–
1,5	23	–	19	17	16	18	15	–	–	–	–	–
2	26	21	24	22	20	23	19	19	18	15	17	14

окончание табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,5	30	24	27	25	25	25	21	20	19	19	19	16
3	34	27	32	28	26	28	24	24	22	21	22	18
4	41	32	38	35	30	32	27	28	28	23	25	21
5	46	36	42	39	34	37	31	32	30	27	28	24
6	50	39	46	42	40	40	34	36	32	30	31	26
8	62	46	54	51	46	48	43	43	40	37	38	32
10	80	60	70	60	50	55	50	50	47	39	42	38
16	100	75	85	80	75	80	80	60	60	55	60	55
25	140	105	115	100	90	100	100	85	80	70	75	65
35	170	130	135	125	115	125	135	100	95	85	95	75
50	215	165	185	170	150	160	175	140	130	120	125	105
70	270	210	225	210	185	195	215	175	165	140	150	135
95	330	255	275	255	225	245	250	215	200	175	190	165
120	385	295	315	290	260	295	–	245	220	200	230	190
150	440	340	360	330	–	–	–	275	255	–	–	–
185	510	390	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
240	605	465	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
300	695	535	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
400	830	645	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 3.6

Токовая нагрузка на провода с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических оболочках и кабели с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, ПВХ или резиновой оболочке, бронированные и небронированные, с нулевой жилой и без нее

S, мм^2	Ток, А				
	Одножильные	Двухжильные		Трехжильные	
	В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	–	–	–	–

Таблица 3.7

Токовая нагрузка на кабели с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, ПВХ и резиновой оболочке, бронированные и небронированные

S, мм^2	Ток, А				
	Одножильные	Двухжильные		Трехжильные	
	В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	395	310	440	270	385
240	465	–	–	–	–

3.3. Длительно допустимые токовые нагрузки на силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией

Длительно допустимые токовые нагрузки на силовые кабели с бумажной изоляцией в алюминиевой или свинцовой оболочке приняты исходя из допустимой температуры нагрева жил кабелей при номинальном напряжении до 3 кВ не более 80 °С, на напряжение 6 кВ не более 65 °С и на напряжение 10 кВ не более 60 °С.

Допустимые токовые нагрузки приведены в таблицах 3.8 – 3.11. Они приняты из расчета прокладки одного кабеля в траншее на глубине 0,7 –1,0 м при температуре земли 15 °С и удельном тепловом сопротивлении земли 120 Ом·град/Вт, в воздухе – внутри и снаружи зданий при любом числе проложенных кабелей и температуре 25 °С.

Таблица 3.8

Токовая нагрузка на силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле

S, мм^2	Ток, А											
	Медные жилы						Алюминиевые жилы					
	1 жила до 1 кВ	2 жилы до 1 кВ	3 жилы			4 жилы до 1 кВ	1 жила до 1 кВ	2 жилы до 1 кВ	3 жилы			4 жилы до 1 кВ
			до 3 кВ	6 кВ	10 кВ				до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
6	–	80	70	–	–	–	–	60	55	–	–	–
10	140	105	95	80	–	85	110	80	75	60	–	65
16	175	140	120	105	95	115	135	110	90	80	75	90
25	235	185	160	135	120	150	180	140	125	105	90	115
35	285	225	190	160	150	175	220	175	145	125	115	135
50	360	270	235	200	180	215	275	210	180	155	140	165
70	440	325	285	245	215	265	340	250	220	190	165	200
95	520	380	340	295	265	310	400	290	260	225	205	240
120	595	435	390	340	310	350	460	335	300	260	240	270
150	675	500	435	390	355	395	520	385	335	300	275	305
185	755	–	490	440	400	460	580	–	380	340	310	345
240	880	–	570	510	460	–	675	–	440	390	355	–
300	1000	–	–	–	–	–	770	–	–	–	–	–
400	1220	–	–	–	–	–	940	–	–	–	–	–
500	1400	–	–	–	–	–	1080	–	–	–	–	–
625	1520	–	–	–	–	–	1170	–	–	–	–	–
800	1700	–	–	–	–	–	1310	–	–	–	–	–

Таблица 3.9

Токовая нагрузка на силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в воздухе

S, мм^2	Ток, А											
	Медные жилы						Алюминиевые жилы					
	1 жила до 1 кВ	2 жилы до 1 кВ	3 жилы			4 жилы до 1 кВ	1 жила до 1 кВ	2 жилы до 1 кВ	3 жилы			4 жилы до 1 кВ
			до 3 кВ	6 кВ	10 кВ				до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
6	–	55	45	–	–	–	–	42	35	–	–	–
10	95	75	60	55	–	60	75	55	46	42	–	45
16	120	95	80	65	60	80	90	75	60	50	46	60
25	160	130	105	90	85	100	125	100	80	70	65	75
35	200	150	125	110	105	120	155	115	95	85	80	95
50	245	185	155	145	135	145	190	140	120	110	105	110
70	305	225	200	175	165	185	235	175	155	135	130	140
95	360	275	245	215	200	215	275	210	190	165	155	165

окончание табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
120	415	320	285	250	240	260	320	245	220	190	185	200
150	470	375	330	290	270	300	360	290	255	225	210	230
185	525	–	375	325	305	340	405	–	290	250	235	260
240	610	–	430	375	350	–	470	–	330	290	270	–
300	720	–	–	–	–	–	555	–	–	–	–	–
400	880	–	–	–	–	–	675	–	–	–	–	–
500	1020	–	–	–	–	–	785	–	–	–	–	–
625	1180	–	–	–	–	–	910	–	–	–	–	–
800	1400	–	–	–	–	–	1080	–	–	–	–	–

Таблица 3.10

Токовая нагрузка на одножильные силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, небронированные, прокладываемые в воздухе

S, мм^2	Ток, А					
	Медные жилы			Алюминиевые жилы		
	до 3 кВ	20 кВ	35 кВ	до 3 кВ	20 кВ	35 кВ
10	85	–	–	65	–	–
16	120	–	–	90	–	–
25	145	105/110	–	110	80/85	–
35	170	125/135	–	130	95/105	–
50	215	155/165	–	165	120/130	–
70	260	185/205	–	200	140/160	–
95	305	220/255	–	235	170/195	–
120	330	245/290	240/265	255	190/225	185/205
150	360	270/330	265/300	275	210/255	205/230
185	385	290/360	285/335	295	225/275	220/255
240	435	320/395	315/380	335	245/305	245/290
300	460	350/425	340/420	355	270/330	260/330
400	485	370/450	–	375	285/350	–
500	505	–	–	390	–	–
625	525	–	–	405	–	–
800	550	–	–	425	–	–

Примечание. В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35-125 мм, в знаменателе – для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица 3.11

Токовая нагрузка на трехжильные силовые кабели с обеднено-пропитанной изоляцией, в общей свинцовой оболочке, на напряжение 6 кВ, прокладываемые в земле и воздухе

S, мм^2	Ток, А					
	Медные жилы			Алюминиевые жилы		
	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе
16	90	100	65	70	75	50
25	120	140	90	90	110	70
35	145	175	110	110	135	85
50	180	220	140	140	170	110
70	220	275	170	170	210	130
95	265	335	210	205	260	160
120	310	385	245	240	295	190
150	355	450	290	275	345	225

При иных условиях прокладки следует вводить поправочный коэффициент для указанных в таблицах 3.8-3.11 допустимых токов нагрузки, пользуясь таблицей 3.12.

Таблица 3.12

Поправочные коэффициенты на допустимые длительные токи для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное тепловое сопротивление земли, Ом·град/Вт	Поправочный коэффициент
Песок с влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва с влажностью более 1 %	80	1,05
Нормальные почва и песок с влажностью 7–9%, песчано-глинистая почва с влажностью 12–14%	120	1
Песок с влажностью 7 %, песчано-глинистая почва с влажностью 8–12 %	200	0,87
Песок с влажностью до 4 %, каменистая почва	300	0,75

Допустимые токовые нагрузки на одиночные силовые кабели, прокладываемые в трубах в земле без искусственной вентиляции, следует выбирать как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, а при смешанном характере прокладки – как для участка с наихудшими тепловыми условиями, если длина кабеля больше 10 м. В таких случаях рекомендуется применять вставки отрезков кабеля большего сечения.

При прокладке нескольких кабелей в земле (в том числе и при прокладке в трубах) длительно допустимые нагрузки необходимо уменьшать, применяя коэффициенты, приведенные в таблице 3.13, без учета резервных кабелей. Прокладка нескольких кабелей в земле при расстоянии между ними менее 100 мм не рекомендуется.

Таблица 3.13

Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

3.4. Перегрузочная способность кабельных линий

При эксплуатации систем электроснабжения для кабелей напряжением до 10 кВ может допускаться кратковременная перегрузка. Существует два вида допустимых перегрузок: перегрузка за счет недогрузки кабельной линии в нормальном режиме и перегрузка на время ликвидации повреждений. Допустимая перегрузка кабельных линий зависит от значения и длительности максимума нагрузки линии в нормальном режиме и от способа прокладки кабелей. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией допустимая перегрузка приведена в таблице 3.14.

На время ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается перегрузка до 10 %, а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией – до 15 % номинальной. Указанная перегрузка допускается на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток, если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальную. На время ликвидации аварий для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией допускается перегрузка в течение 5 суток в пределах, указанных в таблице 3.14.

Таблица 3.14

Допустимая перегрузка кабельных линий напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной загрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума					
		нормальный режим			послеаварийный режим		
		в течение, ч					
		1	2	3	1	3	6
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15	1,50	1,35	1,25
	В воздухе	1,25	1,15	1,10	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,10	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,15	1,10	1,05	1,30	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00	1,20	1,15	1,10

3.5. Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды

При определении длительных токов для кабелей, проводов и шин, проложенных в среде, температура которой отличается от приведенной в разделах 3.1–3.3, применяют поправочные коэффициенты, указанные в таблице 3.15.

Таблица 3.15

Поправочные коэффициенты на допустимые токовые нагрузки для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		До –5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,85	0,9	0,85	0,8	0,74
25	70	1,29	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,2	1,13	1,07	1	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,2	1,14	1,07	1	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	–
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1	0,89	0,78	0,63	0,45	–

3.6. Экономическая плотность тока

Экономическая плотность тока $J_{эк}$ регламентирована [7] на основе технико-экономических расчетов с учетом стоимости потерь электроэнергии, капитальных вложений в строительную часть линий, экономии цветных металлов. Нормированное значение $J_{эк}$ для заданных условий приведено в таблице 3.16.

Таблица 3.16

Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм^2, при числе часов использования максимума нагрузки, ч/год		
	1000-3000	3000-5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕС КИХ СЕТЕЙ

4.1. Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 6/10 кВ

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) применяются для приема, распределения и преобразования электрической энергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

По числу трансформаторов КТП могут быть одно-, двух- и трехтрансформаторными, а по роду установки:

- внутренней установки с масляными, сухими или заполненными негорючей жидкостью трансформаторами;
- наружной установки (только с масляными трансформаторами);
- смешанной установки с расположением распределительного устройства (РУ) высшего напряжения и трансформатора снаружи, а РУ низшего напряжения внутри помещения.

Для цеховых трансформаторных подстанций используются КТП внутренней и наружной установки мощностью 160…2500 кВА. КТП этой группы состоят из шкафов ввода на напряжение 6/10 кВ и РУ напряжением до 1000 В. В них применяются трансформаторы специального исполнения с боковыми выводами. На рис. 4.1 представлена комплектная двухтрансформаторная подстанция мощностью 630…1000 кВА для внутренней установки с однорядным расположением оборудования. Автоматические выключатели выдвижного исполнения служат защитно-коммутационной аппаратурой. Каждый автомат закрыт дверью, управление производится рукоятками и ключами, расположенными на дверях шкафов, а для дистанционного управления концы проводов подведены к рейке с зажимами.

Технические данные подстанций внутренней установки приведены в таблице 4.1, а наружной установки – в таблице 4.2.

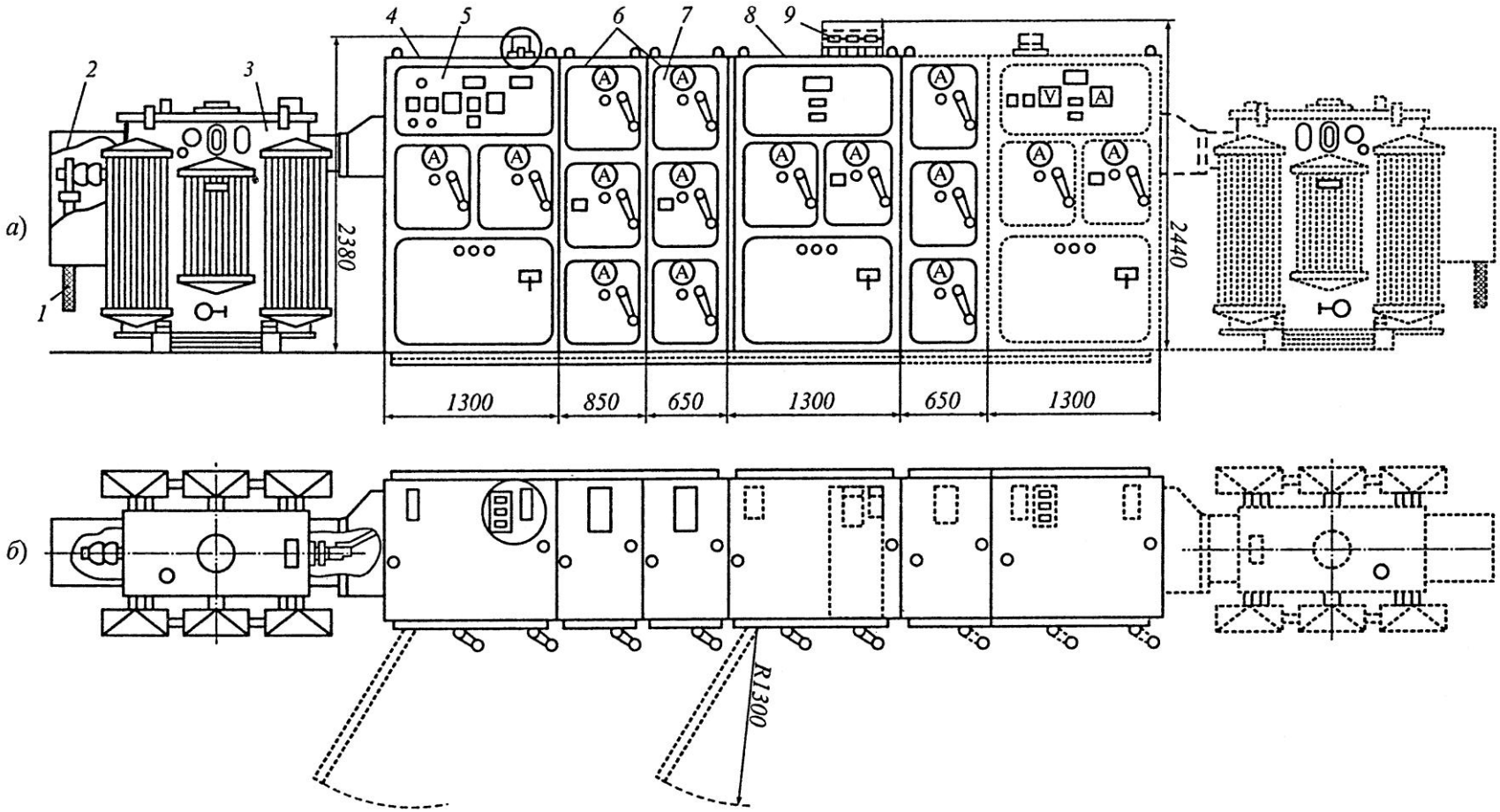


Рис. 4.1. Комплектная двухтрансформаторная подстанция мощностью 630…1000 кВ·А для внутренней установки с однорядным расположением оборудования:

а – вид спереди, *б* – план; *1* – кабель ВН; *2* – шкаф ввода ВН; *3* – силовой трансформатор; *4* – шкаф ввода НН; *5* – отсек приборов; *6* – шкаф отходящий линий НН; *7* – секционный шкаф НН или шкаф отходящих линий; *8* – шинный короб; *9* – окно для вывода кабеля вверх.

Таблица 4.1

Технические характеристики КТП напряжением 6/10 кВ общего назначения для внутренней установки

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип трансформатора	Комплектующее оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТП 250/6 и 10/0,4	250	ТМФ-250/10	–	–
2КТП 250/6 и10/0,4	2×250	ТМФ-250/10	–	–
КТП 400/6 и 10/0,4	400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
2КТП 400/6 и 10/0,4	2×400	ТМФ-400/10	ВВ-1	КРН-5
КТП 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТП 630/6 и 10/0,4	2×630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
КТПМ 630/6 и 10/0,4	630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-6
2КТПМ 630/6 и 10/0,4	2×630	ТМФ-630/10	ВВ-4	КРН-9
КТП 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	КН-2
2КТП 630	2×630	ТСЗ-630/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
КТП 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-2, КН-3, КН-4
2КТП 1000	2×1000	ТСЗ-1000/10	ВВ-2, ВВ-3	КН-5, КН-6, КН-17, КН-20
КТПМ 1000	1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
2КТПМ 1000	2×1000	ТСЗ-1000/10	ШВВ-3	ШНВ-1М, ШНЛ-1М
КТПМ 1600	1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНС-1М
2КТПМ 1600	2×1600	ТСЗ-1600/10	ШВВ-3	ШНВ-2М, ШНС-2М
КТПУ 630	630	ТМЗ-630/10	ВВ-2	ШН-2М, ШН-4М
2КТПУ 630	2×630	ТНЗ-630/10	ШВВ -3	ШН-5; ШН-8
КТПУ 1000	1000	ТМЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
2КТПУ 1000	2×1000	ТНЗ-1000/10	ШВВ-3	ШН-10
КТПУ 1600	1600	ТМЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
2КТПУ 1600	2×1600	ТНЗ-1600/10	ШВВ-3	ШН-9
КТПМ 1000	1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНВ-1М, ШНВ-2М
2КТПМ 1000-6/0,4	2×1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ШВВ-5 с выключателем	ШНЛ-1М, ШНЛ-2М
2КТПМ 1000-6/0,69	2×1000	ТМЗ, ТНЗ-1000/10	ВН-11 или глухой	ШНС-1М, ШНС-2М

окончание табл. 4.1

Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип трансформатора	Комплектующее оборудование	
			Шкафы ВН	Шкафы НН
КТПМ 1600/10	1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНВ-2М, ШНВ-3М
2КТПМ 1600/10	2×1600	ТМЗ, ТНЗ-1600/10	ВН-11 или глухой	ШНЛ-2М, ШНС-2М
КТПМ 2500-10/0,4	2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНЛ-2К, ШНЛ-3К
2КТПМ 2500-10/0,69	2×2500	ТНЗ-2500/10	ШВВ-3	ШНС-3К, ШНВ-2К

Примечания. 1. Блок высоковольтного ввода выполняется трех типов: ВВ-1 – с глухим присоединением кабеля; ВВ-2 – с присоединением кабеля через разъединитель; ВВ-3 – с присоединением кабеля через разъединитель и предохранитель. 2. Буквы М и У в обозначении типов КТП соответственно обозначают: модифицированная и унифицированная.

Таблица 4.2

Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций наружной установки типа КТПН-72М напряжением 6/10 кВ

Показатель	КТПН-72М-160	КТПН-72М-250	КТПН-72М-400
Мощность трансформатора, кВ·А	160	250	400
Разъединитель	ВРЗ-10-400	ВРЗ-10-400	ВРЗ-10-400
Привод	ПР-10	ПР-10	ПР-10
Ввод	Кабельный	Кабельный	Кабельный

Примечание. КТПН поставляются без силовых трансформаторов.

4.2. Комплектные распределительные устройства напряжением до 1000 В

Комплектные распределительные устройства напряжением до 1000 В предназначены для приема и распределения электроэнергии, управления и защиты электроустановок от перегрузок и коротких замыканий. Они состоят из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них коммутационными и защитными аппаратами, устройствами автоматики, измерительными приборами и вспомогательными устройствами.

Для распределения электроэнергии в цехах промышленных предприятий применяются силовые распределительные шкафы и пункты.

Шкафы силовые распределительные ШР11 применяются для приема и распределения электроэнергии в промышленных установках на номинальный ток до 400 А. В зависимости от типа шкафа на входе устанавливается рубильник, два рубильника при питании шкафа от двух источников или рубильник с предохранителем. Шкафы имеют 5…8 отходящих групп, укомплектованных предохранителями серии ПН2 или НПН2 на номинальные токи 60, 100 и 250 А. В таблице 4.3 приведены параметры некоторых типов

распределительных шкафов ШР11.

Таблица 4.3

Шкафы распределительные серии ШР11

Тип шкафа	Аппараты ввода		Число трехфазных групп и номинальные токи, А, предохранителей отходящих линий
	Тип и номинальные токи, А		
	рубильник	предохранитель	
ШР11-73701			5×60
ШР11-73702	Р16-353	–	5×100
ШР11-73703	250 А		2×60 + 3×100
ШР11-73504			8×60
ШР11-73505			8×100
ШР11-73506	Р16-373		8×250
ШР11-73707	400 А	–	3×100 + 2×250
ШР11-73708			5×250
ШР11-73509			4×60 + 4×100
ШР11-73510			2×60 + 4×100 + 2×250
ШР11-73511			6×100 + 2×250
ШР11-73512			8×60
ШР11-73513	Р16-373		8×100
ШР11-73514	400 А	400	8×250
ШР11-73515			4×60 + 4×100
ШР11-73516			2×60 + 4×100 + 2×250
ШР11-73517			6×100 + 2×250

Примечания.

1. Шкафы выпускаются по степени защиты оболочки шкафа в двух исполнениях IP22 и IP54 (структура обозначения приведена на рис.4.2), что отражается в обозначении шкафа введением дополнительно к марке шкафа обозначения 22У3 или 54У2, например, ШР11-73701-22У3 и ШР11-73701-54У2.

2. Длительно допустимая нагрузка шкафа со степенью защиты оболочки IP22 равна номинальному току вводного аппарата, а шкафов со степенью защиты IP54 – 80% этой величины.

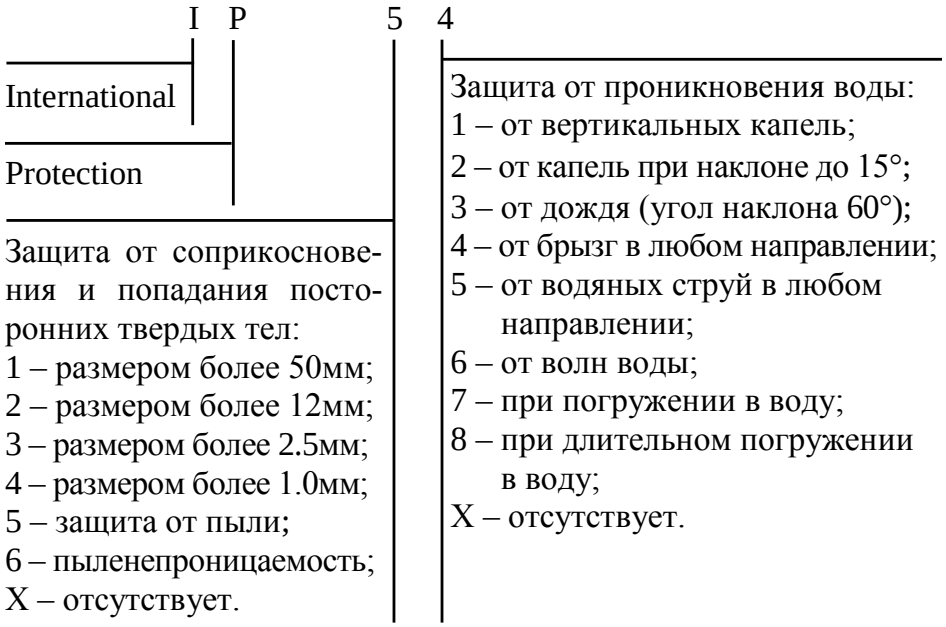


Рис. 4.2. Структура условного обозначения степени защиты

Пункты распределительные серии ПР11 предназначены для распределения электроэнергии напряжением до 660 В переменного и 220 В постоянного тока и для обеспечения защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях. Пункты укомплектованы автоматическими выключателями серии АЕ20 в однополюсном и трехполюсном исполнениях с номинальным током 63 и 100 А. В зависимости от схемы в шкафах устанавливается от 3 до 30 линейных однополюсных автоматических выключателей и от 1 до 12 – трехполюсных. На вводах пунктов предусматривается автоматический выключатель серии А3700 или АЕ20 на токи 100-630 А. Параметры некоторых типов распределительных пунктов ПР11 приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Пункты распределительные серии ПР11

Типоисполнение пункта			Номинальный ток пункта, А	Тип вводного выключателя	Кол-во линейных трехполюсных выключателей
Навесное	Напольное	Утопленное			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Пункты с линейными автоматами АЕ2030					
ПР11-3011	–	–	90	–	4
ПР11-3012	–	–	90	АЕ2056	4
ПР11-3017	–	–	144	–	6
ПР11-3018	–	–	144	А3710	6
ПР11-3025	–	–	225	–	8
ПР11-3026	–	–	225	А3720	8
ПР11-3035	–	–	225	–	10
ПР11-3036	–	–	225	А3720	10

окончание табл. 4.4

1	2	3	4	5	6
Пункты с линейными выключателями АЕ2040					
ПР11-3047	–	ПР11-1047	90	–	2
ПР11-3048	–	ПР11-1048	90	АЕ2056	2
ПР11-3053	–	—	225	–	4
ПР11-3054	–	—	225	А3720	4
ПР11-3059	–	ПР11-1059	225	–	6
ПР11-3060	–	ПР11-1060	225	А3720	6
ПР11-3067	–	ПР11-1067	225	–	8
ПР11-3068	–	ПР11-1068	225	А3720	8
ПР11-3077	ПР11-7077	ПР11-1077	225	–	10
ПР11-3078	ПР11-7078	ПР11-1078	225	А3720	10
ПР11-3089	–	ПР11-1089	360	–	6
ПР11-3090	–	ПР11-1090	360	А3730	6
ПР11-3097	–	ПР11-1097	360	–	8
ПР11-3098	–	ПР11-1097	360	А3730	8
ПР11-3107	ПР11-7107	ПР11-1107	360	–	10
ПР11-3108	ПР11-7108	ПР11-1108	360	А3730	10
Пункты с линейными выключателями АЕ2050					
ПР11-3117	–	–	225	–	4
ПР11-3118	–	–	225	А3720	4
ПР11-3119	ПР11-7119	–	360	–	6
ПР11-3120	ПР11-7120	–	360	А3730	6
ПР11-3121	ПР11-7121	–	567	–	8
ПР11-3122	ПР11-7122	–	567	А3730 или А3740	8
–	ПР11-7123	–	567	–	12
–	ПР11-7124	–	567	А3730 или А3740	12

Примечания.

