

В.П. Шеховцов

Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению

*Допущено Министерством образования
Российской Федерации для студентов
учреждений среднего профессионального образования,
обучающихся по специальности 1806
Техническая эксплуатация и обслуживание
электрического и электромеханического оборудования*

**Москва
ФОРУМ — ИНФРА-М
2006**

УДК 656.1(075.32)
ББК 39.808я723
Ш 54

Рецензенты:

к.т.н., доцент института атомной энергетики, преподаватель
электротехнических дисциплин *Кузиков В.С.*;
зам. директора ОПТ по УВР, преподаватель
электротехнических дисциплин *Рыдкий А.В.*

Шеховцов В.П.

Ш54 Справочное пособие по электрооборудованию и электро-
снабжению — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. — 136 с. — (Про-
фессиональное образование).

ISBN 5-91134-047-X (ФОРУМ)

ISBN 5-16-002743-2 (ИНФРА-М)

Справочник представляет собой собрание основных технических
данных ЭО и элементов ЭСН, используемых студентами при выполнении
расчетно-практических заданий, КП и ДП.

В основе изложенного материала лежит цеховое ЭО и ЭСН.

Разработка справочника выполнена на уровне последних современных
данных. Справочное пособие предназначено учащимся техникумов, колледжей.

ISBN 5-91134-047-X (ФОРУМ)

© Шеховцов В.П., 2006

ISBN 5-16-002743-2 (ИНФРА-М)

© «Форум», 2006

Корректор *ВТ. Овсянникова*

Компьютерная верстка *С. Ч. Соколовского*

Дизайн обложки *Рихарда Остроумова*

Сдано в набор 06.04.2006. Подписано в печать 30.05.2006.

Формат 60 x 88V¹⁶. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 8,33.

Уч.-изд. л. 7,73. Гарнитура Тайме. Тираж 4000 экз. Заказ № 6429.

Издательство «ФОРУМ»

101831, Москва-Центр, Колпачный пер., 9а

Тел./факс: (495) 625-32-07, 625-39-27

E-mail: mail@foram-books.ru

Л Р № 070824 от 21.01.93

Издательский Дом «ИНФРА-М»

127282, Москва, Полярная, 31в

Тел.: (495) 380-05-40, 380-05-43

Факс: (495) 363-92-12

E-mail: books@infra-m.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ОАО ордена «Знак Почета» «Смоленская областная
типография им. В. И. Смирнова». 214000, г. Смоленск, пр-т им. Ю. Гагарина, 2.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Асинхронные машины	5
1.1. Асинхронные двигатели серии 4А	12
Таблица 1.1. Технические данные	13
1.2. АД серии 4АР с повышенным пусковым моментом.	17
Таблица 1.2. Технические данные	17
1.3. АД серии 4АС с повышенным скольжением	19
Таблица 1.3. Технические данные	19
1.4. АД серии 4А...НЛБ лифтовые	21
Таблица 1.4. Технические данные	22
1.5. АД серии 4АК, 4АНК с фазным ротором	23
Таблица 1.5. Технические данные	23
1.6. АД серии АИ общего назначения	26
Таблица 1.6. Технические данные	27
1.7. Краново-металлургические АД серии МТ и 4МТ	30
Таблица 1.7. Технические данные	31
1.8. Основные формулы	33
2. Аппараты защиты	35
2.1. Автоматические выключатели ВА	37
Таблица 2.1. Технические данные	39
2.2. Автоматические выключатели АЗ7	42
Таблица 2.2. Технические данные	43
2.3. Автоматические выключатели АЕ20	46
Таблица 2.3. Технические данные	46
2.4. Предохранители плавкие ПР, ПН, НПП	47
Таблица 2.4. Технические данные	48
2.5. Тепловые реле РТЛ	49
Таблица 2.5. Технические данные	49
2.6. Основные понятия и рекомендации	51
Таблица 2.6. Расчетные зависимости	53
3. Кабели, провода и шнуры	55
3.1. Силовые кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией ..	56
Таблица 3.1. Технические данные	60
3.2. Провода	63

Таблица 3.2. Технические данные	67
3.3. Шнуры	74
Таблица 3.3. Технические данные	76
3.4. Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией ..	77
Таблица 3.4. Технические данные	78
4. Распределительные устройства	81
4.1. Распределительные пункты ПР85	82
Таблица 4.1. Технические данные	88
4.2. Шинопроводы переменного тока	92
Таблица 4.2. Технические данные	95
4.3. Рекомендации по выбору РУ	97
5. Силовые трансформаторы и комплектные трансформаторные подстанции	101
5.1. Трансформаторы класса 6+10 кВ	102
Таблица 5.1. Технические данные	106
5.2. Комплектные трансформаторные подстанции	109
Таблица 5.2. Технические данные	112
5.3. Рекомендации по выбору трансформаторов и КТП	112
6. Компенсирующие устройства	116
6.1. Конденсаторы и конденсаторные установки	118
Таблица 6.1. Технические данные	123
6.2. Синхронные двигатели	124
6.3. Рекомендации по выбору и установке ККУ	126
Приложение А (справочное) Аппараты защиты в сетях НН нового исполнения	129
Литература	136

1. Асинхронные машины

Преобразование электрической энергии в механическую происходит при асинхронном вращении ротора и магнитного поля.

Разность частот вращения поля статора (n_c) и ротора (n_p), выраженная в относительных единицах или %, называется **скольжением** (S).

$$S = \frac{n_c - n_p}{n_c}; \quad S = \frac{n_c - n_p}{n_p} \cdot 100 \%$$

Величина и знак скольжения определяют режим работы асинхронной машины. (Рис. 1.1).

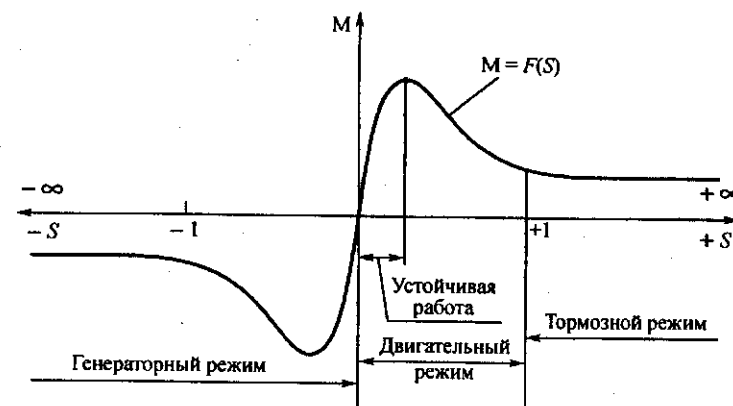


Рис. 1.1. Механическая характеристика асинхронной машины

В подавляющем большинстве асинхронные машины работают в двигателном режиме ($S = 0 \div 1$).

Для оценки и сравнения пусковых свойств асинхронных двигателей (АД) моменты принято выражать в относительных единицах (Рис. 1.2) по отношению к номинальному.

$$M_* = \frac{M}{M_{ном}}; \quad M_{п*} = \frac{M_{п}}{M_{ном}}; \quad M_{мин*} = \frac{M_{мин}}{M_{ном}}; \quad M_{макс*} = \frac{M_{макс}}{M_{ном}}$$

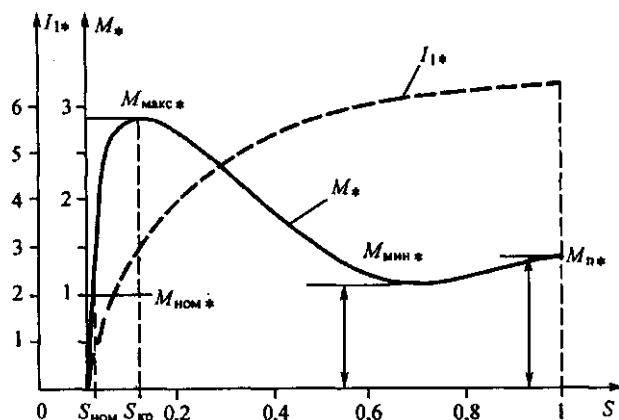


Рис. 1.2. Зависимость тока (I_1^*) и момента (M^*) АД от скольжения

Характерными точками являются:

$M_{п}$ — пусковой момент, это начальный момент, развиваемый АД непосредственно после включения в сеть при неподвижном роторе ($S=1$).

$$M_{п}^* \geq 1.$$

$M_{мин}$ — минимальный момент, определяет момент сопротивления на валу АД, который должен быть меньше этого, иначе АД не разгонится и будет работать с большим скольжением ($S=1 \div 0,6$). Такой режим работы опасен для АД, так как сопровождается большими токами обмоток.

$$M_{мин}^* = 0,85 \div 0,9.$$

$M_{макс}$ — максимальный момент, это наибольший момент, характеризующий перегрузочную способность АД.

Часто $M_{макс}$ называют критическим моментом, а соответствующее ему скольжение — критическим ($S_{кр}$). Обычно $S_{кр} = 0,07 \div 0,12$.

$M_{ном}$ — номинальный момент, это момент на валу АД, работающего при номинальном напряжении, нагрузке и скольжении.

Режим, при котором статор подключен к сети, а ротор заторможен, называется коротким замыканием АД. Поэтому при $S=1$ ток (Рис. 1.2) в несколько раз превышает номинальный, а режим

допускается в течение нескольких секунд (в начале пуска). Ввиду его кратковременности обмотка не успевает нагреться выше допустимого уровня.

Если АД не рассчитан, то подряд несколько пусков через короткое время приводят к перегреву обмоток.

Наибольший КПД (η) АД имеют при нагрузке $0,85 \div 0,9$ от номинального значения.

Если АД работает с большой недогрузкой, то уменьшается его КПД и $\cos \phi$. АД в силу ряда достоинств (относительная дешевизна, высокие энергетические показатели, простота обслуживания) являются наиболее распространенные из всего парка машин (90 %).

Они выпускаются большими сериями, наиболее значительными из которых являются машины общего назначения — серии 4А, АИ и специального назначения, например, крановые — серии МТ.

По конструкции АД делят на два типа: с фазным ротором и с короткозамкнутым ротором.

Фазные роторы имеют изолированную обмотку, соединенную в звезду (реже в треугольник), три вывода которой подключены к контактным кольцам.

Прилегающие к контактным кольцам щетки соединены с пусковым реостатом, позволяющим изменить сопротивление роторной цепи.

В начальный момент пуска между кольцами включается наибольшее сопротивление, что позволяет получить большой пусковой момент и ограничить пусковой ток двигателя.

По мере разгона сопротивление в цепи ротора уменьшается, осуществляется плавный пуск.

Подключение к кольцам регулировочного реостата позволяет изменять частоту вращения.

Однако такое регулирование снижает КПД АД из-за больших электрических потерь в резисторах.

Область применения — приводы с тяжелыми условиями пуска, требующие плавного пуска и разгона, в приводах с регулированием частоты вращения, например, у подъемных кранов.

КЗ-роторы имеют неизолированную обмотку (пазы залиты алюминием или сплавами, одновременно отливаются замыкающие кольца и вентиляционные лопасти).

подавляющее большинство АД (мощностью до нескольких сот кВт) имеют ротор короткозамкнутый.

Для увеличения пускового момента использован эффект вытеснения тока (в верхней части поперечного сечения стержня ток больше, чем в нижней).

Регулирование частоты вращения АД при $M_{\text{собр}} = \text{const}$ производится в соответствии с зависимостью:

$$n_p = \frac{60f}{p}(1-S).$$

Изменение скольжения (S) возможно увеличением сопротивления цепи ротора или потока.

Первый вариант осуществим только для АД с фазным ротором (от $S=1$ до $S=S_{\text{ном}}$), но не экономичен.

Второй вариант осуществим при изменении питающего напряжения, но только в сторону уменьшения.

Диапазон регулирования мал, так как S возрастает, но одновременно (пропорционально V^2) уменьшается перегрузочная способность АД.

По экономичности оба варианта, примерно, равноценны.

Изменение частоты питающего тока возможно с помощью тиристорных преобразователей, но стоимость высока, надежность уменьшается, габариты больше, появляется несинусоидальность.

Изменение числа полюсов статора путем переключения числа пар полюсов (p). Этот вариант наиболее распространен и дает возможность получить 2, 3 и 4 ступени регулирования, но габариты больше, плавности нет. Многоскоростные АД являются модификациями основных серий.

Введением добавочной ЭДС в цепь фазного ротора.

Источником может быть электромашинный или тиристорный преобразователь, имеющий на выходе частоту, равную частоте тока ротора ($f_2 = S \cdot f_1$) регулируемой машины.

$$\text{То есть } S = \frac{f_2}{f_1}$$

Основные режимы работы электрических машин (1, т. 1, стр. 51)

S ₁	S ₂	S ₃
Продолжительный	Кратковременный	Повторно-кратковременный
За время работы Машина нагревается до установившейся температуры. Нагрузка, условия охлаждения и потери практически неизменны.	За время работы машина не успевает нагреться до установившейся температуры, за время пауз охлаждается до температуры окружающей среды. Периоды неизменной нагрузки чередуются с периодами отключения. Длительность периодов работы: 10, 30, 60, и 90 мин. Условное обозначение режима, например, S ₂ -30 мин.	За время работы машина не успевает нагреться до установившейся температуры, за время пауз не остывает до температуры окружающей среды. Периоды неизменной нагрузки и пауз чередуются и регламентированы (определены). Продолжительность цикла — 10 мин. ПВ — продолжительность включения 15, 25, 40, 60%. Условное обозначение режима, например, S ₃ -40 %

Классы нагревостойкости электроизоляционных материалов (1, т. 1, стр. 46)

Класс	Y	A	E	B	F	H	C
T °C	90	105	120	130	155	180	Более 180

Условные обозначения климатического исполнения (1, т. 1, стр. 35):

- У — умеренный климат
- ХЛ — холодный климат
- ТВ — тропический влажный
- Т — тропический любой
- О — для всех климатических условий на суше
- М — для умеренно-холодного морского климата
- ТМ — тропический морской
- ОМ — для всех климатических условий на море
- В — для всех климатических условий на суше и на море

Условное обозначение категории размещения:

- 1 — на открытом воздухе
- 2 — на открытом воздухе или в помещении, где колебания температуры
- 3 — в закрытых помещениях с естественной вентиляцией
- 4 — в помещениях с искусственным регулированием климатических условий (отопление)
- 5 — в помещениях с повышенной влажностью

Условные обозначения степени защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями и от попадания твердых тел внутрь корпуса (1, т. 1, стр. 44):

- 0 — специальная защита отсутствует
- 1 — защита от проникновения внутрь оболочки большого участка человеческого тела (рука) и твердых тел размером более 50 мм.
- 2 — защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и от проникновения твердых тел размером более 12 мм.
- 3 — защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т. д. Диаметр или толщиной более 2,5 мм и твердых тел размером более 1 мм.
- 4 — защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм.
- 5 — проникновение пыли внутрь не предотвращено полностью, однако работа не нарушается.
- 6 — проникновение пыли предотвращено полностью.
- 10

Условные обозначения степени защиты ЭО от проникновения воды:

- 0 — защита отсутствует
- 1 — от вертикальных капель
- 2 — от наклонных до 15° капель
- 3 — от дождя при наклоне до 60°
- 4 — от брызг
- 5 — от водяных струй
- 6 — от водяных волн
- 7 — от проникновения воды при погружении
- 8 — от проникновения воды при длительном погружении

1.1. Асинхронные двигатели серии 4А

Это массовая серия АД, на базе которой разработаны различные модификации.

К электрическим модификациям относятся АД с повышенным пусковым моментом, с повышенным номинальным скольжением, многоскоростные.

К конструктивным модификациям относятся АД с фазным ротором, малозумные, со встроенными электромагнитными тормозами, со встроенной температурной защитой.

Структура обозначений

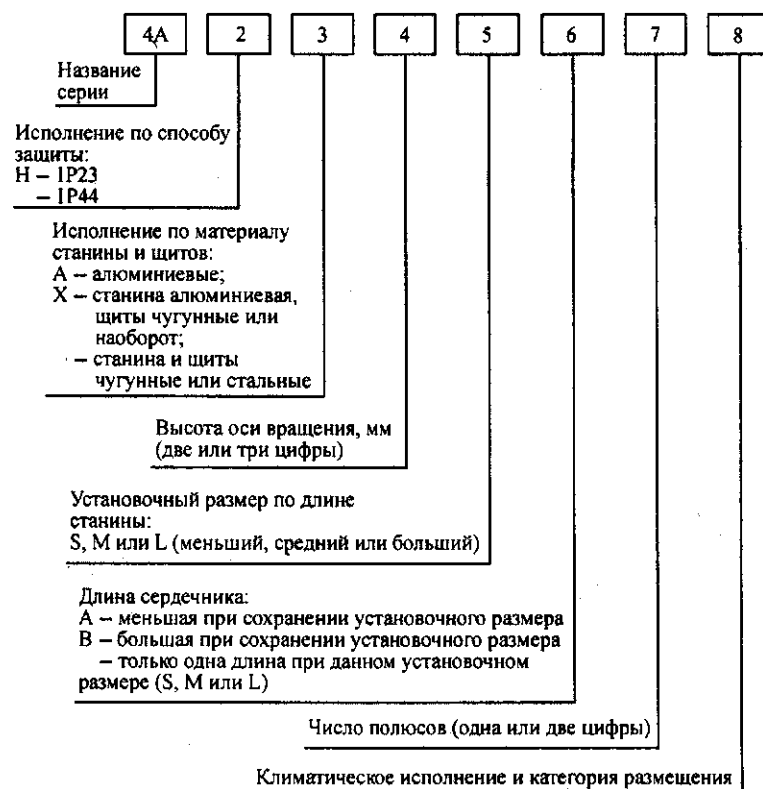


Таблица 1.1. Технические данные АД серии 4А, исполнение по степени защиты IP44 (1, т. 1, стр. 228)

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	cosφ	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{мин}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_s = 3000 \text{ об./мин.}$								
4АД 50 А2У3	0,09	8,6	60	0,7	2,2	2	1,2	5
50 В2У3	0,12	9,7	63	0,7	2,2	2	1,2	5
50 А2У3	0,18	8	66	0,76	2,2	2	1,2	5
56 В2У3	0,25	8	68	0,77	2,2	2	1,2	5
4А 63 А2У3	0,37	8,3	70	0,86	2,2	2	1,2	5
63 В2У3	0,55	8,5	73	0,86	2,2	2	1,2	5
71 А2У3	0,75	5,8	77	0,87	2,2	2	1,2	5,5
71 В2У3	1,1	6,3	77,5	0,87	2,2	2	1,2	5,5
80 А2У3	1,5	5	81	0,85	2,2	2	1,2	6,5
80 В2У3	2,2	5	83	0,87	2,2	2	1,2	6,5
90 L2У3	3	5,4	84,5	0,88	2,2	2	1,2	6,5
100 S2У3	4	4	86,5	0,89	2,2	2	1,2	7,5
100 L2У3	5,5	4	87,5	0,91	2,2	2	1,2	7,5
112 M2У3	7,5	2,6	87,5	0,88	2,2	2	1	7,5
132 M2У3	11	3,1	88	0,9	2,2	1,6	1	7,5
160 S2У3	15	2,3	88	0,91	2,2	1,4	1	7,5
160 M2У3	18,5	2,3	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5
180 S2У3	22	2	88,5	0,91	2,2	1,4	1	7,5
180 M2У3	30	1,9	90,5	0,9	2,2	1,4	1	7,5
200 M2У3	37	1,9	90	0,89	2,2	1,4	1	7,5
200 L2У3	45	1,8	91	0,9	2,2	1,4	1	7,5
225 M2У3	55	2,1	91	0,92	2,2	1,2	1	7,5
4А 250 S2У3	75	1,4	91	0,89	2,2	1,2	1	7,5
250 M2У3	90	1,4	92	0,9	2,2	1,2	1	7,5
280 S2У3	110	2	91	0,89	2,2	1,2	1	7
280 M2У3	132	2	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7
315 S2У3	160	1,9	92	0,9	1,9	1	0,9	7
315 M2У3	200	1,9	92,5	0,9	1,9	1	0,9	7
355 S2У3	250	1,9	92,5	0,9	1,9	1	0,9	7
355 M2У3	315	2	93	0,91	1,9	1	0,9	7

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_c = 1500$ об./мин.								
4AA 50 A4Y3	0,06	8,1	50	0,6	2,2	2	1,2	5
50 B4Y3	0,09	8,6	55	0,6	2,2	2	1,2	5
56 A4Y3	0,12	8	63	0,66	2,2	2	1,2	5
56 B4Y3	0,18	8,7	64	0,64	2,2	2	1,2	5
63 A4Y3	0,25	8	68	0,65	2,2	2	1,2	5
63 B4Y3	0,37	9	68	0,69	2,2	2	1,2	5
71 A4Y3	0,55	8,7	70,5	0,7	2,2	2	1,6	4,5
71 B4Y3	0,75	8,7	72	0,73	2,2	2	1,6	4,5
80 A4Y3	1,1	6,7	75	0,81	2,2	2	1,6	5
80 B4Y3	1,5	6,7	77	0,83	2,2	2	1,6	5
90 L4Y3	2,2	5,4	80	0,83	2,2	2	1,6	6
100 S4Y3	3	5,3	82	0,83	2,2	2	1,6	6,5
100 L4Y3	4	5,3	84	0,84	2,2	2	1,6	6
112 M4Y3	5,5	5	85,5	0,86	2,2	2	1,6	7
132 S4Y3	7,5	3	87,5	0,86	2,2	2	1,6	7,5
132 M4Y3	11	2,8	87,5	0,87	2,2	2	1,6	7,5
160 S4Y3	15	2,7	89	0,88	2,2	1,4	1	7
160 M4Y3	18,5	2,7	90	0,88	2,2	1,4	1	7
180 S4Y3	22	2	90	0,9	2,2	1,4	1	7
180 M4Y3	30	2	91	0,89	2,2	1,4	1	7
200 M4Y3	37	1,7	91	0,9	2,2	1,4	1	7
200 L4Y3	45	1,8	92	0,9	2,2	1,4	1	7
225 M4Y3	55	2	92,5	0,9	2,2	1,2	1	7
250 S4Y3	75	1,4	93	0,9	2,2	1,2	1	7
250 M4Y3	90	1,3	93	0,91	2,2	1,2	1	7
280 S4Y3	110	2,3	92,5	0,9	2,2	1,2	1	7
280 M4Y3	132	2,3	93	0,9	2,2	1,2	1	6,5
315 S4Y3	160	2	93,5	0,91	1,9	1	0,9	7
315 M4Y3	200	1,7	94,5	0,92	1,9	1	0,9	7
355 S4Y3	250	1,7	94,5	0,92	1,9	1	0,9	7
355 M4Y3	315	1,7	94,5	0,92	1,9	1	0,9	7
$n_c = 1000$ об./мин.								
4AA 63 A6Y3	0,18	11,5	56	0,62	2,2	2	1,2	4
63 B6Y3	0,25	10,8	59	0,62	2,2	2	1,2	4
4A 71 A6Y3	0,37	8	64,5	0,69	2,2	2	1,6	4
71 B6Y3	0,55	8	67,5	0,71	2,2	2	1,6	4
80 A6Y3	0,75	8	69	0,74	2,2	2	1,6	4