1. Пункты могут быть выполнены по степени защиты IP-21 и IP-54 (54 исполнение) и по климатическому исполнению и категории размещения У3, У1, Т3, Т1, ХЛ2, ХЛ3, ХЛ4.

2. Данные пунктов с однополюсными выключателями и комбинацией одно- и трехполюсных см. в [9].

Пункты распределительные серии ПР24 укомплектованы автоматическими выключателями серии А3700. В зависимости от схемы в шкафах устанавливается 4, 6, 8 или 12 линейных автоматов. В таблице 4.5 приведены параметры и комплектация некоторых типов распределительных пунктов ПР24.

Таблица 4.5

Пункты распределительные серии ПР24 трехполюсного исполнения

Распределительный пункт				Встраиваемый выключатель					
Навесное исполнение	Напольное исполнение		Допустимый ток, А	Вводной			Линейный (количество выключателей типов)		
Способ монтажа внешних проводников				Тип	Коли-чество	Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	А3726ФУ3 и А3722ФУ3*	А3716ФУ3 и А3712ФУ3**	А3716ФУ3***
Сверху и снизу проводами и кабелями с резиновой или с пластмассовой изоляцией		Снизу кабелями с бумажной изоляцией							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ПР24-3101(3401)	ПР24-5101(5401)	ПР24-7101(7401)	630(700)	–	–	–	2	2	–
ПР24-3102(3402)	ПР24-5102(5402)	ПР24-7102(7402)	630(700)	–	–	–	–	4	–
ПР24-3103(3403)	ПР24-5103(5403)	ПР24-7103(7403)	630(700)	–	–	–	2	4	–
ПР24-3104(3404)	ПР24-5104(5404)	ПР24-7104(7404)	630(700)	–	–	–	–	2	4
ПР24-3105(3405)	ПР24-5105(5405)	ПР24-7105(7405)	630(700)	–	–	–	–	6	–
ПР24-3206(3506)	ПР24-5206(5506)	ПР24-7206(7506)	630(700)	–	–	–	2	2	4
ПР24-3207(3507)	ПР24-5207(5507)	ПР24-7207(7507)	630(700)	–	–	–	–	4	4
ПР24-3208(3508)	ПР24-5208(5508)	ПР24-7208(7508)	630(700)	–	–	–	–	6	2
ПР24-3309(3609)	ПР24-5209(5509)	ПР24-7209(7509)	630(700)	–	–	–	–	–	12

продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПР24-3310(3610)	ПР24-5210(5510)	ПР24-7210(7510)	630(700)	–	–	–	–	2	10
ПР24-3311(3611)	ПР24-5211(5511)	ПР24-7211(7511)	630(700)	–	–	–	–	4	8
ПР24-3312(3512)	ПР24-5212(5512)	ПР24-7212(7512)	550(600)	А3744С	1	400-630	2	2	–
ПР24-3213	ПР24-5213	ПР24-7213	420	А3734С	1	250-400	–	2	2
ПР24-3214(3514)	ПР24-5214(5514)	ПР24-7214(7514)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	4	–
ПР24-3215(3515)	ПР24-5215(5515)	ПР24-7215(7515)	550(600)	А3744С	1	400-630	2	2	2
ПР24-3216(3319)	ПР24-5216(5219)	ПР24-7216(7219)	420	А3734С	1	250-400	–	–	6(8)
ПР24-3217(3517)	ПР24-5217(5517)	ПР24-7217(7517)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	2	4
ПР24-3218(3518)	ПР24-5218(5518)	ПР24-7218(7518)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	6	–
ПР24-3320(3620)	ПР24-5220(5520)	ПР24-7220(7520)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	–	8
ПР24-3321(3621)	ПР24-5221(5521)	ПР24-7221(7521)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	2	6
ПР24-3322(3622)	ПР24-5222(5522)	ПР24-7222(7522)	550(600)	А3744С	1	400-630	–	4	4
ПР24-3223(3523)	ПР24-5223(5523)	ПР24-7223(7523)	550(600)	А3748Н	1	–	2	2	–
ПР24-3224(3524)	ПР24-5224(5524)	ПР24-7224(7524)	480(520)	А3738Н	1	–	–	2	2
ПР24-3225(3525)	ПР24-5225(5525)	ПР24-7225(7525)	550(600)	А3748Н	1	–	–	4	–

окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ПР24-3226(3526)	ПР24-5226(5526)	ПР24-7226(7526)	550(600)	А3748Н	1	–	2	2	2
ПР24-3227(3527)	ПР24-5227(5527)	ПР24-7227(7527)	480(520)	А3738Н	1	–	–	–	6
ПР24-3228(3528)	ПР24-5228(5528)	ПР24-7228(7528)	550(600)	А3748Н	1	–	–	2	4
ПР24-3229(3529)	ПР24-5229(5529)	ПР24-7229(7529)	550(600)	А3748Н	1	–	–	6	–
ПР24-3330(3630)	ПР24-5230(5530)	ПР24-7230(7530)	480(520)	А3738Н	1	–	–	–	8
ПР24-3331(3631)	ПР24-5231(5531)	ПР24-7231(7531)	550(600)	А3748Н	1	–	–	–	8
ПР24-3332(3632)	ПР24-5232(5532)	ПР24-7232(7532)	550(600)	А3748Н	1	–	–	2	6
ПР24-3333(3633)	ПР24-5233(5533)	ПР24-7233(7533)	550(600)	А3748Н	1	–	–	4	4

Примечания.

1. В скобках указаны пункты с другими допустимыми токами при той же комплектности.

2. Пункты выпускаются по степени защиты в двух исполнениях – IP21 и IP54, что отражается в обозначении пункта введением дополнительно к марке пункта обозначений 21У3 или 54У3, например ПР24-3101-21У3 и ПР24-3101-54У3.

3. * номинальный ток термобиметаллических расцепителей выключателей типов: А3726ФУ3–(160-250)А, А3722ФУ3–160А; ** – то же, для типов А3716ФУ3–(16-160)А, А3712ФУ3–160А; *** – то же, для типов А3716ФУ3–(16-80)А.

Распределительные пункты серии ПР85 и ПР87 выпускаются на номинальные токи от 160 до 630 А. Комплектуются автоматическими выключателями серии ВА50 и предназначены для распределения электроэнергии и защиты электроустановок при перегрузках и токах КЗ, для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей и пуска асинхронных двигателей.

Пункты имеют исполнения по номинальному току – 160, 250, 400 и 630 А, по степени защиты оболочки – IP21 и IP54, по способу установки – напольное, навесное и утопленное. Пункты серии ПР85 предназначены для эксплуатации в сетях напряжением до 660 В переменного тока, а серии ПР87 – в сетях напряжением до 220 В постоянного тока. Пункты могут иметь на вводе автоматические выключатели серии ВА51, ВА55 и ВА56. В качестве линейных выключателей в пунктах устанавливаются автоматические выключатели однополюсные ВА51-29 и трехполюсные ВА51-31 и ВА51-35. Широкий диапазон номинальных токов расцепителей автоматических выключателей позволяет осуществить защиту электрических цепей и установок различенного назначения.

Структура условного обозначения распределительных пунктов приведена на рис. 4.3, 4.4, а параметры и комплектация – в таблицах 4.6 и 4.7.

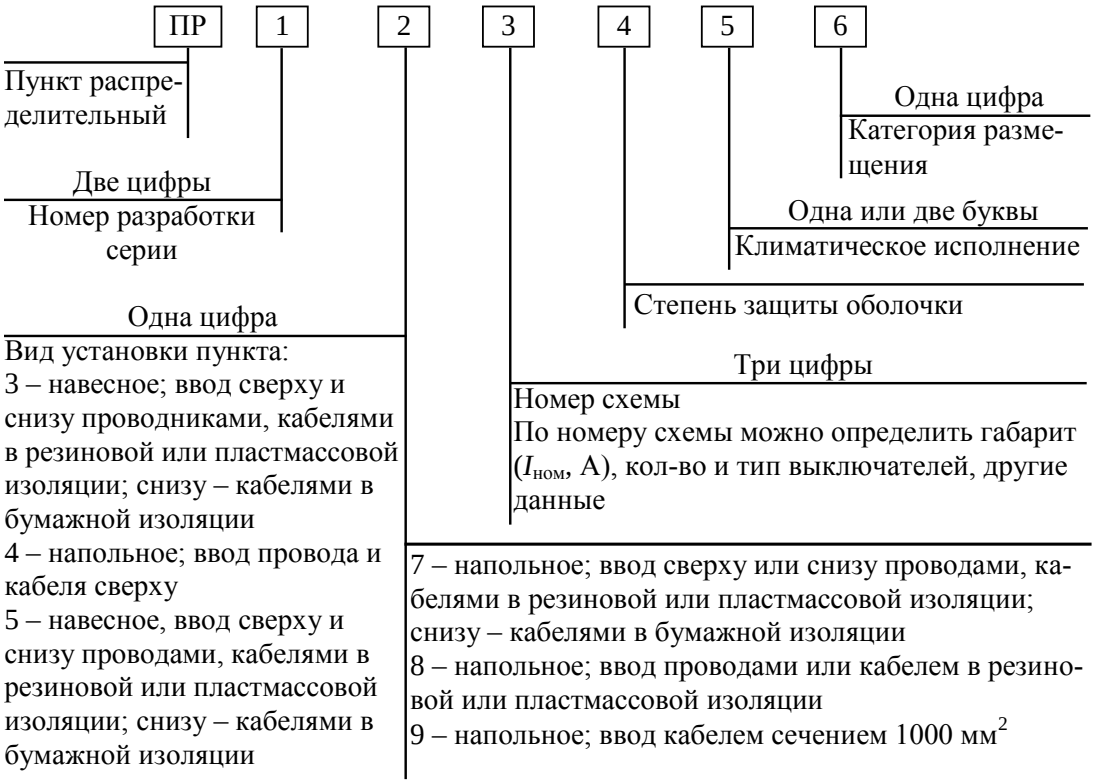


Рис. 4.3. Структура условного обозначения распределительных пунктов серии ПР85 и ПР87



Рис. 4.4. Пример условного обозначения распределительного пункта серии ПР85

Таблица 4.6

Технические данные распределительных пунктов серии ПР85 с трехполюсными линейными выключателями

Номер схемы	$I_н$, А	Рабочий $I_н$, А. при исполнении		Количество трехполюсных линейных выключателей	
		IP21У3	IP54 УХЛ2, Т2	ВА51-31	ВА51-35
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
С зажимами на вводе					
153	630	504	473	–	2
154				2	2
155				4	2
156				6	2
157				8	2
С выключателем ВА51-39 на вводе					
090	630	504	473	6	–
091				8	–
092				10	–
093				12	–
094				–	4
095				2	2
096				4	2
097				6	2
098				8	2

окончание табл. 4.6

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
С выключателем ВА55-39 на вводе					

115	630	504	473	6	–
116				8	–
117				10	–
118				12	–
119				–	4
120				2	2
121				4	2
122				6	2
123				8	2
С выключателем ВА56-39 на вводе					
140	630	504	473	6	–
141				3	–
142				10	–
143				12	–
144				–	4
145				2	2
146				4	2
147				6	2
148				8	2

Примечание. ПР 85 по схемам 153…155 имеют только навесное исполнение (IP21 и IP54), все остальные – навесное и напольное исполнение (IP21 и IP54).

Таблица 4.7

Технические данные распределительных пунктов серии ПР 85 с одно- и трехполюсными линейными выключателями

Номер схемы	$I_н$, А	Рабочий $I_н$, А, при исполнении		Количество ВА51-31 линейных	
		IP21У3	IP54 УХЛ2, Т2	1-полюсн.	3-полюсн.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
С зажимами на вводе					
001	160	120	120	3	–
002				6	–
003				3	1
004				–	2
005				12	–
006				6	2
007				–	4
008				18	–
009				12	2
010				6	4
011				–	6
012	250	200	183	12	2
013				6	2
014				–	4
015				18	–

продолжение табл. 4.7

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
016				12	2
017				6	4

018				–	6
019				24	–
020				18	–
021				12	4
1	2	3	4	5	6
022	250	200	183	6	6
023				–	8
024				30	–
025				24	2
026				18	4
027				12	6
028				6	8
029				–	10
030	400	320	300	18	–
031				12	2
032				6	4
033				–	6
034				24	–
035				18	2
036				12	4
037				6	6
038				–	8
039				30	–
040				24	2
041				18	4
042				12	6
043				6	8
044				–	10
149	630	504	473	–	6
150				–	8
151				–	10
152				–	12
С выключателем ВА51-33 на вводе					
045	160	128	120	3	–
046				6	–
047				3	1
048				–	2
049				12	–
050				6	2
051				–	4
052				18	–
053				12	2
054				6	4
055				–	6

продолжение табл. 4.7

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
С выключателем ВА51-35 на вводе					
056	250	200	188	12	–
057				6	2
058				–	4

059				18	–
060				12	2
061				6	4
062				–	6
063				24	–
064				18	2
065				12	4
066				6	6
067				–	8
068				30	–
069				24	2
070				18	4
071				12	6
072				6	8
073				–	10
С выключателем ВА51-37 на вводе					
074	400	320	300	–	4
075				18	–
076				–	2
077				6	4
078				–	6
079				24	–
080				18	2
081				12	4
082				6	6
083				–	8
084				30	–
085				24	2
086				18	4
087				12	6
088				18	–
089				–	10
С выключателем ВА55-37 на вводе					
099	400	320	300	–	4
100				18	–
101				12	2
102	400	320	300	6	4
103				–	6
104				24	–
105				18	2

окончание табл. 4.7

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
106				12	4
107				6	6
108				–	8
109				30	–
110				24	2

111				18	4
112				12	6
113				6	8
114				–	10
С выключателем ВА56-37 на вводе					
124	400	320	300	–	4
125				18	–
126				12	2
127				6	4
128				–	6
129				24	–
130				18	2
131				12	4
132				6	6
133				–	8
134				30	–
135				24	2
136				18	4
137				12	6
138				6	8
139				–	10

Примечание. Пункты ПР 85 по схемам 001…089 по способу установки имеют исполнение навесное (степень защиты IP21 и IP54) или утопленное (IP21), а по схемам 099…114, 124…139, 152 – навесное и напольное (IP21 и IP54).

4.3. Коммутационные и защитные аппараты напряжением до 1000 В

4.3.1. Предохранители

Предохранители применяются для защиты электроустановок от токов КЗ. Защита от перегрузок с помощью предохранителей возможна только при условии, что защищаемые элементы установки будут выбраны с запасом по пропускной способности, превышающем примерно на 25 % номинальный ток плавкой вставки.

Наиболее распространенными предохранителями, применяемыми для защиты электроустановок напряжением до 1000 В, являются:

ПР – предохранитель разборный;

НПН – насыпной предохранитель, неразборный;

ПН2 – предохранитель насыпной, разборный.

Наполнителем является кварцевый мелкозернистый песок.

В таблицах 4.8 и 4.9 приведены технические данные плавких предохранителей, а на рис.4.5 показаны защитные характеристики плавких вставок предохранителей типа ПН2 на различные номинальные токи.

Таблица 4.8

Технические данные предохранителей ПР2

Номинальный ток, А		Наибольший отключаемый ток (действующее значение), А				Назначение
Предохра-нителей	Плавких вставок	Исполнение 1		Исполнение 2		
		при напряжении, В				
		220	380	380	500	
15	6; 10; 15	1200	800	8000	7000	Предназначены для работы в сетях постоянного и переменного тока
60	15; 20; 25; 35; 45; 60	5500	1800	4500	3500	
100	60; 80; 100	14000	6000	11000	10000	
200	100; 125; 160; 200	14000	6000	11000	10000	Номинальное напряжение у исполнения 1 – 220 В, а у исполнения 2 – 500 В
350	200; 225; 260; 300; 350	11600	6000	13000	11000	
600	350; 430; 500; 600	15000	13000	23000	20000	
1000	600; 700; 850; 1000	–	–	–	–	

Таблица 4.9

Технические данные предохранителей НПН и ПН2

Тип предохранителя		Номинальный ток		Предельный ток отключения (действующее значение),А	При каком положении предохранителя
		предохранителя, А	плавких вставок, А		
НПН-15		15	6; 10; 15	–	
НПН-60М		60	20; 25; 35; 45; 60	–	
Патроны разборные	ПН2-100	100	30; 40; 50; 60; 80; 100	50000	При вертикальном и горизонтальном положении
	ПН2-250	250	80; 100; 125; 150; 200; 250	40000	
	ПН2-400	400	200; 250; 300; 400	25000	Только при вертикальном положении
	ПН2-600	600	300; 400; 500; 600	25000	
	ПН2-1000	1000	500; 600; 750; 800; 1000	10000	

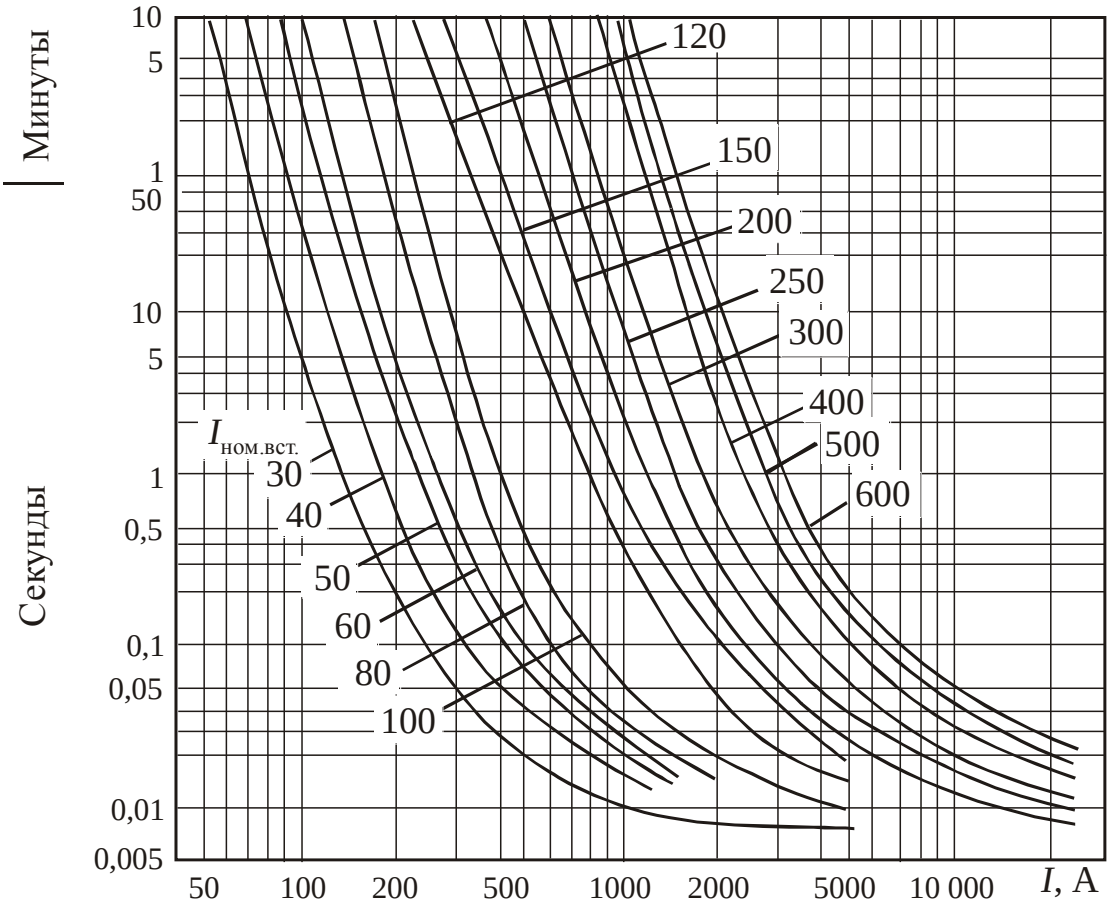


Рис.4.5. Защитные характеристики плавких вставок предохранителей ПН2

4.3.2. Автоматические выключатели

Автоматические выключатели с естественным воздушным охлаждением (автоматы) предназначены для отключения тока при КЗ, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, для оперативных включений и отключений электрических цепей (в том числе электродвигателей) на напряжение до 1000 В.

Расцепители, являясь составной частью автоматов, контролируют заданный параметр защищаемой цепи и воздействуют на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Наиболее распространенными расцепителями являются:

а) электромагнитные – для защиты от тока КЗ;

б) тепловые – для защиты от перегрузок;

в) комбинированные, совмещающие в себе электромагнитные и тепловые расцепители;

г) полупроводниковые, позволяющие ступенчато менять: номинальный ток расцепителя, время срабатывания в зоне перегрузки, отношение тока срабатывания при токе КЗ (0,1; 0,25; 0,4 с).

Полупроводниковые расцепители имеют более стабильные параметры и удобны в настройке.

Если автомат не имеет максимальных расцепителей, то он используется только для коммутации цепей без тока.

Кроме указанных выше, имеются также минимальные, нулевые, независимые и максимальные токовые расцепители. Минимальные расцепители отключают включенный автомат при U=(0,35÷0,7) $U_{ном}$; нулевые расцепители – при (0,1÷0,35) $U_{ном}$. Независимые расцепители служат для дистанционного отключения автоматов, максимальные токовые – для защиты электрических цепей (кроме двигателей) от перегрузки.

Наиболее современными, являются автоматические выключатели серии ВА, предназначенные для замены устаревших А31, А37, АЕ, АВМ и «Электрон». Они имеют уменьшенные габариты, совершенные конструктивные узлы и элементы. Работают в сетях постоянного и переменного тока. На рис.4.6 представлена структура условного обозначения серии ВА.

Основные технические данные автоматов даны в таблице 4.10, а подробные условия их эксплуатации – в [10].

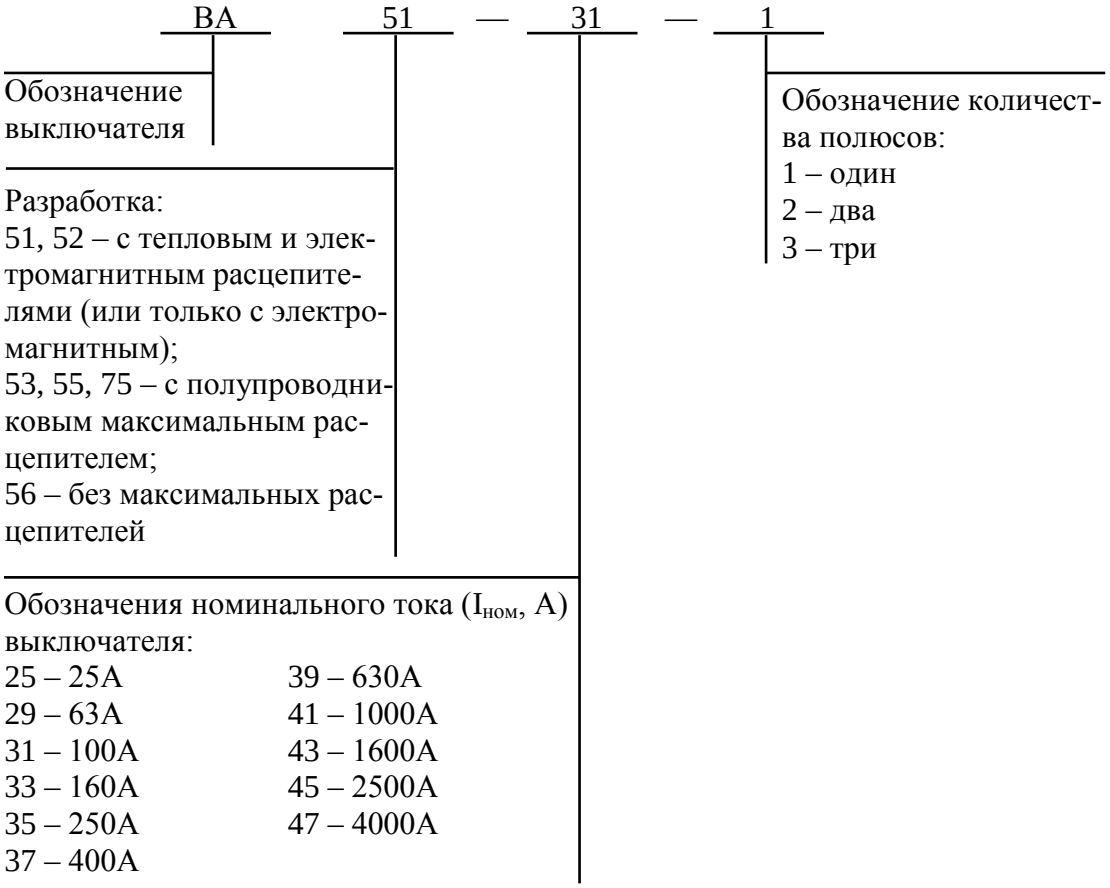


Рис.4.6. Структура условного обозначения автоматического выключателя серии ВА.