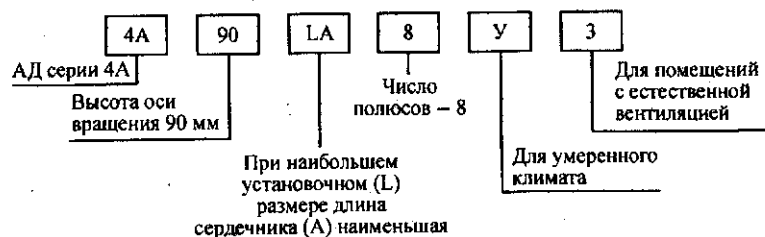
Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
90 L6Y3	1,5	6,4	75	0,74	2,2	2	1,6	5,5
100 L6Y3	2,2	5,1	81	0,73	2,2	2	1,6	5,5
112 MA6Y3	3	5,5	81	0,76	2,2	2	1,6	6
112 MA6Y3	4	5,1	82	0,81	2,2	2	1,6	6
4A 132 S6Y3	5,5	4,1	85	0,8	2,2	2	1,6	7
132 M6Y3	7,5	3,2	85,5	0,81	2,2	2	1,6	7
160 S6Y3	11	3	86	0,86	2	1,2	1	6
160 M6Y3	15	3	87,5	0,87	2	1,2	1	6
180 M6Y3	18,5	2,7	88	0,87	2	1,2	1	6
200 M6Y3	22	2,5	90	0,9	2	1,2	1	6,5
200 L6Y3	30	2,3	90,5	0,9	2	1,2	1	6,5
225 M6Y3	37	2	91	0,89	2	1,2	1	6,5
250 S6Y3	45	1,5	91,5	0,89	2	1,2	1	7
250 M6Y3	55	1,5	92	0,89	2	1,2	1	7
280 S6Y3	75	2	92	0,89	1,9	1,2	1	7
280 M6Y3	90	2	92,5	0,89	1,9	1,2	1	7
315 S6Y3	110	2	93	0,9	1,9	1	0,9	7
315 M6Y3	132	2	93,5	0,9	1,9	1	0,9	7
355 S6Y3	160	1,8	93,5	0,9	1,9	1	0,9	7
355 M6Y3	200	1,8	94	0,9	1,9	1	0,9	7
$n_c = 750$ об./мин.								
4A 71 B8Y3	0,25	9,3	56	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
80 A8Y3	0,37	10	61,5	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
80 B8Y3	0,55	10	64	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
90 LA8Y3	0,75	6	68	0,62	1,7	1,6	1,2	3,5
90 LB8Y3	1,1	7	70	0,68	1,7	1,6	1,2	3,5
100 L8Y3	1,5	7	74	0,65	1,7	1,6	1,2	5,5
112 MA8Y3	2,2	6	76,5	0,71	2,2	1,8	1,4	6
112 MB8Y3	3	6,5	79	0,74	2,2	1,8	1,4	6
4A 132 S8Y3	4	4,1	83	0,7	2,2	1,8	1,4	6
132 M8Y3	5,5	4,5	83	0,74	2,2	1,8	1,4	6
160 S8Y3	7,5	2,7	86	0,75	2,2	1,4	1	6
160 M8Y3	11	2,7	87	0,75	2,2	1,4	1	6
180 M8Y3	15	2,6	87	0,82	2	1,2	1	6
200 M8Y3	18,5	2,5	88,5	0,84	2,2	1,2	1	6
200 L8Y3	22	2,7	88,5	0,84	2	1,2	1	6
225 M8Y3	30	2	90	0,81	2	1,2	1	6
250 S8Y3	37	1,6	90	0,83	2	1,2	1	6

Окончание табл. 1.1

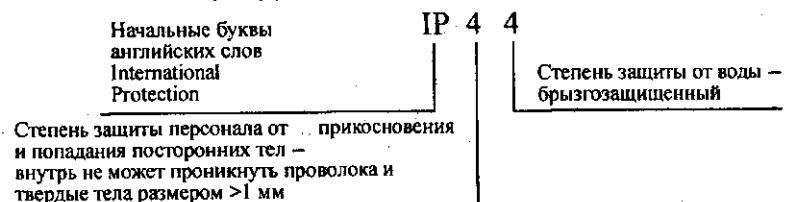
1	2	3	4	5	6	7	8	9
250 M8Y3	45	1,4	91,5	0,82	2	1,2	1	6
280 S8Y3	55	2,2	92	0,84	1,9	1,2	1	6,5
280 M8Y3	75	2,2	92,5	0,85	1,9	1,2	1	6,5
315 S8Y3	90	2	93	0,85	1,9	1	0,9	6,5
315 M8Y3	110	2	93	0,85	1,9	1	0,9	6,5
355 S8Y3	132	2	93,5	0,85	1,9	1	0,9	6,5
355 M8Y3	160	2	93,5	0,85	1,9	1	0,9	6,5
$n_c = 600 \text{ об./мин.}$								
4A 250 S10Y3	30	1,9	88	0,81	1,9	1,2	1	6
250 M10Y3	37	1,8	89	0,81	1,9	1,2	1	6
280 S10Y3	37	2	91	0,78	1,8	1	1	6
280 M10Y3	45	2	91,5	0,78	1,8	1	1	6
315 S10Y3	55	2	92	0,79	1,8	1	0,9	6
315 M10Y3	75	2	92	0,8	1,8	1	0,9	6
355 S10Y3	90	2	92,5	0,83	1,8	1	0,9	6
355 M10Y3	110	2	93	0,83	1,8	1	0,9	6
$n_c = 500 \text{ об./мин.}$								
4A 315 S12Y3	45	2,5	90,5	0,75	1,8	1	0,9	6
315 M12Y3	55	2,5	91	0,75	1,8	1	0,9	6
355 S12Y3	75	2	91,5	0,76	1,8	1	0,9	6
355 M12Y3	90	2	92	0,76	1,8	1	0,9	6

Пример условного обозначения



Отсутствие символа исполнения означает, что защита IP44, а станина и щиты чугунные или стальные

Пример условного обозначения степени защиты



1.2. Двигатели серии 4А с повышенным пусковым моментом (4AP)

АД с повышенным пусковым моментом предназначены для привода механизмов с большими статическими и инерционными нагрузками в момент пуска.

Ротор имеет залитую алюминием двойную короткозамкнутую клетку, обеспечивающую повышение M_n и снижение I_n .

Таблица 1.2. Технические данные АД серии 4А с повышенным пусковым моментом (4AP) (1, т.1, стр. 246)

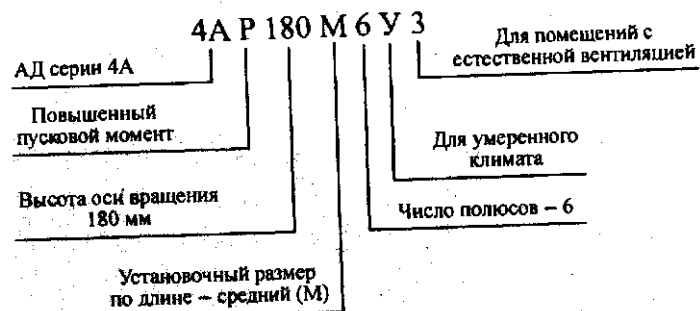
Типоразмер двигателя	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	КПД, %	$\cos \phi$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	M_n , $\frac{M_{ном}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{мин}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	Момент инерции, кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_c = 1500 \text{ об./мин.}$									
4AP 160S4Y4	15	1465	87,5	0,87	2,2	2	1,6	7,5	0,1
160M4Y3	18,5	1465	88,5	0,87	2,2	2	1,6	7,5	0,13
180S4Y3	22	1460	90	0,87	2,2	2	1,6	7,5	0,19
180M4Y3	30	1460	90	0,87	2,2	2	1,6	7,5	0,23
200M4Y3	37	1470	91	0,88	2,2	2	1,6	7,5	0,37
200L4Y3	45	1470	92	0,88	2,2	2	1,6	7,5	0,45
225M4Y3	55	1475	92,5	0,88	2,2	2	1,6	7	0,64
250S4Y3	75	1475	93	0,87	2,2	2	1,6	7,5	1,02
250M4Y3	90	1475	93	0,88	2,2	2	1,6	7,5	1,2
$n_c = 1000 \text{ об./мин.}$									
4AP 160S6Y3	11	975	85,5	0,83	2,2	2	1,6	7	0,14
160M6Y3	15	975	87,5	0,83	2,2	2	1,6	7	0,18
180M6Y3	18	970	87	0,8	2,2	2	1,6	6	0,22
200M6Y3	22	975	90,5	0,85	2,2	2	1,6	6,5	0,4
200L6Y3	30	975	90,5	0,86	2,2	2	1,6	6,5	0,45
225M6Y3	37	980	90,5	0,84	2,2	2	1,6	7	0,74
4AP 250S6Y3	45	980	91,5	0,82	2,2	2	1,6	6,5	1,15
250M6Y3	55	980	91,5	0,83	2,2	2	1,6	6,5	1,26
$n_c = 750 \text{ об./мин.}$									
4AP 160S8Y3	7,5	730	86	0,75	2	1,8	1,5	6	0,14
160M8Y3	11	730	87	0,75	2	1,8	1,5	6	0,18
180M8Y3	15	730	86,5	0,77	2	1,8	1,5	5,5	0,25
200M8Y3	18,5	730	88	0,78	2	1,8	1,5	5,5	0,4
200L8Y3	22	730	88,5	0,8	2	1,8	1,5	5,5	0,45

БИБЛИОТЕКА

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
225M8Y3	30	735	90	0,8	2	1,8	1,5	5,5	0,74
250S8Y3	37	735	90	0,72	2	1,8	1,5	5,5	1,15
250M8Y3	45	735	90,5	0,75	2	1,8	1,5	5,5	1,36

Пример условного обозначения



1.3. Двигатели серии 4А с повышенным скольжением (4АС)

АД с повышенным скольжением предназначены для привода механизмов с пульсирующей нагрузкой.

Ротор залит специальным сплавом повышенного сопротивления.

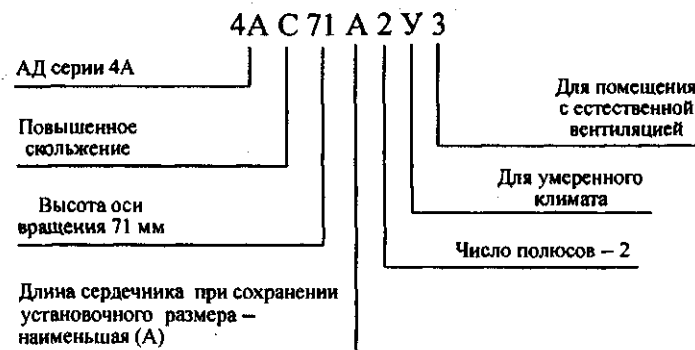
Таблица 1.3. Технические данные АД серии 4А с повышенным скольжением (4АС) при ПВ = 40 % (1, т. 1, стр. 247)

Типоразмер двигателя	$P_{ном}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	КПД, %	$\cos\phi$	$M_{макс}$, Н·м	$M_{п}$, Н·м	$M_{мин}$, Н·м	$I_{п}$, А	Момент инерции, 10^{-2} кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_n = 3000$ об/мин									
4АС 71 А2У3	1	2700	72	0,87	2,2	2	1,6	5,5	0,098
71 В2У3	1,2	2700	72	0,83	2,2	2	1,6	5,5	0,105
80 А2У3	1,9	2745	75	0,87	2,2	2	1,6	6,5	0,18
80 В2У3	2,5	2745	76	0,87	2,2	2	1,6	6,5	0,212
90 L2У3	3,5	2775	80	0,86	2,2	2	1,6	6,5	0,35
100 S2У3	4,8	2805	82	0,86	2,2	2	1,6	7,5	0,59
100 L2У3	6,3	2805	82	0,86	2,2	2	1,6	7,5	0,75
112 M2У3	8	2850	84	0,84	2,4	2	1,6	7,5	1
132 M2У3	11	2840	84	0,89	2,4	2	1,6	7,5	1,25
$n_n = 1500$ об/мин									
4АС 71 А4У3	0,6	1350	68	0,73	2,2	2	1,6	4,5	0,13
71 В4У3	0,8	1350	68,5	0,75	2,2	2	1,6	4,5	0,14
80 А4У3	1,3	1358	68,5	0,82	2,2	2	1,6	5	0,32
80 В4У3	1,7	1335	70	0,82	2,2	2	1,6	5	0,33
90 L4У3	2,4	1360	76	0,82	2,2	2	1,6	6	0,56
100 S4У3	3,2	1395	76,5	0,82	2,2	2	1,6	6	0,87
100 L4У3	4,25	1395	78	0,82	2,2	2	1,6	6	1,12
112 M4У3	5,6	1395	79	0,83	2,2	2	1,6	7	1,66
132 S4У3	8,5	1395	82,5	0,85	2,8	2,6	1,6	7	2,83
132 M4У3	11,8	1410	84	0,85	2,2	2	1,6	7	4
160 S4У3	17	1425	84,5	0,86	2,2	2	1,6	7	10,25
160 M4У3	20	1432	87	0,87	2,2	2	1,6	7	12,75
180 S4У3	21	1418	86	0,92	2,2	2	1,6	7	19
180 M4У3	26,5	1440	88,5	0,91	2,2	2	1,6	7	23,25
200 M4У3	31,5	1410	87,5	0,92	2,2	2	1,6	7	37
200 L4У3	40	1410	89	0,93	2,2	2	1,6	7	47

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
225 M4Y3	50	1395	87,5	0,92	2,2	2	1,6	7	64
250 S4Y3	56	1395	85,5	0,92	2,2	2	1,6	7	102
$n_c = 1000$ об/мин									
4AC 71 A6Y3	0,4	920	62,5	0,7	2,1	2	1,6	4	0,17
71 B6Y3	0,63	920	65	0,7	2,1	2	1,6	4	0,2
80 A6Y3	0,8	860	61	0,68	2,1	2	1,6	4	0,25
80 B6Y3	1,2	860	66,5	0,73	2,1	2	1,6	4	0,35
90 L6Y3	1,7	900	71	0,72	2,1	1,9	1,6	6	0,73
100 L6Y3	2,6	920	75	0,76	2,1	1,9	1,6	6	1,31
112 MA6Y3	3,2	910	72	0,74	2,1	1,9	1,6	6,5	1,72
112 MB6Y3	4,2	910	75	0,79	2,1	1,9	1,6	6,5	2,11
132 S6Y3	6,3	940	79	0,8	2,1	1,9	1,5	6,5	4
132 M6Y3	8,5	940	80	0,8	2,1	1,9	1,5	6,5	5,75
160 S6Y3	12	940	82,5	0,85	2,1	1,9	1,5	6,5	14,25
160 M6Y3	16	940	84	0,85	2,1	1,9	1,5	6,5	18,25
180 M6Y3	19	940	84,5	0,9	2,1	1,9	1,5	6,5	22
4AC 200 M6Y3	22	910	83,5	0,92	2,1	1,9	1,5	6,5	40
200 L6Y3	28	920	85,5	0,91	2,1	1,9	1,5	6,5	45
225 M6Y3	33,5	880	81	0,91	2,1	1,9	1,5	6,5	74
250 S6Y3	40	950	89	0,9	2,1	1,9	1,5	6,5	116
250 M6Y3	45	950	86,5	0,88	2,1	1,9	1,5	6,5	126
$n_c = 750$ об/мин									
4AC 71 B8Y3	0,3	670	50	0,61	2	1,9	1,6	3,5	0,185
80 A8Y3	0,45	660	53,5	0,61	2	1,9	1,6	3,5	0,34
80 B8Y3	0,6	660	58	0,63	2	1,9	1,6	3,5	0,41
90 LA8Y3	0,9	660	61	0,65	2	1,8	1,6	3,5	0,68
90 LB8Y3	1,2	660	65	0,64	2	1,8	1,6	3,5	0,86
100 L8Y3	1,6	675	69	0,63	2	1,8	1,6	5,5	1,3
112 MA8Y3	2,2	670	68	0,65	2	1,8	1,6	6	1,75
112 MB8Y3	3,2	670	72	0,7	2	1,8	1,6	6	2,4
132 S8Y3	4,5	690	76	0,7	2	1,8	1,6	6	4,25
132 M8Y3	6	690	77	0,7	2	1,8	1,6	6	5,8
160 S8Y3	9	690	81,5	0,8	2	1,8	1,5	6	13,75
160 M8Y3	12,5	688	82,5	0,79	2	1,8	1,5	6	17
180 M8Y3	15	700	83,5	0,83	2	1,8	1,5	6	25
200 M8Y3	20	690	83,5	0,85	2	1,8	1,5	6	40
225 M8Y3	26,5	675	83	0,85	2	1,8	1,5	6	74
250 S8Y3	36	694	85	0,85	2	1,8	1,5	6	113

Пример условного обозначения



1.4. Двигатели серии 4А лифтовые (4А...НЛБ)

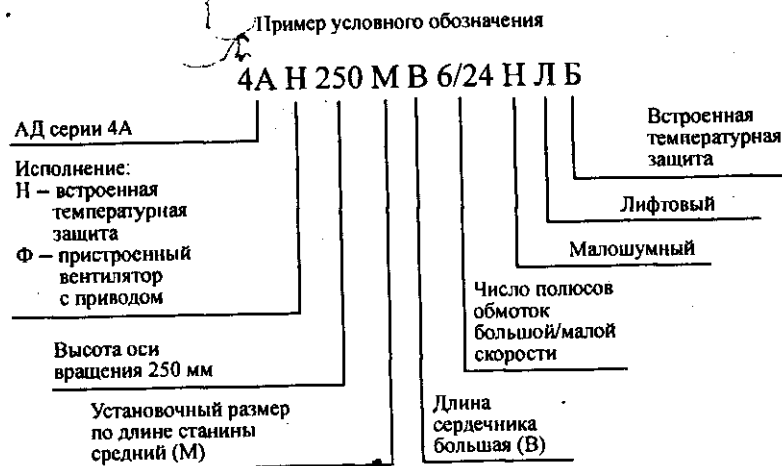
АД предназначены для привода лифтов, устанавливаемых в жилых зданиях и производственных сооружениях.

Лифтовые АД представляют собой трехфазные короткозамкнутые двухскоростные малощумные двигатели со встроенной температурной защитой защищенного исполнения или с пристроенным вентилятором, приводимым от отдельного двигателя.

Номинальный режим работы АД — повторно-кратковременный с разгоном и работой на обмотке БС последующим переключением на обмотку МС и паузами.

Таблица 1.4. Технические данные лифтовых АД серии 4А
(1, т. 1, стр. 267)

Типоразмер двигателя	P _{ном} , кВт	n _c , об/мин	S, %	КПД, %	cosφ	M _п , Н·м	I _п , А	M _{макс} , Н·м	H·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4АН160 S6/18НЛБ	3	1000	5	73	0,6	94,5	4,5	107,8	—
	1	333	15	38	0,28	63,5	2	63,5	107,8
180 SB6/18НЛБ	3,55	1000	5	80,5	0,71	113	7	127,5	107,8
	1,18	333	10	45	0,31	73,5	2,5	73,5	137,5
180 S6/18НЛБ	4,5	1000	6	85	0,71	137,5	6	152	—
	1,5	333	15	45	0,38	88	2,5	88	152
200 L6/24НЛБ	7	1000	6	84	0,78	211	5,5	235,5	—
	1,75	250	13	30	0,35	132	2,5	132	235,5
4АФ225 M6/24НЛБ	9	1000	5	86	0,77	274,5	6,5	284,5	—
	2,25	250	15	43	0,4	191	2,5	191	312
4АН250 S6/24НЛБ	12	1000	5	88	0,7	355	6	375	—
	3	250	12	35	0,35	255	2	255	450
4АФ250 МА6/24НЛБ	16	1000	5	87,5	0,72	490	6	540	—
	4	250	12	36	0,35	315	2	315	570
4АН250 MB6/24НЛБ	20	1000	5	90	0,75	590	6	620	—
	5	250	12	38	0,35	410	2	490	735



3. Двигатели серии 4А с фазным ротором (4АК, 4АНК)

АД предназначены для привода механизмов, требующих плавного регулирования частоты вращения, а также механизмов с особо тяжелыми условиями пуска.

Степень защиты IP44 (4АК) и IP23 (4АНК).

Таблица 1.5. Технические данные АД серии 4А
с фазным ротором (1, т. 1, стр. 255)

Типоразмер двигателя	P _{ном} , кВт	S, %	КПД, %	cosφ	M _{макс} , Н·м	V _p , В	I _p , А	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
n = 1500 об/мин								
4АК 160 S4Y3	11	5	86,5	0,86	3	305	22	160
160 M4Y3	14	4	88,5	0,87	3,5	300	29	185
180 M4Y3	18	3,5	89	0,88	4	295	38	250
200 M4Y3	22	2,5	90	0,87	4	340	45	305
200 L4Y3	30	2,5	90,5	0,87	4	350	55	325
225 M4Y3	37	3,5	90	0,87	3	160	160	415
250 SA4Y3	45	3	91	0,88	3	230	170	555
250SB4Y3	55	3	90,5	0,9	3	200	170	595
250 M4Y3	71	2,5	91,5	0,86	3	250	170	640
4АНК 160 S4Y3	14	5	86,5	0,85	3	330	27	140
160 M4Y3	17	5	88	0,87	3,5	315	34	160
180 S4Y3	22	5,5	87	0,86	3,2	300	43	190
180 M4Y3	30	4,5	88	0,81	3,2	290	63	220
200 M4Y3	37	3	90	0,88	3	360	62	290
200 L4Y3	45	3,5	90	0,88	3	375	75	315
225 M4Y3	55	4	89,5	0,87	2,5	170	200	405
250 SA4Y3	75	4,5	90	0,88	2,3	180	250	500
4АНК 250 B4Y3	90	4	91,5	0,87	2,5	220	260	540
250 M4Y3	110	3,5	92	0,9	2,5	250	260	585
280 S4Y3	132	2,9	92	0,88	2	251	330	725
280 M4Y3	160	2,6	95,5	0,88	2	300	330	775
315 S4Y3	200	2,5	93	0,89	2	312	396	910
315 M4Y3	250	2,5	93	0,9	2	360	425	990
355 S4Y3	315	2,2	93,5	0,9	2	420	460	1240
355 M4Y3	400	2	94	0,9	2	505	485	1380

Продолжение табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_c = 1000$ об/мин								
4AK 160 S6Y3	7,5	5	82,5	0,77	3,5	300	18	170
160 M6Y3	10	4,5	84,5	0,76	3,8	310	20	200
180 M6Y3	13	4,5	85,5	0,8	4	325	25	240
200 M6Y3	18,5	3,5	88	0,81	3,5	360	35	300
200 L6Y3	22	3,5	88	0,8	3,5	330	45	315
225 M6Y3	30	3,5	89	0,85	2,5	140	150	405
250 S6Y3	37	3,5	89	0,84	2,5	150	165	540
250 M6Y3	45	3	90,5	0,87	2,5	180	160	600
4АНК 180 S6Y3	13	7	83,5	0,81	3	205	42	180
180 M6Y3	17	6	85	0,82	3	335	32,5	200
200 M6Y3	22	3,5	88	0,81	3	380	37	285
200 L6Y3	30	4	88,5	0,82	3	375	46	315
225 M6Y3	37	4	89	0,86	1,9	140	180	400
250 SA6Y3	45	4	89,5	0,86	2,3	155	200	470
250 SB6Y3	55	3,5	91	0,88	2,5	190	185	510
250 M6Y3	75	3	91,5	0,85	2,5	250	200	585
280 S6Y3	90	3,6	90	0,88	1,9	202	277	685
4АНК 280 M6Y3	110	3,6	91,5	0,87	1,9	230	297	735
315 S6Y3	132	3	92	0,88	1,9	257	320	845
315 M6Y3	160	3	92,5	0,88	1,9	291	352	910
355 S6Y3	200	2,5	93	0,89	1,8	304	411	1180
355 M6Y3	250	2,5	93	0,89	1,8	380	401	1305
$n_c = 750$ об/мин								
4AK 160 S8Y3	5,5	6,5	80	0,7	2,5	300	14	170
160 M8Y3	7,5	6	82	0,7	3	290	16	200
180 M8Y3	11	4	85,5	0,72	3,5	270	25	260
200 M8Y3	15	3,5	86	0,7	3	360	28	300
200 L8Y3	18,5	3,5	86	0,73	3	300	40	320
225 M8Y3	22	4,5	87	0,82	2,2	102	140	400
250 S8Y3	30	4	88,5	0,81	2,2	125	155	540
250 M8Y3	37	3,5	89	0,8	2,2	148	155	595
4АНК 180 S8Y3	11	5	85	0,72	3,2	315	22,5	195
180 M8Y3	14	4,5	86,5	0,69	3,5	310	28	225
200 M8Y3	18,5	4,5	86	0,78	2,5	380	30	285
200 L8Y3	22	4,5	87	0,79	2,5	330	40	315
225 M8Y3	30	5	86,5	0,8	1,8	120	165	400
250 SA8Y3	37	5,5	87,5	0,8	2,2	115	190	475

Продолжение табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
250 SB8Y3	45	4	89	0,82	2,2	140	190	515
250 M8Y3	55	3,5	89,5	0,83	2,2	190	185	575
280 S8Y3	75	4	90,5	0,84	1,9	190	257	700
280 M8Y3	90	4	90,5	0,84	1,9	214	267	755
315 S8Y3	110	3,5	91,5	0,84	1,9	225	311	910
315 M8Y3	132	3,5	92	0,84	1,9	247	364	980
4АНК 355 S8Y3	160	2,7	92,5	0,86	1,7	285	353	1215
355 M8Y3	200	2,7	92,5	0,86	1,7	350	359	1360
$n_c = 600$ об/мин								
4АНК 280 S10Y3	45	5	89	0,78	1,8	162	178	625
280 M10Y3	55	4,5	89,5	0,79	1,8	185	180	675
315 S10Y3	75	4,5	90	0,8	1,8	217	221	845
315 M10Y3	90	4,2	90,5	0,81	1,8	260	223	920
355 S10Y3	110	3,8	90,5	0,81	1,7	283	242	1180
355 M10Y3	132	3,6	91	0,81	1,7	330	257	1260
$n_c = 500$ об/мин								
4АНК 315 S12Y3	55	5	89	0,75	1,8	165	235	845
315 M12Y3	75	5	90	0,75	1,8	207	221	920
355 S12Y3	90	4	89,5	0,73	1,7	222	259	1160
355 M12Y3	110	4	90	0,73	1,7	265	265	1245

 V_p, I_p — напряжение и ток ротора

Пример условного обозначения

4А НК 315 S 12 Y 3

АД серии 4А

Исполнение по степени
защиты IP 23
При отсутствии
буквы Н — IP 44

АД имеет фазный ротор

Для помещений
с естественной
вентиляциейДля умеренного
климата

Число полюсов — 12

Установочный размер по длине
станины — меньший (S)

Высота оси вращения — 315 мм

1.6. Асинхронные двигатели общего назначения серии АИ

Двигатели серии АИ являются новой, разработанной совместно со странами Интерэлектро унифицированной серией АД, отвечающих перспективному уровню развития мирового электромашиностроения.

Они предназначены для замены АД серии 4А, ее модификации и АД модернизированной серии АМ.

Шкала мощностей аналогична серии 4А и состоит из 34 ступеней от 0,025 до 400 кВт.

Серия АМ выполнена в 18 габаритах, характеризующихся значениями высоты оси вращения от 45 до 355 мм.

АД серии АИ основного исполнения предназначены для привода общепромышленных механизмов от сети 3 ~ 50 Гц.

Привязка мощностей к установочным размерам у АД серии АИ предусмотрена в двух вариантах:

Р (РС-3031-17) — для АД с высотами оси вращения 45÷355 мм и степенями защиты IP 44, IP 54 и IP 23, предназначенных как для использования в нашем государстве, так и для поставок на экспорт.

С (CENELEK-DOKUMENT 28/64) — для АД с высотами оси вращения 56÷315 мм и степенью защиты IP 44, IP 54 предназначенных только на экспорт.

Двигатели **серии АИ** в отличие от серии 4А имеют:

- улучшенные энергетические показатели и пусковые характеристики, соответствующие рекомендациям Публикации МЭК 34-12;
- повышенные показатели надежности;
- улучшенные вибро-акустические характеристики (на 10÷15 дБ ниже);
- сниженный расход активных материалов (меди — на 2,5 %; электротехнической стали — 4 %);
- сниженную массу АД и конструктивных материалов, соответственно на 10÷15 и 15÷20 %.

Кратность пусковых токов при числе полюсов 2 и 4 достигает 7÷7,5, а при 6 и более — не превышает 6,5, но может быть повышена на 20 %.

Таблица 1.6. Технические данные АД серии АИР с высотой оси вращения 71÷180 мм продолжительного режима работы S1 (1, т. 1, стр. 282)

Типоразмер двигателя	Р _{ном} , кВт	При номинальной нагрузке			M _{макс}	M	M _{мин}	I _п
		Скольжение, %	КПД, %	cos φ	M _{ном}	M _{ном}	M _{ном}	I _{ном}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_c = 3000 об/мин								
АИР 71 А2	0,75	6	78,5	0,83	2,2	2,1	1,6	6
АИР 71 В2	1,1	6,5	79	0,83	2,2	2,1	1,6	6
АИР 80 А2	1,5	5	81	0,85	2,2	2,1	1,6	7
АИР 80 В2	2,2	5	83	0,85	2,2	2,0	1,6	7
АИР 90 L2	3	5	84,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7
АИР 100 S2	4	5	87	0,88	2,2	2,0	1,6	7,5
АИР 100 L2	5,5	5	88	0,89	2,2	2,0	1,6	7,5
АИР 112 M2	7,5	3,5	87,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7,5
АИРХ 112 M2	7,5	3,5	87,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7,5
АИР 132 M2	11	3	88	0,9	2,2	1,6	1,2	7,5
АИРХ 132 M2	11	3	88	0,9	2,2	1,6	1,2	7,5
АИР 160 S2	15	3	89	0,89	2,7	1,8	1,7	7
АИРХ 160 S2	15	3	89	0,89	2,7	1,8	1,7	7
АИР 160 M2	18,5	3	89,5	0,9	2,7	1,8	1,7	7
АИРХ 160 M2	18,5	3	89,5	0,9	2,7	1,8	1,7	7
АИР 180 S2	22	2,7	89,5	0,88	2,7	1,7	1,6	7
АИР 180 M2	30	2,5	90	0,88	2,7	1,7	1,6	7,5
n_c = 1500 об/мин								
АИР 71 А4	0,55	9,5	70,5	0,7	2,3	2,2	1,8	5
АИР 71 В4	0,75	10	73	0,73	2,2	2,2	1,6	5
АИР 80 А4	1,1	7	75	0,81	2,2	2,2	1,6	5,5
АИР 90 L4	2,2	7	81	0,83	2,2	2,2	1,6	6,5
АИР 100 S4	3	6	82	0,83	2,2	2,0	1,6	7
АИР 112 M4	5,5	4,5	87,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7
АИРХ 112 M4	5,5	4,5	87,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7
АИР 132 S4	7,5	4	87,5	0,86	2,2	2,0	1,6	7,5
АИРХ 132 S4	7,5	4	87,5	0,86	2,2	2,0	1,6	7,5
АИР 132 M4	11	3,5	87,5	0,87	2,2	2,0	1,6	7,5

Продолжение табл. 1.6

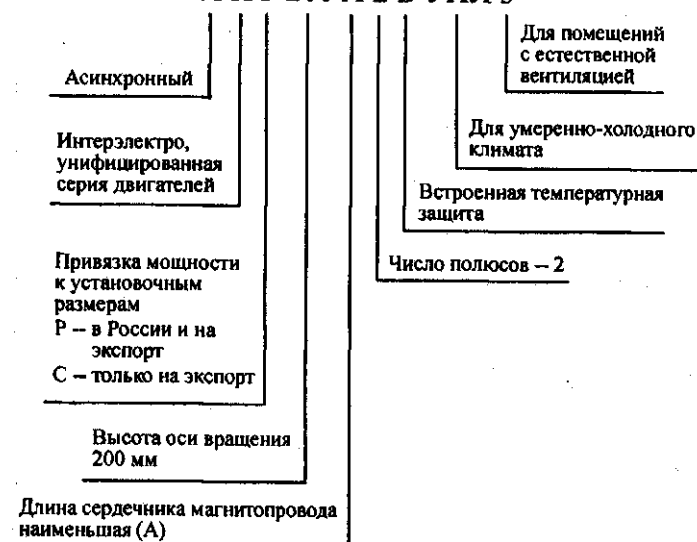
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИРХ 132 М4	11	3,5	87,5	0,87	2,2	2,0	1,6	7,5
АИР 160 S4	15	3	89,5	0,89	2,9	1,9	1,8	7
АИРХ 160 S4	15	3	89,5	0,89	2,9	1,9	1,8	7
АИР 160 М4	18,5	3	90	0,89	2,9	1,9	1,8	7
АИРХ 160 М4	18,5	3	90	0,89	2,9	1,9	1,8	7
АИР 180 S4	22	2,5	90	0,87	2,4	1,5	1,3	6,5
АИР 180 М4	30	2	91,5	0,86	2,7	1,7	1,6	7
$n_c = 1000$ об/мин								
АИР 71 А6	0,37	8,5	65	0,66	2,2	2,0	1,6	4,5
АИР 71 В6	0,55	8,5	68,5	0,7	2,2	2,0	1,6	4,5
АИР 80 А6	0,75	8	70	0,72	2,2	2,0	1,6	4,5
АИР 80 В6	1,1	8	74	0,74	2,2	2,0	1,6	4,5
АИР 90 L6	1,5	7,5	76	0,72	2,2	2,0	1,6	6
АИР 100 L6	2,2	5,5	81	0,74	2,2	2,0	1,6	6
АИР 112 МА6	3	5	81	0,76	2,2	2,0	1,6	6
АИРХ 112 МА6	3	5	81	0,76	2,2	2,0	1,6	6
АИР 112 МВ6	4	5	82	0,81	2,2	2,0	1,6	6
АИРХ 112 МВ6	4	5	82	0,81	2,2	2,0	1,6	6
АИР 132 S6	5,5	4	85	0,8	2,2	2,0	1,6	6
АИРХ 132 S6	5,5	4	85	0,8	2,2	2,0	1,6	6
АИР 132 М6	7,5	4	85	0,81	2,2	2,0	1,6	7
АИРХ 132 М6	7,5	4	85	0,81	2,2	2,0	1,6	7
АИР 160 S6	11	3	87	0,84	2,5	1,7	1,6	6,5
АИРХ 160 S6	11	3	87	0,84	2,5	1,7	1,6	6,5
АИР 160 М6	15	3	88	0,85	2,6	1,7	1,6	6,5
АИРХ 160 М6	15	3	88	0,85	2,6	1,7	1,6	6,5
АИР 180 М6	18,5	2	88	0,85	2,4	1,6	1,5	6,5
$n_c = 750$ об/мин								
АИР 132 S8	4	4,5	83	0,7	2,2	1,8	1,4	6
АИРХ 132 S8	4	4,5	83	0,7	2,2	1,8	1,4	6
АИР 132 М8	5,5	5	83	0,74	2,2	1,8	1,4	6
АИРХ 132 М8	5,5	5	83	0,74	2,2	1,8	1,4	6
АИР 160 S8	7,5	3	87	0,75	2,4	1,6	1,4	5,5
АИРХ 160 S8	7,5	3	87	0,75	2,4	1,6	1,4	5,5

Продолжение табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР 160 М8	11	3	87,5	0,75	2,4	1,6	1,4	6
АИРХ 180 М8	11	3	87,5	0,75	2,4	1,6	1,4	6
АИР 180 М8	15	2,5	89	0,82	2,2	1,6	1,5	5,5

Пример условного обозначения:

А И Р 200 А 2 Б УХЛ 3



Примечание: После третьей буквы может быть указано дополнительно обозначение исполнения (одна буква):

И — для текстильной промышленности;
 У — взрывозащищенное, рудничное;
 М — взрывозащищенное;
 С — повышенное скольжение;
 П — повышенная точность;
 Х — химически стойкое;
 Ф — с пристроенным вентилятором.

1.7. Краново-металлургические АД серии МТ и 4МТ

Двигатели работают в повторно-кратковременных или кратковременных режимах с частыми пусками в условиях повышенной тряски и вибрации.

Они должны иметь широкое регулирование частоты вращения, высокие пусковые и максимальные моменты.

Должна обеспечиваться работа в режиме электрического торможения, включая противовключение.

Двигатели, установленные в металлургических цехах, должны работать при высокой (до 70 °С) температуре окружающей среды.

Двигатели подъемных кранов должны быть работоспособны при низких (до -50 °С) температурах окружающей среды.

Двигатели серии МТН и 4 МТН имеют класс нагревостойкости «Н» и предназначены для работы в металлургии.

Двигатели серии МТФ и 4МТФ имеют класс нагревостойкости «F» и предназначены для работы в подъемно-транспортных механизмах, кроме металлургии.

Исполнение АД как с фазным, так и с КЗ-ротором.

Степень защиты — IP 44. Коробка выводов и люки контактных колец АД серии 4МТ со степенью защиты — IP 54.

Серия 4МТ является усовершенствованной МТ.

Таблица 1.7.1. Технические данные ЭД серий МТКФ и МТКН с 3-ротором (50 Гц, 220/380, 415/240, 400; S3 — 40 %) (1, т. 2, стр. 342)

Тип двигателя	$P_{ном}$, кВт	n_n , об./мин.	I , А при 380 В	$\cos \varphi$	КПД, %	M_{max} , Н·м	M_n , Н·м	I_n , А при 380 В	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МТКФ 011-6	1,4	875	5,2	0,66	61,5	41	1	15	0,02	47
012-6	2,2	880	7,2	0,69	67	66	66	22	0,128	53
111-6	3,5	885	9,4	0,79	72	103	102	35	0,045	70
МТКН 111-6	2,5	930	8,8	0,63	68	97	96	32	0,045	70
МТКФ 112-6	5	895	13,8	0,74	74	172	172	53	0,065	80
МТКФ 112-6	3,6	925	11,5	0,66	72	155	154	50	0,065	80
МТКФ 211-6	7,5	880	19,5	0,77	75,5	216	206	78	0,11	110
МТКН 211-6	7	895	20,8	0,7	73	226	216	88	0,11	110
МТКФ(Н) 311-6	11	910	28,5	0,76	77,5	383	373	130	0,213	155
312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
411-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,638	315
311-8	7,5	690	21,8	0,71	73,5	324	314	95	0,275	155
312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,388	195
411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,538	255
412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТН 511-8	28	695	67	0,77	83	1128	1128	336	1,08	440
512-8	37	695	87	0,78	83	1470	1390	460	1,43	540

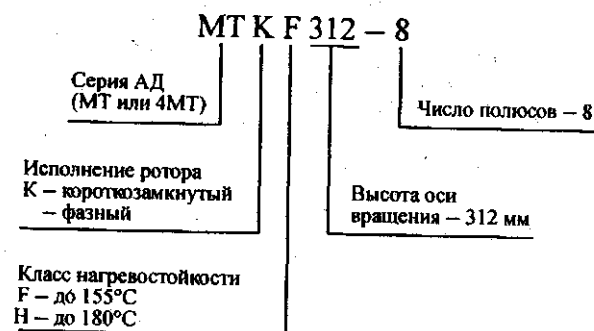
Примечание. В таблице приняты обозначения: M_n , I_n — номинальный момент и ток.

Таблица 1.7.2. Технические данные ЭД серий МТФ и МТН с фазным ротором (50 Гц, 220/380, 500, S3 — 40 %)

Тип двигателя	Р _{ном} , кВт	n _н , об./мин.	I ₁ , А при 380 В	cos φ	КПД, %	I ₂ , А	V _{2ф} , В	M _{макс} , Н·м	J _p , кг·м ²	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
МТФ 011-6	1,4	885	5,3	0,65	61,5	9,1	116	39	0,021	51
012-6	2,2	890	7,6	0,68	64	11,5	144	56	0,029	58
111-6	3,5	895	10,4	0,73	70	15	176	85	0,049	76
МТН 111-6	3	895	10,5	0,67	65	13,2	176	83	0,049	76
МТФ 112-6	5	930	14,4	0,7	75	15,7	216	137	0,068	88
МТН 112-6	4,5	910	13,9	0,71	69	15,6	203	118	0,068	88
МТФ 212-6	7,5	930	21	0,7	77	19,8	256	191	0,115	120
МТН 211-6	7	920	22,5	0,64	73	19,5	236	196	0,115	120
МТФ(Н)311-6	11	945	30,5	0,69	78	42	172	314	0,225	170
312-6	15	955	38	0,73	81	46	219	471	0,313	210
411-6	22	965	55	0,73	83,5	60	235	638	0,5	280
412-6	30	970	75	0,71	85,5	73	255	932	0,675	345
МТН 512-6	55	960	120	0,79	88	105	340	1630	1,03	520
611-6	75	950	154	0,85	87	180	270	2610	3,28	810
612-6	99	960	193	0,85	88	176	366	3580	4,13	930
613-6	118	960	237	0,84	90	160	473	4660	5,10	1100
МТФ(Н)311-8	7,5	696	22,8	0,68	73	21	245	265	0,275	170
312-8	11	705	30,5	0,71	77	43	165	422	0,386	210
411-8	15	710	42	0,67	81	48,8	206	569	0,538	280
412-8	22	720	65	0,63	82	57	248	883	0,750	345
МТН 511-8	28	705	71	0,72	83	64	281	1000	1,08	470
512-8	37	705	89	0,74	85	77	305	1370	1,43	570
611-10	45	570	112	0,72	84	154	185	2320	4,25	900
612-10	60	565	147	0,78	85	154	248	3140	5,25	1070
613-10	75	575	180	0,72	88	145	320	4120	6,25	1240
711-10	100	584	246	0,69	89,5	233	272	4560	10,25	1550
712-10	125	585	300	0,7	90,3	237	327	5690	12,75	1700
713-10	160	586	392	0,68	91	244	408	7310	15	1900

Примечание. В таблице приняты обозначения: I₁ — ток статора; I₂ — ток ротора; V_{2ф} — фазное напряжение (между кольцами ротора); M_{макс} — максимальный момент; J_p — момент инерции ротора.

Пример условного обозначения



1.8. Основные формулы

- Частота ЭДС, индуцируемой в обмотке ротора, f_p , Гц:

$$f_p = f_c S;$$

f_c — частота тока питающей сети, Гц,
 S — скольжение, отн. ед.

- Скольжение АД

$$S = \frac{n_c - n_p}{n_c} \text{ или } S = \frac{n_c - n_p}{n_c} \cdot 100 \%;$$

n_c — частота вращения магнитного поля статора, об/мин,
 n_p — частота вращения вала ротора, об/мин.

Частота вращения магнитного поля статора (синхронная скорость):

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p};$$

p — число пар полюсов статора, шт.

- ЭДС ротора, E_p , В:

$$E_p = E_{p0} S;$$

E_{p0} — ЭДС ротора для неподвижного состояния, В.

- Частота вращения ротора:

$$n_p = n_c (1 - S).$$

- Коэффициент полезного действия, $\eta_{\text{АД}}$:

$$\eta_{\text{АД}} = \frac{P_p}{P_c} \text{ или } \eta_{\text{АД}} = \frac{P_p}{P_c} \cdot 100 \%,$$

где P_p — полезная мощность на роторе, кВт,

P_c — потребляемая мощность на статоре, кВт.

- Момент на валу АД, номинальный, $M_{\text{ном}}$, Н · м:

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}};$$

где $P_{\text{ном}}$ — номинальная мощность, кВт,

$n_{\text{ном}}$ — номинальная скорость вращения, об/мин.

- Перегрузочная способность АД, K_m : $K_m = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$;

- Кратность пускового момента, K_n : $K_n = \frac{M_{\text{п.}}}{M_{\text{ном}}}$;

- Кратность пускового тока, K_I : $K_I = \frac{I_{\text{п.}}}{I_{\text{ном}}}$;

- Мощность в цепи питания 3-фазного АД, $P_{\text{потр.}}$, кВт:

$$P_{\text{потр}} = \sqrt{3} \cdot V_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{сети}}.$$

- Мощность АД, $P_{\text{ном}}$, кВт:

$$P_{\text{ном}} = \sqrt{3} \cdot V_{\text{л}} I_{\text{л}} \eta_{\text{АД}} \cos \varphi_{\text{АД}}.$$

где $V_{\text{л}}$ — линейное напряжение, В,

$I_{\text{л}}$ — линейный ток, А.

2. Аппараты защиты

При эксплуатации электросетей длительные перегрузки проводов и кабелей, КЗ, вызывают повышение температуры токоведущих жил больше допустимой.

Это приводит к преждевременному износу их изоляции, в результате чего может быть пожар, взрыв во взрывоопасных помещениях, поражение персонала.

Для предотвращения этого линия ЭСН имеет аппарат защиты отключающий поврежденный участок.

Аппаратами защиты являются: автоматические выключатели, предохранители с плавкими вставками и тепловые реле, встроенные в магнитные пускатели.

Автоматические выключатели являются наиболее совершенными аппаратами защиты, надежными, срабатывающими при перегрузках и КЗ в защищаемой линии.

Чувствительными элементами автоматов являются расцепители: тепловые, электромагнитные и полупроводниковые.

Тепловые срабатывают при перегрузках, электромагнитные — при КЗ, полупроводниковые — как при перегрузках, так и при КЗ.

Наиболее современные автоматические выключатели «ВА» предназначены для замены устаревших А 37, АЕ, АВМ и «Электрон».

Они имеют уменьшенные габариты, совершенные конструктивные узлы и элементы. Работают в сетях постоянного и переменного тока.

В таблицах представлены данные ВА, АЗ7, АЕ, так как они более современные и применяются в комплектных распределительных устройствах в виде различных комбинаций.

Предохранители с плавкими вставками являются наиболее простыми и дешевыми аппаратами защиты, требующими меньшей затраты материалов на изготовление. Основное назначение — защита от токов КЗ.

Плавкие предохранители наряду с простотой их устройства и малой стоимостью имеют ряд существенных недостатков:

- не могут защищать линию от перегрузки, так как допускают длительную перегрузку до момента плавления;
- не всегда обеспечивают избирательную защиту в сети вследствие разброса их характеристик;
- при КЗ в трехфазной линии возможно перегорание одного из предохранителей и линия остается в работе на двух фазах.

В табл. 2.4 представлены данные наиболее современных предохранителей ПР2, ПН2, НПН, которые применяются в электроустановках.

Тепловые реле (ТР) обеспечивают защиту от токов перегрузки, встраиваются в магнитный пускатель. Чтобы обеспечить защиту линии от токов КЗ и перегрузки, ТР применяются в сочетании с предохранителями или автоматическими выключателями с максимальным расцепителем (обычно ЭМР).

В табл. 2.5 представлены данные современных тепловых реле РТЛ, встраиваемых в пускатели ПМЛ.

Категория применения аппаратов в зависимости от рода тока и режима работы (области использования) (2, стр. 255)

Категория применения		Область применения
Ток ~	Ток =	
1	2	3
АС1	ДС1	Электроды сопротивления, неиндуктивная и малоиндуктивная нагрузка.
АС2	—	Пуск и торможение противотоканием двигателей с фазным ротором.
АС3	—	Пуск и отключение вращающихся двигателей с КЗ-ротором.
АС4	—	Пуск и торможение противотоканием двигателей с КЗ-ротором.
—	ДС2	Пуск и отключение вращающихся двигателей с параллельным возбуждением.
—	дез	Пуск, отключение неподвижных или медленно вращающихся двигателей и торможение противотоканием двигателей с параллельным возбуждением.
—	ДС4	Пуск и отключение вращающихся двигателей с последовательным возбуждением.
—	ДС5	То же, что и ДС3, но двигателей с последовательным возбуждением.
ДСП	ДСП	Управление электромагнитами.
АС20	ДС20	Коммутация электрических цепей без тока или с незначительным током.
АС21	ДС21	Коммутация активных нагрузок, включая умеренные перегрузки.
АС22	ДС22	То же, что АС21 и ДС21, но смешанных нагрузок.
АС23	ДС23	Коммутация двигателей или других высокоиндуктивных нагрузок.

2.1. Автоматические выключатели ВА

Выключатели ВА серии 51, 52, 53, 55 предназначены для отключений при КЗ и перегрузках в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

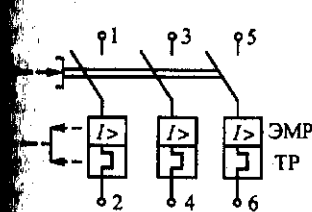


рис. 2.1. Принципиальная электрическая схема ВА51 (52)

Выключатели ВА серии 51 и 52 имеют тепловой (ТР) и электромагнитный расцепители, иногда только ЭМР. ВА 51 имеют среднюю коммутационную способность. ВА 52 — повышенную, ВА 51Г и ВА 52Г предназначены для защиты АД с КЗ-ротором, работающих в режиме АСЗ (пуск и отключение).

Уставка срабатывания в зоне перегрузки 1,25 $I_{н.р.}$ в течение времени не более 2 часов (с начального состояния).

Имеют 2- и 3-полюсное исполнение на напряжение до 660 переменного и 440 В постоянного тока.

ВА 51–31–1 применяются только для ОУ и имеют 1-полюсное исполнение.

Выключатели ВА серии 53, 55, 75 имеют полупроводниковый максимальный расцепитель с регулированием ступеней:

- номинального тока расцепителя: 0,63; 0,8; 1,0 от номинального тока выключателя.

Например, при $I_{на} = 160$ А можно установить $I_{н.р.} = 100, 125, 160$ А;

- уставки срабатывания в зоне КЗ для переменного тока — (2, 5, 7, 10) $I_{н.р.}$, для постоянного — (2, 4, 6) $I_{н.р.}$;

- уставки времени срабатывания при 6 $I_{нв}$ переменном и 5 $I_{нв}$ постоянном токе — 4, 8 и 16 с.

ВА 53 — токоограничивающие, ВА 55 — селективные с выдержкой времени в зоне КЗ: 0,1; 0,2; 0,3 с — для переменного и 0,1; 0,2 с — для постоянного тока.

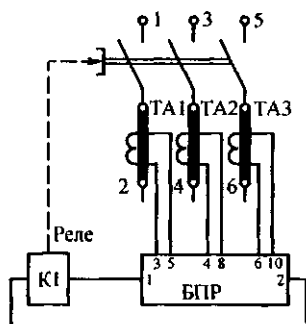


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема ВА53 (55, 57)

или пуском ЭД.