Дополнительные сведения об автоматах:

1. Автоматические выключатели серии АП50Б выпускают с разными видами расцепителей, что отражается в их обозначении. Так, например, АП50Б2МТ – с двумя комбинированными расцепителями; АП50Б2М – с двумя электромагнитными расцепителями; АП50Б3ТН – с тремя тепловыми расцепителями и минимальными расцепителями напряжении; буква Д означает – независимый расцепитель, буква О – максимальный расцепитель тока в нулевом проводе.

Предельная коммутационная способность автомата при переменном напряжении 380 В составляет 0,5–10 кА при номинальном токе максимальных расцепителей 1,6–63 А.

Технические данные выключателей серии АП50 на номинальное напряжение 380 В переменного и 220 В постоянного тока приведены в таблице 4.11.

2. Автоматические выключатели серии АК50 и АК60 выпускают со следующими видами расцепителей: МГ – электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ; М – электромагнитный для защиты в зоне токов КЗ.

Таблица 4.10

Основные технические данные автоматических выключателей

Тип	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	Число полюсов	Вид расцепителя максимального тока		Номинальные токи расцепителя, А	Уставка срабатывания расцепителя		Время срабатывания, с			Предельная отключающая способность, кА	Вид привода
				в зоне перегрузки	в зоне КЗ		в зоне перегрузки	в зоне КЗ	при токе 1,05 $I_{ном}$	при токе 6 $I_{ном}$	в зоне КЗ		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Э06	=220	800; 1000	–	Полупроводниковый	Полупроводниковый	630; 800; 630; 800; 1000	1,25	3; 5; 7; 10	–	4; 8; 16	0,25; 0,45; 0,7	35	Ручной, электромагнитный
	=440											25	
	~380											40	
	~660												
Э16	=440	1250; 1600				630; 1000 1600		3; 5; 7				45	
	~660											30	
Э25	=440	2000; 2500; 3200; 4000				1000; 1600 2500; 4000						50	
	~660											55	
Э40	=440	4000; 5000; 6300				2500; 4000 6300							
	~660											85	
АК50	=220	50	2	Электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания	Электромагнитный без замедлителя	0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25; 32; 40; 45; 50	–	5	–	3-20	–	4,5	Ручной
	~380		2; 3				1,35	5; 10	не срабатывает	–	0,2-0,4	5	

продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
АК63	=220	63	1	инир ован	тром агни	0,6;0,8; 1; 1,25;	–	1,5; 5	–	3-20	–	3-5	Ручн ой
	=440		2					1,5; 3;				3	

	~500		2; 3			1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	1,3	12				2,3; 9	
АП50Б*	=220	50	2			1,6; 2,5; 4; 6,4; 10	1,25	3; 5; 10	–	1,5-10	–	0,5-4	
	~500		3									0,3-3,5	
	~660											0,24-1	
АЕ1000**	~380	25	1	Тепловой		6; 10; 16; 20; 25	1,25; 1,5	12-18	Не срабатывает	–	–	1,2; 1,8	
АЕ2020	~380	16	3			0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	0,9-1,15	12				0,7-4	
	~660											0,7-1,6	
АЕ2040 АЕ2040М	~220	63	1	Тепловой	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	0,9-1,15	12	Не срабатывает	–	–	2-6	Ручной
	~380		1; 3									0,8-6	
	~440		1									2-4,5	
	~660		3									0,7-4	

продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ЕZ 05 0	~380	100		пл ов	ом аг	10;			ае т в	5-20	–	2,4-6	

	~660					12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100						2,1-4	
AE2060	~380	160				16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	0,9-1,15	12	–	–	–	3,5-11,5	Ручной
	~660											3-6	
AE2530	=220	25	1; 2			0,6; 0,84; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		1,3-10	–	–	–	2-5	–
	~380							2-10				0,8-5	
AE2540	=220	63				25; 31,5; 40; 50; 63	–	2,5; 5; 10	–	–	–	5-10	–
	~380							5-10				3-6	
AE2550	=220	100				50; 60; 80; 100						20	–
BA13-25	~1140	25	3	Электромагнитный с гидравлическим замедлением срабатывания		3,15; 5; 16; 25	–	7	–	–	–	1,5	–
BA13-29	~660	63	2; 3			0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	6; 12	3; 6; 12	–	–	–	6	–
	=440											10	

продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BA16	~380	6,3-31,5	1	Тепловой	Электромагнитный	–	–	95-440	–	–	–	1	–

ВА19 (ВА19-29)	~380	0,6-63	1; 2			0,6-63	–	2-10	–	–	–	1,2-6	–
	=220							1,3-10				2-10	
ВА22-27	~380	40	3; 2			6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40	–	–	–	–	–	1	Электродвигательный
	=220											1,7-3	
ВА51-25 ВА51Г25	~380	0,3-25	3			0,3-4 (ВА51-25) 5-25 (ВА51Г25)	1,2; 1,35	7; 10; 14	–	–	–	1,5-3,8	Ручной
	~660											1,2-3	
ВА51	=220	100; 160	1; 2; 3			для 100 А 6,3-100 для 160 А 80-160	1,2; 1,25; 1,35	3; 6; 7	–	–	–	2-28	
	~660							3; 7; 10				1,5-12	
ВА51-35	=220	250	2; 3			80; 100; 125; 200; 250	–	6; 8; 10				25-35	Ручной, электромагнитный
	~660							12				10-12	
ВА51 ВА52	=440	400				250; 300; 400		6	–	–	–	35-85	
	~500							20				12-20	
ВА57-35 ВА57-37	=440	250	3			16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	–	6; 8; 10	–	–	–	5-110	
	~660							12				3,5-20	
ВА51-39	=220	630	2; 3			400; 500; 630	6	2500; 3200; 4000	–	–	–	35	
	~380												
	~660						10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300				20 50	

окончание табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ВА52-39	=440	630	2; 3	проводник	тромагнит	250; 320; 400; 500; 630	6	2500; 3200; 4000	–	–	–	85	

	~380					10	2500; 3200; 4000; 5000; 6300				40	
	~660										20	
ВА53-41	~380	1000	2; 3		Для полупроводникового 630; 800; 1000 Для электромагнитного 250; 400; 630; 1000	1,25	2; 3; 5; 7	4; 8; 16	–	0,04	135	Ручной, электромагнитный
	~660										33,5	
	=440						2; 4; 6				110	
ВА55-41	~380						2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		135	
	~660										33,5	
	=440						2; 4; 6		0,1; 0,2		100	
ВА56-41	~380						–		–		55	
	~660										33,5	
	=440										100	
ВА53-43	=440	1600			1000; 1280; 1600		2; 4; 6		–	–	160	
	~660						2; 3; 5; 7				47,5	
ВА55-43	=440						2; 4; 6		0,1; 0,2	–	100	
	~660						2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		47,5	
ВА56-43	=440 ~660				1600		—		–	–	100	
											47,5	
ВА75-45		2500			1575; 2000; 2500		2; 4; 6				50	
							2; 3; 5; 7				40	
ВА75-47		4000			2520; 3200; 4000		2; 4; 6				60	
							2; 3; 5; 7				45	
ВА81-41	=440 ~660	1000			250; 400; 630; 1000	1,25	2; 4; 6	4; 8; 16			100	
							2; 3; 5; 7				45	
ВА83-41							2; 4; 6				100	
							2; 3; 5; 7				45	
ВА85-41							2; 4; 6		0,1; 0,2		100	
							2; 3; 5; 7		0,1; 0,2; 0,3		45	

* - см. таблицу 4.11

** - см. таблицу 4.12

Таблица 4.11

Автоматические выключатели серии АП50

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока срабатывания теплового расцепления	Номинального тока уставки теплового	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А

				при переменном токе частотой 50 Гц	при постоянном токе
Комбинированный					
АП50-3ТМ	1,6	2,16	1-1,6	11	14
АП50-2МТ	2,5	3,38	1,6-2,5	17,5	22
	4	5,4	2,5-4	28	36
	6,4	8,64	4-6,4	45	57
	10	13,5	6,4-10	70	90
	16	21,6	10-16	112	144
	25	33,8	16-25	175	225
	40	54	25-40	280	360
	50	67,5	30-50	350	450
Электромагнитный					
АП50-3М	1,6	–	–	11	14
АП50-2М	2,5			17,5	22
	4			28	36
	6,4			45	57
	10			70	90
	16			112	144
	25			175	225
	40			280	360
	50			350	450
Тепловой					
АП50-3Т	1,6	2,16	1-1,6	–	–
АП50-2Т	2,5	3,38	1,6-2,5	–	–
	4	5,4	2,5-4	–	–
	6,4	8,64	4-6,4		
	10	13,5	6,4-10		
	16	21,6	10-16	–	–
	25	33,8	16-25	–	–
	40	54	25-40		
	50	67,5	30-50		

3. Автоматические выключатели серии АЕ1000 предназначены для защиты осветительных электрических цепей переменного тока; номинальный режим работы – продолжительный (табл.4.12).

Таблица 4.12

Автоматические однополюсные выключатели серии АЕ-1031 переменного тока напряжением 220 В на номинальный ток 25 А

Тип автомата и расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А	Ток срабатывания теплового расцепителя, А	Кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя
Комбинированный			
АЕ-1031-11	6	8,1	
АЕ-1031-21	10	13,5	12-18
АЕ-1031-31	16	21,6	
АЕ-1031-41	25	33,8	
АЕ-1031-51	25	33,8	
Электромагнитный			
АЕ-1031-13	6	–	
АЕ-1031-23	10	–	12-18
АЕ-1031-33	16	–	
АЕ-1031-43	25	–	
АЕ-1031-53	25	–	
Тепловой			
АЕ-1031-12	6	8,1	–
АЕ-1031-22	10	13,5	–
АЕ-1031-32	16	21,6	–
АЕ-1031-42	25	33,8	–
АЕ-1031-52	25	33,8	–

4. Автоматические выключатели серии АЕ20 различаются по значению номинального тока выключателя следующим образом: АЕ2020 – $I_{в.ном}$ = 16 А; АЕ2030 – $I_{в.ном}$ = 25 А; АЕ2040 – $I_{в.ном}$ = 63 А; АЕ2050 – $I_{в.ном}$ = 100 А; АЕ2060 – $I_{в.ном}$ = 160 А. Четвертая цифра в обозначении выключателя означает следующее: 3 – трехполюсные с электромагнитными максимальными расцепителями; 4 – однополюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями; 6 – то же, но трехполюсные.

5. Автоматические выключатели серии АЕ25 имеют по одному замыкающему и по одному размыкающему контакту.

Для этих автоматов имеет место следующее число полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока: 1 – однополюсные с электромагнитными максимальными расцепителями тока; 2 – двухполюсные с электромагнитными расцепителями тока; 4 – однополюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями тока; 5 – двухполюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока.

6. Автоматические выключатели серии ВА13 предназначены для отключения электрических цепей при перегрузках и КЗ. Пятая и шестая цифры в обозначении выключателя означают следующее: 22 – два полюса с

электромагнитными расцепителями; 23 – два полюса с электромагнитными расцепителями с гидравлическим замедлением; 32 – три полюса с электромагнитными расцепителями; 33 – три полюса с электромагнитными расцепителями с гидравлическим замедлением. Время отключения автоматов под действием независимого расцепителя не превышает 0,05с.

7. Автоматические выключатели серии ВА16 выпускаются на следующие номинальные токи: 6,3; 10,0; 16,0; 20,0; 25,0; и 31,5 А. Номинальные уставки по току срабатывания соответственно равны: 95; 140; 225; 280; 350; и 440 А.

8. Автоматические выключатели серии ВА19 предназначены для защиты электрических установок от токов перегрузки и токов КЗ в цепях переменного тока. Имеют один замыкающий и один размыкающий контакты.

9. Автоматические выключатели серии ВА51-25 предназначены для эксплуатации и защиты электрических цепей переменного тока от токов перегрузки и токов КЗ. Автоматические выключатели серий ВА51Г25 служат для пуска, останова и защиты АД от токов перегрузки и токов КЗ. Автоматы имеют один замыкающий и один размыкающий контакты или два замыкающих контакта, а также независимые и минимальные расцепители напряжения.

10. Автоматические выключатели серии ВА51 на токи 100 и 160 А предназначены для эксплуатации в электрических цепях переменного тока, встраиваются в комплексные устройства для защиты электрических цепей от токов перегрузки и КЗ; буква «Г» в серии означает, что эти автоматы служат для защиты, пуска и отключения АД. Автомат имеет максимальные расцепители тока (электромагнитные и тепловые), а также независимые и минимальные расцепители напряжения.

11. Автоматический выключатель серии ВА51 на ток 250 А имеет то же назначение, что и ВА51 на токи 100 и 160 А. Имеет максимальные, независимый, нулевой и минимальный расцепители.

12. Автоматический выключатель серии ВА52-37 имеет калибруемые значения установок по току срабатывания электромагнитного расцепителя тока, которые имеют следующее значения: при переменном токе: 1600; 2000; 2500; 3200; 4000 А; при постоянном токе: 2000 и 2500 А (для исполнения автоматов без тепловых максимальных расцепителей тока).

13. Автоматические выключатели серии А3700 [2, 11] по виду максимальных расцепителей тока подразделяются на:

а) токоограничивающие с электромагнитными и полупроводниковыми расцепителями, с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; селективные с полупроводниковыми расцепителями;

б) нетокоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями, с электромагнитными расцепителями; без максимальных расцепителей тока.

На рисунке 4.7 приведена структура условного обозначения выключателей этой серии, а в таблицах 4.13–4.15 и на рисунке 4.8 с ориентацией на комплектацию распределительных пунктов серии ПР24 даны их основные технические характеристики.

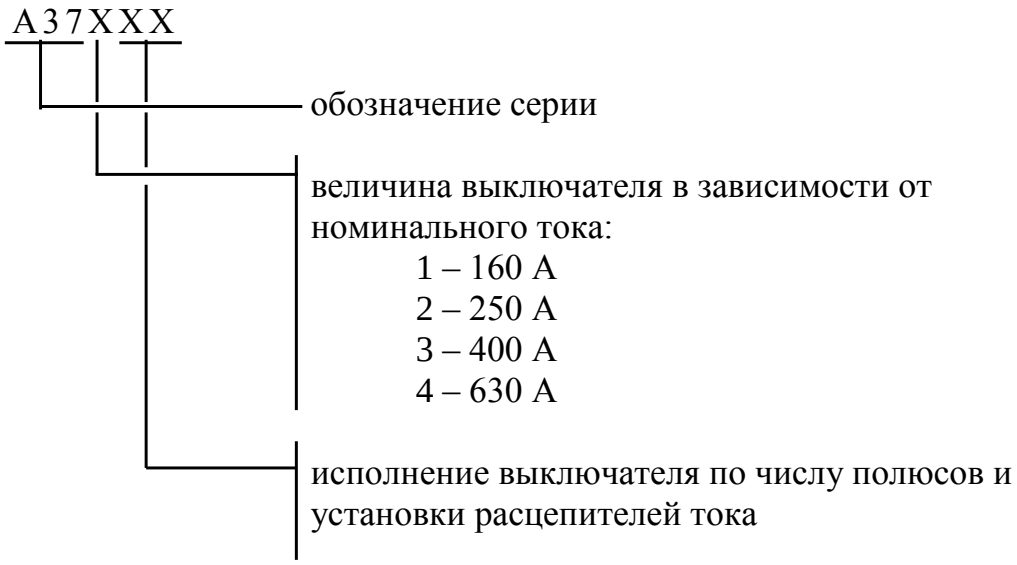


Рис. 4.7. Структура условного обозначения автоматического выключателя серии А3700.

Таблица 4.13

Технические данные выключателей серии А3700 с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями

Тип выключателя	Номинальный ток расцепителя, А	Базовый номинальный ток, А	Калибруемые значения номинального рабочего тока полупроводникового расцепителя $I_{ном.расц.}$,А	Уставка расцепителя по току срабатывания в зоне токов перегрузки, кратная $I_{ном\ расц.}$	Калибруемые значения уставок расцепителя в зоне токов КЗ		Пределы регулирования времени срабатывания, с, при $6I_{ном\ расц.}$ (переменный ток)	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
					по току срабатывания, кратное $I_{ном\ расц.}$	по времени срабатывания, с		
Исполнение селекивное с полупроводниковыми расцепителями								
А3734С	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	0,1; 0,25; 0,4	4; 8; 16	Электромагнитного расцепителя нет
А3744С	400	320	250, 320, 400					
	630	500	400, 500, 630					
Исполнение токоограничивающее с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями								
А3714Б	160	32	20, 25, 32, 40	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	1600
		63	40, 50, 63, 80					
		125	80, 100, 125, 160					
А3724Б	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	2500
А3744Б	250	200	160, 200, 250	1,25	2; 3; 5; 7; 10	Выдержки времени нет	4; 8; 16	2500
	400	320	250, 320, 400					4000
	630	500	400, 500, 630					6300

Примечания. Зоны возможных защитных характеристик полупроводниковых расцепителей приведены в [2].

Таблица 4.14

Технические данные выключателей серии А3700 только с электромагнитным расцепителем максимального тока

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
А3712Б, А3712Ф	160	630, 1000, 1600
А3722Б, А3722Ф	250	1600, 2000, 2500
А3732Ф	400	2500, 3200, 4000
А3742Б	630	4000, 5000, 6300

Таблица 4.15

Технические данные выключателей серии А3700 с электромагнитными и тепловыми расцепителями

Тип выключателя	Номинальный ток электромагнитного расцепителя, А	Номинальные токи тепловых расцепителей, А, $I_{\text{ном тепл. расц.}}$	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
А3716Б	160	16, 20, 25	630
А3716Ф	160	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	630, 1600
А3726Б, А3726Ф	250	160, 200, 250	2500
А3736Б, А3736Ф	400	250, 320, 400	10 $I_{\text{ном тепл. расц.}}$
А3746Б	630	400, 500, 630	10 $I_{\text{ном тепл. расц.}}$

Применчания. 1. Уставка по току срабатывания теплового расцепителя равна 1.15 $I_{\text{ном тепл. расц.}}$

2. Уставки токов тепловых и электромагнитных расцепителей не регулируются.

14. Автоматические выключатели серии «Электрон» по сочетанию видов расцепителей подразделяются на:

а) с максимальным расцепителем тока (полупровдниковым (зоны возможных защитных характеристик приведены на рис. 4.9 [2])), имеющим переключатель для переключения на работу в режиме с выдержкой времени (мгновенно) и минимальным расцепителем напряжения, который осуществляет оперативные отключения;

б) с максимальным расцепителем тока и независимым расцепителем напряжения.

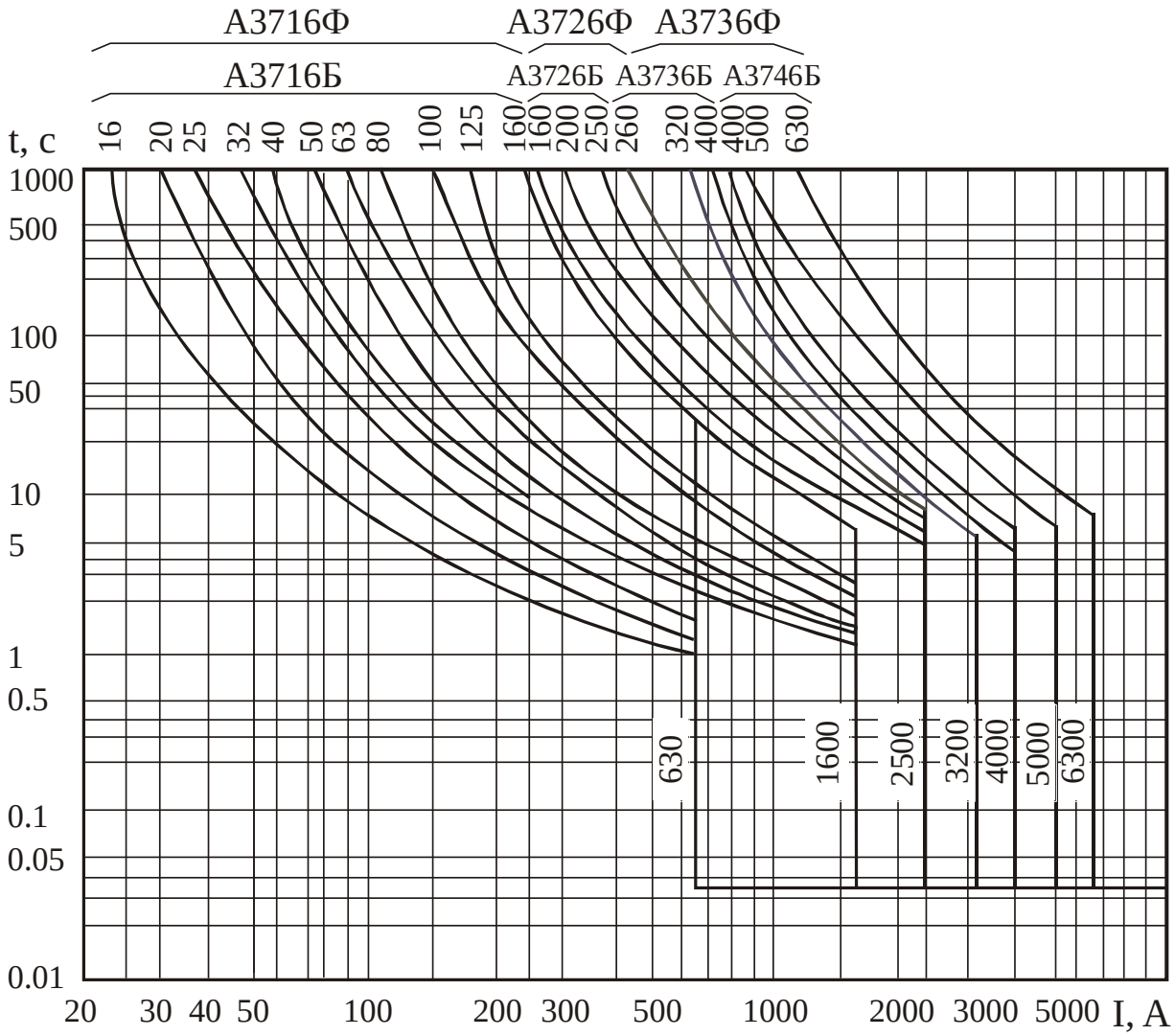


Рис. 4.8. Семейство защитных характеристик автоматических выключателей А3700 с комбинированными (термобиметаллическими и электромагнитными) расцепителями в исполнениях токоограничивающем – А3700Б и нетокоограничивающем – А3700Ф.

1. На кривых указаны номинальные токи расцепителей и уставки тока срабатывания их электромагнитных элементов.

2. Расцепители с номинальными токами 32-160 А включительно для выключателей 1-й величины по заказу поставляют с уставками тока мгновенного срабатывания 630 или 1600 А.

3. Кривые пригодны как для трехполюсных, так и для однополюсных выключателей переменного и постоянного токов при температуре окружающей среды 40 °С и прохождении тока по всем фазам (полюсам) выключателя.

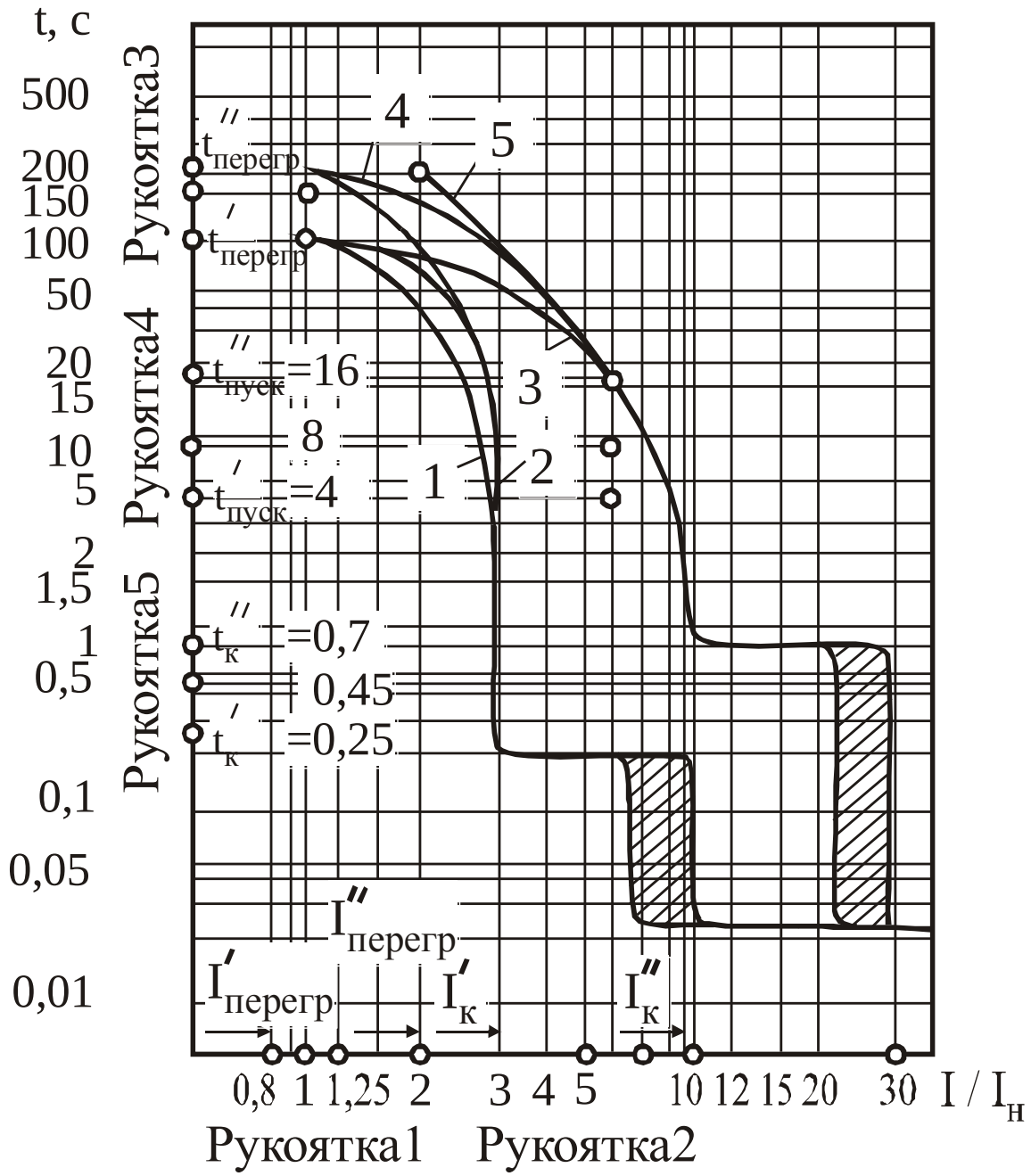


Рис. 4.9. Зоны возможных защитных характеристик полупрводниковых реле максимальной токовой защиты автоматических выключателей «Электрон» [2].