При спокойном характере нагрузки $I_{у(кз)}$ следует выбирать не более $5 \cdot I_{н.р.}$, при отсутствии бросков тока $I_{у(кз)} = 2 \cdot I_{н.р.}$.

В случае необходимости, кратность отсечки можно увеличить в период эксплуатации.

Уставку по времени срабатывания в зоне перегрузки более 4 с следует принимать при тяжелых условиях пуска ЭД (большая кратность пускового тока, значительный момент инерции механизма) или при длительных пиках тока технологической перегрузки.

По условиям отстройки от пусковых токов (или пиков нагрузки) желательно, чтобы ток и время срабатывания превышали расчетные значения не менее, чем 1,5 раза.

По условиям селективности выключатель, который ближе к источнику питания, должен иметь время действия не менее, чем в 1,5 раза больше (при том же токе) времени действия выключателя ниже лежащей ступени.

Выключатели ВА серии 56 не имеют максимальных расцепителей, но имеют главные контакты с электродинамическими компенсаторами, которые обладают термической и электродинамической стойкостью. Несмотря на отсутствие расцепителей при больших значениях тока КЗ, они автоматически отключаются.

БПР — блок полупроводникового расцепителя. Селективность обеспечивается при токах КЗ до 20÷28 кА в зависимости от конкретного типа выключателя.

При больших токах КЗ выключатели срабатывают мгновенно (без выдержки времени).

Ток срабатывания в зоне перегрузки равен $1,25 I_{н.р.}$ для всех выключателей. Максимальные значения $I_{у(кз)}$ выбирают, если на защищенном участке возможны большие броски тока, обусловленные технологическим процессом, включением трансформаторов

Таблица 2.1.1. Технические данные автоматических выключателей ВА (2, стр. 24)

Тип	Номинальный ток, А		Кратность уставки		$I_{откл.}$, кА
	$I_{н.л.}$	$I_{н.р.}$	K_u (ТР)	K_u (ЭМП)	
1	2	3	4	5	6
ВА 51Г-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	1,2	14	3
		2,0; 2,5; 3,15; 4; 5			1,5
ВА 51-25		6,3; 8;	1,35	7, 10	2
		10; 12,5;			2,5
		16; 20; 25			3,8
		6,3; 8; 10; 12			2
ВА 51-31-1 ВА 51Г-31	100	10		3, 7, 10	2,5
		20; 25;			3,5
		31,5; 40; 50;			5
		63; 80;			7
ВА 51-31 ВА 51Г-31		100			2
		6,3; 8;			2,5
		10; 12,5;			3,8
		16; 20; 25;			6
ВА 51-33 ВА 51Г-33	160	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	1,25	10	7
		80; 100; 125; 160			12,5
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160 200; 250		12	15
ВА 51-37	400	250; 320; 400		10	25
ВА 51-39	630	400; 500; 630			35

Окончание табл. 2.1.1

1	2	3	4	5	6		
BA 52-31 BA 52Г-31	100	16, 20, 25;	1,35	3, 7, 10	12		
		31,5; 40;			15		
		50, 63;			18		
		80, 100			25		
BA 52-33 BA 52Г-33	160	80, 100, 125, 160	1,25	10	28		
BA 52-35	250	80, 100, 125, 160, 200, 250		12	30		
BA 52-37	400	250, 320, 400		10	40		
BA 52-39	630	250, 320, 400, 500, 630					
BA 53-37 BA 55-37	160 250 400	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I нв	1,25	2, 3, 5, 7, 10	20		
BA 53-39 BA 55-39	160 250 400 630				25		
	BA 53-41 BA 55-41					1000	2, 3, 5, 7
	BA 53-43 BA 55-43			1600			
BA 53-45 BA 55-45 BA 75-45	2500			2, 3, 5	36		
BA 75-47	4000			2, 3, 5, 7	45		
				2, 3, 5			

Примечание. Аппараты защиты т. ВА нового исполнения представлены в «Приложении А».

Таблица 2.1.2. Технические данные ВА без расцепителей

ТИП	$I_{н.а.}, А$	$I_{откл.}, кА$	Стойкость	
			Динамич., кА	Термич., кА ² ·с
BA 56-37	400	32,5	40	125
BA 56-39	630	47,5	52,5	360
BA 56-41	1000	55	25	450
BA 56-43	1600	80	31	900

Таблица 2.1.3. Характеристика по исполнению ВА

$I_{н.а.}, А$	Исполнение	Привод (РУ или ДУ)	Отклонение напряжен.	Расцепители	
				Устанавливают по заказу	Установлены (основные)
До 100	Стационарное	*)	Надежная работа при отклонсн. в пределах (0,85... 1,1) $V_{н}$	— независимый, — миним. напряж. $V_{откл.} = (0,7... 0,35) V_{ном}$ $V_{вкл.} \geq 0,85 V_{ном}$	— тепловой и ЭМП BA51, BA51Г, BA52, BA52Г, — полупроводниковый BA 53 (с токоогран. способностью), — полупроводниковый (селективный) BA55, BA75,
160, 250	Стационарное и выдвигное				
400...1600	Стационарное и выдвигное				
BA 75-45 (2500)	Только выдвигное	**)		— нулевой $V_{откл.} = (0,35... 0,1) V_{ном}$ $V_{вкл.} \geq 0,85 V_{ном}$	
BA 75-47 (4000)	Только стационарное				

Примечания.

1. ВА выдвигного исполнения поставляют на тележках со всеми элементами, необходимыми для монтажа в комплектных РУ, в том числе с втычными контактами главных и вспомогательных цепей.

2. BA 51Г-25 и BA51-25 электромагнитного привода не имеют.

*) Электромагнитный на 220 В пост. Тока или 240 В ~ тока $f = 50$ и 60 Гц.

**) ЭД на 220 В пост. Тока или 240 В ~ тока $f = 50$ и 60 Гц.

Условное обозначение	
ВА 51 - 31 - 1	
Обозначение выключателя	Обозначение количества полюсов:
Серия:	1 - один
51, 52 - с ТР и ЭМР	2 - два
53, 55, 75 - с ПМР	3 - три
56 - без МР	
Обозначение номинального тока ($I_{н.а.}$) выключателя:	
25 - 25 А	39 - 630 А
29 - 63 А	41 - 1000 А
31 - 100 А	43 - 1600 А
33 - 160 А	45 - 2500 А
35 - 250 А	47 - 4000 А
37 - 400 А	

2.2. Автоматические выключатели А 37....

Выключатели А серии 37 предназначены для отключений при КЗ и перегрузках в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений.

Выключатели А 37 Б имеют токоограничивающее устройство, полупроводниковый и электромагнитный расцепители максимального тока.

Токоограничивающее устройство обеспечивает быстрое размыкание контактов при прохождении токов КЗ независимо от действия расцепителей максимального тока и механизма свободного расцепления.

Полупроводниковым расцепителем регулируются $I_{н.р.}$, $I_{у(п)}$, $I_{у(кз)}$, $t_{ср.(кз)}$, $t_{ср.(п)}$, что обеспечивает надежные защитные характеристики.

Сигнал от блока защиты на полупроводниках передается в виде команды на отключение независимому ЭМР. Выключатель срабатывает без выдержки времени.

Электромагнитный расцепитель предназначен для отключения выключателя без выдержки времени по команде полупроводникового блока защиты.

Выключатели А 37...С с полупроводниковым расцепителем максимального тока, селективные.

С помощью БПР можно регулировать $I_{н.р.}$, $I_{у(п)}$, $t_{ср.(п)}$, $I_{у(кз)}$, $t_{ср.(кз)}$. Отключение выключателя через реле К1 (рис. 2.2) по команде БПР.

Селективные выключатели имеют компенсационное устройство, которое надежно прижимает подвижный контакт выключателя к неподвижному при протекании тока КЗ в течение заданного времени.

Выключатели А 37...Ф имеют тепловой (термобиметаллический) и электромагнитный расцепители, корпус — фенопластовый (Ф). При наличии токоограничивающего устройства уставки ($I_{н.р.}$, $I_{у(п)}$ и $I_{у(кз)}$) регулируются, а при его отсутствии — не регулируются.

Таблица 2.2. Технические данные автоматических выключателей А серии 37 ... Б, С, Ф

Токоограничивающие с ППР и ЭМР (4, стр. 222)

Тип	I _{н.а.} , А	П П Р			ЭМР I _{ср.} , А	Дополнит. сведения
		I _{н.р.} , А	Кратность			
			K _{γ(n)}	K _{γ(кз)}		
1	2	3	4	5	6	7
A 3713Б A 3714Б	160	40...80 80...160	1,2...1,3 1,15...1,3	—	1600 (10·I _{н.а.})	V _{н.а.} = 660 В Для ППР: 3 - 2 пол 4 - 3 пол Б - токо- ограничи- вающий
A 3723Б A 3734Б	250	160...250	1,15...1,3	3...10	2500 (10·I _{н.а.})	
A 3733Б A 3734Б	400	250...400			4000 (10·I _{н.а.})	
A 3743Б A 3744Б	630	400...630			6300 (10·I _{н.а.})	

Токоограничивающие с ТР и ЭМР (4, стр. 224)

Тип	I _{н.А.} , А	Т Р		Э М Р		Дополнит. сведения
		I _{н.р.} , А	K _у (ТР)	I _{н.р.} , А	K _у (ЭМР)	
1	2	3	4	5	6	7
А 3715Б А 3716Б	160	16... 160	1,25	160	10	V _{н.А.} = 660 В Для ТР 5 - 2 пол 6 - 3 пол Б - токо- ограничи- вающий
А 3725Б А 3726Б	200 (380)	170		200		
	250	160, 200, 250		250		
А 3735Б А 3736Б	400	250, 320 400		400		
А 3745Б А 3746Б	630	400, 500 630		630		

Не токоограничивающие в фенопластовом корпусе (5, стр. 172)

Тип	I _{н.А.} , А	ТР		ЭМР		Дополнит. сведения
		I _{н.р.} , А	Крат- ность	I _{н.р.} , А	Крат- ность	
			K _{у(т)}		K _{у(к)}	
1	2	3	4	5	6	7
А 3715 Ф А 3716 Ф	160	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	1,25	160	4,10	V _{н.А.} = 380 В Для ТР 5 - 2 пол. 6 - 3 пол. Ф - фено- пластовый корпус
А 3725 Ф А 3726 Ф	250	200, 250		250	10	
А 3735 Ф А 3736 Ф	630	250, 320, 400,		250		
		500		500		
		630		630		

Примечание.

Автоматические выключатели А 37 ... Ф используются для установки на вводно-распределительных устройствах (ВРУ) и распределительных силовых пунктах. Имеют стационарное и выдвижное исполнение.

Условное обозначение

А 37 2 6 Ф У 3

Тип	I _{н.А.} , А	ППР			Время срабатывания, с.		Дополн. сведения
		I _{н.р.} , А	K _у (п)	K _у (кз)	t _у (п)	t _у (кз)	
1	2	3	4	5	6	7	8
A 3733С A 3734С	400	250...400	1,25	3...10	4,8	0,1	V _{н.А.} = 660 В Для ППР 3 - 2 пол 4 - 3 пол С - селект.
A 3743С A 3744С	630	400...630			16	0,25 0,4	

Обозначение выключателя

Серия (номер разработки)

Обозначение номинального тока (I_{н.А.}) выключателя:
1 - 160 А 3 - 400 А
2 - 250 А 4 - 630 А

Обозначение количества полюсов
При наличии ППР:
3 - 2 полюса
4 - 3 полюса
При наличии ТР:
5 - 2 полюса
6 - 3 полюса

Категория размещения
3 - для закрытых помещений

Климатическое исполнение
У - умеренный климат

Б - токоограничивающий
С - селективный
Ф - фенопластовый корпус

2.3. Автоматические выключатели АЕ 20...

Применяются для защиты силовых и осветительных сетей переменного тока до 500 В напряжением от перегрузок и КЗ.

Чувствительным элементом являются расцепители: тепловой и электромагнитный.

Кроме расцепителей максимального тока, могут быть встроены дополнительные: минимального напряжения и независимый.

Расцепитель минимального напряжения отключает автомат при напряжении $(0,35 \div 0,7) V_{ном}$ и допускает включение при напряжении не менее $0,85 V_{ном}$.

Независимый расцепитель надежно срабатывает при напряжении $(0,7 \div 1,2) V_{ном}$.

По количеству полюсов выполняются: одно-, двух- и трехполюсными с ручным приводом.

Регулировка $I_{н.р.}$ возможна в пределах

$(0,9 \div 1,15) \cdot I_{н.р.}$, если $I_{н.р.} < I_{н.л.}$.

$(0,9 \div 1) \cdot I_{н.р.}$, если $I_{н.р.} = I_{н.л.}$.

Таблица 2.3. Технические данные автоматических выключателей АЕ 20 ... (3, стр. 603)

Тип	Номинальный ток, А		Кратность уставки		$I_{откл.}$, кА
	$I_{н.л.}$	$I_{н.р.}$	K_u (ТР)	K_u (ЭМР)	
1	2	3	4	5	6
АЕ 2020	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	1,25	3; 12	2,5
АЕ 2030	25	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25			
АЕ 2040	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63			5
АЕ 2050	100	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100			12

Условное обозначение

АЕ 20 3 6

Обозначение
выключателя

Серия (номер
разработки)

Обозначение номинального
тока ($I_{н.л.}$) выключателя:

2 — 16 А 3 — 25 А
4 — 63 А 5 — 100 А

Обозначение количества
полюсов:

4 — один
5 — два
6 — три

2.4. Предохранители плавкие ПР, ПН, НПН

Предохранители применяются, в основном, для защиты сетей от токов КЗ.

Чувствительным элементом предохранителя является плавная вставка из легкоплавкого цветного металла или сплавов, помещена в корпус. Применяются плавкие вставки безинерционные (малая тепловая инерция) и инерционные (большая тепловая инерция).

Безинерционные из металлов с высокой электропроводностью и малой теплоемкостью (медь, серебро) применяют для быстросрабатывающей защиты (от токов КЗ), к перегрузкам не чувствительны.

Инерционные из металлов с большим удельным сопротивлением (свинец и его сплавы) выдерживают кратковременные перегрузки и быстрое действие защиты не обеспечивают.

В сетях напряжением до 1 кВ широко распространены предохранители типов ПР2, ПН, НПН.

ПР2 — трубчатый предохранитель разборный с закрытым фибровым корпусом без наполнения. Гашение дуги в среде газа, выделяемого фиброй при высокой температуре. Разрывная способность небольшая.

ПН2 — предохранитель насыпной разборный заполнен кварцевым песком, который способствует гашению дуги.

НПН — предохранитель насыпной неразборный аналогичен по своим характеристикам ПН2.

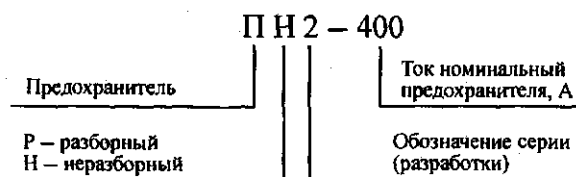
Таблица 2.4. Технические данные предохранителей
ПР, ПН, НПН (6, стр. 449)

Тип	Номинальный ток вставки, А	$I_{откл.}$, кА
1	2	3
ПР2 – 15	6, 10, 15	8
– 60	15, 20, 25, 35, 45, 60	4,5
– 100	60, 80, 100	–
– 200	100, 125, 160, 200	11
– 350	200, 225, 260, 300, 350	13
– 600	350, 430, 500, 600	23
– 1000	600, 700, 850, 1000	20
ПН2 – 100	31,5; 40, 50, 63, 80, 100	10
– 200	80, 100, 125, 160, 200, 250	10
– 350	200, 250, 315, 355, 400	40
– 600	315, 400, 500, 600	25
– 1000	500, 600, 750, 800, 1000	120
НПН – 15	6, 10, 15	10
– 60М	20, 25, 35, 45, 60	

Примечание.

Технические данные предохранителей при переменном напряжении 380 В.

Условное обозначение



2.5. Тепловые реле РТЛ

Тепловые реле серии РТЛ предназначены для защиты АД от перегрузок и обрыва фазы.

Это наиболее современные реле, трехполюсные, встраиваемые в магнитные пускатели ПМЛ.

Таблица 2.5. Технические данные тепловых реле РТЛ
(5, стр. 178)

Параметр	Тип реле		
	РТЛ-25	РТЛ-80	РТЛ-200
Номинальный ток реле, А	25	80	200
Пределы регулирования тока срабатывания	0,1...0,17	18...25	75...105
	0,16...0,26	23...32	95...125
	0,24...0,4	30...40	120...160
	0,38...0,65	38...50	150...200
	0,61...1,0	47...57	
	0,95...1,6	54...66	
	1,5...2,6	63...80	
	2,4...4,0		
	3,8...6,0		
	5,5...8,0		
	7,0...10		
Номинальный ток пускателя типа ПМЛ, А	10, 25	40, 63, 80, 125	200

Примечания.

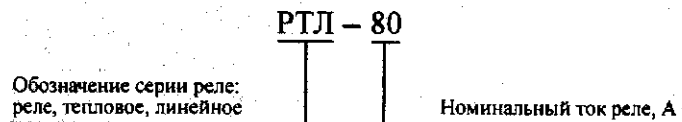
1. Тепловые реле магнитных пускателей выбирают согласно условию

$$I_{тр} \geq 1,25I_{нд},$$

где $I_{тр}$ – стандартное значение тока теплового реле, А; $I_{нд}$ – номинальный ток двигателя, А.

2. Технические характеристики РТ2 нового исполнения представлены в «Приложении А».

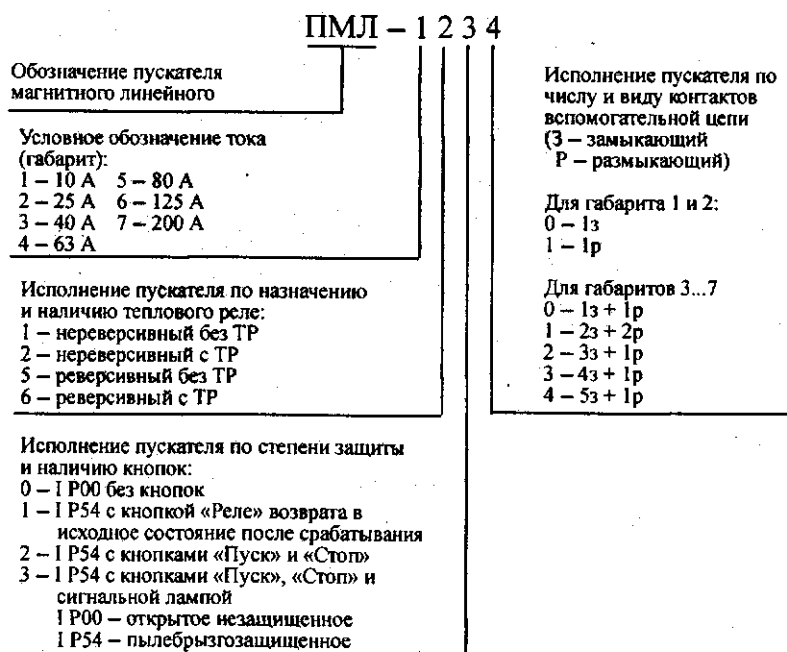
Условное обозначение:



Магнитные пускатели ПМЛ являются наиболее современными, они заменили снятые с производства пускатели ПМЕ и ПАЕ.

Кроме защиты от перегрузок и обрыва фазы (РТЛ), обеспечивается защита от токов КЗ (встроенные предохранители или автомат с ЭМР) и «нулевую» (контактор отпускает при снижении напряжения в сети $\leq 0,4U_{\text{ном}}$ или полном его исчезновении в процессе работы).

Условное обозначение:



2.6. Основные понятия и рекомендации

Расцепитель — электрическое устройство, воздействующее на механизм отключения автомата при действии тока срабатывания.

Принцип действия различных расцепителей показан на рис. 2.3.

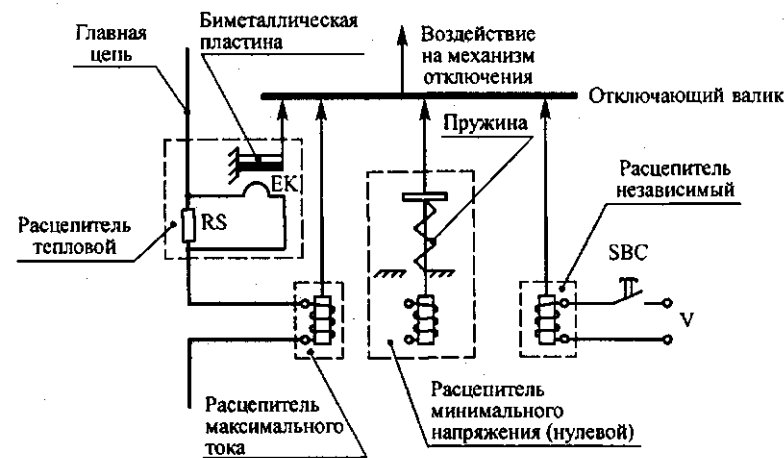


Рис. 2.3. Принцип действия расцепителей автоматов

Расцепитель тепловой (ТР) состоит из биметаллической пластины, связанной с толкателем, нагревательного элемента (ЕК), шунта (RS).

Принцип действия, как и РТ магнитных пускателей, основан на изгибании биметаллической пластины за счет тепла от нагревательного элемента, получающего питание с шунта.

Ток срабатывания РТ можно регулировать.

Расцепитель максимального тока состоит из катушки с сердечником, связанным с толкателем.

Принцип действия основан на создании механического усилия при прохождении тока КЗ.

Электромагнитный расцепитель (ЭМР) срабатывает мгновенно или с выдержкой времени (при наличии механизма выдержки времени, зависимой или независимой от тока).

Расцепитель минимального напряжения («нулевой») срабатывает при снижении напряжения в сети ниже

$(0,3 \div 0,5)I_{\text{ном}}$. Применяются для предотвращения самозапуска ЭД при восстановлении напряжения

Расцепитель независимый срабатывает при нажатии кнопки включения (SBC). Применяется для дистанционного отключения. Через него можно обеспечить отключение по сигналам внешних защитных устройств.

Номинальный ток автомата ($I_{\text{н.А}}$) — это наибольший длительный ток, протекающий по главным контактам и не вызывающий перегрева.

Номинальное напряжение автомата ($V_{\text{н.А}}$) — это наибольшее рабочее напряжение, которое не приводит к пробое изоляции в течение всего срока службы.

Отключающая способность автомата ($I_{\text{откл.А}}$) — это наибольший ток КЗ, проходящий через автомат, вызывающий его отключение без повреждений.

Отсечка (I_0) — это уставка тока ЭМР на мгновенное срабатывание.

Номинальный ток расцепителя ($I_{\text{н.р}}$) — это наибольший длительный ток, протекающий по расцепителю и не вызывающий его срабатывание.

Уставка срабатывания в зоне перегрузки $I_{\text{у(п)}}$ — это наименьший ток, протекающий до тепловому расцепителю, приводящий к его срабатыванию по перегрузке.

Уставка срабатывания в зоне КЗ, $I_{\text{у(КЗ)}}$ — это наименьший ток, протекающий по ЭМР, приводящий к его срабатыванию по КЗ.

Кратность уставки защиты — это отношение уставки срабатывания к номинальному току расцепителя

$$K_{\text{у(п)}} = \frac{I_{\text{у(п)}}}{I_{\text{н.р}}}; \quad K_{\text{у(КЗ)}} = \frac{I_{\text{у(КЗ)}}}{I_{\text{н.р}}}.$$

Определения в части касающейся предохранителя и плавкой вставки — аналогичны.

Выбор номинальных токов плавких вставок предохранителей или расцепителей автоматов производится на основании выполнения условий:

$$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{рм}}; \quad I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{рм}}$$

где $I_{\text{рм}}$ — наибольший расчетный ток защищаемой линии, А.

Тепловые реле магнитных пускателей выбирают из условия:

$$I_{\text{тр}} \geq 1,25 I_{\text{н.д}}$$

где $I_{\text{н.д}}$ — номинальный ток двигателя, А.

Т а б л и ц а 2.6. Расчетные зависимости для выбора аппарата защиты в силовых и осветительных сетях (7, стр. 160)

Аппарат защиты	Силовые сети	
	Линия с одним ЭД	Линия с группой ЭД
Автомат с комбинированным расцепителем	$I_{\text{н.р}} \geq 1,25 I_{\text{н.д}}$ $I_0 \geq 1,2 I_{\text{пуск}}$	$I_{\text{н.р}} \geq 1,1 I_{\text{р}}$ $I_0 \geq 1,25 I_{\text{пик}}$
Предохранитель	$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{н.д}}$ $I_{\text{вс}} \geq I_{\text{пуск}}/\alpha$	$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{р}}$ $I_{\text{вс}} \geq I_{\text{пик}}/\alpha$
	Осветительные сети	
	ЛН, ЛЛ	ДРЛ
Автомат с комбинированным расцепителем	$I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{р}}$	$I_{\text{н.р}} \geq 1,3 I_{\text{р}}$
Предохранитель	$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{р}}$	$I_{\text{вс}} \geq 1,2 I_{\text{р}}$

Пиковый ток ($I_{\text{пик}}$) — это наибольший ток, возникающий в линии длительностью 1...2 с.

Для линии с одним ЭД

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{н.д}}$$

где $K_{\text{п}}$ — кратность пускового тока.

Для линии с несколькими ЭД (от 2 до 5) или многодвигательном приводе (кран, станок)

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.нб}} + I'_{\text{р}}$$

где $I_{\text{пуск.нб}}$ — наибольший пусковой ток ЭД группы, А; $I'_{\text{р}}$ — суммарный расчетный ток без учета номинального тока пускаемого ЭД, А.

Для линии с большим числом ЭД (более 5) или со смешанной нагрузкой

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.нб}} + (I_{\text{р}} - K_{\text{н}} I_{\text{н.нб}}),$$

где $I_{\text{н.нб}}$ — номинальный ток пускаемого ЭД, А; $K_{\text{н}}$ — коэффициент использования механизма с наибольшим пусковым током.

Для **безинерционных** предохранителей условие пуска учитывает коэффициент «а»

$\alpha = 2,5$ для легких условий пуска, длительностью не более 2 с, достаточно редких (станки, вентиляторы, насосы и т.п.).

$\alpha = 1,6 \div 2$ для тяжелых условий пуска, длительностью более 2,5 с, достаточно частых (краны, лифты и т.п.).

Для **инерционных** предохранителей (вставки из свинца или его сплавов), $I_{вс}$ не зависит от характера нагрузки, так как обладает большой теплоемкостью и не успевает перегореть даже при больших $I_{пуск}$.

Условие выбора $I_{вс} \geq I_p$.

При защите конденсаторной батареи, ток плавкой вставки выбирают с учетом отстройки от токов включения и разряда КУ

$$I_o \geq 1,6 \frac{Q_{ку}}{\sqrt{3} \cdot V_{л}};$$

Уставка расцепителя максимального тока для КУ (отсечка) выбирается из условия:

$$I_{вс} \geq 1,3 \frac{Q_{ку}}{\sqrt{3} \cdot V_{л}};$$

Не рекомендуется устанавливать для защиты АД автомат только с ЭМР, так как это увеличивает сечение проводников по сравнению с комбинированным расцепителем.

При защите **сварочных аппаратов** при питающей линии сечением (алюминий) более 10 мм² применяют зависимость:

$$I_{вс} \geq 1,2 I_{св.н} \cdot \sqrt{ПВ};$$

где $I_{св.н}$ — номинальный ток сварочного аппарата, А;

ПВ — продолжительность включения, отн.ед.

Условие надежного срабатывания аппарата защиты

$$I_{кз}^{(1)} \geq 3 I_{н.р}; \quad I_{кз}^{(1)} \geq 3 I_{вс};$$

где $I_{кз}^{(1)}$ — однофазный ток КЗ.

3. Кабели, провода и шнуры

Кабельную продукцию в зависимости от конструкций подразделяют на кабели, провода и шнуры.

Кабель — одна или более изолированных жил (проводников), заключенных, как правило, в оболочку (металлическую, резиновую, пластмассовую), поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может накладываться броня с наружным покровом или без него.

Провод — одна неизолированная или одна и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может быть неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка волокнистыми материалами или проволокой.

Шнур — две или более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до 1,5 мм², скрученных или уложенных параллельно, поверх которых в зависимости от условий эксплуатации может быть неметаллическая оболочка и защитные покрытия.

Основными элементами всех типов кабельной продукции являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка, наружные покровы. В зависимости от назначения и условий эксплуатации экран и наружные покровы могут отсутствовать.

Кабели, провода и шнуры с резиновой изоляцией для предохранения изоляции от воздействия света и нефтяных продуктов оплетают хлопчатобумажной пряжей. Пряжу для оплетки применяют крученую суровую или окрашенную. Для усиленной механической защиты кабелей и проводов их оплетают хлопчатобумажной пряжей низких номеров или льняной нитью. Гибкие шнуры оплетают швейной ниткой.

В зависимости от условий эксплуатации оплетка из хлопчатобумажной пряжи пропитывается атмосферостойкими или противогнилостными составами.

3.1. Силовые кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией

Силовые кабели с пластмассовой изоляцией предназначены для передачи и распределения ЭЭ в стационарных установках. Изготавливаются на номинальные напряжения: 0,66; 1; 3; 6; 10; 35; 110 кВ частотой 50 Гц с алюминиевыми или медными жилами. Изоляция жил — ПЭ или ПВХ, оболочка — ПЭ, ПВХ, свинец, алюминий.

Длительно допустимая температура нагрева жил кабелей не должна превышать 70 °С.

Силовые кабели с пластмассовой изоляцией разделяются на три группы: кабели общего назначения (на напряжение 0,66; 1; 3; 6 и 10 кВ), специализированные (на 0,66 кВ), высоковольтные (на 35, ПОкВ).

Силовые кабели с резиновой изоляцией предназначены для стационарной прокладки в электрических сетях, для передачи и распределения ЭЭ на напряжении 0,66; 3; 6 и 10 кВ.

Оболочка из маслостойкой или не распространяющей горение резины, ПВХ пластиката или свинца.

Выбор кабелей производится в соответствии с условиями их прокладки и эксплуатации. Прокладка небронированных силовых кабелей в помещениях для распределительных устройств по стенам, перекрытиям и т.п. должна производиться на высоте не менее 2,5 м. Для присоединения передвижных механизмов при напряжении до 0,66 кВ применяют гибкие кабели с резиновой изоляцией и медными жилами.

Принцип формирования марок кабелей

Марки кабелей формируются слева направо из букв русского алфавита, обозначающих, как правило, функциональное назначение и элементы (материал) конструкции кабелей, начиная с токопроводящей жилы и кончая защитным покровом:

К — контрольный кабель;

КУ — кабель управления;

Ц — бумажная изоляция, пропитанная нестекающим составом;

А — алюминиевая жила (отсутствие слева буквы А означает, что жила медная);

В, П, Пс, Пв, Р — изоляция поливинилхлоридная, полиэтиленовая, полиэтиленовая самозатухающая, полиэтиленовая вулканизированная, резиновая (отсутствие этих букв означает, что изоляция бумажная пропитанная);

В, Н, А, С — оболочка поливинилхлоридная, резиновая (маслостойкая, не распространяющая горение), алюминиевая, свинцовая;

Б, БГ, П, ПГ, К — броня из стальных лент, из стальных плоских проволок, из стальных круглых проволок;

л, 2л, в, нл, б — подушка или ее отсутствие;

Шв, Шп, Шпс — шланг наружный поливинилхлоридный, полиэтиленовый, из самозатухающего полиэтилена;

ож — однопроволочные жилы;

з — с заполнением промежутков между жилами для придания кабелю круглой формы;

У — усовершенствованная бумажная изоляция;

В — бумажная обедненно-пропитанная изоляция;

нг — не распространяющий горение кабель.

Применяемая изоляция:

ПЭ — полиэтилен,

ПТФЭ — политетрафторэтилен (фторопласт),

ПВХ — поливинилхлорид,

РТИ — резина техническая изоляционная.

Оболочки кабелей.

Предназначены для защиты изоляции жил от воздействия света, различных химических веществ и механических повреждений.

В отношении герметичности и влагонепроницаемости лучшими являются металлы (алюминий, свинец, сталь).

Кабели с влагоемкой изоляцией (бумажная) нуждаются в металлических оболочках.

Кабели с невлагеомкой изоляцией (пластмасса или резина) не нуждаются в металлической оболочке, а поэтому их изготавливают в пластмассовой или резиновой оболочке.

Широкое применение имеют металлопластмассовые оболочки (оболочки ПЭ с алюминиевыми и стальными лентами), заменяющие свинцовые оболочки.

Стальные оболочки нуждаются в антикоррозионной защите битумными составами и пластмассовыми шлангами.

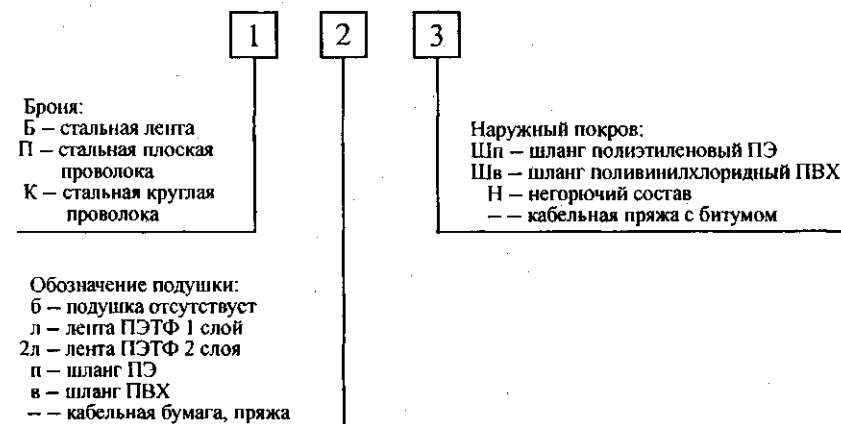
Оболочки из ПВХ пластиката не распространяют горение, влаго- и маслостойкости.

Свинцовые оболочки обычно применяются при бумажной изоляции.

Защитный покров

Состоит из подушки, брони и наружного покрова.

Условные обозначения защитного покрова кабеля



Броня из стальных лент применяется для защиты кабелей от механических повреждений при отсутствии растягивающих усилий.

Выполняется она из низкоуглеродистой стали трех групп:

А — лента оцинкованная (А пл — лента, предназначенная для плоской брони; А пр — лента, предназначенная для профильной брони);

Б — лента без антикоррозийного покрытия;

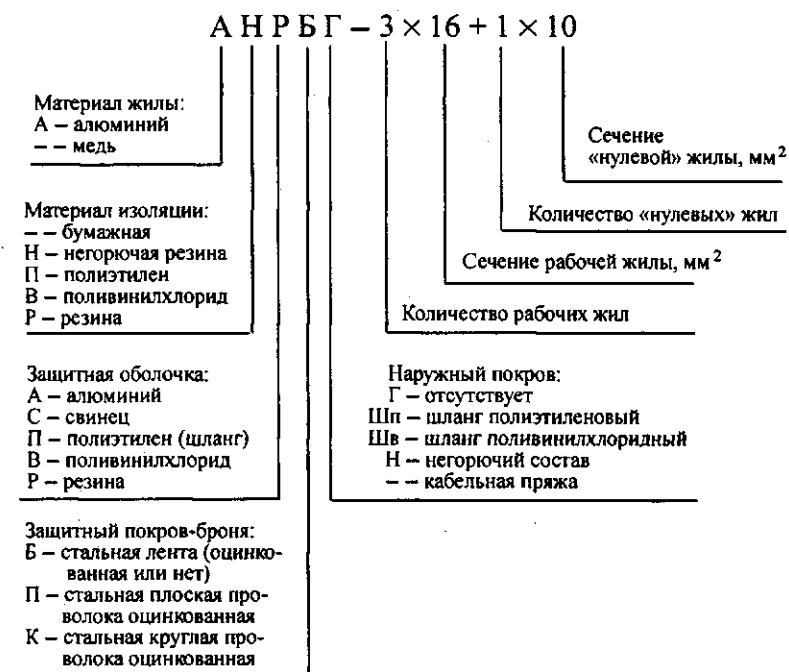
В — лента битуминированная.

Кабели, растягивающиеся в условиях эксплуатации, бронируют оцинкованными стальными проволоками.

Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией и в оболочке из этих материалов для защиты от механических повреждений и повреждении грызунами оплетают отожженной, оцинкованной стальной проволокой (диаметр 0,3 мм).

Наружный покров из шланга ПЭ или ПВХ поверх брони силовых и контрольных кабелей не распространяет горение, поэтому они применяются наравне с пропиткой «н».

Пример условного обозначения (марки) силового кабеля



Пример условного обозначения (марки) гибкого кабеля



Таблица 3.1.1. Сортамент гибких кабелей на 0,66 кВ (8, стр. 132)

Марка	Число жил			S, мм ²	Стандартные сечения, мм ²
	Основных	Заземл.	Управлен.		
1	2	3	4	5	6
КГ и КГН	1	—	—	2,5...120	0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150
	2; 3	—	—	0,75...120	
	2; 3	1	—		
КПГ	2	—	—	0,75...70	
	2; 3	1	—		
КПГН	3	1	—	1,5...10	
	3	1	1		
КПГС	3	1	—	2,5...120	
КПГСН	3	1	1	2,5...6	
КПГС	3	1	1	4...50	
КПГСН	3	1	2	95...150	
КПГУ	3	—	—		

Таблица 3.1.2. Марки силовых кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией, рекомендуемые для прокладки в земле (в траншее) (2, стр. 141)

Область применения	Марка кабеля
В земле (траншее) с низкой коррозионной активностью	АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АВБбШв, АПсБбШв, АПБбШв, АПвБбШв
В земле (траншее) со средней коррозионной активностью	АВАШв, АВРБ, АНРБ, АПвАШв, АПБбШв, АПвБбШв, АВБбШв, АПсБбШв
В земле (траншее) с высокой коррозионной активностью	АВАШв, АВРБ, АНРБ, АПвАШв, АПБбШв, АПвБбШв, АВБбШв, АПсБбШв

Таблица 3.1.3. Марки силовых кабелей с пластмассовой и резиновой изоляцией, рекомендуемые для прокладки в воздухе (2, стр. 142)

Область применения		При отсутствии опасности механических повреждений	При наличии опасности механических повреждений
Прокладка в помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях: сухих, сырых и частично затопляемых средой со слабой, средней и высокой коррозионной стойкостью		АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ, АПВГ, АПсВГ	АВРБГ, АВБбШв, АВАШв, АПвБбШв, АНРГ
Прокладка в помещении с пожароопасными зонами		АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АНРГ, АСРГ	АВБбШв, АПсБбШв, АВРБГ, АСРБГ
Прокладка во взрывоопасных зонах классов	В - I	ВВГ, ВРГ, НРГ, СРГ	ВБВ, ВБбШв, НРБГ, СРБГ
	В - Ia		
	В - Ib	АВВГ, АВРГ, АНРГ	АВБВ, АВБбШв, АВРБГ, АНРБГ, АСРБГ
	В - II	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ	
Прокладка на эстакадах	технологических	—	АВРБГ, АНРБГ, АВАШв
	спец. кабельных	АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ	АВРБН, АНРБГ
	по мостам	АПвВГ, АПВГ, АВАШв	АВАШв
Прокладка в блоках		АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ	

Таблица 3.1.4. Сортамент силовых кабелей на напряжение 660 В

(8, стр. 93)

Пластмассовая изоляция		
Марка кабеля	S, мм ²	Количество жил
1	2	3
ВВГ, ПВГ, ПсВГ, ПвВГ	1,5...50	1, 2, 3, 4
АВВГ, АПВГ, АПсВГ, АПвВГ	2,5...50	
АВББШв, АПББШв, ПББШв, АЦсББШв	4...50	2, 3, 4
АВВГ-С АПВГ-С АПсВГ-С	4...50	3, 4
АВБВ	2,5...120	2, 3, 4
ВБВ	1,5...95	

(8, стр. 107)

Резиновая изоляция		
Марка кабеля	S, мм ²	Количество жил
4	5	6
СРГ	1...240 1...182	1 2, 3, 4
АСРГ	4...300 4...240 2,5...240	1 2, 3 3, 4
ВРГ, ВРТГ, НРГ	1...240	1, 2, 3, 4
АВРГ, АВРТГ, АНРГ	4...300 2,5...300	1 2, 3, 4
ВРЕ, ВРТБ, ВРЕБ, ВРТББ, ВРББ, НРЕ, НРЕБ, СРЕБ, СРЕГ	2,5...185	2, 3, 4
АВРЕ, АВРТБ, АВРЕБ, АВРТББ	4...240	2, 3
АВРББ, АВРТББ, АСРЕБ, АСРББ, АНРЕБ, АНРББ	2,5...240	3, 4

Примечание.

Наличие буквы «С» в конце марки, означает — для сельского хозяйства.

3.2. Провода

Провода неизолированные применяются для воздушных линий электропередачи (ЛЭП). В условиях эксплуатации они подвешиваются на изоляторах, которые изолируют провода от земли и между собой. Расстояние между проводами определяется величиной напряжения передачи.

Основные марки проводов имеют витую конструкцию из нескольких проволок алюминиевых, медных или сплавов на их основе.

Для увеличения прочности внутрь провода вводят сердечник из стальной проволоки.

Провода силовые изолированные предназначены для электроснабжения силовых и осветительных установок.

Прокладка возможна стационарно и нестационарно, на открытом воздухе и внутри помещений, открыто и в строительных конструкциях. Некоторые марки проводов предназначены для скрытой прокладки под штукатуркой.

Изоляция может быть резина, пластмасса и другая. Токопроводящая жила изготавливается из алюминия, меди или их сплава.

Материалом изоляции может быть резина на каучуковой или кремнийорганической основе, ПВХ пластикат, ПЭ и его разновидности (самозатухающий) и другой нагревостойкий материал.

Резиновая изоляция допускает нагрев токопроводящих жил длительно — 65 °С, пластмассовая — 70 °С.

Для защиты проводов с резиновой изоляцией от механических действий, света и влаги применяют оболочки из шланговой резины, ПВХ пластиката и из металлических лент с фальцованным швом.

Иногда применяют оплетку из хлопчатобумажной пряжи, пропитанную противогнилостным составом или лаком; из пропитанной лаком стекло-пряжи или стальной оцинкованной проволоки.

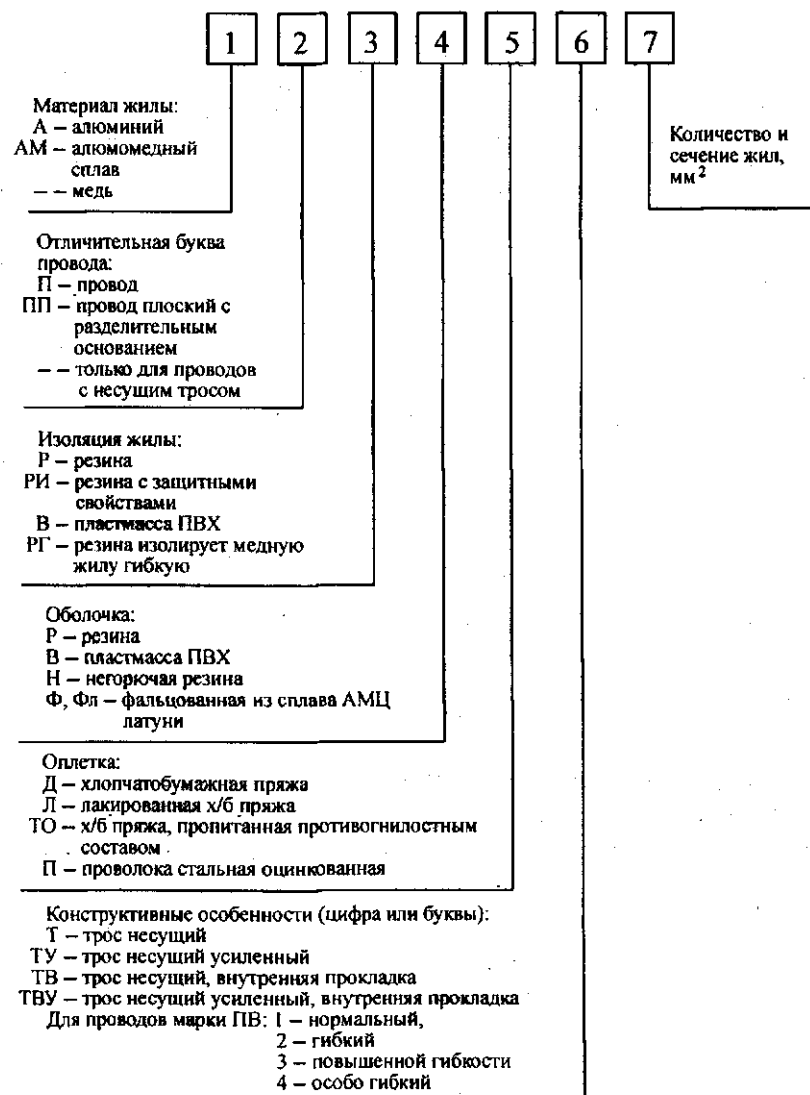
Монтаж всех видов проводов допускается при температуре не ниже «-15 °С». Большинство силовых проводов с пластмассовой изоляцией изготовляют без оболочки и защитных покрытий, так как пластмассовая изоляция не нуждается в защите от действия света, влаги и устойчива к легким механическим действиям.

В двух- и трехжильных проводах с пластмассовой изоляцией жилы укладываются параллельно в одной плоскости. Между жилами образуют разделительное основание шириной 5 мм и толщиной 0,65 мм, предназначенное для крепления с помощью гвоздей.

В трехжильных проводах разделительное основание только между 2 и 3 жилами.

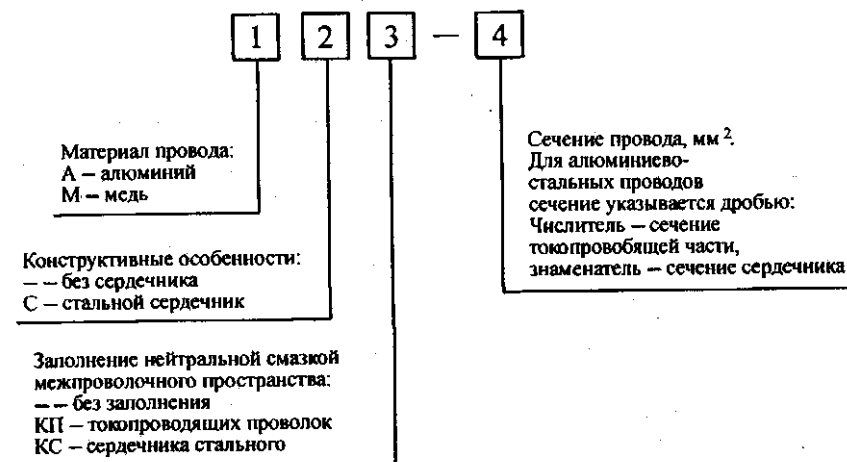
Принцип формирования марок изолированных проводов

Марки проводов формируются слева направо из букв русского алфавита, обозначающих материал жилы, изоляцию жилы, материал оболочки и другие конструктивные особенности, количество и сечение жил.



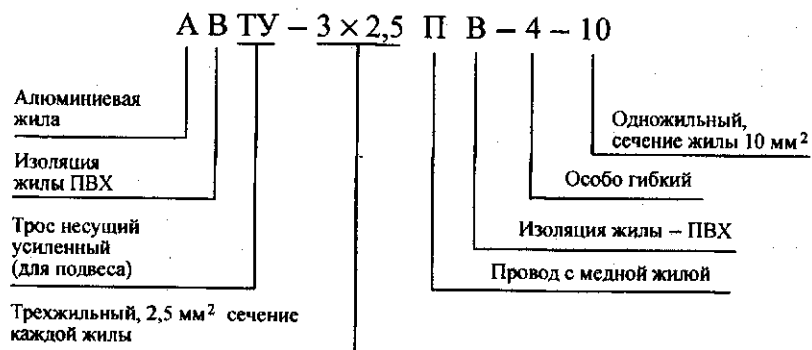
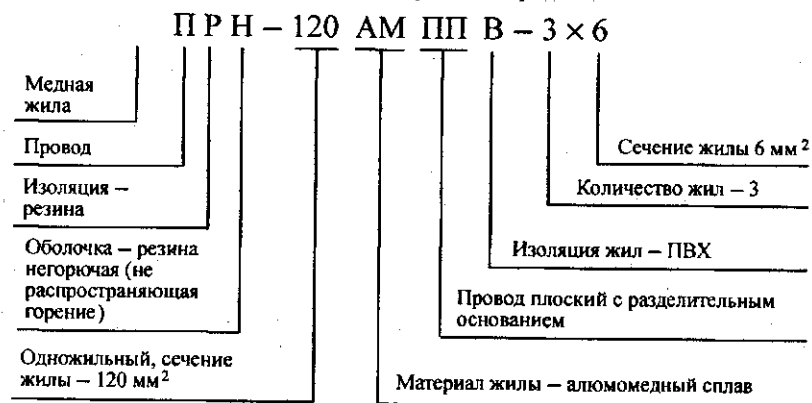
Принцип формирования марок неизолированных проводов

Марки проводов формируются слева направо из букв русского алфавита, обозначающих материал токопроводящей части, конструктивные особенности, сечение.