Точками обозначены уставки тока и времени, указанные на шкалах у регулировочных рукояток; фактически регулировку осуществляют плавно между минимальным (индекс – штрих) и максимальным (индекс – два штриха) значениями.

15. Автоматические выключатели серий ВА51-39 и ВА52-39 допускается использовать для прямых пусков и защиты АД.

В зависимости от исполнения имеют разные сочетания расцепителей: тепловых, электромагнитных, независимых, нулевых и минимальных.

16. Автоматические выключатели типов ВА53-41; ВА55-41 и ВА56-41 допускается использовать для нечастых прямых пусков АД. Выключатели этих типов различаются по максимальной токовой защите (МТЗ):

а) ВА53 – токоограничивающие с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

б) ВА55 – с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока с выдержкой времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

в) ВА56 – без максимальных расцепителей тока, разработаны на базе выключателей серии ВА55.

Выключатели с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока в условиях эксплуатации допускают ступенчатую регулировку следующих параметров: номинального тока расцепителя $I_{\text{р.ном}}$, номинального напряжения (только для постоянного тока); уставки по току срабатывания в зоне токов КЗ, уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки при $6\ I_{\text{р.ном}}$ для переменного тока и $5\ I_{\text{р.ном}}$ для постоянного тока, уставки по времени срабатывания в зоне токов КЗ для выключателей типа ВА55-41.

Выключатели с выдержкой времени в зоне токов КЗ типов ВА55-41 дополнительно имеют:

1 – верхнюю границу зоны селективности, кА: при переменном токе: 20,0; при постоянном токе: 30,0;

2 – кратность уставки по времени срабатывания в зоне токов КЗ до верхней границы зоны селективности, с:

при переменном токе: 0,1; 0,2; 0,3;

при постоянном токе: 0,1; 0,2.

Полное время отключения электрической цепи в зоне токов КЗ выключателями типов ВА53, ВА55 (после истечения установленного времени срабатывания) и ВА56 (при токе КЗ не менее 25 кА для выключателей переменного тока, и не менее 40 кА для выключателей постоянного тока) не более 0,04с.

17. Автоматические выключатели типов ВА53-43, ВА55-43, ВА56-43 различают по МТЗ:

а) ВА53 – токоограничивающие с полупроводниковыми и электромагнитными максимальными расцепителями тока без выдержки времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

б) ВА55-43 – с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока с выдержкой времени для защиты в зоне токов перегрузки и КЗ и для защиты от однофазных замыканий;

в) ВА56 – автоматические, без максимальных расцепителей тока, разработаны на базе выключателей серии ВА55.

18. Автоматические выключатели серии ВА75 имеют следующие расцепители: независимый, нулевой напряжения, минимальный напряжения с выдержкой времени.

19. Автоматические выключатели серий ВА81, ВА85, ВА87 предназначены для эксплуатации в электроустановках, а также допускается использовать их для прямых пусков АД с короткозамкнутым ротором и отключения вращающихся двигателей. Цифры в обозначении выключателей означают следующее:

81 – токоограничивающие выключатели с электромагнитными расцепителями;

83 – токоограничивающие выключатели с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями;

85 – селективные выключатели с полупроводниковым расцепителям.

ВА87 – выключатели без максимальных расцепителей тока. Выключатели ВА87-41, не имеющие максимальных расцепителей тока, изготавливаются на базе селективных выключателей и сохраняют включенное положение до значений токов КЗ, соответствующих верхней границе зоны селективности для селективных выключателей, а свыше этих токов отключают электрическую цепь.

Полное время отключения цепи выключателем при номинальном токе с момента подачи рабочего напряжения на выводы катушки независимого расцепителя не более 0,065 с.

4.3.3. Контакторы и магнитные пускатели

Контактор – это аппарат дистанционного действия, предназначенный для частых коммутаций электрических цепей при номинальных режимах работы. Контакторы не защищают электрические цепи от ненормальных режимов. Контактор состоит из электромагнитной системы, обеспечивающей дистанционное управление; главных контактов силовой цепи; дугогасительного устройства; блок-контактов, включаемых в цепь автоматики и сигнализации. Контакторы применяются в силовых цепях переменного и постоянного тока. При числе полюсов два или три они допускают 600-1200 включений в час.

Основные технические данные контакторов приведены в таблицах 4.15 и 4.16.

Таблица 4.15

Технические данные контакторов на номинальное напряжение 1140 В

Параметры	Тип

	КТМ15Р	КТ12	КТ12Р37М	КТМ15
Номинальный ток, А	250	250, 400	250, 400	250
Частота, Гц	50	50	50	50
Ток включения, А	5600	5600, 6500	5600, 6500	5600
Ток отключения, А	3000	3000	3000	3000
Напряжение управления, В	36	220	36	220
Коммутационная износостойкость, тысяч циклов «ВО»:				
в категории АС-3	1600	2000	1600	1600
в категории АС-4	300	630	300	300
Механическая износостойкость, тысяч циклов «ВО»	5000	5000	5000	5000

Дополнительные сведения о контакторах.

1. Электромагнитные контакторы серии КТ6000/20 применяют в приводах, где не допускается отключение контактора при исчезновении или снижении напряжения в цепи втягивающей катушки. Контакторы допускают работу при напряжении на зажимах втягивающих катушек от 0,85 до 1,1 $U_{ном}$ для контакторов КТ6000/00 и от 0,7 до 1,1 $U_{ном}$ для контакторов КТ6000/20.

2. Для электромагнитных контакторов серии КТ6600 стойкость к протеканию сквозных токов составляет:

3200 А при $I_{ном}$=63 А;

3600 А при $I_{ном}$=100 А;

4000 А при $I_{ном}$=160 А,

где $I_{ном}$ – номинальный ток контактора.

Стойкость к протеканию пиковых значений сквозных токов (амплитудное значение) равна:

4000 А при $I_{ном}$=63 А;

4500 А при $I_{ном}$=100 А;

5000 А при $I_{ном}$=160 А.

Таблица 4.16

Основные технические данные контакторов

Тип	$U_{ном}$, В	Количество контактов		$I_{ном}$, А	Коммутационная способность, А			
		замыкающих	размыкающих		включаемый ток		отключаемый ток	
					~380 В	220 В	~380 В	220 В
КТ6000/01 – КТ6000/04	=220 ~380	3; 6; 9; 12	3; 6; 9; 12	16	100	25	16	1
КТ6000/21 – КТ6000/24	=220 ~380	1; 4; 7; 10	1; 4; 7; 10					
КТ6600	~660	–	–	63; 100; 160	–	–	–	–
КТ6600/2	~380	2; 3	–	40; 100; 160	160; 250; 630; 1000	–	–	–
КТ6600/3	=220	1; 2	1		–	160; 250; 630	–	40; 100; 160
КМ18-36-5110	~380	1 (главные) 2 (вспомогательные)	– 2 (вспомогательные)	315	500	–	500	–
КМ24-21	=500	1; 2	–	10	–	20	–	20
КМ24-33		1		160		320		320
КМ24-35				250		500		500
КМ20-37	~380 ~660	–	–	400 250	3200	–	2400	–
КНЕ-230	–	3	–	63	–	–	–	–
КНЕ-220		2		100				
КНЕ-320				250				

3. Электромагнитные контакторы серий КТ6000/2 и КТ6000/3 предназначены для работы при отсутствии напряжения в цепи питания катушки, серий КТ6000/3 – для гашения поля синхронных машин и для цепей, где недопустимо отключение контактора при отсутствии напряжения в цепи питания катушки.

4. Электромагнитные контакторы типа КМ18-36-5101 имеют главные и вспомогательные контакты; номинальное напряжение главных контактов – 110 В; ток включения – отключения в режиме редких коммутаций (не менее 10 раз) – 560 А; номинальный ток прохождения в течение 1 с – 900 А; номинальное напряжение включающей катушки – 36 В; потребляемая мощность включающей катушки не более 15 Вт.

5. Для электромагнитных контакторов типа КМ20-37 в таблице 4.16 указана наибольшая коммутационная способность ($\cos\varphi = 0{,}35$) при напряжении – 380 В; при напряжении – 660 В наибольшая коммутационная способность составляет: включаемый ток 2000 А; отключаемый ток 1500 А. Стойкость при протекании сквозного тока в течение 1 с равна 5600 А, пикового сквозного тока (в течение полуволны) – 7000 А.

6. Электромагнитные контакторы серии КМ24 имеют следующие дополнительные технические характеристики:

- номинальное напряжение включающих катушек 24 В;
- номинальное напряжение вспомогательных контактов 24В;
- номинальный ток вспомогательных контактов 10 А;
- максимальная мощность, потребляемая контактором, составляет: для КМ24-21 – 10 Вт, для КМ24-23 – 35 Вт; для КМ24-35 – 50 Вт.

Для вспомогательных контактов номинальные напряжения и ток составляют соответственно 110-660 В и 10 А.

Магнитный пускатель – это трехполюсной контактор переменного тока, в котором дополнительно встроены два тепловых реле защиты, включенных последовательно в две фазы главной цепи. Магнитные пускатели предназначены для управления (пуска, останова, реверса) трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до 75 кВт, а также для защиты их от перегрузок недопустимой продолжительности. Кроме этого, магнитные пускатели могут использоваться для включения и отключения электроустановок, требующих дистанционного управления. Защита от перегрузок осуществляется тепловыми реле. Для защиты от токов коротких замыканий необходимо устанавливать последовательно с тепловыми реле плавкие предохранители или автоматы с электромагнитными расцепителями.

Магнитный пускатель отключает двигатель от сети при исчезновении напряжения или его понижении до 50-70% от номинального значения.

Основные технические данные магнитных пускателей приведены в таблицах 4.17 и 4.18. Возможные замены пускателей даны в таблице 4.18.

Дополнительные сведения о магнитных пускателях.

1. Электромагнитные пускатели типа ПМЕ-000М предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети и отключением трехфазных АД с короткозамкнутым ротором. При наличии электротепловых токовых реле (табл.4.19 и 4.20) пускатели осуществляют также защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе, возникающих при выпадении одной из фаз. Пускатели (реверсивные и нереверсивные) выпускаются с тепловыми или без тепловых реле.

Номинальные рабочие токи пускателей с реле равны номинальным токам тепловых элементов реле РТТ-141 (0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3 А).

При напряжении 500 В переменного тока номинальный рабочий ток пускателя 2 и 3 А.

2. Электромагнитные пускатели типа ПМА-0000 имеют то же назначение, что и ПМЕ-000М. Могут выпускаться с тепловыми или без тепловых реле. Мощность втягивающих катушек при включении составляет 40 В·А, при удержании – 7 В·А.

Пускатели имеют встроенные трехполюсные тепловые реле РТТ-89.

3. Электромагнитные пускатели типа ПМА поставляются с тепловыми реле или аппаратами позисторной (тепловой) защиты, могут иметь электрическую и механическую блокировки.

С помощью аппаратов поизсторной защиты типа АЗП и УВТЗ-1М осуществляется защита АД от недопустимого повышения температуры обмоток статора.

Пускатели имеют также тепловые реле типа РТТ-2П или РТТ-3П.

4. Электромагнитные пускатели серии ПМЛ имеют то же назначение, что ПМА. Мощность, потребляемая втягивающими катушками пускателей при удержании, не превышает 60 В·А. Время замыкания при номинальном напряжении не более 63 мс, а размыкания – 15 мс. Пускатели имеют тепловые реле серии РТЛ.

Таблица 4.17

Основные технические данные пускателей

Тип	Назначение	Исполнение, количество главных контактов	Количество вспомогательных контактов	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А
ПМЕ-000М	Нереверсивный	3з	1з 1з+2р 1з+4р	~380	4; 6,3; 10
	Реверсивный	6з	2з+4р(8р) 2з+8р		
ПМА-0000	Нереверсивный; реверсивный	С кнопками или без кнопок управления	1з; 3з+2р; 1з+4р; 5з; 2р+4з	~380	2,5
				~660	1,2
ПМА			2з+2р; 4з+2р; 2з	~380	40; 63; 80; 100; 160
				~660	25; 40; 50; 63; 100
ПМЛ			1з; 1з+1р; 2з+2р; 3з+3р; 3з+1р; 5з+1р	~380	6; 16; 25; 40; 50; 60; 120
				~660	
ПМ12	–	–	–	~380	80; 100; 160
				~660	
ПМ14-10	–	–	–	~220	47
ПМ14-16					66
ПБН	Бесконтактный, нереверсивный	–	–	~220 ~380	4; 10; 25; 63
ПБР	Бесконтактный, нереверсивный	–	–	~440	100; 160
ПТ	Тиристорный	–	–	~380	6,3; 10; 25; 40; 63; 160; 400

Таблица 4.18

Пускатели электромагнитные серии ПМ12, ПМЕ и ПМА

Серия	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$, В	Наличие тепловых реле, их токи, А	Примечания
ПМ12-010	10	≤660	0,25÷10	Заменяют ПМЛ-1000, ПМЕ-100, ПМА-0000, ПМЕ-000, П-6
ПМ12-025	25	≤660	5÷25	Заменяют ПМЛ-2000, ПМЕ-200
ПМ12-040	40	≤660	10÷40	Заменяют ПМЛ-3000, ПМА-3000
ПМ12-063	63	≤660	32÷63	Заменяют ПМЛ-4000, ПМА-4
ПМЕ-200	10	≤660	5÷25	Исполнения: ПМЕ-211, ПМЕ-221 – все без тепловых реле; ПМЕ-212, ПМЕ-214, ПМЕ-222 – все с тепловыми реле
ПМА-3000	40	≤380	10÷40	Исполнения: ПМА-3100, ПМА-3110, ПМА-3300 – все без тепловых реле; ПМА-3200, ПМА-3400, ПМА-3210 – все с тепловыми реле

Таблица 4.19

Тепловые реле токовые серии РТТ

Серия	$I_{ном}$, А	$U_{ном}$, В	Примечания
РТТ5-10	0,25÷10	≤660	Для комплектации пускателей и индивидуальной установки.
РТТ-1	≤25	≤660	Исполнения: РТТ-11, РТТ-111 –для индивидуальной установки; РТТ-13, РТТ-131 – для комплектации пускателей серии ПМ12-025
РТТ-1	≤40	≤660	Исполнения: РТТ-12, РТТ-121 – для комплектации пускателей серии ПМ12-040; Исполнения: РТТ-14, РТТ-141 – для комплектации пускателей серии ПМА-3000
РТТ-2	12,5÷63	≤660	Исполнения: РТТ-21, РТТ-211

Таблица 4.20

Тепловые реле с нагревательными элементами, встраиваемые в пускатели серии ПМЕ и ПА

Величина пускателя	Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток теплового реле, А, при +25°С (положение регулятора уставки «0»)	Максимальный ток продолжительного режима реле, А, в пускателе	
				открытого исполнения	защищенного исполнения (в оболочке)
I	ТРН-8 или ТРН-10	10	0,5 0,63 0,8 1 1,25 1,6 2 2,5 3,2 4 5 6,8 8 10	0,625 0,79 1 1,25 1,56 2 2,5 3,125 4 5 6,25 7,876 10 10	0,55 0,69 0,88 1,1 1,375 1,76 2,2 2,75 3,52 4,4 5,5 6,93 8,8 10
II	ТРН-20 или ТРН-25	25	5 6,8 8 10 12,5 16 20 25	6,25 7,876 10 12,5 15,6 20 25 25	5,5 6,93 8,8 11 13,75 17,6 20 23
III	ТРН-32 или ТРН-40	40	16 20 25 32 40	20 25 31,2 40 40	17,6 22 27,5 35,2 36
IV	ТРП-60	60	25 30 40 50 60	31,2 37,5 50 62,5 63	– – – – 60
V	ТРП-150	150	50 60 80 100	62,5 75 100 110	– – – 106
VI	ТРП-150	150	100 120 150	– – 146	– – 140

Примечание. Предел регулирования номинального тока уставки составляет (0,75-1,3) $I_{ном}$.

5. Электромагнитные пускатели серии ПМ12 имеют следующие, указанные в таблице 4.21, значения номинальных рабочих токов контактов главной цепи и вида исполнения (открытые или защищенные).

Таблица 4.21

Номинальные рабочие токи контактов главной цепи пускателя ПМ12

$I_{ном}$, А	$I_{ном}$ контактов главной цепи пускателя, А, при напряжениях и частотах 50, 60 Гц		
	до ~380 В	~ 415, 440,500 В	~ 550 В
	открытые/закрытые	открытые/закрытые	открытые/закрытые
80	80/72	80/72	50/50
100	100/95	100/95	63/63
160	160/150	160/150	100/100

Номинальное напряжение переменного тока включающих катушек составляет: 24; 36; 40; 42; 48; 110; 127; 220; 240; 380; 400; 415; 440; 500; 660 В частоты 50 Гц.

6. Электромагнитные однофазные пускатели серии ПМ14 имеют следующие дополнительные технические данные:

- время включения пускателя не более 0,04с;
- допустимый сквозной ток в течение 0,1с не более 200 А;
- время срабатывания электротепловой защиты пускателя:
  при токе $1{,}2I_{п.ном}$ 30 мин;
  при токе $1{,}5I_{п.ном}$ 2 мин;
  при токе $5I_{п.ном}$ 10 с;
- время возврата электротепловой защиты не более 4 мин;
- срок службы 8 лет.

Здесь $I_{п.ном}$ – номинальный ток пускателя.

7. Полупроводниковые (бесконтактные) пускатели типов ПБР и ПБН инеют 1, 2 или 3 канала коммутации. Время включения для пускателей с прямым пуском составляет не более 10мс, а время отключения – 15мс.

Время срабатывания токовой защиты:

- при $I/I_{п.ном} = 7$ не более 5 с;
- при $I/I_{п.ном} = 1{,}3$ не более 300 с.

Время срабатывания защиты от КЗ составляет не более 10мс.

8. Тиристорные пускатели типа ПТ имеют естественное воздушное охлаждение. Напряжение входных сигналов:

логического «0» 0,05 В;

логической «1» 12 В.

4.4. Трансформаторы тока низковольтные

Предназначены для работы в цепях переменного тока наряжением до 660 В.

Типовое обозначение трансформаторов составлено из букв и цифр, которые обозначают:

Т – трансформатор тока;
К – катушечный;
Ш – шинный;
Л – с литой изоляцией;
М – модернизированный или малогабаритный;
Н – низковольтный;
У – усиленный;
О – одновитковый или опорный;
П – проходной или для установки на плоских шинах;
З – имеет сердечник в специальном исполнении для защиты от замыкания на землю;
Д – имеет сердечник в специальном исполнении для дифференциальной защиты;
Р – разъемный сердечник.

Цифры через тире после буквенного обозначения соответствует номинальной вторичной нагрузке трансформатора в Ом, увеличенной в 100 раз. У трансформаторов типа ТКЛ-0.5Т и ТШЛ-0.5Т цифра 0.5 обозначает класс точности, а буква Т – тропическое исполнение.

Основные технические данные трансформаторов тока приведены в таблице 4.22, а в таблице 4.23 – сведения о заменах трансформаторов.

Таблица 4.22

Технические данные трансформаторов тока

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный первичный ток, А	Односекундная термическая стойкость (кратность)	Электродинамическая стойкость (кратность)	Вторичная нагрузка, при которой обеспечивается класс точности					
					0,5		1		3	
					Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
ТКЛ(М)-0,5Т*	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300	–	–	–	5	–	–	–	–

продолжение табл. 4.22

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
ТК-10*	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	–	–	0,1	2,5	–	–	–	–

ТК-20	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	–	–	0,2	5	0,2	5	–	–
ТК-40	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500	–	–	0,4	10	0,4	10	–	–
ТК-120	660	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 400; 800; 1000; 1500	–	–	—	—	1,2	30	–	–
ТШ-20	660	300; 400; 600; 800; 1000	–	–	0,2	5	0,2	5	–	–
ТШ-40	660	600; 800; 1000	–	–	0,4	10	–	–	–	–
ТШ-120	660	800; 1000; 1500	–	–	–	–	1,2	30	–	–
ТШ-0,5	500	14000	6(4с)	–	–	–	–	–	–	–
ТШЛ-0,5Т*	660	400; 600; 800 1000; 1500	–	–	–	5 10	–	5	–	5
ТШН-0,66	660	100-300 400-600 800-1000	40 30 37	500 187 125	– – –	5 5-10 10	–	5	–	5
ТНШ-0,5*	500	15000; 25000	2,2(4с)	–	–	–	–	–	2	50
ТНШ-0,66	660	300; 400 600; 800; 1000; 1500	–	–	–	5 10	–	– –	– –	– –
ТНШ-0,66	660	15000; 25000	–	–	–	–	–	–	2	50
ТШЛ-0,66	660	2000; 3000. 4000; 5000	– –	– –	– –	– 15	–	– –	– –	– –
ТШМС-0,66	660	2000; 3000; 4000 5000; 6000; 8000	– –	– –	– –	– 40	–	– –	– –	– –

окончание табл. 4.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТНШЛ-0,66	660	800; 1000; 1500; 2000	25(4с)	–	0,8	20	2,0	50	4,0	100
		3000; 4000; 5000 8000; 10000	75(4с) –	– –	0,8 –	20 –	2,0 –	50 –	4,0 0,8	100 20
ТОП-0,66	660	от 1 до 250	–	–	–	–	–	–	–	–

ТШП-0,66	660	от 300 до 1500	–	–	–	–	–	–	–	–
ТЗЛМ	660	8,5**	–	–	–	–	–	–	–	–
ТЗРЛ	660	25**	–	–	–	–	–	–	–	–
ТЗЛ-1	660	7**	–	–	–	–	–	–	–	–
ТЗЛЭ-125	660	2,8**	–	–	–	–	–	–	–	–
ТЗЗ-4	660	3**	–	–	–	–	–	–	–	–

* – снят с производства; ** – ток чувствительности.

Таблица 4.23

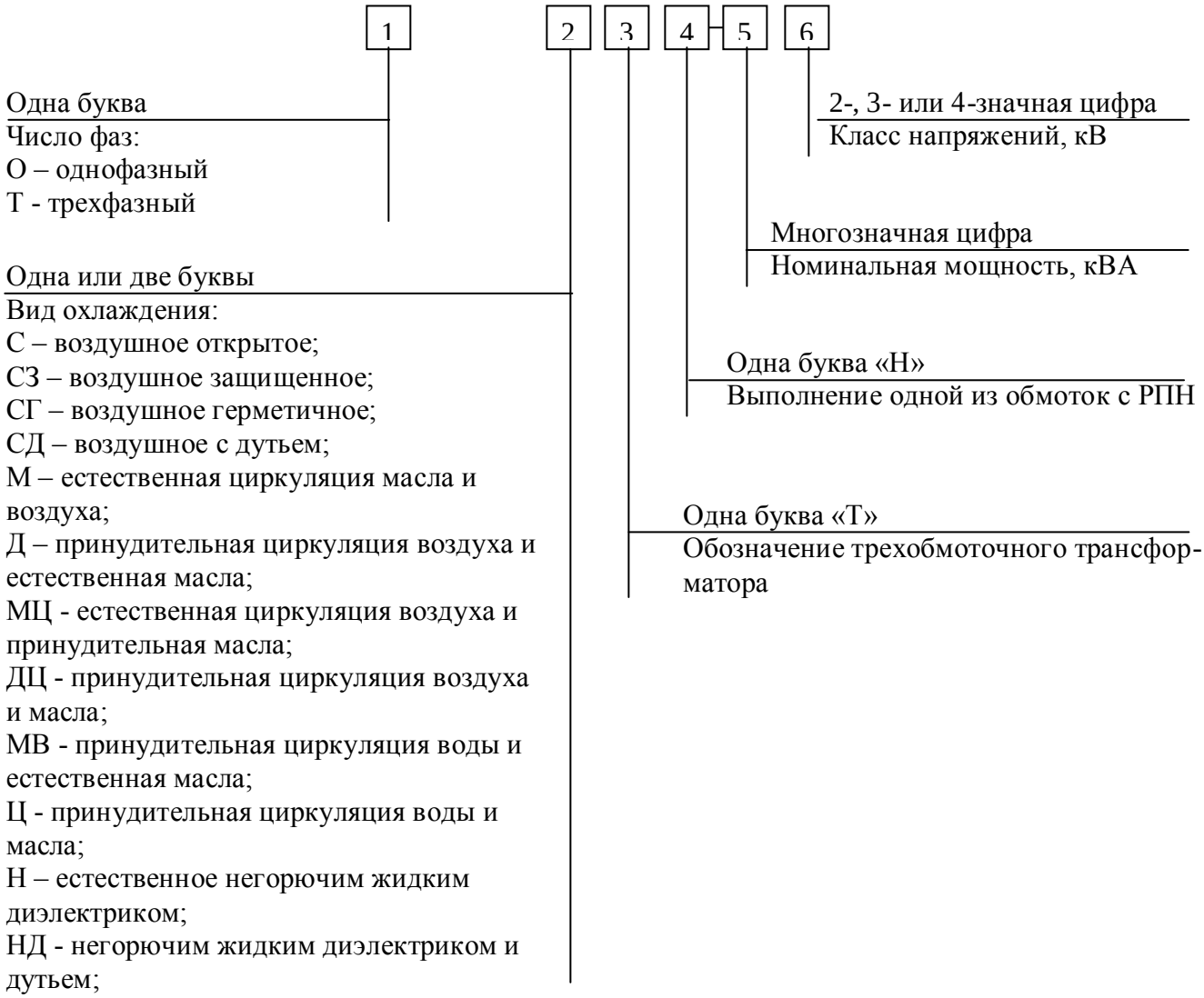
Замена трансформаторов тока

Типы заменяемых трансформаторов	Замена
ТК-20; ТК-40; ТШ-0,66; ТК-120; Т-0,66; ТШН-0,66 до 1500 А; ТКЛМ-0,5Т3; ТР-0,66УТ2; ТЛ-0,66УТ3; ТКЛП-0,66ХЛ2; ТМ-0,66У3; ТШЛ-0,66СУ2 до 1500 А	ТОП-0,66; ТШП-0,66
ТШН-0,66 2000/5 – 5000/5; ТШЛ-0,66СУ2 на 2000 А и 3000 А	ТШЛ-0,66 2000/5 – 5000/5
ТДЗЛ	ТЗЛ-1; ТЗЛМ-1; ТЗРЛ, ТЗЛЭ-125

5. ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

5.1. Силовые трансформаторы

Силовые трансформаторы предназначены для преобразования электрической энергии переменного тока одного напряжения в другое. Структура условного обозначения трансформаторов приведена на рис.5.1.