Примечание. В таблице 3.2.1 дробная запись сечения относится только к алюминисво-стальным проводам.

Примеры маркировки изолированных проводов:



Примеры маркировки неизолированных проводов:
М-25 — медный провод сечением 25 мм²
АКП-16 — алюминиевый провод сечением 16 мм², межпроводочное пространство проводников заполнено нейтральной смазкой.

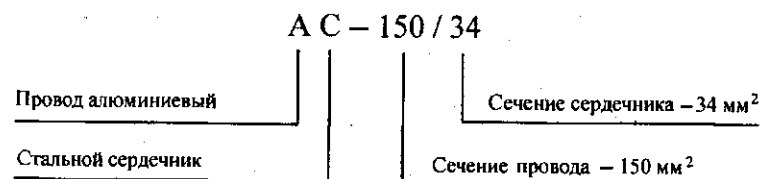


Таблица 3.2.1. Токовая нагрузка на неизолированные провода (8, стр. 503)

S, мм ²	АС, АСКС, АСК, АСКП		А, АКП		М	
	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри	Снаружи	Внутри
1	2	3	4	5	6	7
10/1,8	84	53	—	—	95	60
16/2,7	111	79	105	75	133	102
25/4,2	142	109	136	106	183	137
35/6,2	175	135	170	130	223	173
50/8	210	165	215	165	275	219
70/11	265	210	265	210	337	268
95/16	330	260	320	225	422	341
120/19	390	313	375	300	485	395
27	375	—	—	—	—	—
150/19	450	365	440	355	570	465
24	450	365	—	—	—	—
34	450	—	—	—	—	—
185/24	520	430	500	410	650	540
29	510	425	—	—	—	—
43	515	—	—	—	—	—
240/32	605	505	590	490	760	685
39	610	505	—	—	—	—
56	610	—	—	—	—	—
300/39	710	600	680	570	880	740
48	690	585	—	—	—	—
66	680	—	—	—	—	—
330/27	730	—	—	—	—	—
400/22	830	713	815	690	1050	895
51	825	705	—	—	—	—
64	860	—	—	—	—	—
500/27	960	830	980	820	—	—
64	945	815	—	—	—	—
600/72	1050	920	1100	955	—	—
700/86	1180	1040	—	—	—	—

Примечание.

Наличие «—» в графах означает, что вариант не исполняется.

Таблица 3.2.2. Марки проводов для открытой прокладки по строительным конструкциям из негорючих материалов (2, стр. 136)

Вид прокладки	Помещение				Вне помещения
	Сухое	Сырое	Жаркое	Пыльное	
1	2	3	4	5	6
Непосредственно (в том числе на струнах, лентах, полосах)	АПВ, АППВ, АПРН, АПРФ, АМПВ, АМППВ	АПВ, АППВ, АПРН	АПВ, АППВ, АПРН, АПРФ, АМПВ, АМППВ	—	—
На роликах	АПВ, АПРТО, АПРН, АПРФ, ПРД, ПРВД, АМПВ	АПВ, АПРН	АПВ, АПРТО, АПРН, АПРФ, АМПВ	АПВ, АПРН, АМПВ	
На клицах		—		—	
На изоляторах	АПВ, АПРТО, АПРН, АПРФ, АМПВ	АПВ, АПРН		АПВ, АПРН, АМПВ	
На лотках	АПВ, АПРТО, АПРН, АМПВ				
В коробах			АПВ, АПРН, АМПВ		АПВ, АПРН
В поливинил-хлоридных трубах	АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН				—
В стальных трубах					
В гибких металлорукавах	АПВ, АПРТО, АПРН			—	
На канате или проволоке	АПВ, АВТВ, АПРН				АВТ

Таблица 3.2.3. Марки проводов для открытой прокладки по строительным конструкциям из горючих материалов (2, стр. 138)

Вид прокладки	Помещение				Вне помещения
	Сухое	Сырое	Жаркое	Пыльное	
1	2	3	4	5	6
Непосредственно (в том числе на струнах, лентах, полосах)	АПРН, АПРФ, АППР	АПРН, АПРФ	АПРН, АПРФ	—	—
С подкладкой под провода негорючих материалов	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ		
На роликах	АПВ, АПРН, АПРФ, ПРД, ПРВД	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН, АПРФ, АМПВ	АПВ, АПРН, АМПВ	
На клицах	АМПВ	—		—	
На изоляторах	АПВ, АПРФ, АМПВ, АПРН	АПВ, АПРН	АПВ, АПРН, АМПВ	АПВ, АПРН, АМПВ	АПВ
На лотках					
В коробах	АПВ, АПРН, АПРТО, АМПВ				АПВ, АПРН
В поливинилхлоридных трубах	АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН				
В стальных трубах					
В гибких металлорукавах	АПВ, АПРТО, АПРН			—	
На канате или проволоке	АПВ, АПРН, АВТВ				АВТ

Таблица 3.2.4. Марки проводов для скрытой прокладки по строительным конструкциям (2, стр. 139)

Вид прокладки		Помещение				Вне помещений
		Сухое	Сырое	Жаркое	Пыльное	
1		2	3	4	5	6
По строительным конструкциям из негорючих материалов	В поливинилхлоридных трубах	АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН АПВ, АППВ, АПРН				—
	В полиэтиленовых и полипропиленовых трубах					
	В стальных трубах					
	В слое штукатурки	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ,		
	В каналах строительных конструкций	АПВ, АППВ, АПРТО, АПРН				
	В монолите строительных конструкций	АППВ		—	АППВ	
По строительным конструкциям из горючих материалов	В поливинилхлоридных трубах	АПВ, АППВ, АПРТО, АПРН				—
	В стальных трубах					
	В слое штукатурки	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ	АПВ, АППВ	АПВ, АППВ, АМПВ, АМППВ,		

Таблица 3.2.5. Марки проводов для открытой прокладки в зонах повышенной опасности (2, стр. 136)

Вид прокладки		Особо сыро	Химически активная среда	Взрыво-опасная зона	Пожаро-опасная зона
1		2	3	4	5
По строительным конструкциям из негорючих материалов	Непосредственно, (в том числе на струнах, лентах, полосах)		— АПВ		АПРН ПВ1
	На роликах , клицах				
	На изоляторах, лотках				
	В коробах				
	В поливинил-хлоридных трубах		АПВ, АППВ, АПРН	АПВ, АПРН АПВ, АПРН	
	В стальных трубах	АПВ, АПРН	АПВ		
	В гибких металлорукавах		—		АПРН
	На канате или проволоке				
По строительным конструкциям из горючих материалов	На изоляторах, лотках	—	АПВ	—	АПВ, АПРН, ПВ1
	В коробах		—		
	В поливинил-хлоридных трубах		АПВ, АППВ, АПРН, АПРТО		АПВ, АПРН АПВ, АПРН АПВ, АПРН
	В стальных трубах	АПВ, АПРН			
	В гибких металлорукавах	—		АПВ, АПРН, АПРН	
	На канате или проволоке			АПРН	

Таблица 3.2.6. Марки проводов для скрытой прокладки
в зонах повышенной активности (2, стр. 139)

Вид прокладки		Особо сыро	Химически активная среда	Взрыво-опасная зона	Пожаро-опасная зона
1		2	3	4	5
По строительным конструкциям из негорючих материалов	В поливинил-хлоридных трубах	АПВ, АПРТО	АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН	—	АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН
	В стальных трубах	АПВ, АПРТО			
	В слое штукатурки	—	АПВ, АППВ		
	В каналах строительных конструкций			АПВ, АППВ, АПРТО, АПРТ	
	В монолите строительных конструкций				АППВ
По строительным конструкциям из горючих материалов	В поливинил-хлоридных трубах	АПР, АПРН	АПВ, АППВ, АПРН	—	АПР, АППВ, АПРН
	В стальных трубах		АПВ, АПРТО, АППВ, АПРН		
	В слое штукатурки	АПВ, АППВ			

Таблица 3.2.7. Сортамент проводов
для электротехнических установок (8, стр. 156)

Пластмассовая изоляция			
Марка	Кол-во жил	S, мм ² при напряжении	
		380 В	660 В
1	2	3	4
АВТ, АВТВ, АВТУ	2, 3	2,5...4	—
АВТВУ	2, 3, 4	2,5...4	2,5 и 4 2,5...16
АМПВ	1	1...10	1,5...10
АМППВ	2, 3	1,5...6	—
АПВ	1	2...120	2...120
АПВУ	1	2,5...120	2,5...120
ПВ-1, ПВ-3	1	0,5...95	0,5...95
ПВ-2	1	2...95	2...95
ПВ-4	1	0,5...10	0,5...10
АППВ	2, 3	2...6	—
ППВ	2, 3	0,75...4	—
ВПВ, ВПП	1	1,5...70	1,5...70
ПВ-Л	1	6	—
ПСВЛ, ПСВЛУ	1	0,75...6	0,75...6
СПП	1,2	0,5	—

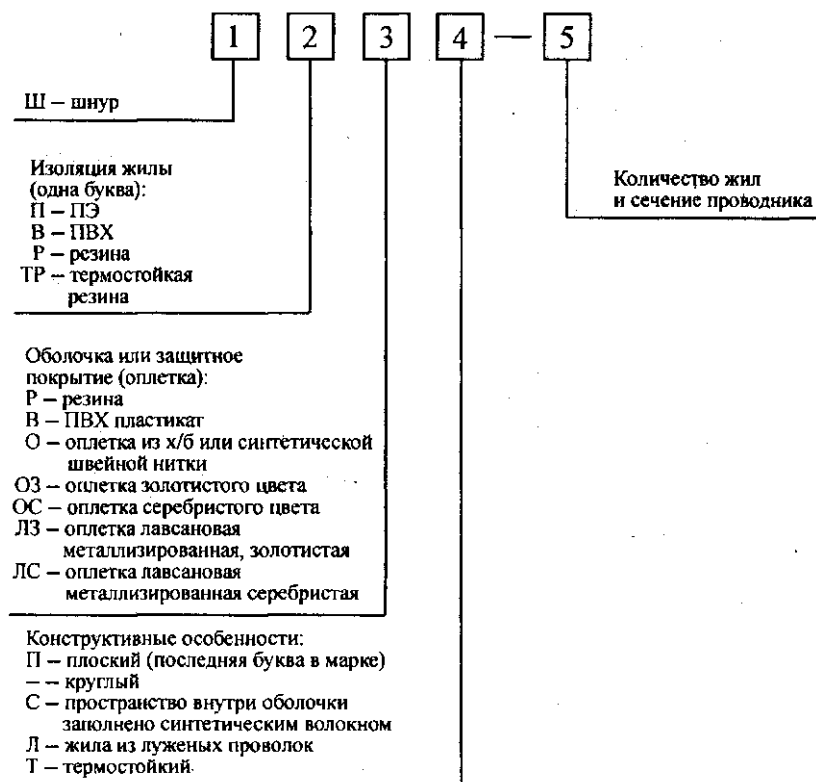
Резиновая изоляция			
Марка	Кол-во жил	S, мм ² при напряжении	
		380 В	660 В
5	6	7	8
АППР	2, 4 3	— —	2,5...10 2,5
АПРИ, АПРН	1	—	2,5...120
ПРИ, ПРГИ	1	—	0,75...120
ПРН, ПРГН	1	—	1,5...120
ПРТО	1	—	0,75...120
	2, 3	—	1...120
	7	—	1,5...10
	10, 14	—	1,5 и 2,5
АПРТО	1, 2, 3,	—	2,5...120
	7	—	2,5...10
	10, 14	—	2,5
ПРП, ПРРП	1, 2, 3,	—	1...95
	4, 6, 7,	—	4...10
	8, 10	—	
	4 - 8, 10, 14, 19, 24, 30	—	1...2,5
АРТ	2	2,5 и 4	2,5 и 4
	3	4, 6	4, 6
	4	4 - 35	4 - 35
ПРД	2	0,75 - 6	—
ПРВД	2	1 - 6	—
АПРФ	1, 2, 3	—	2,5...4
ПРФ, ПРФД	1, 2, 3	—	1...4

3.3. Шнуры

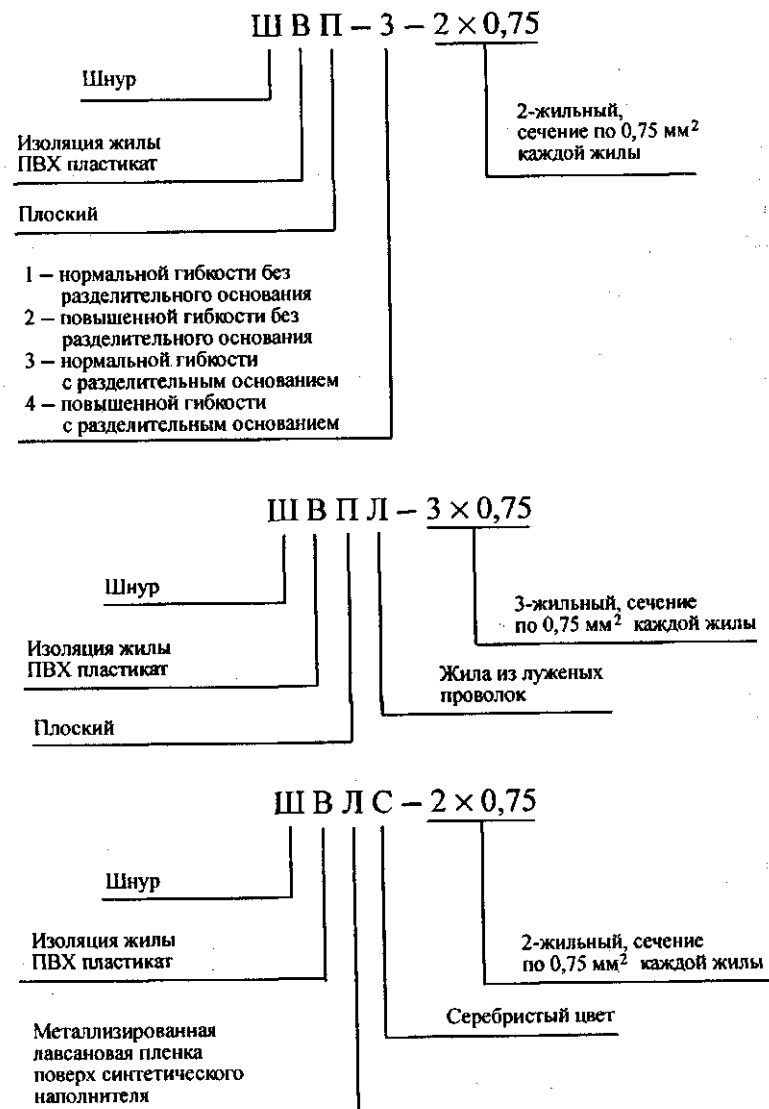
Шнуры предназначены для подключения электроустановок напряжением 380/660 В промышленного и бытового назначения. Шнуры выпускают с пластмассовой и резиновой изоляцией, нормальной и повышенной гибкости, а также в цветных оболочках. Токпроводящие жилы шнуров скручивают из медных отожженных проволок.

Принцип формирования марок шнуров

Марки шнуров формируются слева направо из букв русского алфавита, обозначающих изоляцию жилы, материал оболочки и другие конструктивные особенности, количество и сечение жил. Так как жилы изготавливают из меди, то материал не указывается.



Примеры маркировки шнуров:



Т а б л и ц а 3.3. Сортамент шнуров для электроустановок
(8, стр. 176)

Марка	Кол-во жил	S, мм ²	Марка	Кол-во жил	S, мм ²
1	2	3	1	2	3
ШВП-1	2	0,35; 0,5; 0,75	ШПП	2	0,2
ШВП-2	2	0,35; 0,5; 0,75	ШПС	2, 3	0,5; 0,75
ШВП-3	2, 3	0,75	ШРО	2	0,35
ШВП-4	2	0,75		2, 3	0,5; 0,75; 1
ШВПТ	2	0,35	ШРС	2, 3	0,5
ШВВП	2	0,35; 1		2, 3, 4	0,75
	2, 3	0,5; 0,75	ШТР	2, 3	0,5; 0,75; 1; 1,5
ШВП, ШВПЛ	2, 3	0,5	ШВОС	2	0,2
ШВП	2, 3	0,5; 0,75			0,75
			ШВОЗ, ШВЛС, ШВЛЗ	2,3	0,75

3.4. Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией

Токовые нагрузки на кабели, провода и шнуры данной группы (в том числе кабели в свинцовой, резиновой или ПВХ оболочке) приводятся из расчета максимального нагрева жил до 65 °С при температуре окружающего воздуха 25° и земли 15 °С.

При определении числа проводов, прокладываемых в одной трубе (жил многожильного кабеля или провода), нулевой провод четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Таблица 3.4.1. Допустимые длительные токи действительны независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Принимаются для проводов и кабелей, проложенных в коробах или в лотках пучками, как для проводов, проложенных в трубах.

При **одновременно** нагруженных проводах более **4**, проложенных **в трубах, коробах или лотках пучками**, токи нагрузки принимаются как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением **снижающих** коэффициентов: **0,68** (для 5-еб проводов); **0,63** (для 7-г9 проводов); **0,6** (для 10-г12 проводов).

Для проводов **вторичных цепей** снижающие коэффициенты **не вводятся**.

Для проводов, проложенных **в лотках**, при **однородной**, укладке допустимые длительные токи нагрузки принимают как для проводов, проложенных **в воздухе**, а в **коробах** — как для одиночных проводов и кабелей, проложенных **открыто с применением** понижающих **коэффициентов**.

Таблица 3.4.2. Допустимые длительные тока нагрузки для кабелей, приложенных в коробах или в лотках пучками, принимаются как для кабелей, проложенных в воздухе.

Таблица 3.4.1. Токовая нагрузка на провода и шнуры с резиновой и ПВХ изоляцией (8, стр. 510)

S, мм ²	Ток, А											
	Открыто		Прокладка в трубе									
	Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медная жила						Алюминиевая жила			
			Два 1-ж.	Три 1-ж.	Четыре 1-ж.	Один 2-ж.	Один 3-ж.	Два 1-ж.	Три 1-ж.	Четыре 1-ж.	Один 2-ж.	Один 3-ж.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,5	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	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
2,5	30	24	27	25	25	25	32	20	19	19	19	16
3	34	27	32	28	26	28	24	24	20	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 3.4.2. Токовая нагрузка на кабеля с резиновой изоляцией в оболочке (свинцовой, ПВХ, резиновой), бронированные и небронированные (8, стр. 510)

S, мм ²	Ток, А									
	Медная жила					Алюминиевая жила				
	1-ж.	2-ж.	3-ж.	1-ж.	2-ж.	3-ж.	1-ж.	2-ж.	3-ж.	В воз-духе
	В воздухе		В земле		В воздухе		В земле		В воз-духе	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,5	23	19	33	27	19	—	—	—	—	—
2,5	30	27	44	38	25	23	21	34	29	19
4	41	38	55	49	35	31	29	42	38	27
6	50	50	70	60	42	38	38	55	46	32
10	80	70	105	90	55	60	55	80	70	42
16	100	90	135	115	75	75	70	105	90	60
25	140	115	175	150	95	105	90	135	115	75
35	170	140	210	180	120	130	105	160	140	90
50	215	175	265	225	145	165	135	205	175	110
70	270	215	320	275	180	210	165	245	210	140
95	325	260	385	330	220	250	200	295	255	170
120	385	300	445	385	260	295	230	340	295	200
150	440	350	505	435	305	340	270	390	335	235
185	510	405	570	500	350	395	310	440	385	270
240	605	—	—	—	—	465	—	—	—	—

Примечание.

По этой таблице токовая нагрузка определяется также для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических оболочках и кабелей с алюминиевыми жилами и пластмассовой изоляцией.

Таблица 3.4.3. Токовая нагрузка на шнуры напряжением до 660 В (8, стр.511)

S, мм ²	Количество жил		Примечание
	2-ж.	3-ж.	
1	2	3	4
0,5	12	—	Шнуры имеют медные жилы
0,75	16	14	
1,0	18	16	
1,5	23	20	

Таблица 3.4.4. Экономическая плотность тока при различной продолжительности годовой нагрузки, А/мм² (8, стр. 512)

Провода, шины, кабели	Продолжительность нагрузки, ч.		
	До 3000	3000...5000	Более 5000
Неизолированные провода и шины: медные алюминиевые	2,5	2,1	1,8
	1,3	1,1	1,0
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией, жилы: медные алюминиевые	3,5	3,1	2,7
	1,9	1,7	1,6

4. Распределительные устройства

Распределительные устройства (РУ) можно рассматривать трех видов: силовые распределительные пункты, комплектные шинопроводы, щитки. Все нагрузки делятся на силовые и осветительные, поэтому и распределительные устройства предназначены для их подключения.

Многообразие различных типов РУ затрудняет их выбор, многие из них устарели.

В этой главе приведены данные современных универсальных РУ, так как они могут быть использованы как для осветительных, так и для силовых электроустановок.

Так ПР85 может использоваться как силовой распределительный пункт (шкаф), а также как магистральный и групповой щитки для ОУ. Кроме того, на базе ПР85 для ОУ с газоразрядными лампами высокого давления разработан ШК85.

Комплектные шинопроводы магистральные, распределительные, осветительные также обеспечивают подключение силовых и осветительных установок.

Для решения учебных вопросов достаточно применять указанные наиболее современные распределительные устройства, оборудованные современными автоматическими выключателями серии ВА (ПР85), исключив многообразие устаревших типов.

Поэтому в данной главе рассмотрены только эти распределительные устройства и приведены их основные технические данные.

4.1. Распределительные пункты ПР85.... ПР87...

Для распределения ЭЭ и защиты электрических сетей от токов КЗ применяют распределительные пункты с автоматическими выключателями. Устаревшие распределительные пункты ПРИ, ПР22, ПР24 и другие сняты с производства. Вместо них для сетей переменного тока напряжением до 660 В частотой 50 и 60 Гц выпускают ПР85, а для сетей постоянного тока напряжением до 220 В — ПР 87.

Новая серия ПР 85, ПР 87 разработана Харьковским ВНИИ-электроаппарат, укомплектована автоматическими выключателями серии ВА, серийный выпуск начат в 1989 г.

Встраиваемые выключатели на отходящих линиях устанавливают в любом сочетании по номинальному току расцепителя. При этом суммарная нагрузка одновременная не должна превышать номинальный рабочий ток распределительного пункта.

Для подключения медных или алюминиевых проводников без пайки и наконечников есть зажимы, которые обеспечивают втычное присоединение.

Выключатели, встраиваемые в пункты не имеют свободных контактов и дистанционных расцепителей.

Вводные выключатели имеют ручной привод, рукоятка которого выведена на лицевую сторону, что позволяет управлять, при закрытой дверце. Рукоятка может запирается. Пункты допускают присоединение к магистрали. Их зажимы рассчитаны при токах:

460-630 А на присоединение четырех входящих и отходящих проводников $3 \times 120 \text{ мм}^2$;

160-250 А — двух проводников того же сечения.

Ошиновка стойкая к сквозным токам КЗ до 50 кА, Распределительные пункты этой серии применяют как для силовых, так и для осветительных установок.

ПР85 для силовых установок имеют только трехполюсные выключатели, для осветительных — одно- и трехполюсные (в качестве магистральных и групповых щитков).

Пункты для ОУ имеют съемные верхнюю и нижнюю крышки, отверстия в которых для кабелей и проводов делают при монтаже (прокладка в трубах).

Зажимы позволяют присоединить без пайки и наконечников одножильные проводники сечением:

1 ... 25 мм^2 ($I_n = 63 \text{ А}$); 2,5 ... 70 мм^2 ($I_n = 100 \text{ А}$);

25 ... 120 мм^2 ($I_n = 160 \text{ А}$); 50 ... $2 \times 120 \text{ мм}^2$ ($I_n = 250 \text{ А}$).

Для групповых осветительных сетей производственных помещений, освещаемых разрядными лампами высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ) при групповой компенсации реактивной мощности трехфазными конденсаторами разработаны шкафы распределительные серии ШК 85.

Они предназначены для замены снятых с производства аналогичного назначения ПР41.

Шкафы распределительные серии ШК 85

Предназначены для приема и распределения ЭЭ в системе 380/220 В трехфазного переменного тока с глухозаземленной нейтралью, защиты линий от перегрузок и коротких замыканий, групповой компенсации реактивной мощности в эл. цепях светильников с РЛВД, имеющих низкий коэффициент мощности ($\cos \phi$), а также для нечастых (до 6 в час) оперативных включений и отключений.