Примечания:

1. Для обозначения автотрансформаторов добавляется буква «А»
2. Для обозначения защиты масла азотной подушкой без расширителя после вида охлаждения ставится буква «З», например, «ТМЗ».
3. Для обозначения расщепленной обмотки НН после числа фаз ставится буква «Р», например, «ТРДН».
4. Для обозначения трансформатора собственных нужд электростанций последняя буква ставится «С», например, «ТРДНС».

Рис. 5.1. Структура условного обозначения силовых трансформаторов

В таблицах 5.1 -5.3 приведены технические данные двухобмоточных

сухих и масляных трансформаторов, в таблице 5.4 – трехобмоточных масляных трансформаторов.

Таблица 5.1

Технические данные трехфазных сухих трансформаторов, $U_{ном}$ < 1000 В

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$ обмоток, В		Потери, Вт		$U_{кз}$, %	$I_{хх}$, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТС10/ 0,66 ТСЗ-10/ 0,66	10	380; 660 380	230; 400 36; 42	75(90)	280	4,5	7,0
ТС-16/ 0,66 ТСЗ-16/ 0,66	16	380; 660 220 380	230; 400 230 36; 42	100 (125)	400		5,8
ТС-25/ 0,66 ТСЗ-25/ 0.66	25	380; 660 220 380	230; 400 230 36; 42	140 (180)	560		4,8
ТС-40/ 0,66 ТСЗ-40/ 0,66	40	380; 660 220 380	230; 400 230 36; 42	200 (250)	800		4,0
ТС-63/ 0,66 ТСЗ-63/ 0,66	63	380; 660 220	230; 400 230	280 (350)	1050		3,3
ТС-100/ 0,66 ТСЗ-100/ 0.66	100	380; 660	230; 400	390 (490)	1450		2,7
ТС-160/ 0,66 ТСЗ-160/ 0,66	160			560 (700)	2000		2,3

Примечание. Схема и группа соединений обмоток $Y/Y_н$ – 0.

Таблица 5.2

Технические данные трехфазных сухих трансформаторов, $U_{номВН}$ >1000 В

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Потери, кВт		$U_{кз}$, %	$I_{хх}$, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТСЗ-160/10	160	6; 6,3; 10; 10,5	0,23; 0,4; 0,69	0,7	2,7	5,5	4
ТСЗ-250/10	250	6; 10		1	3,8		3,5
ТСЗ-400/10	400	6; 6,3; 10; 10,5		1,3	5,4		3
ТСЗА-400/10		6; 10					1,8
ТСЗА-400/10		6,3; 10,5	0,4	1,12			
ТСЗА-630/10	630	6; 6,3; 10; 10,5	0,4; 0,69	2,0	7,3		1,5
ТСЗА-630/10		6,3; 10,5	0,4	1,72			
ТСЗА-630/10		6; 10	0,4; 0,69	2			
ТСЗС-630/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		8,5	8	2
ТСЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4; 0,69	3	11,2	5,5	1,5
ТСЗС-1000/10		6; 6,3; 10; 10,5	0,4		12	8	2
ТСЗА-1000/10		6; 6,3; 10		2,5			1,1
ТСЗА-1000/10				2,15			
ТСЗУ-1000/10		6; 10	0,4; 0,69	2,45	10,4	5,5	1
ТСЗ-1600/10	1600			4,2	16		1,5
ТСЗУ-1600/10		6; 10; 10,5		3,4	17		0,7
ТСЗЛ-630/10	630	6; 6,3; 10; 10,5		1,65	7,1		1,4
ТСЗЛ-1000/10	1000	6; 10		2	10,2		1,0
ТСЗЛ-1600/10	1600			2	15		0,7
ТСЗЛ-2500/10	2500			4	20,5	6	0,65

Примечание. Схема и группа соединений обмоток $\Delta/Y_н$ – 11 для всех исполнений и $Y/Y_н$ – 0 до 1000 кВА включительно.

Таблица 5.3

Технические данные трехфазных масляных трансформаторов

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери, Вт	
		ВН	НН		ХХ	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
Напряжение до 35 кВ						
ТМ-25/10	25	6; 10	0,4	$Y/Y_н$-0 $Y/Y_н$-11	130	600
ТМ-40/10	40				175	880
ТМ-63/10	63				240	1280
ТМ-100/10	100				330	1
ТМ-100/35		35			420	2
ТМ-160/10	160	6; 10	0,4; 0,69	$Y/Y_н$-0 $Δ/Y_н$-11 $Y/Y_н$-11	510	2
ТМФ-160/10						3
ТМ-160/35		35			620	3
ТМ-250/10	250	6; 10			740	3
ТМФ-250/10						4
ТМ-250/35		35			900	4
ТМ-400/10	400	6; 10		$Δ/Y_н$-0 $Δ/Y_н$-11 $Δ/Y_н$-11	950	5
ТМФ-400/10						
ТМН-400/10						
ТМ-400/35		35		$Y/Y_н$-0 $Δ/Y_н$-11	1200	5
ТМН-400/35						5
ТМ-630/10	630	6; 10	0,4	$Y/Y_н$-0	1310	7
ТМФ-630/10			0,4	$Δ/Y_н$-11		8
ТМН-630/10			0,69	$Δ/Y_н$-11		
ТМ-630/35		35	0,4	$Y/Y_н$-11	1600	7
ТМФ-630/35			0,69	$Δ/Y_н$-11		8
ТМН-630/35			6,3; 11	Y/Δ-11, Y/Δ-11		7

продолжение таблицы 5.3

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
ТМ-1000/10*	1000	6; 10	0,4	$Y/Y_н$-0	-	
			0,69	$Δ/Y_н$-11; $Δ/Y_н$-11		
			3,15; 6,3	Y/Δ-11		
		10	10,5			
ТМ-1000/35		13,8 15,75	0,4; 0,69	$Y/Y_н$-0; $Δ/Y_н$-11	2000	12
		20	6,3; 10,5	Y/Δ-11		
		35	3,15; 6,3; 10,5	Y/Δ-11		
ТМН-1000/35		20	0,4	$Y/Y_н$-0; $Δ/Y_н$-11	2100	11
			0,69	$Δ/Y_н$-11		
			6,3; 11	Y/Δ-11		
		35	0,4; 0,69	$Y/Y_н$-0		12
			6,3; 11	Y/Δ-11		11
ТМ-1600/10*	1600	6	0,4	$Y/Y_н$-0; $Δ/Y_н$-11	-	
			0,69	$Δ/Y_н$-11		
		10	3,15; 6,3	Y/Δ-11		
ТМ-1600/35		20	0,4	$Y/Y_н$-0; $Δ/Y_н$-11	2750	18
			0,69	$Δ/Y_н$-11		

			6,3; 10,5	Y/Δ-11		
		35	0,4; 0,69	$Y/Y_н$-0		
			3,15; 6,3; 10,5	Y/Δ-11		1
ТМН-1600/35		13,8	0,4	$Y/Δ_н$-11	2900	
		15,75	11	Y/Δ-11		
		20	0,4	$Y/Y_н$-0; $Δ/Y_н$-11		
			0,69	$Δ/Y_н$-11		
			6,3; 11			
		35	0,4; 0,69	$Y/Y_н$-0		1
			6,3; 11	Y/Δ-11		1

продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	
ТМ-2500/10*	2500	6	0,4; 0,69	$Δ/Y_н$-11	3850	
		10	3,15	Y/Δ-11		2
		10	6,3; 10,5			
ТМ-2500/35	2500	20	0,69	$Δ/Y_н$-11	3900	
		35	3,15	Y/Δ-11		
		20; 35	6,3; 10,5			
ТМН-2500/35		13,8; 15,75	6,3; 11	Y/Δ-11	4100	2
		20	0,69	$Δ/Y_н$-11		
		35		$Y/Y_н$-0		
		20; 35	6,3	Y/Δ-11		
			11			
ТМ-4000/10	4000	6; 10	3,15		5200	
		10	6,3			
ТМ-4000/35		35	3,15		5300	3
		20; 35	6,3; 10,5			
ТМН-4000/35		13,8; 15,75; 20; 35	6,3; 11		5600	
ТМ-6300/10	6300	10	3,15; 6,3; 10,5		7400	
ТМ-6300/35		35	3,15		7600	4
		20; 35	6,3; 10,5			
ТМН-6300/35		35	6,3; 11		8000	
ТД-10000/35*	10000	38,5	6,3; 10,5		-	
ТД-16000/35*	16000	-	-	-	-	
ТДЦ-80000/35	8000	15,75	6,3; 10,5	Δ/Δ-0	58000	2
Модернизированные с масляным диэлектриком						
ТМ-400/10	400	6; 10	0,4; 0,69	-	900	5
ТМ-630/10	630				1250	7
ТМ-1000/10	1000				1900	1
ТМВМЗ-630/10	630				1200	8
ТМВМЗ-1000/10	1000				1650	1

продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	
Для комплектных трансформаторных подстанций						
ТМЗ-250/10	250	6; 10	0,4; 0,69	-	740	3
ТМЗ-400/10	400				950	5
ТМЗ-630/10	630				1310	7
ТНЗ-630/10						
ТМЗ-1000/10	1000				1900	1
ТНЗ-1000/10						
ТМЗ-1600/10	1600				2650	1

ТНЗ-1600/10						
ТМЗ-2500/10	2500				3750	24
ТНЗ-2500/10						
Напряжение до 220 кВ (номинальная мощность в МВА, потери в						
ТМН-2500/110	2,5	110	6,6; 11		5,5	
ТМН-6300/110	6,3	115	6,6; 11; 16,5		10	
ТДН-10000/110	10		6,6; 11; 16,5		14	
ТДН-16000/110	16		22; 34,5		18	
ТДН-25000/110	25		38,5		25	
ТДН-40000/110	40				34	
ТРДН-25000/110	25		6,3-6,3; 10,5-10,5		25	
ТРДН-40000/110	40		6,3-10,5	-	34	
ТРДН-63000/110	63				50,5	
ТРДН-80000/110	80				58	
ТРДН-63000/110	63	242	38,5		50	
ТДН-80000/110	80		10,5-10,5		58	
ТРДЦН-125000/110	125		6,3		105	
ТД-80000/220	80		10,5; 13,8		79	
ТДЦ-125000/220	125		10,5; 13,8		120	

окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	
ТРДН-32000/220	32	230	6,3-6,3	-	45	
ТРДНС-40000/220	40		6,6-6,6 11-11 11-6,6		50	
ТРДН-63000/220	63		6,3-6,3 6,6-6,6		70	
ТРДЦН-63000/220			11,0-11,0 11,0-6,6			
ТРДЦН-100000/220	100		11,0-11,0		102	
ТРДЦН-160000/220	160				155	
ТРДЦН-200000/220*	200				-	

Примечания:

1. У трансформаторов, отмеченных звездочкой (*), потери определяются при приемочных испытаниях.
2. Трансформатор ТМВМЗ имеет витой магнитопровод.
3. Для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН указано напряжение КЗ для обмоток ВН-НН; для обмоток ВН-НН1 (НН2) $U_{кз}$ =20 % (110 кВ), $U_{кз}$ = 21 % (220 кВ) (у трансформаторов ТРДЦН-100000/220 и 160000/220 для обмоток ВН-НН1 (НН2) $U_{кз}$ =23 %); для обмоток НН1-НН2 $U_{кз}$ > 30% (110 кВ), $U_{кз}$ > 28 % (220 кВ).
4. Потери КЗ для трансформаторов с расщепленной обмоткой приведены для обмоток ВН-НН.
5. Схема и группа соединений обмоток трансформаторов $Y_н/Δ$-11, для трансформаторов с расщепленной обмоткой НН - $Y_н/Δ$-Δ-11-11.
6. Трансформаторы 110 кВ должны допускать работу с заземленной нейтралью обмоток ВН при условии защиты нейтрали соответствующим разрядником.

7. Вводы и отводы нейтрали НН трансформаторов 110 кВ и выше должны быть рассчитаны на продолжительную нагрузку током, равным номинальному току обмоток ВН.
8. Режим работы нейтрали обмоток ВН трансформаторов 220 кВ - глухое заземление. При этом изоляция нейтрали должна выдержать одноминутное напряжение промышленной частоты, равное 85 кВ (действующее значение).

Таблица 5.4

Технические данные трехфазных масляных трехобмоточных трансформаторов общего назначения

Тип	$S_{ном}$, МВА	$U_{ном}$ обмоток, кВ			Потери, кВт		Нап	
		ВН	СН	НН	ХХ	КЗ	ВН-СН	
ТМТН-6300/35	6,3	35	10,5; 13,8; 15,75	6,3	-	55	7,5	
ТДТН-10000/35	10	36,75				75	8; (16,5)*	
ТДТН-16000/35	16					115		
ТМТН-6300/110	6,3	115	16,5; 22; 38,5	6,6; 11	12,5	52	10,5	
ТДТН-10000/110	10		16,5; 22; 34,5; 38,5		17	76		
ТДТН-16000/110	16		22; 34,5; 38,5		21	100		
ТДТН-25000/110	25		11; 22; 34,5; 38,5	6,6	28,5	140		
ТДТН-40000/110	40		11	6,6	39	200		
			22; 34,5; 38,5	6,6; 11				
ТДТН-63000/110	63		11	6,6	53	290		
			38,5	6,6; 11				
ТДТН-80000/110	80		11	6,6	64	365	11,0	
			38,5	6,6; 11				
ТДЦТН-80000/110			11	6,6				
			38,5	6,6; 11				
ТДТН-25000/220	25	230	38,5	6,6; 11	45	130	12,5	
ТДТН-40000/220	40				54	220		
ТДТН-63000/220	63				–	–	–	

Примечания.

1. Номинальные мощности всех обмоток равны номинальной мощности трансформатора (за исключением обмотки СН напряжением 34,5 кВ, которая рассчитана на нагрузку, равную 90 % номинальной мощности трансформатора).
2. Потери КЗ и напряжения КЗ указаны для основных ответвлений обмоток.
3. Звездочкой (*) указаны напряжения КЗ при изменении расположения обмоток СН и НН относительно стержня магнитопровода.

5.2. Выключатели высокого напряжения

Выключатели высокого напряжения предназначены для отключения и включения цепей в нормальных и аварийных режимах.

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках. Он служит для отключения и включения цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, КЗ, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее сложной и ответственной операцией является отключение токов КЗ. Четкая работа выключателя ограничивает распространение аварии в электрической установке. Отказ выключателя может привести к развитию аварии.

По конструктивным особенностям и способу гашению дуги различают масляные баковые, маломасляные, воздушные, элегазовые, электромагнитные, вакуумные выключатели. Кроме того, по роду установки различают выключатели для внутренней, наружной установки и для комплектных распределительных устройств. Структура условного обозначения выключателей высокого напряжения приведена на рис.5.2.

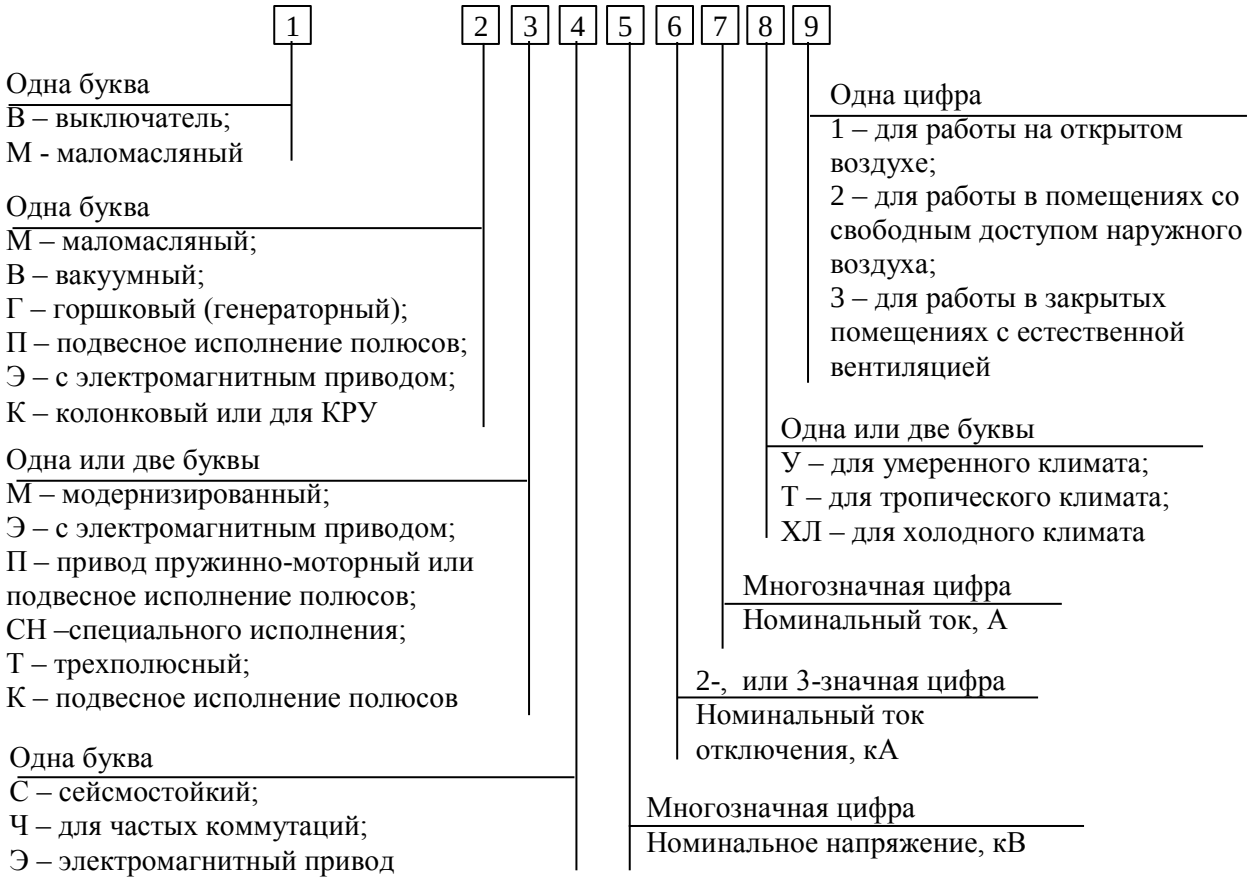


Рис.5.2. Структура условного обозначения выключателей высокого напряжения

В таблицах 5.5 и 5.6 приведены технические данные маломасляных, электромагнитных и вакуумных выключателей на напряжение 6/10 кВ. Более широкая номенклатура выключателей высокого напряжения дана в [5].

Таблица 5.5

Технические данные выключателей

Тип	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл}$, кА	Предельный сквозной ток КЗ, кА		$I_{ном.вкл.}$, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
				Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший ток	Начальное действующее значение периодической составляющей		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Маломасляные									
ВММ-10А-400-10У2	10	400	10	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВММ-10-630-10У2		630							
ВММ-10-320-10Т3	11	320							
ВПМ-10-20/630У3	10	630	20	52	20	52	20	20/4	0,11; 0,14
ВПМ-10-20/630У2									0,14
ВПМП-10-20/630У3									0,14
ВПМ-10-20/1000У3		1000							0,11
ВПМ-10-20/1000У2									0,14
ВПМП-10-20/1000У3								20/8	0,095
ВМПЭ-10-630-20У3		630							
ВМПЭ-10-1000-20У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-20У3		1600							
ВМПЭ-11-630-20Т3	11	630							
ВМПЭ-11-1250-20Т3		1250							

продолжение табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВМПЭ-10-630-31,5У3	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-10-1000-31,5У3		1000							
ВМПЭ-10-1600-31,5У3		1600							
ВМПЭ-10-3150-31,5У3		3150							0,12
ВМПЭ-11-630-31,5Т3	11	630							0,095
ВМПЭ-11-1250-31,5Т3		1250							
ВМПЭ-11-2500-31,5Т3		2500							
ВК-10-630-20У2	10	630	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВК-10-630-20Т3	11								
ВК-10-1000-20У2	10	100							
ВК-10-1250-20Т3	11	1250							
ВК-10-1600-20У2	10	1600							
ВК-10-630-31,5У2		630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВК-10-630-31,5Т3	11								
ВК-10-1000-31,5У2	10	1000							
ВК-10-1250-31,5Т3	11	1250							
ВК-10-1600-31,5У2	10	1600							
ВКЭ-10-20/630У3		630	20	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/630Т3	11								
ВКЭ-10-20/1000У3	10	1000							
ВКЭ-10-20/1250Т3	11	1250							
ВКЭ-10-20/1600У3	10	1600							
ВКЭ-10-31,5/630У3	10	630	20	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВКЭ-10-31,5/630Т3	11								
ВКЭ-10-31,5/1000У3	10	1000							
ВКЭ-10-31,5Л250Т3	11	1250							

продолжение табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВКЭ-1О-31.5/1600У3	10	1600	20	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
МГГ-10-3150-45У3	10	3150/-	63/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,13
МГГ-10-4000-45У3		4000/-							
МГГ-10-5000-45У3		5000/-							
МГГ-10-5000-63У3		-/5000							
МГГ-10-2000-45Т3		-/2000	45/45	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-3150-45Т3		-/3150							
МГГ-10-4000-45Т3		-/4000							
МГГ-11-3500/1000Т3	11,5	4000/3500	64/58	170	64	170/100	64/38	64/4	0,12
Электромагнитные									
ВЭМ-10Э-1000/20У3	10	1000	20	52	20	52	20	20/4	0,07
ВЭМ-10Э-1250/20У3		1250							
ВЭ-6-40/1600У3{Т3)	6(6,6)	1600	40	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/2000У3(Т3)		2000							
ВЭ-6-40/3200У3(Т3)		3200							
ВЭС-6-40/1600У3(Т3)		1600							
ВЭС-6-40/2000У3(Т3)		2000							
ВЭС-6-40/3200У3(Т3)		3200							
ВЭЭ-6-40/1600У3(Т3)		1600						40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/1600У3(Т3)									
ВЭЭ-6-40/2000Т3	6,6	2000							
ВЭЭС-6-40/2000Т3									
ВЭЭ-6-40/2500У3(Т3)	6(6,6)	2500							
ВЭЭС-6-40/2500У3(Т3)									

продолжение табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВЭЭ-6-40/3150У3	6	3150	40	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/3150У3									
ВЭ-10-1250-20-У3(Т3)	10	1250	20	51	20	51	20	20/4	0,075
ВЭ-10-1600-20-У3(Т3)		1600							
ВЭ-10-2500-20-У3(Т3)		2500							
ВЭ-10-3600-20-У3(Т3)		3600							
ВЭ-10-1250-31,5-У3(Т3)		1250	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/4	
ВЭ-10-1600-31,5У3(Т3)		1600							
ВЭ-10-2500-31,5-У3(Т3)		2500							
ВЭ-10-3600-31,5-У3(Т3)		3600							
ВЭ-10-40/1600У3	10	1600	40	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/1600У3	11								
ВЭ-10-40/2500У3	10	2500							
ВЭ-10-40/2500Т3	11								
ВЭ-10-40/3150У3	10	3150							
ВЭ-10-40/3150Т3	11								
Вакуумные									
ВВТЭ-10-10/630У2	10	630	10	25	10	25	10	10/3	0,05
ВВТП-10-10/630У2									
ВВТЭ-10-20/630УХЛ2			20	52	20	52	20	20/3	
ВВТП-10-20/630УХЛ2									
ВВТЭ-10-20/1000УХЛ2		1000							
ВВТП-10-20/1000УХЛ2									
ВВЭ-10-20/630У3		630							
ВВЭ-10-20/1000У3		1000							
ВВЭ-10-20/1600У3		1600							

продолжение табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВВЭ-10-31,5/630У3	10	630	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1000У3		1000							

ВВЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВЭ-10-31,5/2000У3		2000							
ВВЭ-10-31,5/3150У3		3150							
ВВЭ-10-20/630Т3		630							
ВВЭ-10-20/1250Т3		1250	20	52	20	52	20	20/3	
ВВЭ-10-31,5/630Т3		630							
ВВЭ-10-31,5/1250Т3	11	1250							0,075
ВВЭ-10-31,5/1600Т3		1600	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВЭ-10-3175/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/1250Т3		1250							
ВВЭ-10-40/1600У3		1600							
ВВЭ-10-40/1600Т3									
ВВЭ-10-40/2000У3		2000	40	112	40	112	40	10/3	
ВВЭ-10-40/2500Т3		2500							
ВВЭ-10-40/3150У3		3150							
ВВ-10-20/630У3		630							
ВВ-10-20/1000У3		1000							
ВВ-10-20/1250Т3	10	1250	20	52	20	52	20	20/3	0,07
ВВ-10-20/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/630У3		630							
ВВ-10-31,5/630Т3									
ВВ-10-31,5/1000У3		1000							
ВВ-10-31,5/1250Т3		1250	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВВ-10-31,5/1600У3		1600							
ВВ-10-31,5/1600Т3									

окончание табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВБПЧ-С-10-20/1000У3	10	1000	20	50	20	51	20	20/3	0,04
ВБПЭ-10-20/630У3		630		52		52			0,08

ВБПЭ-10-20/1000У3		1000							
ВБПЭ-10-20/1600У3		1600							
ВБПЭ-10-31,5/630У3		630							
ВБПЭ-10-31,5/1000У3		1000	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВБПЭ-10-31,5/1600У3		1600							
ВБСН-10-25/1000У3	6; 10	1000	25	63	25	63	25	25/3	0,06
ВБКЭБ-10-20/630У3		630							
ВБКЭБ-10-20/1000У3		1000	20	52	20	52	20	20/3	
ВБКЭБ-10-20/1600У3		1600							
ВБКЭБ-10-31,5/630У3		630							0,07
ВБКЭБ-10-31,5/1000У3		1000	31,5	80	31,5	80	31,5	31,5/3	
ВБКЭБ-10-31,5/1600У3	10	1600							
ВБКЭР-10-20/630У3		630							
ВБКЭР-10-20/1000У3		1000	20	52	20	52	20	20/3	0,08
ВБКЭР-10-20/1600У3		1600							
ВБМЭ-10-40/2500У3		2500	40	100	40	100	40	40/3	0,07
ВБМЭ-10-40/3150У3		3150							
ВВ/TEL-6-8/800	6	800	8	20	8	20	8	8/3	0,025
ВВ/TEL-6-10/800			10	25	10	25	10	10/3	
ВВ/TEL-10-8/800	10		8	20	8	20	8	8/3	
ВВ/TEL-10-12,5/800			12,5	32	12,5	32	12,5	12,5/3	
ВВ/TEL-10-16/800			16	40	16	40	16	16/3	
ВВ/TEL-10-20/800			20	50	20	50	20	20/3	
ВБТ-10-20/630УХЛ3		630		52		52			0,05

Дополнения в таблице 5.5.

1. Вакуумные выключатели серии ВБПЭ-10 могут быть установлены взамен ВМПЭ-10 в КРУ следующих серий: КРУ-2- 10- 20; К-III; К-IIIУ; К-XII; К-XXУ1; К-37; К-44 (без переделки тележки КРУ).

2. Вакуумные выключатели ВВ-10 и ВВЭ-10 предназначены для частых коммутаций во внутренних установках напряжением 10 кВ трехфазного переменного тока.

3. Вакуумные выключатели типа ВБСН-10-25/1000У3 применяются в КРУ, насосных перекачивающих станциях и используются для замены маломасляных выключателей HL-4-8 чешского производства в шкафах КРУ типа RS465, находящихся в эксплуатации.

Конструкция исключает возникновение в электроустановках перенапряжений при отключении индуктивных токов (в том числе при коммутации электродвигателей).

4. Вакуумные выключатели серии ВБКЭБ-10 предназначены для замены выключателей серии ВКЭ-10 на номинальные токи 630- 1600 А и токи отключения до 31,5 кА.

5. Вакуумные выключатели серии ВБКЭР-10 приспособлены для замены маломасляных выключателей типа ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104, К-59.

6. Вакуумные выключатели серий ВБМЭ-10 предназначены для замены выключателей серий ВМПЭ-10 и ВЭМ-6.

7. Вакуумные выключатели серии BB/TEL имеют следующие преимущества по сравнению с традиционными вакуумными выключателями:

- высокий механический ресурс;
- малое потребление электроэнергии по цепям включения и отключения;
- малые габариты и массу;
- возможность управления как по цепям оперативного постоянного, так и оперативного переменного токов;
- отсутствие необходимости ремонтов в течение всего срока службы;
- малая трудоемкость производства и, как следствие, умеренная цена.

Управление вакуумным выключателем осуществляется встроенным электромагнитным приводом с магнитной защелкой.

Опыт эксплуатации КРУ показывает, что наиболее уязвимым элементом в его составе является выключатель. С появлением вакуумных выключателей стала целесообразной замена ими масляных, которые уступают первым по технико-эксплуатационным характеристикам и просто исчерпали свой срок службы. Такая замена выключателей не требует замены всего КРУ и службам эксплуатации обходится минимальными затратами.

Выключатели BB/TEL конструктивного исполнения 1 и 2 предназначены в основном для замены выключателей ВМП-10, ВМПЭ-10, ВМПП-10, ВК-10, ВКЭ-10, а также для применения во вновь разрабатываемых выкатных элементах ячеек КРУ.

Выключатели BB/TEL конструктивного исполнения 3 предназначены в основном для замены в шкафах КСО и КРН масляных выключателей ВМГ-133 и им подобных, а также для применения во вновь разрабатываемых шкафах КСО и КРН.

В настоящее время фирмой «Таврида Электрик» разработаны и внедряются в эксплуатацию проекты реконструкции следующих КРУ: КСО-266, КСО-272, КСО-285, КСО- 292, КСО-2200, КСО-2УМ. КСО ЛП-318, КСО Д-13Б, КСО КП-03-00, КРН-Ш, КРН-IY, КРУН МКФН, КРУН K-YI.

Выкатной элемент с вакуумным выключателем типа BB/TEL с электромагнитным приводом предназначен для работы в шкафах КРУ внутренней и наружной установки номинальным напряжением до 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для системы с изолированной нейтралью и служит для установки в КРУ, а также для замены

колонковых маломасляных выключателей типа ВК в КРУ серий: К-47, К-49, К-59, К-104, К-104М, КМ-1, КМ-1Ф.

8. Универсальный модуль (выкатной элемент, вакуумный выключатель и блокировки) фирмы «Таврида Электрик» органично встраивается вместо выключателей серии ВМП в выкатные тележки следующих КРУ: К-37, КРУ2-10, К-XII, К-XIII, К-XXVI, КР-10/500.

Таблица 5.6

Вакуумные выключатели

Тип	$I_{ном}$, А	$I_{ном.откл}$, кА	$t_{ном.откл}$, с	$t_{откл}$, (собственное), с	Коммутационная износостойкость	Механический ресурс, циклов «ВО»
ВВТЭ-М-10-31,5; 20;/630; 1000; 1600	630; 1000; 1600	12,5; 20; 31,5	0,04	0,1	50	$3\cdot10^4$
ВБПС-10-20/630; 1000; 1600			0,055	0,06		$2,5\cdot10^4$
ВВЭ-М-10-31,5; 20; /630; 1000; 1600		20; 31,5	0,04; 0,05	0,1		$3\cdot10^4$
ВБПВ-10-20/630; 1000; 1600			0,055	0,06		$2,5\cdot10^4$
ВВЭ-М-10-31,5; 40/2000; 2500; 3150	2000; 2500; 3150	31,5; 40	0,05	0,1		$1\cdot10^4$
ВБЧ-СП-10-31,5 (ВБЧ-СЭ-10-31,5) 20/630; 1000; 1600	630; 1000; 1600	20; 31,5	0,04	0,1		$3\cdot10^4$
ВБСК-10-12,5; 20/630; 1000	630; 1000	31,5; 40	0,05	0,2		$5\cdot10^4$
ВБКЭ-10	630; 1000; 1600	20; 31,5	0,055	0,06		-

Дополнения к таблице 5.6.

1. У всех выключателей привод электромагнитный, за исключением ВБПС и ВБПВ, у которых – пружинно-моторный. Коммутационная износостойкость дана при номинальном токе отключения циклов «ВО».

2. Вакуумные выключатели типов ВВТЭ-М-10 и ВБПС-10 предназначены для замены маломасляных выключателей типов ВМПЭ-10, ВМП-10, ВМГ-133, а также для установки в ячейках типа КРУЭ-6П, 2КВЭ-6М, КРУП-6П.

3. Вакуумные выключатели типов ВВЭ-М-10-20, ВВЭ-М-10-31.5, ВБПВ-10-20 предназначены для установки в КРУ типа К-104, КМ-1Ф, К-49, взаимозаменяемые с выключателями типа ВК-10, ВКЭ-10.

4. Вакуумные выключатели типа ВВЭ-М-10-40 предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 12 кВ. Устанавливаются в КРУ типа К-105, К-59, а также могут использоваться для замены маломасляных и электромагнитных выключателей.

5. Вакуумные выключатели типа ВБСК-10 предназначены для использования в КРУ наружной и внутренней установки.

6. Вакуумные выключатели типа ВБКЭ-10 с пружинным приводом приспособлены для встраивания в шкафы КРУ выкатного типа и предназначены для замены маломасляных выключателей типов ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104, К-59, К-XII, К-XXVI, КРУ-2-10, КРУ-37.

7. Вакуумные выключатели типов ВБЧ-СЭ-10, ВБЧ-СП-10 предназначены для установки в КРУ типа КРУЭ-10, КРУЭП-10 и ПП-10-6/630ХЛ1.

5.3. Выключатели нагрузки

Выключатель нагрузки – коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения токов нагрузки в нормальном режиме. Выключатели нагрузки применяют в установках напряжением 6/10 кВ на распределительных пунктах и трансформаторных подстанциях. Они предназначены для работы в шкафах КРУ, камерах КСО и КТП внутренней установки. Структура их условного обозначения приведена на рис.5.3.



Рис.5.3. Структура условного обозначения выключателей нагрузки

В таблице 5.7 даны основные технические характеристики выключателей нагрузки.

Таблица 5.7

Технические характеристики выключателей нагрузки

Тип	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, А	Наибольший ток отключения, А	Предельный сквозной ток, А		Допустимый ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия	Ток отключения холостого хода трансформатора, А
				Амплитудное значение	Действующее значение периодической составляющей	Амплитудное значение	Действующее значение периодической составляющей		
ВНР-10/400-10зУ3	400	400	800	25	10	2,5	1	10/1	1,5
ВНРп-10/400-10зУ3									
ВНРп-10/400-10з3У3						25			15
ВНРп-10/400-10зпУ3									
ВНРп-10/400-10зп3У3									
ВНПу-10/400-10зУ3							10		1,5
ВНПу-10/400-10зпУ3									
ВНПуп-10/400-10зп3У3									
ВНВ-10/320	320	-	-	20	-	-	-	12/-	-

Для выключателей нагрузки серии ВН-10 номинальный и наибольший ток даны при cosφ ≥ 0,7. Номинальное и наибольшее рабочее напряжения 10 и 12 кВ соответственно. Токи отключения: активный и уравнительный равны и составляют 400 А. В выключателях нагрузки серии ВН-10 применяются предохранители типов ПКТ101-6, ПКТ102-6, ПКТ103-6, ПКТ101-10, ПКТ102-10, ПКТ103-10.

Технические характеристики выключателей ВН-16, ВНП-16 и ВНП-17 приведены в [11].

5.4. Плавкие предохранители напряжением 6/10 кВ

Предохранители предназначены для защиты электрических цепей и электрооборудования от токов, превышающих допустимые по условиям нагрева с учетом перегрузочной способности.

Структура условного обозначения предохранителей приведена на рис. 5.4, а основные технические данные – в таблице 5.8. На рис. 5.5 даны время-токовые характеристики плавления некоторых предохранителей серии ПКТ.

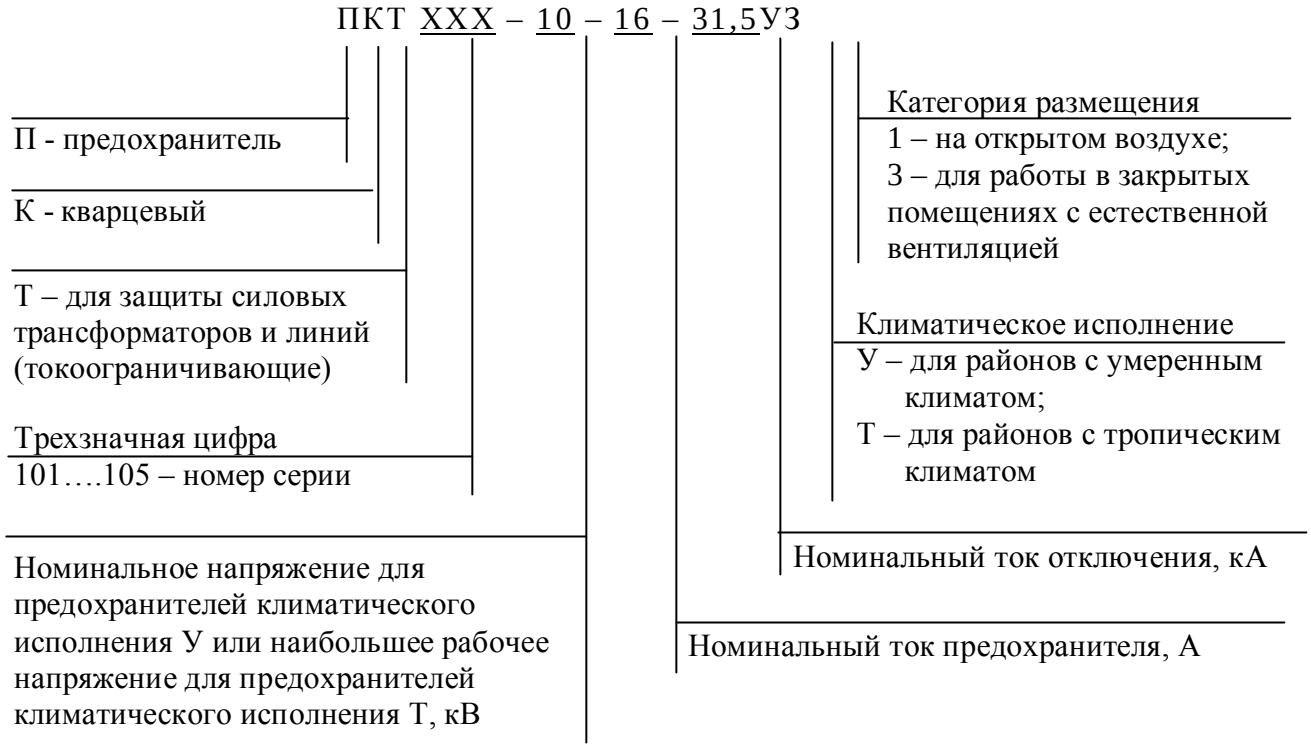


Рис. 5.4. Структура условного обозначения предохранителей

Таблица 5.8

Основные технические данные предохранителей

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max}, кВ	$I_{ном}$ предохранителя, А	$I_{ном\ откл.}$, кА
1	**2**	**3**	**4**	**5**
ПКТ101-6-2-40УЗ	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40УЗ			3,2	
ПКТ101-6-5-40УЗ			5	
ПКТ101-6-8-40УЗ			8	
ПКТ101-6-10-40УЗ			10	
ПКТ101-6-16-40УЗ			16	
ПКТ101-6-20-40УЗ			20	
ПКТ101-6-31,5-20УЗ			31,5	20
ПКТ101-10-2-31,5УЗ	10	12	2	31,5
ПКТ101-10-3,2-31,5УЗ			3,2	
ПКТ101-10-5-31,5УЗ			5	
ПКТ101-10-8-31,5УЗ			8	
ПКТ101-10-10-31,5УЗ			10	
ПКТ101-10-16-31.5УЗ			16	
ПКТ101-10-20-31,5УЗ			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5УЗ			31,5	12,5

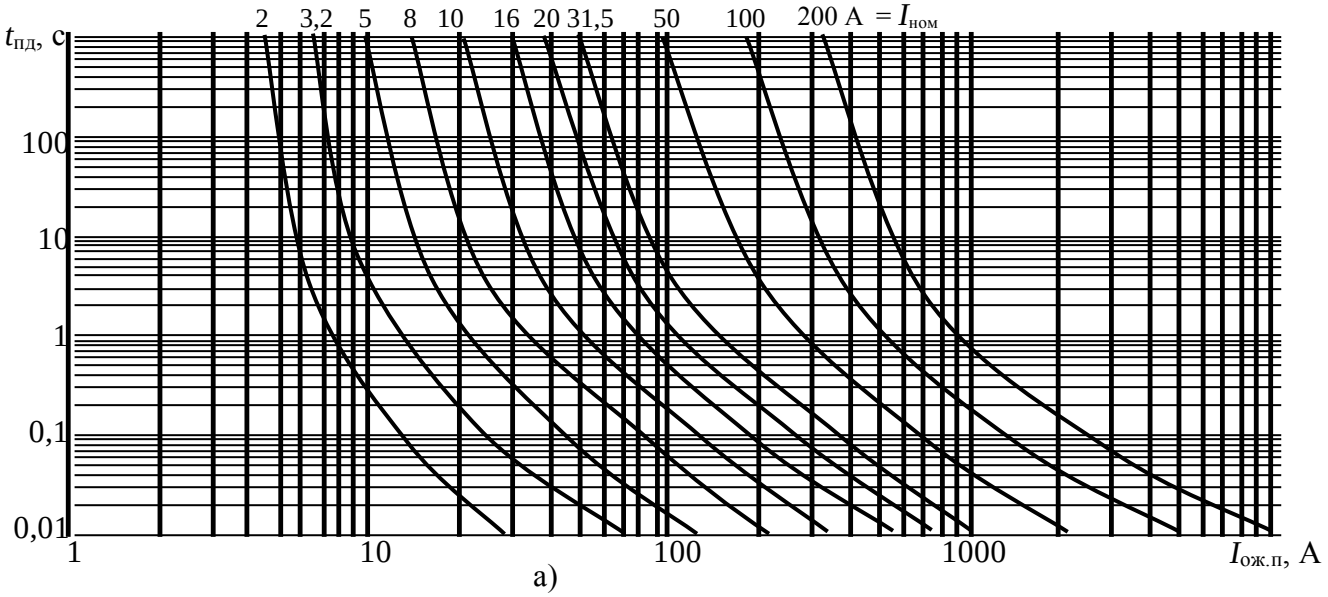
продолжение табл. 5.8

1	2	3	4	5
ПКТ102-6-31,5-31,5У3	6	7,2		31,5
ПКТ102-6-40-31,5У3			40	
ПКТ102-6-50-31,5У3			50	
ПКТ102-6-80-20-У3			80	20
ПКТ102-10-31,5-31.5У3	10	12	31,5	31,5
ПКТ102-10-40-31,5У3			40	
ПКТ102-10-40-12,5У3			50	12,5
ПКТ103-6-80-31,5У3	6	7,2	80	31,5
ПКТ103-6-100-31,5У3			100	
ПКТ103-6-160-20У3			160	
ПКТ103-10-50-31,5У3	10	12	50	31,5
ПКТ103-10-80-20У3			80	20
ПКТ103-10-100-12,5У3			100	12,5
ПКТ104-6-160-31,5У3	6	7,2	160	31,5
ПКТ104-6-200-31,5У3			200	
ПКТ104-6-315-20У3			315	20
ПКТ104-10-100-31,5У3	10	12	100	31,5
ПКТ104-10-160-20У3			160	20
ПКТ104-10-200-12,5У3			200	12,5
ПКТ101-6-2-20У3	6	7,2	2	20
ПКТ101-6-3,2-20У3			3,2	
ПКТ101-6-5-20У3			5	
ПКТ101-6-8-20У3			8	
ПКТ101-6-10-20У3			10	
ПКТ101-6-16-20У3			16	
ПКТ101-6-20-20У3			20	
ПКТ101-10-2-12,5У3	10	12	2	12,5
ПКТ101-10-3,2-12,5У3			3,2	
ПКТ101-10-5-12,5У3			5	
ПКТ101-10-8-12,5У3			8	
ПКТ101-10-10-12,5У3			10	
ПКТ101-10-16-12,5У3			16	
ПКТ101-10-20-12,5У3			20	
ПКТ101-6-2-40У1	6	7,2	2	40
ПКТ101-6-3,2-40У1			3,2	
ПКТ101-6-5-40У1			5	
ПКТ101-6-8-40У1			8	
ПКТ101-6-10-40У1			10	

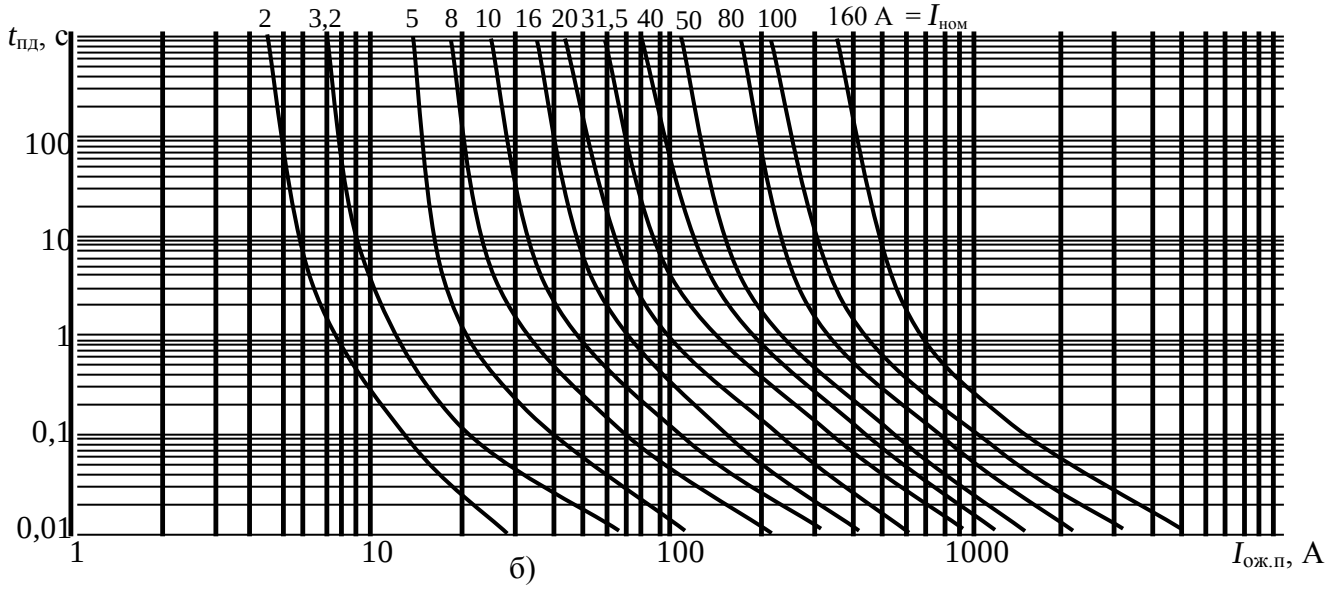
окончание табл. 5.8

1	2	3	4	5
ПКТ101-6-16-40У1	6	7,2	16	40
ПКТ101-6-20-40У1			20	
ПКТ101-6-31,5-20У1			31,5	20
ПКТ101-7.2-2-40Т3	6	7,2	2	40
ПКТ101-7,2-3,2-40Т3			3,2	
ПКТ101-7,2-5-40Т3			5	
ПКТ101-7,2-8-40Т3			8	
ПКТ101-7,2-10-40Т3			10	
ПКТ101-7,2-16-40Т3			16	
ПКТ101-7,2-20-40Т3			20	
ПКТ101-7,2-31,5-20Т3			31,5	20
ПКТ101-10-2-20У1			2	
ПКТ101-10-3,2-20У1			3,2	
ПКТ101-10-5-20У1			5	
ПКТ101-10-8-20У1			8	
ПКТ101-10-10-20У1			10	
ПКТ101-10-16-20У1			16	
ПКТ101-10-20-20У1			20	
ПКТ101-10-31,5-12,5У1			31,5	12,5
ПКТ101-12-2-20Т3	10	12	2	20
ПКТ101-12-3,2-20Т3			3,2	
ПКТ101-12-5-20Т3			5	
ПКТ101-12-8-20Т3			8	
ПКТ101-12-10-20Т3			10	
ПКТ101-12-16-20Т3			16	
ПКТ101-12-20-20Т3			20	
ПКТ102-7,2-31,5-31,5Т3	6	7,2	31,5	31,5
ПКТ102-7,2-40-31,5Т3			40	
ПКТ102-7,2-50-31,5Т3			50	
ПКТ102-12-31,5-20Т3	10	12	31,5	20
ПКТ102-12-40-20Т3			40	
ПКТ105-7,2-80-31,5Т3	6	7,2	80	31,5
ПКТ105-7,2-100-31,5Т3			100	
ПКТ105-12-50-20Т3	10	12	50	20
ПКТ105-12-80-20Т3			80	

Рис. 5.5. Время-токовые характеристики плавких предохранителей группы



а)



б)

ПКТ ($t_{пд}$ – преддуговое время, $I_{ож.п}$ – действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока).

а) – для предохранителей
ПКТ101-10-2-12,5У3
ПКТ101-10-3,2-12,5У3
ПКТ101-10-5-12,5У3
ПКТ101-10-8-12.5У3
ПКТ101-10-10-12,5У3
ПКТ101-10-16-12,5У3
ПКТ101-10-20-12,5У3
ПКТ101-10-31,5-12,5У3
ПКТ102-10-50-12,5У3
ПКТ103-10-100-12,5У3
ПКТ104-10-200-12,5У3

б) – для предохранителей
ПКТ101-10-2-31,5У3
ПКТ101-10-3,2-31,5У3
ПКТ101-10-5-31,5У3
ПКТ101-10-8-31,5У3
ПКТ101-10-10-31,5У3
ПКТ101-10-16-31.5У3
ПКТ101-10-20-31,5У3
ПКТ102-10-31,5-31,5У3
ПКТ102-10-40-31,5У3
ПКТ103-10-50-31,5У3
ПКТ103-10-80-31,5У3
ПКТ104-10-100-31,5У3
ПКТ104-10-160-31,5У3

5.5. Разъединители

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации цепи без тока. Основное назначение разъединителя – создание надежного видимого разрыва цепи для обеспечения безопасного проведения ремонтных работ на оборудовании и токоведущих частях электроустановок.