Они выполняются:

- с вводным трехполюсным автоматическим выключателем ВА51-35 с электромагнитным приводом дистанционного управления;

- с вводным ВА51-35 с ручным управлением;

- без вводного автоматического выключателя.

В шкафах имеется: четыре трехполюсных с комбинированными расцепителями ВА51-31 на номинальные токи 63, 50, 40 и 30 А.

Уставки расцепителей определяются по заказу потребителя. Для компенсации реактивной мощности установлены четыре трехфазных конденсатора КСКИ-0,4-33 1/3.

Конструкция шкафа обеспечивает ввод и вывод проводов в трубах или кабелей питающих и отходящих фидеров, а также цепей управления через проемы в крышке или дно шкафа.

Контактные зажимы допускают присоединение внешних проводников (на фазу) следующих сечений:

- к зажимам вводных устройств: $1 \times (50 \dots 150) \text{ мм}^2$ или $2 \times 70 \text{ мм}^2$;

- к зажимам групповых отходящих линий: $1 \times (4 \dots 50) \text{ мм}^2$;

- к зажимам нулевой шины: $1 \times (4 \dots 150) \text{ мм}^2$.

По способу установки исполнение — напольное.

Принципиальная электрическая схема ШК 85 (Рис. 4.1)

Основные элементы схемы:

QF1 — вводной автоматический выключатель BA51-35,

QF2÷QF5 — линейные автоматические выключатели BA51-31,

SF1 — автоматический выключатель линий ДУ,

SA — избиратель управления (М — местное, О — отключено, Д — дистанционное),

SBC1, *SBT1* — кнопки местного управления (включение и отключение),

SBC2, *SBT2* — кнопки дистанционного управления (включение и отключение),

S1, *S2* — выключатели путевого электромагнитного привода,

S3, *S4* — перекидные контакты электромагнита (запоминают команду на отключение или включение),

K1÷K4 — конденсаторы компенсации реактивной мощности,

XT1÷XT12 — места подключения групповых линий,

X1 — штепсельный соединитель,

YA — электромагнитный привод.

Работа схемы

При местном управлении: *SA* — «М», *SF1* — «ВКЛ».

Команда на включение поступает при нажатии *SBC1*.

YA получает питание, *QF1* — включается, *S1* включает на пульте диспетчера *HL2* (*QF1* — включен), *S2* размыкает цепь ДУ. После включения *QF1* катушка *YA* обесточивается (*S3* — размыкается).

Команда на отключение поступает при нажатии *SBT1* (параллельно разомкнутому *S3*), *YA* получает питание, *QF1* — отключается, *S1* включает *HL1* (*QF1* — отключен), *S2* подключает цепь ДУ. После отключения *QF1* катушка *YA* обесточивается (*S4* — размыкается).

При дистанционном управлении (ДУ): *SA* — «Д», *SF1* — «ВКЛ».

Команда на включение поступает при нажатии на пульте диспетчера *SBC2*, а на отключение — при нажатии *SBT2*.

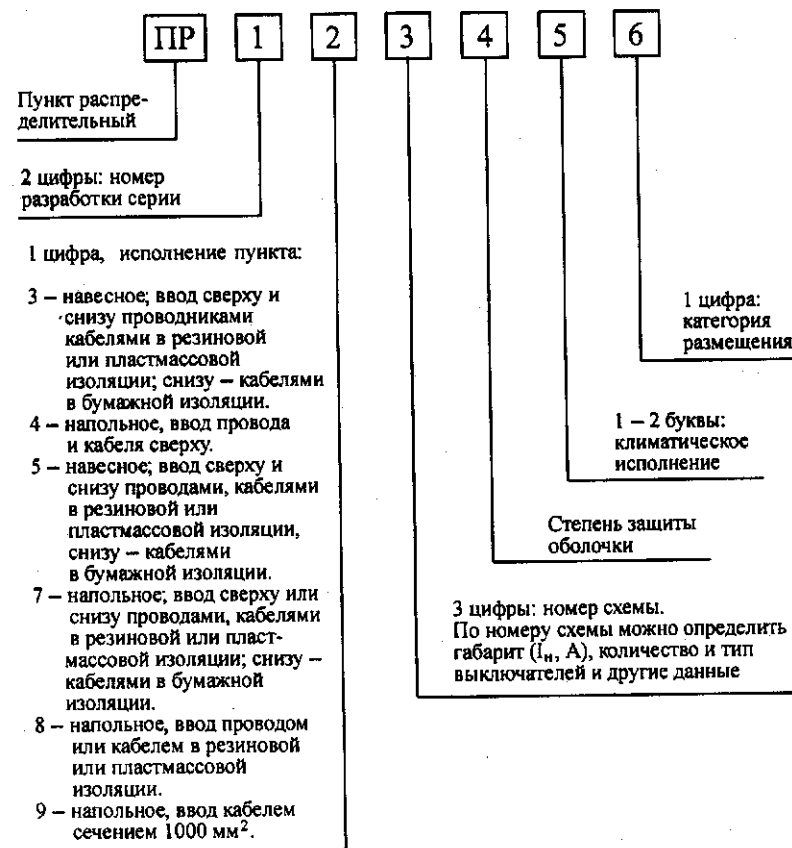
В остальной схеме работает аналогично описанному выше.

На пульт диспетчера выведена сигнализация о состоянии *QF1* («ВКЛ—Н» или «ОТКЛ—Н»).

Схема сигнализации получает питание от источника оперативного тока. Цепь сигнализации коммутируется путевым выключателем *S1*.

HL1 горит, если *QF1* «ОТКЛ—Н», а *HL2* погашена и наоборот.

Структура условного обозначения распределительного пункта:



Пример условного обозначения РП:

ПР 85 – 3 012 – 21 – У 3

Пункт
распределительный

Номер разработки:
85 – переменный ток
87 – постоянный ток

3 – навесное исполнение; ввод
сверху и снизу проводами,
кабелями в резиновой или
пластмассовой изоляции;
снизу – кабелями в бумаж-
ной изоляции.

012 – номер схемы

IP21 – степень защиты
2 – защита от проникновения внутрь
оболочки пальцев или предметов
длиной до 80 мм и от проникновения
твердых тел размером более 12 мм
1 – защита от вертикальных капель
воды

Категория
размещения:
3 – для закрытых
помещений

Климатическое
исполнение:
У – для умеренного
климата

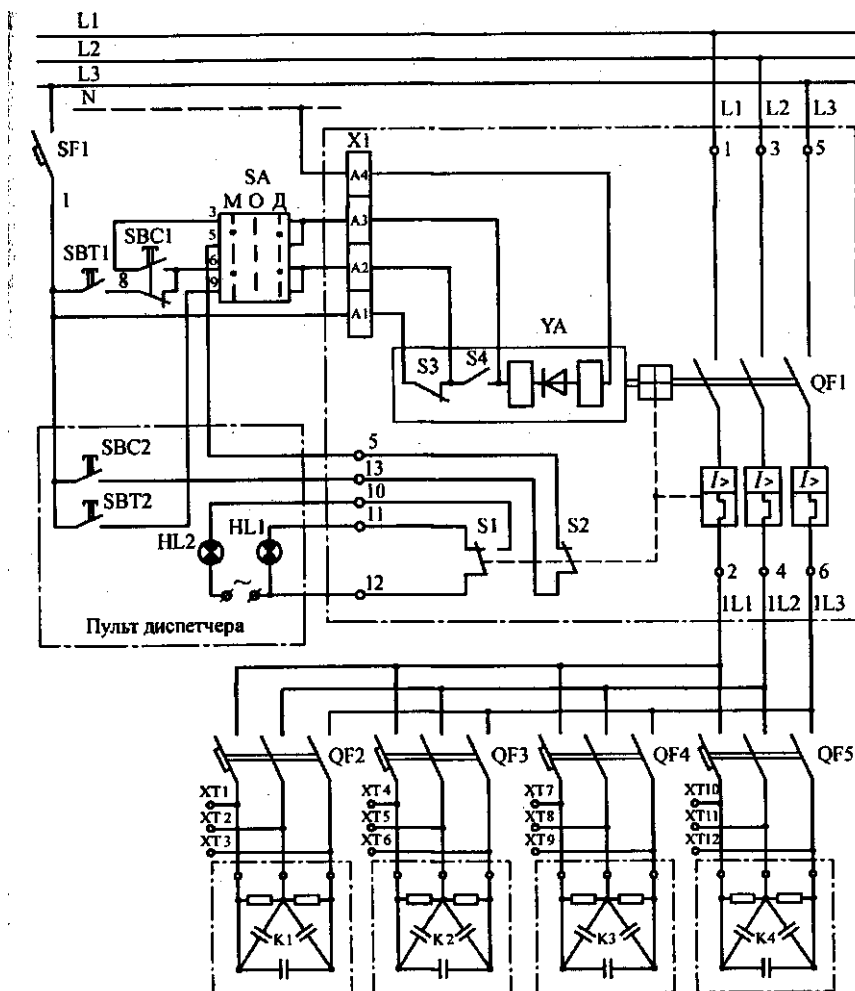


Рис. 4.1. Принципиальная электрическая схема ШК85

Таблица 4.1.1. Технические данные ПР85 (2, стр. 357)

Номер схемы	I _н , А	Рабочий I _н , А при исполнении		Количество BA51-31 линейных		Дополнительные сведения
		IP21 УЗ	IP54 УХЛ2, Т2	1- полюсн.	3- полюсн.	
1	2	3	4	5	6	7
С зажимами на вводе						Все ПР85 по сх. 001...044 имеют исполнение навесное (степень защиты IP21 и IP54) или утопленное (IP21) ПР85 по сх. 149...151 имеют только навесное исполнение (степень защиты IP21 и IP54) ПР85 по сх. 152 имеют навесное и напольное исполнение (степень защиты IP21 и IP54)
001	160	128	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	188	12	—	
013				6	2	
014				—	4	
015				18	—	
016				12	2	
017				6	4	
018				—	6	
019				24	—	
020				18	2	
021				12	4	
022				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	400	320	300	6	6	
038				—	8	
039				30	—	
040				24	2	
041				18	4	

Продолжение табл. 4.1.1

1	2	3	4	5	6	7
042	400	320	300	12	6	Все ПР85 по сх. 045...089 имеют навесное (степень защиты IP21 и IP54) или утопленное (степень защиты IP21) исполнение
043				6	8	
044				—	10	
149	630	504	473	—	6	
150				—	8	
151				—	10	
152				—	12	
С выключателем BA51-33 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	
С выключателем BA51-35 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 BA51-37 на вводе						
074	400	320	300	—	4	
075				18	—	
076				12	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	

Окончание табл. 4.1.1.

1	2	3	4	5	6	7
088 089	400	320	300	18 —	— 10	
С выключателем ВА55-37 на вводе						Все ПР85 по схемам 099...114, 124...139 имеют навесное и напольное исполнение (степень защиты IP21 и IP54)
099	400	320	300	—	4	
100				18	—	
101				12	2	
102				6	4	
103				—	6	
104				24	—	
105				18	2	
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	

Таблица 4.1.2. Технические данные ПР85 на 630 А и с 3-полюсными ВА (2, стр. 283)

Номер схемы	I _н , А	Рабочий I _н , А при исполнении		Кол-во 3-полюс- ных линейных выключателей		Дополнительные сведения
		IP21 У3	IP54 УХЛ2, Т2	BA51-31	BA51-35	
1	2	3	4	5	6	7
С выключателем BA51-39 на вводе						ПР85 по схемам 153...155 имеют только навесное исполнение (IP21 и IP54) Все остальные ПР85 имеют навесное и напольное исполнение (IP21 и IP54)
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	
С выключателем BA55-39 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 BA56-39 на вводе						
140	630	504	473	6	—	
141				8	—	
142				10	—	
143				12	—	
144				—	4	
145				2	2	
146				4	2	
147				6	2	
148				8	2	
С зажимами на вводе						
149	630	504	473	6	—	
150				8	—	
151				10	—	
152				12	—	
153				—	4	
154				2	2	
155				4	2	
156				6	2	
157				8	2	

4.2. Шинопроводы переменного тока

Шинопроводом называется жесткий токопровод заводского изготовления напряжением до 1 кВ, поставляемый комплектами секциями.

Шинопроводы общепромышленного назначения, которые можно рассматривать в качестве распределительных устройств, подразделяют на магистральные, распределительные и осветительные.

Магистральные переменного тока предназначены для выполнения в производственных помещениях магистральных четырехпроводных электрических сетей с заземленной нейтралью напряжением до 660 В, частотой 50-60 Гц.

Распределительные переменного тока предназначены для выполнения внутри помещений распределительных электрических сетей с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В, частотой 50-60 Гц.

Распределительными шинопроводами может выполняться вертикальная прокладка внутри общественных и административных зданий повышенной этажности.

При необходимости, вертикально проложенный шинопровод может иметь горизонтальные участки.

Межэтажная секция шинопровода имеет жесткое соединение шин с корпусом шинопровода и снабжена нагревостойкими перегородками для предотвращения распространения пламени с этажа на этаж при пожаре.

В помещениях с пыльной средой применяют распределительные пылезащитные шинопроводы.

Осветительные предназначены для выполнения в производственных помещениях двух- и четырехпроводных электрических сетей, а также для питания электрифицированного ручного инструмента и других электроприемников небольшой мощности.

Разновидностями магистральных шинопроводов являются открытые шинные магистрали из неизолированных шин, которые прокладываются на высоте 10-12 м по нижнему поясу ферм на изоляторах в цехах небольшой протяженности.

Комплектные шинопроводы применяются только для внутренней проводки. Для подключения станков и механизмов они снабжены ответвительными коробками со штепсельными контактами или болтовыми соединениями.

Соответственно шинопроводы называют штепсельными или с глухими отпайками. Наибольшее распространение получили штепсельные, позволяющие подключаться без снятия напряжения с шинопровода.

Ответвления от шинопроводов к производственным механизмам выполняется в стальных тонкостенных трубах проводом марки АПВ или шланговым проводом.

Шинопроводы крепят к фермам, подвешивают на подвесках к строительным конструкциям цеха и устанавливают на стойках.

В ответвительной коробке для защиты ответвления устанавливают автоматические выключатели или предохранители. Сечения фазового и нулевого проводников равны. Расстояние между ответвительными коробками 0,5... 1 м.

Шины, используемые в шинопроводах и в распределительных устройствах, изготавливают, главным образом, из алюминия и его сплавов. Форма поперечного сечения шин, в зависимости от площади сечения, требуемой Прочности на изгиб и общей компоновки шинопровода может быть плоской, круглой, трубчатой, коробчатой или более сложной. При больших токах (1 кА и выше) применяют многополосные шины.

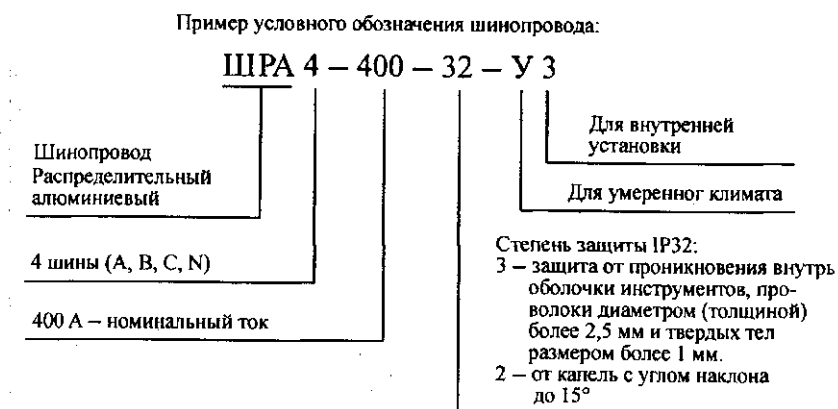
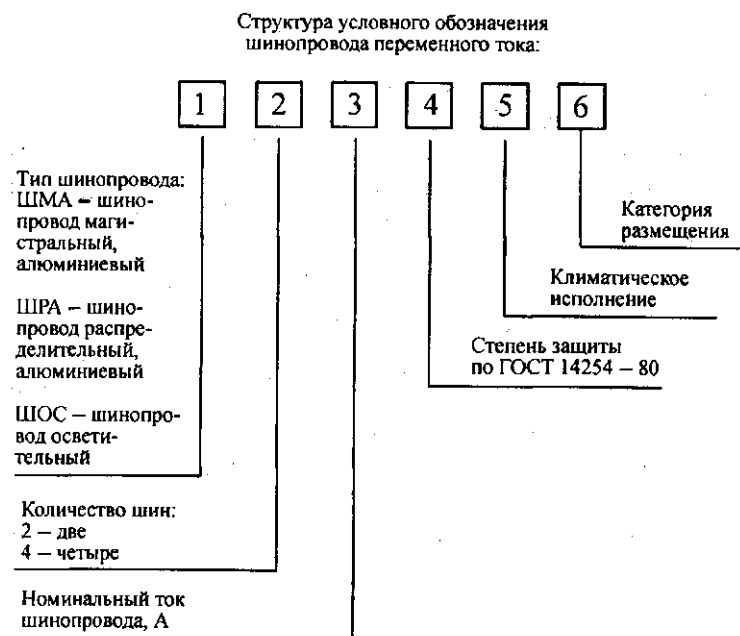
Для уменьшения изоляционных расстояний и габаритов применяют изолированные шины с надеваемой, прессованной или литой (например, эпоксидной) изоляцией.

В сетях НН наибольшее применение нашли комплектные закрытые шинопроводы.

Магистральные шинопроводы рассчитаны на токи более 1 кА, а распределительные менее 1 кА.

Кожух шинопровода по соображениям механической прочности изготавливают из сплошной или перфорированной листовой стали, из алюминиевым сплавов.

Кожухи малогабаритных шинопроводов (до 100 А) могут изготавливаться из изоляционных материалов, что обеспечивает более высокий уровень электробезопасности.



Для предотвращения случайных механических повреждений и обеспечения хорошей доступности распределительные шинопроводы располагают на высоте 2,5...3 м.

Групповые линии осветительных сетей при 3-фазной системе с нулевым проводом (380/220) могут выполняться однофазными

(двухпроводными), двухфазными (трехпроводными) и трехфазными (четырепроводными).

Для освещения небольших помещений, в которых установлено небольшое количество светильников, применяются однофазные группы. В здании с большим числом помещений применяют двухфазные и трехфазные групповые линии с однофазными ответвлениями в отдельные помещения.

В больших цехах с газоразрядными лампами групповые линии обычно трехфазные (четырепроводные). Это позволяет подключить светильники к разным фазам и снизить стробоскопический эффект.

К питающей линии освещения рекомендуется подключать не более 5 щитков, при этом на вводе каждого устанавливают вводный автомат или пакетный выключатель.

В табл. 4.2.1-4.2.3 приведены основные технические данные современных шинопроводов переменного тока, выпуск которых начат с 1998 г.

Таблица 4.2.1. Технические данные магистральных шинопроводов переменного тока ШМА (2, стр. 150)

Показатели	Марка шинпровода ШРА 4-			
	-100-44-У3	-250-32-У3	-400-32-У3	-630-32-У3
1	2	3	4	5
Номинальный ток, А	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	660	660	660
Электродинамическая стойкость уд. току КЗ, кА	7	15	25	35
Сопротивление на фазу, Ом/км				
активное,	—	0,21	0,15	0,10
индуктивное,	—	0,21	0,17	0,13
полное	—	0,24	0,16	0,11
Линейная потеря напряжения на 100 м, В	—	6,5	8	8,5
Сечение шин, мм	3,55×11,2	35×5	50×5	80×5
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP 44	IP 32	IP 32	IP 32

Таблица 4.2.2. Технические данные распределительных шинопроводов переменного тока ШРА (2, стр. 151)

Показатели	Марка шинопровода ШРА 4-			
	-100-44-УЗ	-250-32-УЗ	-400-32-УЗ	-630-32-УЗ
1	2	3	4	5
Номинальный ток, А	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	660	660	660
Электродинамическая стойкость уд. току КЗ, кА	7	15	25	35
Сопротивление на фазу, Ом/км				
активное,	—	0,21	0,15	0,10
индуктивное,	—	0,21	0,17	0,13
полное	—	0,24	0,16	0,11
Линейная потеря напряжения на 100 м, В	—	6,5	8	8,5
Сечение шин, мм	3,55×11,2	35×5	50×5	80×5
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP 44	IP 32	IP 32	IP 32

Таблица 4.2.3. Технические данные осветительных шинопроводов ШОС (2, стр. 151)

Показатели	ШОС2 -		ШОС4 -		
	-16-20-УЗ	-25-44-УЗ	-25-44-УЗ	-63-44-УЗ	-100-44-УЗ
1	2	3	4	5	6
Номинальный ток, А	16	25	25	63	100
Номинальное напряжение, В	220	220	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	3	3	3	5	5
Номинальный ток штепселя, А	6	10	10	25	30
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP 20	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44

4.3. Рекомендации по выбору РУ

Выбор вида РУ определяется схемой ЭСН: магистральной, радиальной или смешанной.

Магистральная схема

Питающая сеть выполняется магистральным шинопроводом т.ШМА, который подключается непосредственно к шинам НН подстанции.

Количество отдельных ШМА определяется по числу трансформаторов на подстанции и не должно их превышать.

Суммарная пропускная способность ШМА определяется мощностью подключенного трансформатора.

В схемах блок «трансформатор-магистраль» нет РУ НН, поэтому ШМА подключается непосредственно к трансформатору.

В крупных цехах с трансформаторами 1600 и 2500 кВА могут применяться схемы с несколькими магистралями. В этом случае, устанавливается РУ НН с числом линейных выключателей, равным числу присоединенных магистралей.

Комплектные ШМА выбирают по расчетному току силового трансформатора, к которому подключается магистраль согласно условию:

$$I_{н.ШМА} \geq I_{н.Т}$$

где $I_{н.ШМА}$, $I_{н.Т}$ — номинальные токи ШМА и трансформатора, А.

Потеря напряжения (ΔV , %) в главной магистрали определяется:

$$\Delta V = 10^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sum I_p l}{V_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi),$$

где $\sum I_p l$ — сумма моментов токовых нагрузок шинопровода, А·км; V_n — номинальное напряжение, В; r_0 , x_0 — удельное активное и индуктивное сопротивление, ом/км;

Потеря напряжения в ШМА не должна превышать 1,8 %.

Длина ШМА не должна превышать 220 м (при $I_{н.ШМА} = 1600$ А) и 250 м (при $I_{н.ШМА} = 2500$ А) при $\cos \varphi = 0,7 \div 0,8$.

Если от ШМА питаются одновременно силовые и осветительные нагрузки, то указанные пределы длины уменьшаются в 2 раза.

Электроприемники к магистральному шинопроводу могут подключаться в любой точке.

Распределительная сеть выполняется на ШРА, которые подключаются к ШМА. На участках с малой нагрузкой, где прокладка ШРА нецелесообразна, устанавливают РП (шкафы), присоединяя их к ближайшим ШМА или ШРА.

РП располагают вблизи места расположения электроприемников при среднем радиусе 10–30 м. ШРА целесообразно применять для питания электроприемников малой и средней мощности, равномерно распределенных вдоль линий магистралей.

ШРА выбирает по расчетному току (I_p , А) из условия:

$$I_{н.ШМА} \geq I_p.$$

Потерю напряжения (ΔV , %) ШРА с равномерной нагрузкой и расположением вводной секции в середине шинопровода определяют:

$$\Delta V = 10^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{0,5 I_p l}{V_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi).$$

Примечание. При расположении вводной «коробки» в начале шинопровода учитывается вся длина (l), т.е. коэффициент 0,5 — отсутствует.

Потеря напряжения в ШРА не должна превышать 2,5%.

Комплектные шинопроводы проверяют на электродинамическую стойкость по условию:

$$i_{у.доп} > i_{у.р},$$

где $i_{у.доп}$ — допустимый ударный ток для данного шинопровода, кА; $i_{у.р}$ — расчетный ударный ток КЗ в начале шинопровода, кА;

Радиальная схема

Питающая сеть выполнена кабелем, который подключает силовой РП (шкаф). РП применяют для приема и распределения электроэнергии к группам электроприемников 3–380 В, 50 Гц.

Их выбирают по напряжению, числу подключенных приемников ЭЭ, расчетной нагрузке с учетом охлаждающей среды в рабочей зоне по условию:

$$I_{н.рп} \geq I_{р.гр}.$$

При этом определяется необходимость вводного аппарата защиты или его отсутствие.

Смешанная схема

В смешанных схемах питающая сеть выполняется как кабелем, так и шинопроводом. Распределительными устройствами будут РП, ШМА, ШРА. Выбор их аналогичен изложенному выше.