Справочные данные по разъединителям внутренней и наружной установки приведены в таблицах 5.9 и 5.10.

Таблица 5.9

Разъединители внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	главных ножей	заземляющих ножей	
В трехполюсном исполнении (рама)								
РВЗ- 20/63У3	20	24	30	50	20	4		ПР-3У3
РВЗ-20/1000У3	20	24	1000	55	20	4		ПР-3У3
РВЗ-35/630У3	35	40,5	630	51	20	4		ПР-3У3
РВЗ-35/1000У3	35	40,5	1000	80	31,5	4		ПР-3У3
РВРЗ-Ш-10/2000У3	10	12	2000	85	31,5	4		ПР-3У3, или ПЧ-50У3, или ПД-5У1
В однополюсном исполнении								
РВК-35/2000	35	40,5	2000	115	45	4		ПР-3У3
РВРЗ-10/2500У3	10	12	2500	125	45	4		ПЧ-50У3, или ПД-5У1, или ПР-3У3
РВРЗ-35/2000УХЛ1	10	12	4000	125/180*	45/71*	4	-	ПЧ-50У3 или ПД-5У1
РВРЗ-20/6300У3	20	24	6300	220/260	80/100	4		ПЧ-50У3 или ПД-5У1
РВРЗ-20/8000У3	20	24	8000	300/320	112/125	-	-	ПД-12У3 и ПЧ-50У3
РВРЗ-20/12500У3	20	24	12500	410 гл.н., 250 заз.	180 гл.н., 100 заз.			

Таблица 5.10

Разъединители наружной установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ, кА		Время протекания наибольшего тока термической стойкости, с		Привод
				Амплитуда предельного сквозного тока	Предельный ток термической стойкости	главных ножей	заземляющих ножей	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
В трехполюсном исполнении (рама)								
РЛНД-10/400У1	10	12	400	25	10	4	1	ПРН-10МУ1 или ПР-2УХЛ
РЛНД-10/630У1			630	35,5	12,5			
РЛНД 1-10/400У1			400	25	10			ПРНЗ-10У1 или ПР-2УХЛ1
РЛНД 1-10Б/400У1								
РЛНД 1-10/400ХЛ1								
РЛНД 1-10/630У1			630	35,5	12,5			
РЛНД 2-10/400У1			400	25	10			ПРНЗ-2-10У1 или ПР-2УХЛ1
РЛНД 2-10Б/400У1								
РЛНД 2-10/400ХЛ1								
РЛНД 2-10/630У1			630	35,5	12,5			
В однополюсном исполнении								
РНД-35/1000У1	35	40,5	1000	63	25	4	1	ПР-У1
РНДЗ-1а-35/1000У1								
РНДЗ-35/1000У1								
РНД-35/1000ХЛ1								ПР-ХЛ1
РНДЗ-С-35/1000У1								ПР-ХЛ1
РНД-35Б/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В
РНДЗ-35Б/1000У1								ПР-У1
РНДЗ-С-35/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В; ПР-У1 ПР-2УХЛ1 ПР-2УХЛ1 ПР-У1
РНДЗ-35Б/2000У1			2000	80	31,5			
РДЗ-35/2000УХЛ1								
РДЗ-35/3150УХЛ1			3150	125	50			
РНДЗ2-СК-110/1000У1	110	126	1000	80	31,5	3		ПР-У1 или ПД-5У1
РНД-110/1000У1								
РНДЗ1а-110/1000У1								ПР-У1 или ПД-5У1
РНД-110Б/1000У1								
РНДЗ1а-110/1000У1								
РНДЗ1а-110Б/1000У1								
РНДЗ-110Б/1000У1								
РНДЗ-110/1000У1								

окончание табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9

РНДЗ-С-110/1000У1								ПВ-20У2 или ПРН-110В
РНДЗ-110/1000ХЛ1								ПР-ХЛ1 или ПД-5ХЛ1
РНДЗ-110/2000ХЛ1			2000	100	40,0			
РНДЗ-110/2000У1								ПР-У1 или ПД-5У1
РНДЗ-110Б/2000У1								
РНДЗ-110/3150У1	110	126	3150	125	50,0	3	1	ПР-У1 или ПД-5У1
РНД-150/1000У1	150	172	1000	100	40,0			
РНД-150/2000У1			2000					
РДЗ-220/3150УХЛ1	220	252	3150	125	50,0			ПД-5У1илиПД-5ХЛ1
РНД-220Б/2000У1			2000	100	40,0			ПР-У1 или 5Д-5ХЛ1
РДЗ-220/1000УХЛ1			1000					ПД-5У1илиПД-5ХЛ1
РДЗ-220/2000УХЛ1		-	2000					ПР-У1илиПР-ХЛ1

Примечание. В типовом обозначении разъединителей указываются их основные параметры и особенность конструкции: Р- разъединители; В - внутренняя установка; Н - наружная; Л - линейные; К - ножи коробчатого профиля; Д - разъединитель имеет две опорно-изоляционные колонки. Буква 3 обозначает наличие вариантов исполнения: с одним заземляющим ножом - РНДЗ1а; с двумя заземляющими ножами - РНДЗ2; без заземляющих ножей - РНД. Буквы, стоящие перед напряжением, С - наличие механической блокировки. Буквы, стоящие после напряжения, Б - с усиленной изоляцией.

5.6. Короткозамыкатели

Короткозамыкатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания в электрической цепи. В установках 35 кВ применяются двухполюсные короткозамыкатели, при срабатывании которых создается искусственное двухфазное короткое замыкание через землю, а в установках 110 и 220 кВ – однополюсные, создающие однофазное КЗ, которое также приводит к действию релейной защиты.

В таблице 5.11 приведены основные технические характеристики короткозамыкателей.

Таблица 5.11

Короткозамыкатели* наружной установки (однополюсное исполнение)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Начальное действующее значение периодической составляющей, кА	Предельный ток термической стойкости, кА	Время протекания предельного тока термической стойкости, с	Полное время включения**, с, не более			Допустимое тяжение провода с учетом ветра и гололеда, Н, не более	Привод
							без гололеда	при гололеде толщиной, мм			
								до 10	до 20		
КРН-35У1	35	40,5	42	16,5	12,5	4	0,1	0,15	-	490	ПРК-1У1
КЗ-110УХЛ1	110	126	51	12,5		3	0,14	-	0,2	784	ПРК-1У1 или ПРК-1ХЛ1
КЗ-110Б-У1			32				0,18		-		ПРК-1У1
КЗ-150У1	150	172	51	20	20,0		0,2				
КЗ-220У1	220	252					0,25			980	

Примечание. В типовом обозначении короткозамыкателя: КЗ - короткозамыкатель; Р - рубящего типа; Н -наружной установки; 35 - номинальное напряжение; Б - усиленное исполнение; У1, УХЛ1 - климатическое исполнение и категория размещения.

* Комплектно с короткозамыкателем 35кВ поставляется один трансформатор тока ТШЛ на два полюса, а с короткозамыкателем 150 и 220 кВ - три трансформатора тока на один полюс.

** Полное время включения (с учетом подачи команды на включение) - до касания контактов.

5.7. Отделители

Отделитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для автоматического отключения поврежденного участка линии или трансформатора после искусственного КЗ, а также для отключения и включения участков схемы, находящихся без напряжения, отключения и включения индуктивных токов холостого хода трансформаторов и емкостных токов ненагруженных линий.

Основные технические характеристики отделителей приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Отделители наружной установки
(размещение каждого полюса на отдельной раме)

Тип	$U_{ном}$,кВ	$I_{ном}$, А	Предельный ток термической стойкости, кА		Амплитуда предельного сквозного тока, кА		Время протекания предельного тока термической стойкости, с	Допустимое тяжение провода с учетом ветра и гололеда, Н	Полное время отключения* с приводом, не более, с				Привод
			главных ножей	заземляющих ножей	главных ножей	заземляющих ножей			без гололеда	При гололеде толщиной, мм			
										10	15	20	
ОДЗ-35/630У1	35	630	12,5	-	80	80	4	490	0,45	0,50	-	-	ПРО-1У1
ОДЗ-110/1000УХЛ1	110	1000	31,5	-	80	-	3	780	0,38	0,45	0,5	-	ПРО-1У1 или ПРО1ХЛ1
ОД-110Б/1000У1				-		-			0,4	-	-	-	ПРО-1У1
ОД-150Б/1000У1	150			-		-				-	-	0,5	ПРО-1У1
ОД-220Б/1000У1	220			-		-			0,5	-	-	0,6	ПРО-1У1

* От подачи команды на привод до полного отключения.

Примечание. В типовом обозначении: О - отделитель; Д - двухколонковый; Б (после напряжения) - категория изоляции (усиленное исполнение).

5.8. Ограничители перенапряжения

Ограничители перенапряжения предназначены для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования подстанций и сетей на классы напряжения от 0,38 до 220 кВ.

Ограничители перенапряжения устанавливаются в сетях переменного тока частотой 48-62 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью и включаются параллельно защищаемому объекту. В структуре условного обозначения принято:

О	- ограничитель;
П	- перенапряжения;
Н	- нелинейный;
П	- полимерная изоляция;
1	- опорное исполнение установки;
ХХХ	- класс напряжения сети, кВ;
УХЛ	- климатическое исполнение;
1	- категория размещения.

Основные технические характеристики ограничителей перенапряжения приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Основные технические характеристики ограничителей перенапряжения

Наименование изделия	Краткая техническая характеристика							Масса, кг
	Класс напряжения сети, кВ	Наибольшее рабочее действующее напряжение, кВ	Остающееся напряжение при волне импульсного тока 8/20 мкс с амплитудой, кВ					
			250 А	500 А	2500 А	5000 А	10000 А	
для защиты электрооборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью								
ОПН-П1-3II УХЛ	3	3,6	-	8,8	-	10,6	11,3	2,8
ОПН-П1-6II УХЛ1	6	7,2	-	17,6	-	21,2	22,5	4,2
ОПН-П1-10II УХЛ1	10	12	-	29,5	-	36	38	6
ОПН-П1-35II УХЛ1	35	40,5	-	102	-	120	127	20
для защиты изоляции электрооборудования распределительных сетей с изолированной либо компенсированной нейтралью от грозовых перенапряжений								
ОПН-1-3/3,8III УХЛ1	3	3,8	-	9,7	11,1	11,8	12,8	1,4
ОПН-2-3/3,8III УХЛ1	3	3,8	-	9,7	11,1	11,8	12,8	2,0
ОПН-1-6/7,2III УХЛ1	6	7,2	-	18,5	21,0	22,5	24,5	2,0
ОПН-2-6/7,2III УХЛ1	6	7,2	-	18,5	21,0	22,5	24,5	2,6
ОПН-1-6/7,6III УХЛ1	6	7,6	-	19,5	22,5	23,6	25,6	2,0
ОПН-2-6/7,6III УХЛ1	6	7,6	-	19,5	22,5	23,6	25,6	2,6
ОПН-1-10/12III УХЛ1	10	12	-	30,8	35,2	37,6	40,7	2,8
ОПН-2-10/12III УХЛ1	10	12	-	30,8	35,2	37,6	40,7	3,4
ОПН-1-10/12,7III УХЛ1	10	12,7	-	32,6	37,2	40,0	42,8	2,8
ОПН-2-10/12,7III УХЛ1	10	12,7	-	32,6	37,2	40,0	42,8	3,4
Для контактной сети электрифицированных железных дорог								
для защиты электрооборудования тяговых подстанций, постов секционирования и пунктов параллельного соединения сетей постоянного тока.								
ОПН-3,3 О1	3,3	4,0	-	-	-	12,0	-	23
для защиты контактной сети постоянного тока на класс напряжения 3,3 кВ и защиты устройств электрифицированных железных дорог переменного тока на класс напряжения сети 27,5 кВ от атмосферных и коммутационных перенапряжений								
ОПНК-П1-3,3 УХЛ1	3	4,0	-	13,5	-	17,0	19,3	10
ОПНК-П1-27,5 УХЛ1	25	30,0	-	79	-	95,0	102	25
для защиты изоляции электрооборудования 110 и 220 кВ от грозовых и коммутационных перенапряжениий в сетях с заземленной нейтралью								
ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1	110	77	187	189	197	228	245	266
ОПН-П1-110/83/10/2 УХЛ1	110	83	201	203	211	245	264	286
ОПН-П1-110/88/10/2 УХЛ1	110	88	214	216	225	260	280	304
ОПН-П1-110/77/10/2 УХЛ1	110	77	187	189	197	228	245	266
ОПН-П1-110/83/10/2 УХЛ1	110	83	201	203	211	245	264	286
ОПН-П1-110/88/10/2 УХЛ1	110	88	214	216	225	260	280	304
ОПН-П1-220/154/10/2 УХЛ1	220	154	374	378	394	456	294	533
ОПН-П1-220/163/10/2 УХЛ1	220	163	394	398	414	482	522	564
ОПН-П1-220/172/10/2 УХЛ1	220	172	428	432	450	513	533	596

5.9. Разрядники

Разрядники предназначены для защиты изоляции электрооборудования и линий электропередач переменного тока от атмосферных перенапряжений.

Разрядники на номинальные напряжения до 35 кВ устанавливаются в сетях как с изолированной, так и с заземленной нейтралью, а на напряжение 110 кВ - с заземленной нейтралью (коэффициент замыкания на "землю" не выше 1,4).

Разрядник подключается параллельно защищаемому объекту.

В структуре условного обозначения для вентильных разрядников принято:

Р	- разрядник;
В	- вентильный;
С	- станционный;
ХХ	- номинальное напряжение;
Т	- климатическое исполнение;
1	- категория размещения.

Структура условного обозначения трубчатых разрядников следующая:

Р	- разрядник;
Т	- трубчатый;
В	- винипластовый;
ХХ	- номинальное напряжение;
ХХ	- нижний предел тока отключения;
ХХ	- верхний предел тока отключения;
У	- климатическое исполнение;
1	- категория размещения.

Основные технические характеристики разрядников приведены в таблицах 5.14 и 5.15.

Таблица 5.14

Разрядники трубчатые

Наименование изделия	Назначение, краткая техническая характеристика							Масса, кг
	Минимальное напряжение, кВ	Максимально допустимое напряжение, кВ	Предельный ток отключения, кА		Разрядное напряжение грозового импульса 1,2/50 мкс,кВ		Импульсное пробивное напряжение при max разрядном времени от 2 до 20 мкс, кВ	
			нижний	верхний	при 2 мкс	min		
РТВ-10-0,5/2,5 У1	10	12	0,5	2,5	80	70	20	2,1
РТВ-10-2/10 У1	10	12	2	10	80	70	20	1,8
РТВ-20-2/10 У1	20	24	2	10	140	120	20	2,2
РТВ-35-0,5/5 У1	35	40,5	0,5	5	240	200	40	2,8
РТВ-35-2/10 У1	35	40,5	2	10	240	200	40	2,5
РТВ-110-2,5/12,5 У1	110	100	2,5	12,5	600	500	50	4,5

Таблица 5.15

Разрядники вентильные

Наименование изделия	Краткая техническая характеристика			
	Класс напряжения, кВ	Номинальное напряжение, кВ	Импульсное пробивное напряжение при предельном разрядном времени от 2 до 20 мкс	Масса, кг
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электроустановок с любой системой заземления нейтрали				
РВС-15	15	18	67	49
РВС-20	20	24	80	58
РВС-35	35	40,5	125	73
РВС-15Т1	15	18	67	49
РВС-20Т1	20	24	80	58
РВС-35Т1	35	40,5	125	73
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электроустановок с заземленной нейтралью				
РВС-66	66	58	188	105
РВС-110М	110	102	285	175
РВС-150М	150	138	375	338
РВС-220М	220	198	530	497
РВС-22Т1	22	20	70	44
РВС-33Т1	33	29	94	59

окончание табл. 5.15

1	2	3	4	5
РВС-110МТ1	110	102	285	175
РВС-132МТ1	132	119,7	376	326
РВС-150МТ1	150	138	375	338
РВС-220МТ1	220	198	530	497
РВС-230Т1	230	204,5	530	497
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электроустановок с изолированной нейтралью				
РВС-13,8Т1	13,8	17	60	43
РВС-60	60	65,9	215	130
РВС-60Т1	60	65,9	215	130
РВС-66	66	72,2	232	140
РВС-66Т1	66	72,2	232	140
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции оборудования переменного тока частотой 50 и 60 Гц				
РВО-3Н	3	3,8	20	2,3
РВО-6Н	6	7,5	32	3,1
РВО-10Н	10	12,7	48	4,2
РВО-3У1	3	3,8	20	2,3
РВО-3Т1	3	3,8	20	2,3
РВО-6У1	6	7,5	32	3,1
РВО-6Т1	6	7,5	32	3,1
РВО-10У1	10	12,7	48	4,2
РВО-10Т1	10	12,7	48	4,2
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции оборудования электрифицированных железных дорог				
РВКУ-1,65 ГО1	1,65	2,1	7,0	25
РВКУ-1,65 ДО1	1,65	2,1	6,5	25
РВКУ-1,65 ЕО1	1,65	2,1	4,2	25
РВКУ-3,3 АО1	3,3	4,0	8,5	30
РВКУ-3,3 БО1	3,3	4,0	10	30
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электрических вращающихся машин переменного тока с классом напряжения от 3 до 10 кВ				
РВРД-3У1	3	3,8	7	18,5
РВРД-6У1	6	7,5	14	23,8
РВРД-10У1	10	12,7	23,5	32,3
РВРД-3Т1	3	3,8	7	18,5
РВРД-6Т1	6	7,5	14	23,8
РВРД-10Т1	10	12,7	23,5	32,3
Для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции высоковольтных вводов высоковольтных трансформаторов				
РНК-0,5 У1	0,5	-	2,5	1,8
РНК-0,5 ХЛ1	0,5	-	2,5	1,8
РНК-0,5 Т1	0,5	-	2,5	1,8

5.10. Контакторы высокого напряжения

Контакторы высокого напряжения служат для пуска, ускорения, изменения направления вращения и остановки электроприемников при ручном и автоматическом управлении. По способу гашения дуги высоковольтные контакторы выпускаются в двух основных исполнениях: вакуумные и электромагнитные.

Вакуумный контактор КВТ-10-4/400 У2, УХЛ5 предназначен для коммутационных операций в сетях и электроустановках промышленных предприятий на номинальное напряжение 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц. Контактор предназначен для работы в электроустановках, размещенных под навесом (категория размещения 2) и в помещениях с повышенной влажностью (категория размещения 5).

Структура условного обозначения:

КВТ-10-4/400 У2, УХЛ5 Х:

КВ - контактор вакуумный;

Т - трехполюсный;

10 - номинальное напряжение, кВ;

4 - номинальный ток отключения, кА;

400 - номинальный ток, А;

У2, УХЛ5 - комбинированное обозначение климатического исполнения и категории размещения;

Х - номинальное напряжение цепей питания привода, В.

Контакторы электромагнитные типа КВ-2М У2 и реверсоры типа РВ-2М У2 предназначены для управления асинхронными и синхронными электродвигателями в установках, не подверженных действию атмосферных перенапряжений.

Структура условного обозначения контактора КВ-2М-6-Х-Х У2:

КВ - контактор высоковольтный (РВ – реверсор высоковольтный);

2 - расположение привода - параллельное полюсам;

М - модернизированный;

6 - номинальное рабочее напряжение, кВ;

Х - номинальный ток, А;

Х - номинальный ток отключения, кА;

У2 - климатическое исполнение и категория размещения.

Основные технические данные высоковольтных контакторов приведены в таблице 5.16.

Таблица 5.16

Технические данные высоковольтных контакторов

Параметры	Тип исполнения контакторов				
	КВ-2М-6-040-0,7 У2 КВ-2М-6-032-0,7 У2	КВ-2М-6-160-1,0 У2 КВ-2М-6-063-1,0 У2	КВ-2М-6-160-1,5 У2 КВ-2М-6-100-1,5 У2	КВ-2М-6-250-3,9 У2 КВ-2М-6-160-3,9 У2	КВ-2М-6-400-3,9 У2 КВ-2М-6-250-3,9 У2
	Тип исполнения реверсоров				
	РВ-2М-6-040-0,7 У2 РВ-2М-6-032-0,7 У2	РВ-2М-6-160-1,0 У2 РВ-2М-6-063-1,0 У2	РВ-2М-6-160-1,5 У2 РВ-2М-6-100-1,5 У2	РВ-2М-6-250-3,9 У2 РВ-2М-6-160-3,9 У2	РВ-2М-6-400-3,9 У2 РВ-2М-6-250-3,9 У2
Номинальное напряжение, кВ	6	6	6	6	6
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Номинальный ток, А:					
частотой 50 Гц	40	100	160	250	400
частотой 60 Гц	32	63	100	160	250
Номинальный ток отключения, кА	0,7	1,0	1,5	3,9	3,9
Включающая способность, кА	1,5	1,5	1,5	3,9	3,9
Ток электродинамической стойкости (амплитудное значение), кА	4,0	5,5	6,0	8,0	8,0
Ток термической стойкости 4-секундный (действующее значение), кА	2,0	2,0	2,0	3,9	3,9
Число витков катушки магнитного дутья	23	10	7	4	3
Частота включений, ч, не более	300	300	300	300	300
Режим работы	Прерывисто-продолжительный или повторно-кратковременный				
Масса, кг, не более:					
контактора	100	100	100	115	115
реверсора	585	585	585	620	620

5.11. Трансформаторы напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до значения 100 или $100/\sqrt{3}$ В, необходимого для питания измерительных приборов и защитных устройств, цепей автоматики и сигнализации.

Типовое обозначение трансформаторов напряжения расшифровывается следующим образом:

НОС – трансформатор напряжения однофазный, сухой;

НОСК – трансформатор напряжения однофазный, сухой, для комплектных распределительных устройств;

НТС – трансформатор напряжения трехфазный, с естественным охлаждением;

НОМ – трансформатор напряжения однофазный, масляный;

ЗНОМ – с заземленным выводом первичной обмотки, трансформатор напряжения однофазный, масляный;

НТМК – трансформатор напряжения трехфазный, масляный, с компенсирующей обмоткой для уменьшения угловой погрешности;

НТМИ – трансформатор напряжения трехфазный, масляный, с дополнительной вторичной обмоткой (для контроля изоляции сети);

ЗНОЛ – с заземленным выводом первичной обмотки, трансформатор напряжения однофазный, с литой изоляцией;

НКФ – трансформатор напряжения каскадный в фарфоровой покрышке.

Основные технические характеристики трансформаторов напряжения приведены в таблице 5.17, а сведения об их замене – в таблице 5.18.

Таблица 5.17

Технические данные трансформаторов напряжения

Тип	Номинальное напряжение обмоток, кВ			Номинальная мощность, ВА, для классов точности				Максимальная мощность, ВА	$u_к$*, %
	ВН	НН (основной)	НН (дополни-тельной)	0,2	0,5	1	3		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
НОС-0,5	0,38	0,1	–	–	25	50	100	200	4,4
НОС-0,5	0,5	0,1	–	–	25	50	100	200	4,2
НОМ-6	3	0,1	–	–	30	50	150	240	3,58
НОМ-6	6	0,1	–	–	50	75	200	400	6,15
НОМ-10	10	0,1	–	–	75	150	300	640	6,4
НОМ-15	13,8	0,1	–	–	75	150	300	640	3,6
НОМ-15	15,75	0,1	–	–	75	150	300	640	4,63
НОМ-15	18	0,1	–	–	75	150	300	640	4,5

окончание таблицы 5.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

НОМ-35	35	0,1	–	–	150	250	600	1200	3,87
НОЛ .08-6	6	0,1	–	30	50	75	200	400	3,47
НОЛ.08-10	10	0,1	–	50	75	150	300	640	4,95
НТС-0,5	0,38	0,1	–	–	50	75	200	400	3,76
НТС-0,5	0,5	0,1	–	–	50	75	200	400	3,76
НТМК-6-48	3	0,1	–	–	50	75	200	400	2,98
НТМК-6-48	6	0,1	–	–	75	150	300	640	3,92
НТМК-10	10	0,1	–	–	120	200	500	960	3,07
НТМИ-6	3	0,1	0,1/3	–	50	75	200	400	3,01
НТМИ-6	6	0,1	0,1/3	–	75	150	300	640	5,23
НТМИ-10	10	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	5
НТМИ-18	13,8	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,08
НТМИ-18	15,75	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,32
НТМИ-18	18	0,1	0,1/3	–	120	200	500	960	4,32
ЗНОЛ.09-6	6/√3	0,1/√3	0,1/3**	30	50	75	200	400	3,55
ЗНОЛ.09-10	10/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	4,8
ЗНОЛ.06-6	6/√3	0,1/√3	0,1/3**	30	50	75	200	400	3,55
ЗНОЛ.06-10	10/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	4,8
ЗНОЛ .06-15	13,8/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,12
ЗНОЛ.06-15	15,75/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,12
ЗНОЛ.06-20	18/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,02
ЗНОЛ.06-20	20/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,02
ЗНОЛ.06-24	24/√3	0,1/√3	0,1/3**	50	75	150	300	640	5,03
ЗНОМ-15-72	6/√3	0,1/√3	0,1/3	–	50	75	200	400	3,42
ЗНОМ-15- 2	10/√3	0,1/√3	0,1/3	–	75	150	300	640	4,63
ЗНОМ-15-72	13,8/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	4,57
ЗНОМ-15-72	15,75/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	5,1
ЗНОМ-20	18/√3	0,1/√3	0,1/3	60	90	150	300	640	5,6
ЗНОМ-20	20/√3	0,1/√3	0,1/3	–	75	150	300	640	5,25
ЗНОМ-24	24/√3	0,1/√3	0,1/3	–	150	250	600	980	4,4
ЗНОМ-35-65	35/√3	0,1/√3	0,1/3	–	150	250	600	1200	6
НКФ-110-57	110/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	4,05
НКФ-110-58***	66/√3	0,1/√3	0,1/3	–	400	600	1200	2000	3,55
НКФ-110-58***	110/√3	0,1/√3	0,1/3	–	400	600	1200	2000	4,43
НКФ-220-58	150/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	3,83
НКФ-220-58	220/√3	0,1/√3	0,1	–	400	600	1200	2000	4,13

* приведены значения $u_к$ % между обмотками ВН и НН (основной, отнесенные к максимальной мощности);

** может быть выполнена на 0,1 кВ (например, для использования в цепях управления возбуждением генераторов);

*** предназначены для сетей с изолированной нейтралью.

Примечание. Мощность, указанная для трансформаторов напряжения типов ЗНОЛ, ЗНОМ и НКФ, является суммарной мощностью основной и дополнительной вторичных обмоток.

Таблица 5.18

Сведения о замене трансформаторов напряжения

Типы заменяемых трансформаторов	Замена (технические данные в табл.5.19)
НОМ-6	НОЛ.08-6
НОМ-10	НОЛ.08-10
НТМК-6, НТМИ-6, НАМИ-6, НАМИТ-6	3×ЗНОЛ.06-6
НТМК-10, НТМИ-10, НАМИ-10, НАМИТ-10	3×ЗНОЛ.06-10
ЗНОМ-15	ЗНОЛ.06-15
ЗНОМ-20	ЗНОЛ.06-20
ЗНОМ-24	ЗНОЛ.06-24
ЗНОМ-35	ЗНОЛ-35

Таблица 5.19

Трансформаторы напряжения, класс точности 0,2-3

Тип	Напряжения обмоток		
	первичной, кВ	вторичной, В	дополнительной, В
НОЛ.08	от 3 до 11	100	–
НОЛ.11	6	100; 127	–
НОЛ.12	от 0,38 до 10	100; 127	–
ЗНОЛ.06	от $3/\sqrt{3}$ до $24/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100; 100/3
ЗНОЛЭ-35	$35/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3
ЗНОЛ-35УХЛ1	27,5	100	127
ЗНИОЛ-6(10) измерительный	6; 10	100	–
НАМИТ-10-2 антирезонансный	6; 10	100	100

5.12. Трансформаторы тока

Трансформаторы тока предназначены для понижения первичного тока до стандартной величины и для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Структура условного обозначения трансформаторов тока дана на рис.5.6. В таблицах 5.22–5.25 приведены технические данные трансформаторов тока внутренней и наружной установки, а в таблице 5.26 сведения о замене некоторых из них.

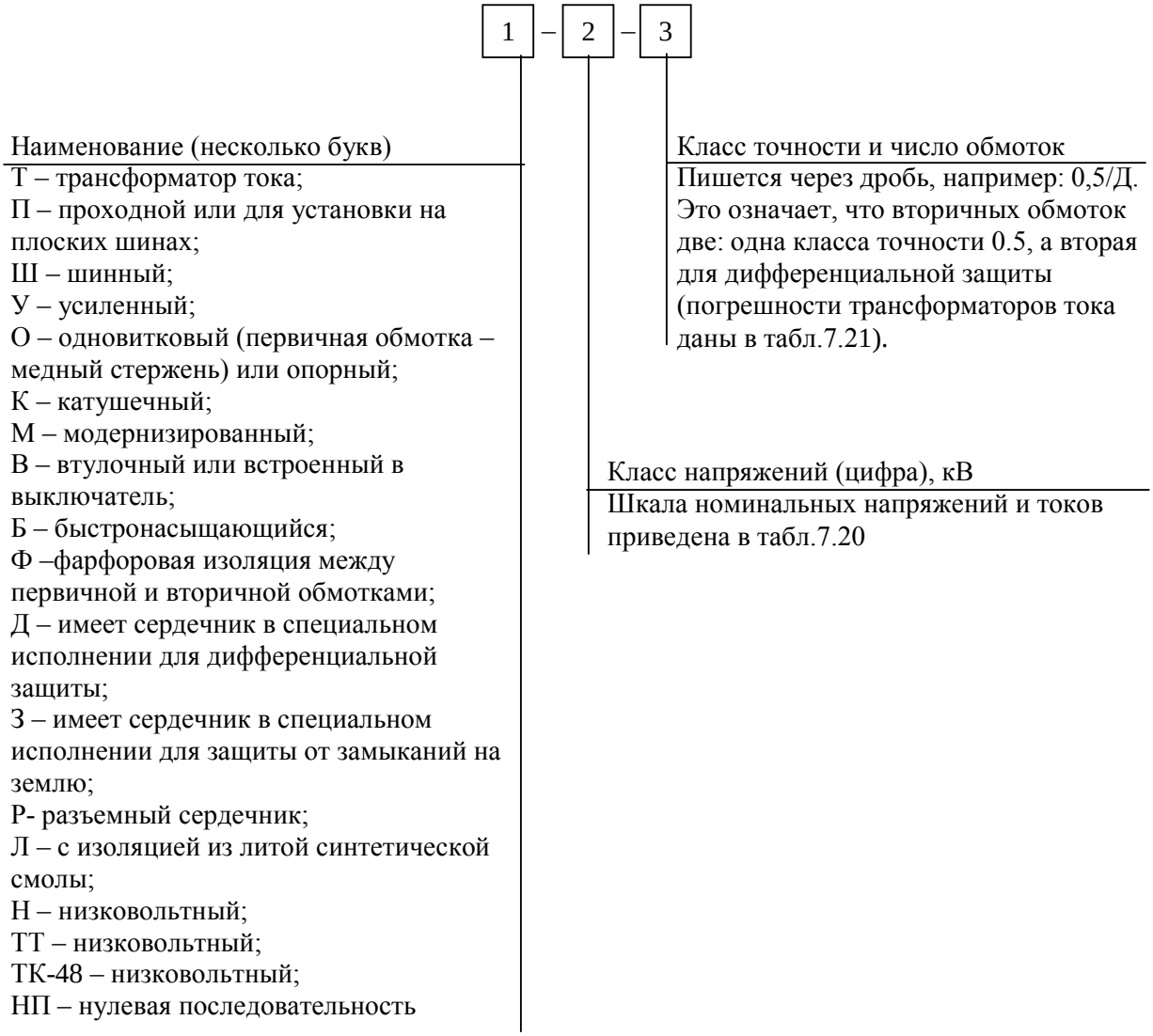


Рис. 5.6. Структура условного обозначения трансформаторов тока

Таблица 5.20

Основные номинальные параметры трансформаторов тока

Параметр	Номинальное значение
Номинальное напряжение (линейное) $U_{ном}$, кВ	0.66; 3; 6; 10; 15*; 20; 24; 27; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750
Номинальный первичный ток ** $I_{1ном}$, А	1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 14000; 16000; 18000; 20000; 25000; 28000; 30000; 32000; 35000; 40000
Номинальный вторичный ток $I_{2ном}$, А	1, 2***; 2.5***; 5
Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности $\cos\varphi_2$=0.8, ВА	2.5; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100
Номинальный класс точности для измерений	0,2; 0,5; 1; 3; 5; 10****
Номинальный класс точности для защиты	5Р; 10Р

Примечания к табл. 5.20:

* для существующих установок и генераторов с $U_{ном}$ = 15,75 кВ;
** для встроенных трансформаторов тока, начиная от 75 А и выше; для трансформаторов тока, предназначенных для комплектации турбо- и гидрогенераторов, значения свыше 10000 А являются рекомендуемыми;
*** допускаются по согласованию с потребителем;
**** только для встроенных трансформаторов тока.

Таблица 5.21

Предельные значения погрешности трансформаторов тока для различных классов точности

Класс точности	Первичный ток, % номинального	Предельное значение погрешности			Пределы вторичной нагрузки, % номинальной, при $\cos\varphi_2$=0,8
		токовой, %	угловой		
			мин	10^{-2} рад	
0,2	5 10 20 100-120	± 0,75 ± 0,50 ± 0,25 ± 0,20	± 30 ± 20 ± 15 ± 10	± 0,9 ± 0,6 ± 0,45 ± 0,3	25-100
0,5	5 10 20 100-120	± 1,5 ± 1,0 ± 0,75 ± 0,5	± 90 ± 60 ± 45 ± 30	± 2,7 ± 1,8 ± 1,35 ± 0,9	25-100
1,0	5 10 20 100-120	± 3,0 ± 2,0 ± 1,5 ± 1,0	± 180 ± 120 ± 90 ± 60	± 5,4 ± 3,6 ± 2,7 ± 1,8	25-100
3 5 10	50-120 50-120 50-120	± 3,0 ± 5,0 ± 10	не нормируется		50-100 50-100 50-100

Таблица 5.22

Трансформаторы тока (кабельные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6-10 кВ

Тип	Число охватываемых кабелей	Наружный диаметр кабеля, мм	Цепь подмагничивания		Вторичная цепь		ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, не более, мВ	
			$U_{ном}$ В	$S_{потр}$, В А	Z, Ом	S получ. при 1 А, В А	от подмагничивания	от несимметричности при номинальной нагрузке
ТНП-2	1-2	50	110	20	10	0,00625	150	17
ТНП-4	3-4			45				
ТНП-7	5-7			50		0,00344		14
ТНП-12	8-12	60		70				

Таблица 5.23

Трансформаторы тока (шинные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6-10 кВ

Тип	Длительно допустимый ток при температуре воздуха 40 °С, А	Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Наибольший ударный ток КЗ, кА	Потребляемая мощность цепи подмагничивания 110В, ВА	ЭДС небаланса во второй вторичной цепи, мВ	
					от подмагничивания	от несимметрии первичных токов
ТНП-Ш1	1750	24	165	20	100	60
ТНП-Ш2	3000	48		25		85
ТНП-Ш3	4500	72		30		100
ТНП-Ш3У	7500	90	180	35		150

Таблица 5.24

Технические данные трансформаторов тока внутренней установки

Тип трансформатора	Варианты исполнения **	Номинальный первичный ток, А	Трехсекундная термическая стойкость или кратность	Электродинамическая стойкость или кратность	Номинальная вторичная нагрузка, ВА		Номинальная предельная кратность защитной обмотки	Масса, кг
					измерительной обмотки	защитной обмотки		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
ТЛМ-6	1/10Р 0,5/ 10Р	300; 400; 600; 800; 1000; 1500	33*	125*	10	15	20	27
ТОЛК-6	1; 10Р	50 80 100; 150; 200 300; 400; 600	40 40 4,6* 11*	340 340 26* –	30 30 30 –	30 30 30 –	5,5	11,3
ТВЛМ-6	1; 10Р	10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400	20 20	350 52*	15	15	4,5	4,5
ТПЛ-10	10Р; 0,5/10Р; 10/10Р; 10/10Р	30; 50; 75; 100; 150 200 300 400	45 – 45 35	250 – 175 165	10	15	13	10-19
ТПЛУ-10	10Р; 0,5/10Р; 10Р/10Р	30; 50; 75; 100	60	250	10	15	13	10-19

продолжение табл. 5.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТПОЛ-10	0,5/10Р	600; 800 1000 1500	32 27 18	81 69 45	10	15	19; 23 20 25	18
ТЛ-10	0,5/10Р	50; 100; 150; 200; 400 600; 800; 1000 1500; 2000; 3000	50 50 40* 40*	51* 128* 128* 128*	10 20	15 30	15 17 17 15;20;15	47
ТЛМ-10	0,5/10Р	50; 100; 150 200 300; 400 600; 800 1000; 1500	50 50 18,4* 23* 26*	350 260 100* 100* 100*	10	15	15	27
ТОЛ-10	0,5/10Р	50	50	350	10	15	10	25
ТОЛ-10	10/10Р	100; 150; 200 300; 400 600; 800 1000; 1500	50 18,4* 23* 36*	52* 100* 100* 100*	10	15	10	25
ТПЛК-10	0,5/10Р 10Р/10Р	10; 15; 30; 60; 100 150; 200; 300; 400 600; 800 1000; 1500	47	250 74,5* 74,5* 74,5*	10	15	12 17 20 20	47
ТПОЛ-20	1/10Р, 10Р/10Р 0,5/10Р 10Р/10Р	400 600 800; 1000 1500	40	100* 120*	20	15 20 30; 50 50	13 18 24 26	43
ТПОЛ-35	1/10Р 0,5/10Р 10Р/10Р	400 600 800; 1000 1500	40 35	100*	20	15 20 30; 50 50	13 18 24 26	55
ТЛЛ-35	0,1	5;10; 15; 20; 30; 40;50; 75; 100; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000; 3000	4	10	15	–	–	86
ТШЛ-10	0,5/10Р/ 10Р/10Р	2000; 3000; 4000; 5000	35	–	20	30	25	49
ТЛШ-10	0,5/10Р	2000; 3000	42*	81*	20	30	–	26
ТШВ-15	0,2/10Р	6000; 8000	20	–	30	30	15 504-93	50-93
ТШЛО-20	10Р	400	19	200	–	20	15 23	23
ТШ-20 \	0,2; 10Р	8000; 10000; 12000	160*	–	30	30	9 414-49	41-49
ТШ-24	0,2; 10Р	20000	–	–	100	100	8 105	105

окончание табл. 5.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТШВ-24	0,2; 10Р	24000; 30000	6	–	100	100	5; 6	106;

								115
ТВГ-24	0,5/10Р/ 10Р 10Р/10Р	6000 10000; 12000; 15000	–	–	30	30 40	6 4	–
ТВ-10	0,5	6000	40	–	20	–	3	14
ТВТ-10	0,5	5000; 6000; 12 000	28	–	30	–	10;12; 24	5;16;78
ТВ-35	0,5; 1; 10Р	200; 300; 600; 1500; 2000;3000	8-200*	–	10-40	10-40	2-30	15-35
ТВТ-35	0,5; 1; 10Р	200; 300; 600; 1000; 3000; 4000	28	–	10-40	15-40	5-24	I6-80
ТВ-110	0,5; 1; 10Р	200; 300; 600; 1000;2000	20- 125*	–	10-50	10- 60	5-50	96-103
ТВТ-110	1; 10Р	300; 600; 1 000; 2000	25	–	30-50	10-50	12-24	42-122
ТВТ- 1 50	0,5; 1; 10Р	600; 1 000; 2000	25	–	10 -60	10-40	22	212- 220
ТВ-220	0,5; 1; 10Р	600; 1000; 2000;3000	63-250*	–	10-50	10-50	10-50	143- 157
ТВТ-220	0,5; 1; 10Р	600; 1000; 2000; 4000	25	–	30-100	30-60	24	145- 155

* термическая и электродинамическая стойкость приведены в килоамперах;

** трансформаторы тока, исполнение которых обозначено дробно (например, 1/10Р) имеют один трансформатор класса 1 и второй класса 10Р.

Таблица 5.25

Технические данные трансформаторов тока наружной установки

Тип трансформатора	Варианты исполнения	Номинальный первичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка, ВА		Номинальная предельная кратность при номинальной нагрузке	Трехсекундная термическая стойкость или кратность	Электродинамическая стойкость или кратность	Масса кг
			измерительной обмотки	защитной обмотки				
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
ТФЗМ35А	0,5/10Р	15-600 800-1000	50	20	28	30	200 130	250
ТФЗМ35Б-I	0,5/10Р	15-600 800-1000 1500-2000	30	30	20	50 35 35	200 130 70	350

окончание табл. 5.25

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
ТФЗМ35Б-II	0,5/10Р/10Р	500-1000 2000; 3000	– 30	– 50	– 18	49 57*	125* 145*	430

ТФЗМ110Б-II	0,5/10Р/10Р	750/1500**; 1000/2000	20	20	30	34	100	840
ТФЗМ150А, Б-I	0,5/10Р/10Р/10Р	600/1200	40	50	15	23	87	1060
ТФЗМ150Б-II	0,5/10Р/10Р/10Р	1000/2000	30	50	30;25;25	41,6	1 13	1165
ТФЗМ220Б-III	0,5/10Р/10Р/10Р	300/600/1200	30	50;50;30	15;15; 10	39,2	83	2260
ТФЗМ220Б-IV	0,5/10Р/10Р/10Р	500/1000/2000	30	50;50;30	25;25; 20	39,2	50	2380

* термическая и электродинамическая стойкость приведены в килоамперах;
** если номинальный первичный ток указан в виде двух или трех цифр через косую черту (например, 1000/2000), то это означает, что трансформатор тока имеет переключаемый первичный ток 1000 и 2000 А.

Таблица 5.26

Сведения о замене трансформаторов тока

Типы заменяемых трансформаторов	Замена (технические данные в таблице 5.27)
ТПЛ-10, ТВК-10, ТЛК-10, ТЛМ-10, ТВЛМ-10, ТПЛМ-10, ТОЛ-10, ТВЛ-10	ТОЛ10-1
ТПФ-10, ТПФМ-10, ТПОФ-10, ТПОФД-10	ТПОЛ-10
ТВЛМ-6	ТОЛК6
ТПШЛ-10	ТЛШ-10
ТПОЛ-20	ТПЛ20
ТФЗМ-35	ТОЛ35

Таблица 5.27

Трансформаторы тока, класс точности 0,5

Тип	Класс напряжения, кВ	Номинальный первичный ток, А
ТОЛ10	10	300÷1500
ТОЛ10-1	10	5÷1500
ТОЛ35Б-I	35	15÷1000
ТОЛ35Б-II	35	15÷2000
ТОЛ35Б-III	35	500÷3000
ТПОЛ10	10	20÷1500
ТЛШ10	10	2000÷5000
ТШЛ10	10	2000÷5000
ТОЛК	6, 10	50÷600
ТПЛ	20,35	300÷1500
ТШЛП10	10	1000, 2000
ТШЛ20	20	6000÷10000
ТЛК10	10	30÷1500

5.13. Токоограничивающие реакторы

Токоограничивающие реакторы служат для ограничения тока короткого замыкания и (или) скорости его нарастания, а также позволяют поддерживать определенный уровень напряжения при повреждении за реактором.

Бетонные воздушные реакторы применяют на 6 и 10 кВ, выполняют с

медными типа РБ и алюминиевыми обмотками типов РБА, РБАМ (с малыми потерями), РБАС (сдвоенный реактор). На напряжение 35 кВ и выше применяют масляные реакторы: трехфазные РТМТ, однофазные РОДЦ и ТОРМ.

Сдвоенные реакторы отличаются от одинарных бетонных наличием вывода от середины обмотки. Средний вывод рассчитан на двойной ток, обе ветви и крайние выводы выполняются на одинаковые номинальные токи и индуктивности $L_{0,5}$. Обычно потребителей подключают к крайним выводам, источник питания – к среднему.

Технические данные одинарных бетонных реакторов даны в таблице 5.28, характеристики реакторов других типов в [5].

Таблица 5.28

Одинарные бетонные реакторы

Тип	Номинальное индуктивное сопротивление, Ом	Номинальные потери на фазу, кВт	Длительно допустимый ток при естественном охлаждении, А	Устойчивость динамическая, кА	Наружный диаметр по бетону, мм	Высота комплекта при установке, мм			Масса фазы, кг
						вертикальной	ступенчатой	горизонтальной	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
РБ, РБУ, РБГ-10-400-0,35	0,35	1,6	400	25	1430	2870	1930	945	880
РБ, РБУ, РБГ-10-400-0,45	0,45	1,9	400	25	1440	3450	2315	1135	880
РБ, РБУ, РБГ-10-630-0,25	0,25	2,5	630	40	1350	3345	2215	1040	930
РБ, РБУ-10-630-0,40	0,4	3,2	630	32	1410	3435	2260	–	1160
РБГ-10-630-0,40	0,4	3,2	630	33	1410	–	–	1040	1020
РБ, РБУ-10-630-0,56	0,56	4,0	630	24	1710	3345	2215	1040	1130
РБ, РБУ, РБГ-10-1000-0,14	0,14	3,5	1000	63	1370	3660	2395	1040	1120
РБ, РБУ-10-1000-0,22	0,22	4,4	1000	49	1490	3765	2495	–	1340

окончание табл. 5.28

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
РБ, РБУ-10-1000-0,22; РБГ-10-1000-0,22	0,22	4,4	1000	55	1490	–	–	1135	1190
РБ, РБУ, РБГ-10-1000-0,28	0,28	5,2	1000	45	1530	4050	2685	1230	1490
РБ, РБУ, РБГ-10-1000-0,35	0,35	5,9	1000	37	1590	3675	2450	1135	1660

РБ, РБУ, РБГ-10-1000-0,45	0,45	6,6	1000	29	1730	3645	2460	1140	1560
РБ, РБУ, РБГ-10-1000-0,56	0,56	7,8	1000	24	1750	3780	2550	1230	1670
РБ, РБУ-10-1600-0,14	0,14	6,1	1600	66	1510	4335	2875	–	1770
РБГ-10-1600-0,14	0,14	6,1	1600	79	1510	–	–	1325	1610
РБ, РБУ-10-1600-0,2	0,20	7,5	1600	52	1665	4050	2885	–	2040
РБГ-10-1600-0,2	0,20	7,5	1600	60	1665	–	–	1230	1830
РБ, РБУ, РБГ-10-1600-0,25	0,25	8,5	1600	49	1910	4140	2730	1230	2230
РБ, РБУ, РБГ-10-1600-0,35	0,35	11,0	1600	37	1905	3960	2685	1220	2530
РБД, РБДУ-10-2500-0,14	0,14	11,0	2150	66	1955	4185	2775	–	2380
РБГ-10-2500-0,14	0,14	11,0	2500	79	1955	–	–	1230	2070
РБД, РБДУ-10-2500-0,2	0,20	14,0	2150	52	1925	4335	2920	–	2460
РБГ-10-2500-0,2	0,2	14	2500	60	1925	–	–	1280	2180
РБДГ-10-2500-0,25	0,25	16,1	2150	49	2145	–	–	1180	2740
РБДГ-10-2500-0,35	0,35	20,5	2000	37	2220	–	–	1230	3040
РБДГ-10-4000-0,105*	0,105	18,5	3750	97	2082	–	–	1170	2160
РБДГ-10-4000-0,18*	0,18	27,7	3200	65	2140	–	–	1370	2890

* с секционной схемой обмотки

Примечание. В типе реактора: Р – реактор; Б – бетонный; Д – принудительное охлаждение с дутьем (отсутствие буквы Д означает естественное охлаждение); У – ступенчатая установка фаз; Г – горизонтальная установка фаз (отсутствие буквы У или Г означает вертикальную установку фаз); первое число – номинальное напряжение, кВ; второе число – номинальный ток, А; третье число – номинальное индуктивное сопротивление, Ом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. –М.: Энергоатомиздат, 1991. – 406с. (Электроустановки промышленных предприятий / Под ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.1: Электроснабжение. –М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общей ред. А.А. Федорова. Т.2: Электрооборудование. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 486с.
4. Григорьев В.В., Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий. –М.: Энергоатомиздат, 2002. – 142с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций / Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. –М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608с.
6. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры / Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536с.
7. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. –6-ое изд. –М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607с.
8. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. –М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592с.
9. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. –М.: Энергоатомиздат, 1981. – 408с.
10. Аппараты распредустройств низкого напряжения: Справочник / ч.I. Вып. 1 и 2. Автоматические выключатели до и свыше 630 А. –М.: Патент, 1992. – 308с.
11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528с.
12. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. –М.: Энергия, 1970. – 581с.
13. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. –М.: Мир, 2003. – 283с.
14. Мельников М.А. Внутризаводское электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 159с.
15. Грейсух М.В., Лазарев С.С. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий. –М.: Энергия, 1977. – 312с.
16. Мельников М.А. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 143с.

17. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336с.
18. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ... 3
1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ... 5
1.1. Методы расчета ... 5
1.2. Коэффициенты спроса, использования и максимума ... 10
1.3. Осветительная нагрузка ... 18
1.4. Графики электрических нагрузок ... 18
1.5. Показатели, характеризующие графики нагрузок ... 25
2. ВНУТРИЦЕХОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ... 27
2.1. Общая классификация сред и помещений ... 27
2.2. Электропроводки ... 32
2.3. Кабельные линии ... 47
2.4. Комплектные шинопроводы ... 58
3. ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА, ШИНЫ И КАБЕЛИ ... 62
3.1. Длительно допустимые токовые нагрузки на неизолированные провода и шины ... 62
3.2. Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели и провода с резиновой и пластмассовой изоляцией ... 65
3.3. Длительно допустимые токовые нагрузки на силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией ... 67
3.4. Перегрузочная способность кабельных линий ... 71
3.5. Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды ... 72
3.6. Экономическая плотность тока ... 72
4. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕС КИХ СЕТЕЙ ... 74
4.1. Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 6/10 кВ ... 74
4.2. Комплектные распределительные устройства напряжением до 1000 В ... 77
4.3. Коммутационные и защитные аппараты напряжением до 1000 В ... 90
4.3.1. Предохранители ... 90
4.3.2. Автоматические выключатели ... 92
4.3.3. Контакторы и магнитные пускатели ... 108
4.4. Трансформаторы тока низковольтные ... 116
5. ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ... 120
5.1. Силовые трансформаторы ... 120
5.2. Выключатели высокого напряжения ... 126
5.3. Выключатели нагрузки ... 135
5.4. Плавкие предохранители напряжением 6/10 кВ ... 136
5.5. Разъединители ... 141
5.6. Короткозамыкатели ... 143
5.7. Отделители ... 144
5.8. Ограничители перенапряжения ... 145
5.9. Разрядники ... 147
5.10. Контакторы высокого напряжения ... 150
5.11. Трансформаторы напряжения ... 152
5.12. Трансформаторы тока ... 154
5.13. Токоограничивающие реакторы ... 160
ЛИТЕРАТУРА ... 163
СОДЕРЖАНИЕ ... 165