Осветительные сети

Осветительные нагрузки цехов при радиальной схеме питаются отдельными линиями от щитов подстанции, а при магистральных (в том числе и блок «трансформатор-магистраль») — от головных участков магистралей.

В крупных цехах прокладывают самостоятельную осветительную сеть — питающую с распределительными щитами, от которых питаются групповые щитки.

В небольших цехах питающую сеть можно сразу подводить к групповым щиткам (без распределительных).

Для осветительной сети и сети переносных механизмов и инструментов обычно применяют ШОС с нулевой шиной на напряжение 380/220 В.

Набор осветительных РУ принципиально аналогичен набору РП.

Комплектный шинопровод. Шинопровод закрытого типа, заключенный в оболочку, выполненный секциями различного назначения (угловые, ответвительные, присоединительные, компенсационные, подгоночные) для распределения ЭЭ на НН.

Электроприемники к ШРА подключают через ответвительные коробки кабелем или проводом, проложенным в трубах, коробах или металлорукавах.

Секция ШРА длиной 3 м имеет 8 ответвительных коробок (по 4 с каждой стороны) с автоматическими выключателями или рубильниками с предохранителями.

Для штепсельного присоединения ответвительных коробок на секциях предусмотрены окна с автоматически закрывающимися шторками.

При открывании крышки питание электроприемника прекращается, что обеспечивает безопасное присоединение коробок к шинопроводу.

Присоединение ШРА к магистральному шинопроводу осуществляется кабельной перемычкой, соединяющей вводную коробку ШРА с ответвительной секцией ШМА.

Вводная коробка ШРА устанавливается на конце шинопровода или на стыке двух секций.

Крепление ШРА выполняется на стойках на высоте 1,5 м над полом, кронштейнами к стенам и колоннам, на тросах и фермах здания.

5. Силовые трансформаторы и комплектные трансформаторные подстанции

В настоящее время в цехах промышленных предприятий распространение имеют комплектные трансформаторные подстанции (КТП).

КТП изготавливаются на заводах и крупноблочными узлами доставляются на место монтажа.

Широкое внедрение КТП позволило индустриализовать и ускорить монтаж подстанций, обеспечить максимальную безопасность при обслуживании, уменьшить их габариты.

КТП выполняются как для наружной (КТПН), так и для внутренней (КТПВ) установки на различные мощности.

Способ подключения со стороны ВН и НН определяется заказчиком и выполняется заводом-изготовителем в соответствии со схемой электроснабжения.

В помещении КТП устанавливается комплектное оборудование, обеспечивающее коммутацию, защиту, контроль и сигнализацию. Предусмотрены условия для обслуживания, ремонта и нормальной эксплуатации.

Трансформаторы для КТП применяют с охлаждением масляным, воздушным и жидким диэлектриком, обычно герметичного исполнения, что обеспечивает большую безопасность.

В качестве охладителя применяется трансформаторное масло или совтол.

Совтол-10 представляет собой пожаро- и взрывоопасную электроизоляционную жидкость, обладающую токсическими свойствами, бесцветную или желтоватую. Его запрещается смешивать с трансформаторным маслом и при работе соблюдать меры предосторожности. В настоящее время ведутся работы по замене совтола на экологически безопасный диэлектрик.

Технические данные основных трансформаторов и КТП приведены в табл. 5.1.1....5.1.3 и 5.2.1.

5.1. Трансформаторы класса 6-10 кВ

Силовые трансформаторы классифицируют:

по условиям работы — на трансформаторы, предназначенные для работы в нормальных и специальных условиях;

по виду изолирующей охлаждающей среды — на масляные, сухие, заполненные жидким негорючим диэлектриком и с литой изоляцией;

по типам, характеризующим назначение и основное конструктивное исполнение (однофазные или трехфазные), наличие и способ регулирования напряжения и т.д.

В стандартах или технических условиях на конкретные типы трансформаторов указываются следующие основные параметры: номинальная мощность, номинальные напряжения обмоток, условные обозначения схем и групп соединения обмоток, вид переключения ответвлений (РПН — регулирование под нагрузкой, ПБВ — переключение без возбуждения), потери холостого хода и КЗ, напряжение КЗ, ток холостого хода на основном ответвлении.

Изготовление и поставка трансформаторов класса 6-10 кВ с РПН должна быть согласована с заводом-изготовителем.

Охлаждение трансформаторов

Воздушное охлаждение. Применяется для сухих трансформаторов. Изоляция обмоток в этом случае может быть воздушно-барьерная или литая (обмотки залиты эпоксидным компаундом).

Трансформаторы изготавливают мощностью до 1600 кВ·А включительно и устанавливают в сухих закрытых помещениях. Их достоинства — пожаробезопасность, простота конструкции, отсутствие жидкого диэлектрика. Трансформаторы с литой изоляцией изготавливают мощностью до 2500 кВ·А включительно. Дополнительно к их достоинствам относится — большой диапазон изменения температуры окружающего воздуха (от -45 до +40 °С), уменьшенный уровень шума.

Масляное охлаждение. Естественное масляное охлаждение применяется до 6300 кВ·А включительно. Масляное ох-

лаждение с воздушным дутьем применяется при мощности ЮОООкВАи более.

Обдувание поверхности радиаторов позволяет увеличить теплоотдачу на 50% и более. Обдувание осуществляется с помощью электровентиляторов. Охлаждение с принудительной циркуляцией масла увеличивает теплосъем с наиболее нагретых точек трансформатора. Горячее масло из бака трансформатора центробежным насосом прогоняется через воздушный или водяной охладитель, а затем поступает в трансформатор.

Охлаждение негорючим жидким диэлектриком.

Применяется для трансформаторов до 2500 кВ·А включительно, устанавливаемых в помещениях.

Охлаждающая жидкость — совтол, является экологически неудобной.

Применение ограничено. Ведутся поиски экологически безопасного заменителя совтола. Вместо совтоловых можно применять трансформаторы с литой изоляцией.

Перегрузка трансформаторов

Для сухих трансформаторов общего назначения (в том числе и с литой изоляцией), предназначенных для комплектных трансформаторных подстанций (КТП), допускается аварийная перегрузка 30 % сверх номинального тока не более 3 часов в сутки, если длительная предварительная нагрузка составляла не более 70 %.

Допустимые систематические и аварийные перегрузки масляных трансформаторов мощностью до 100000 кВ·А устанавливаются по ГОСТ 14209-85, а более 100000 кВ·А должны указываться в заводских инструкциях по эксплуатации.

Перегрузка трансформаторов с принудительной циркуляцией допускается только при исправных обслуживающих системах.

Структура условного обозначения трансформаторов

Условные обозначения типов трансформаторов (автотрансформаторов) состоят из букв и цифр, расположенных слева направо.

На первом месте вид трансформатора: 0 — однофазный, Т — трехфазный, А — автотрансформатор.

Если трехфазный трансформатор имеет расщепленную обмотку низшего напряжения, то обозначают — ТР.

На втором месте вид охлаждения:

сухие трансформаторы:

С — естественное воздушное при открытом исполнении,

СЗ — естественное воздушное при защищенном исполнении,

СГ — естественное воздушное при герметичном исполнении,

СД — воздушное с принудительной циркуляцией воздуха.

масляные трансформаторы:

М — естественная циркуляция воздуха и масла,

Д — принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла,

МЦ — естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с ненаправленным потоком,

НМЦ — естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с направленным потоком,

ДЦ — принудительная циркуляция воздуха и масла с ненаправленным потоком масла,

НДЦ — принудительная циркуляция воздуха и масла с направленным потоком масла,

Ц — принудительная циркуляция воды и масла с ненаправленным потоком масла,

НЦ — принудительная циркуляция воды и масла с направленным потоком масла.

Трансформаторы с негорючим жидким диэлектриком:

Н — естественное охлаждение с негорючим жидким диэлектриком,

НД — охлаждение жидким диэлектриком с принудительной циркуляцией воздуха,

ННД — охлаждение негорючим жидким диэлектриком с принудительной циркуляцией воздуха и с направленным потоком жидкого диэлектрика.

На третьем месте конструктивные особенности:

З — защита жидкого диэлектрика с помощью азотной подушки без расширителя,

Л — исполнение с литой изоляцией,

Т — трехобмоточный трансформатор,

Н — трансформатор с РПН,

С — исполнение для собственных нужд электростанций (последняя буква),

К — кабельный ввод,

Ф — фланцевый вывод (для комплектных трансформаторных подстанций).

Первая группа цифр — полная номинальная мощность, кВ · А;

Вторая группа цифр (через дробную черту) — класс напряжения, кВ.

Примечание.

1. Выше перечислены все возможные буквенные обозначения.

2. Класс напряжения определяется по наивысшему напряжению трансформатора.

Пример условного обозначения трансформатора

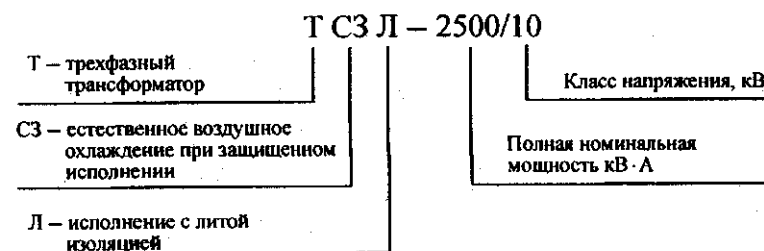


Таблица 5.1.1. Технические данные масляных двухобмоточных трансформаторов общего назначения класса 6—10 кВ (9, стр. 214)

Тип трансформатора	Схема соедин. обм.	Потери, Вт		$I_{K3}, \%$	$I_{XX}, \%$	Сопротивление, мОм			
		XX	K3			R_T	X_T	Z_T	$Z_T^{(1)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМ-25/10/0,4	Для всех Y/Y_n-0	130	600	4,5	3,2	154	244	287	3110
-40		175	880	4,5	3	88	157	180	1944
-63		240	1280	4,5	2,8	52	102	114	1237
-100		330	1970	4,5	2,6	31,5	65	72	779
-160		510	2650	4,5	2,4	16,6	41,7	45	486
-250		740	3700	4,5	2,3	9,4	27,2	28,7	311
-400		950	5500	4,5	2,1	5,5	17,1	18	195
-630		1310	7600	5,5	2	3,1	13,6	14	128
-1000		2000	12200	6,5	1,4	1,7	8,6	8,8	81
-1600/6/0,4		2750	18000	6,5	1,3	1,0	5,4	5,5	63,5
-2500/6/0,4	Y/Y_n-II	3850	23500	6,5	1	0,64	3,46	3,52	10,56
ТМ-400/10/0,4	Модернизированные Y/Y_n-0	900	5500	4,5	1,5	5,5	17,1	18	81
-630		1250	7600	5,5	1,25	3,1	13,6	14	63,5
-1000		1900	10500	5,5	1,15	1,7	8,6	8,8	26,4

Примечания.

1. Указанные в таблице значения сопротивлений приведены к напряжению 0,4 кВ.

Для трансформаторов со вторичным напряжением 0,23 кВ данные таблицы следует уменьшить в 3 раза, а 0,69 кВ — увеличить в 3 раза.

2. В колонках 7, 8, 9 указаны сопротивления прямой последовательности (для расчета токов КЗ).

Таблица 5Л.2. Технические данные масляных и сухих трансформаторов для комплектных трансформаторных подстанций (9, стр. 221)

Тип трансформатора	Схема соедин. обм.	Потери, Вт		$I_{K3}, \%$	$I_{XX}, \%$	Сопротивление, мОм			
		XX	K3			R_T	X_T	Z_T	$Z_T^{(1)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМЗ - 250/10/0,4	Для всех Y/Y_n-0	740	3700	4,5	2,3	9,4	27,2	28,7	311
- 400		950	5500	4,5	2,1	5,5	17,1	18	195
ТМЗ(ТНЗ) - 630		1310	7600	5,5	1,8	3,1	13,6	14	128
- 1000		1900	10800	5,5	1,2	1,7	8,6	8,8	81
- 1600		2650	16500	6	1	1	5,4	5,5	63,5
- 2500		3750	24000	6	0,8	0,64	3,46	3,52	10,56
ТСЗ - 160		700	2700	5,5	4	16,6	41,7	45	486
- 250		1000	3800	5,5	3,5	9,4	27,2	28,7	311
- 400		1300	5400	5,5	1,8	5,5	17,1	18	195
ТСЗЛ - 630		2000	7300	5,5	1,5	3,1	13,6	14	128
- 1000		2500	12000	8	1,1	1,7	8,6	8,8	81
- 1600		3400	16000	5,5	0,7	1	5,4	5,5	63,5
- 2500		4600	20500	6	0,65	0,64	3,46	3,52	10,56

Примечание.

R_T, X_T, Z_T — активное, индуктивное и полное сопротивления трансформатора прямой последовательности, предназначены для расчета токов КЗ.

$Z_T^{(1)}$ — сопротивление току однофазного КЗ.

Таблица 5.1.3. Технические данные сухих трансформаторов
общего назначения класса 10 кВ (9, стр. 222)

Тип	S _н , кВ·А	Номинальное на- пряжение обмоток, В		Потери, Вт		И _{кз} , %	I _{хх} , %
		ВН	НН	XX	КЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8
ТС - 10/0,66 ТСЗ - 10/0,66	10	380, 660 380	230, 400 36, 42	75(90)	280	4,5	7
ТС - 16/0,66 ТСЗ - 16/0,66	16	380, 660 220, 380	230, 400 230 36, 42	100(125)	400	4,5	5,8
ТС - 25/0,66 ТСЗ - 25/0,66	25	380, 660 220 380	230, 400 230 36, 42	140(180)	560	4,5	4,8
ТС - 40/0,66 ТСЗ - 40/0,66	40	380, 660 220 380	230, 400 230 36, 42	200(250)	800	4,5	4
ТС - 63/0,66 ТСЗ - 63/0,66	63	380, 660 220	230, 400 230	280 (350)	1050	4,5	3,3
ТС - 100/0,66 ТСЗ - 100/0,66	100	380, 660	230, 400	390(490)	1450	4,5	2,7
ТС - 160/0,66 ТСЗ - 160/0,66	160	380, 660	230, 400	560 (700)	2000	4,5	2,3

Примечание.

В скобках указаны данные для трансформаторов т.ТСЗ.

5.2. Комплектные трансформаторные подстанции

КТП состоит из трех основных узлов:

- распределительного устройства высшего напряжения (РУВН), содержащего сборные и соединительные шины, аппараты присоединений и защиты;

- силового трансформатора (один или два) масляного, сухого или заполненного жидким диэлектриком;

- распределительного устройства низшего напряжения (РУНН).

Примечание: По схеме блок «трансформатор — магистраль (БТМ)» РУНН не применяется.

РУВН устанавливается в том случае, если есть потребители ВН, а поэтому чаще всего у цеховых КТП применяется блок ввода высокого напряжения (блок ВВ).

Цеховые КТП предназначены для внутренней установки непосредственно в цехе. При невозможности размещения КТП внутри цеха у наружной стены (взрывоопасное производство, при питании от одной КТП нагрузок нескольких цехов или другие производственные соображения) применяют отдельно стоящие КТП.

В цеховых КТП устанавливают силовые трансформаторы напряжением 6-10/0,4-0,69 кВ, мощностью 160-2500 кВ·А.

Конструкция и схема однострансформаторной КТП показана на рис. 5.2.1. Если КТП двухтрансформаторная, то РУНН обеих секций соединяется через секционный шкаф, который имеет секционный выключатель.

И в помещениях КТП допускается установка другого комплекта ЭО напряжением до 1 кВ (например, ККУ — комплектные конденсаторные установки).

КТП с масляными трансформаторами, устанавливаемые открыто в производственных помещениях с нормальной средой в целях пожаробезопасное™ не должны иметь суммарную мощность более 3200 кВ·А.

Внутрицеховая закрытая КТП допускается суммарной мощностью до 6500 кВ·А. КТП устанавливают на первом и втором этажах, при этом в последнем случае мощность ограничивается (неболее 1000 кВ·А).

КТП с сухими трансформаторами или негорючим жидким диэлектриком с точки зрения пожарной опасности ограничений по мощности не имеет.

Кроме этого, в помещениях КТП с трансформаторами до 1000 кВА включительно предусматривается естественная вентиляция. На входе и выходе воздуха устанавливают жалюзные решетки сечение которых должно обеспечивать теплосъем при разности температур на входе и выходе не более 15 °С при номинальной нагрузке трансформатора.

При мощности КТП более 1000 кВ-А применяют искусственное вентилирование приточными и вытяжными вентиляторами с задвижками на магистрали воздухопровода. При загрязненной среде на входе воздуха устанавливают фильтры.

Вентиляционные шахты должны располагаться так, чтобы исключить попадание влаги на ЭО. Помещения КТП должны быть отделены от служебных и вспомогательных помещений.

Технические данные основных цеховых КТП приведены в табл. 5.2.1. Шкаф ввода высокого напряжения выполняется трех видов:

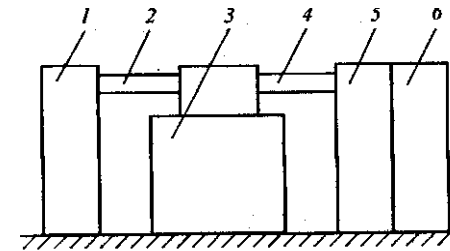
ЩВВ-1 — с глухим присоединением кабеля,

ЩВВ-2 — с присоединением кабеля через разъединитель,

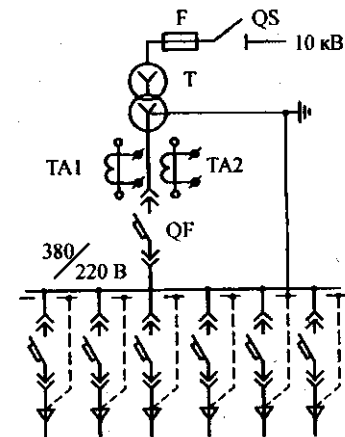
ЩВВ-3 — с присоединением кабеля через разъединитель и предохранитель.

Шкаф на стороне НН выполняется по назначению: для ввода, секционный и линейный.

КТП поставляют на место монтажа блоками или полностью собранными, испытанными и отрегулированными. Силовые трансформаторы транспортируют отдельно.



- 1 – шкаф ввода ВН (РУВН);
2 – закрытый токопровод ВН;
3 – силовой трансформатор;
4 – закрытый токопровод НН;
5 – шкаф ввода НН;
6 – шкаф отходящих линий НН (РУНН).



- QS – разъединитель;
F – предохранитель;
T – трансформатор силовой;
TA – трансформатор тока;
QF – выключатель автоматический силовой цепи.

Рис. 5.2.1. Конструкция (а) и схема (б) КТП с одним трансформатором

Таблица 5.2.1. Технические данные КТП общепромышленного назначения напряжением класса 10 кВ (11, стр. 532)

Тип КТП	S _{кп} , кВ · А	Тип тр-ра	Комплектуемое оборудование	
			Шкаф ВН	Шкаф НН
1	2	3	4	5
КТП 250/10/0,4 2КТП 250/10/0,4	250 2х250	ТМФ-250/10	ШВВ-1, ШВВ-2, ШВВ-3, выполняется заводом- изготовителем по заказу потребителя	ШБН,
КТП 400/10/0,4 2КТП 400/10/0,4	400 2х400	ТМФ-400/10		ШСН, ШЛН,
КТП 630/10/0,4 2КТП 630/10/0,4 КТПМ 630/10/0,4 2КТПН 630/10/0,4	630 2х630 630 2х630	ТМФ-630/10		шкаф типа ШСН
КТП 630/10/0,4 2КТП 630/10/0,4	630 2х630	ТМЗ-630/10 ТСЗ-630/10		устанавли- вается для
КТП 1000/10/0,4 2КТП 1000/10/0,4	1000 2х1000	ТМЗ-1000/10 ТСЗ-1000/10		двухтранс- форматор- ных КТП
КТПМ 1000/10/0,4 2КТПМ 1000/10/0,4	1000 2х1000	ТСЗ-1000/10		
КТПМ 1600/10/0,4 2КТПМ 1600/10/0,4 КТПУ 1600/10/0,4	1600 2х1600 1600	ТСЗ-1600/10 ТСЗ-1600/10 ТМЗ-1600/10		

Примечание.

Такие же КТП выполняются напряжением класса 6 кВ.

НН может устанавливаться 0,4+0,69 кВ.

ШВН — шкаф ввода НН, ШСН — шкаф секционный НН,
ШЛН — шкаф линейный НН.

5.3. Рекомендации по выбору трансформаторов и КТП

Для внутрицеховых подстанций рекомендуется преимущественно, применение сухих трансформаторов, для встроенных и пристроенных — масляных при условии выкатки их на улицу.

Трансформаторы с литой изоляцией следует применять, главным образом, в тех случаях, когда не допустима открытая установка масляных внутри цеха или возле него.

Сухие трансформаторы следует применять также в зданиях с большим скоплением людей (лаборатории, испытательные станции и т.д.). Трансформаторы сухие небольшой мощности (10-4-400 кВ · А.) следует устанавливать в точках сети, не подверженных атмосферным перенапряжениям. При этом нужно учитывать создаваемый ими повышенный уровень шумов. Наибольшее применение на предприятиях нашли двухобмоточные трансформаторы.

Число типоразмеров их по возможности должно быть минимальным, так как большое разнообразие создает неудобства в эксплуатации и вызывает затруднение при взаимозаменяемости, обеспечении складского резерва. И цеховых сетях рекомендуется применять:

одностраничные трансформаторные подстанции — при нагрузках III и II категории, в частности, при двухсменной работе, когда недовыработка продукции за время перерыва питания может быть выполнена работой в третью смену или другими способами. При этом необходимо предусматривать складской резерв трансформаторов и резервирование на вторичном напряжении по питанию наиболее ответственных потребителей, в том числе нагрузок I категории, составляющих 15 + 20% всех нагрузок.

двухтрансформаторные подстанции — при значительной мощности нагрузок I категории, при трехсменной работе электроприемников II категории и сосредоточенных нагрузках цехов. Кроме того, их целесообразно применять в следующих случаях:

- при неравномерном суточном или годовом графике нагрузки, в частности, при наличии сезонных нагрузок, а также при односменной работе или двухсменной работе со значительной разницей загрузки смен;

- когда мощность трансформаторов лимитируется условиями их транспортировки или другими соображениями, требующими уменьшения массы или габаритов;

- при расширении подстанции, если окажется целесообразна замена существующего трансформатора на более мощный.

трехтрансформаторные подстанции — при питании третьего трансформатора от независимого источника и возможности обеспечения достаточной надежности ЭСН электроприемников особой группы. Цеховые подстанции с тремя транс-

форматорами повышают надежность ЭСН и во многих случаях более целесообразны, чем двухтрансформаторные.

Мощность цеховых трансформаторов следует выбирать, исходя из средней нагрузки в наиболее нагруженную смену. При этом надо учитывать перегрузочную способность, которая зависит от характера графика нагрузки и от предшествующей послеаварийному режиму загрузки трансформатора.

КТП — при расположении по периметру здания пристроенные и встроенные закрытые подстанции применяют с масляным охлаждением.

С точки зрения пожарной опасности их мощность ограничивается: при открытой установке в цехе не более 2х1600 кВ·А, при этом расстояние между двумя разными КТП должно быть не менее 10 м; при закрытой — не более 6500 кВ·А суммарной мощностью, при этом расстояние между закрытыми разными КТП не нормируется.

При расположении КТП на втором этаже суммарная мощность не должна превышать 1000 кВ · А. Что касается КТП с сухими трансформаторами или трансформаторами заполненными жидким негорючим диэлектриком, никаких ограничивающих требований к их установке нет.

Если открытая КТП расположена вблизи путей внутрицехового транспорта или подъемно-транспортных механизмов, предусматриваются меры, исключающие случайные механические повреждения (ограждения, размещение в мертвой зоне).

Распределительные пункты до 1 кВ напряжением должны размещаться вне помещения подстанций. Допускается их размещение в общем помещении подстанции при условии, что РП будут эксплуатироваться электриками данного цеха или производства.

В помещении КТП допускается устанавливать другое комплектное ЭО напряжением до 1 кВ (например, ККУ для компенсации реактивной мощности).

Число трансформаторов определяется с учетом категории надежности ЭСН. Ориентировочный выбор мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки

$$(\sigma_n, \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2})$$

$$\sigma_n = \frac{S_p}{F};$$

где S_p — расчетная нагрузка цеха, кВ · А; F — площадь цеха, м².

Для напряжения 380 В известны следующие данные:

При $\sigma_n < 0,2 \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2}$ целесообразно применять трансформаторы мощностью до 1000 кВ · А включительно.

$\sigma_n = 0,2 \dots 0,3 \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2}$ — мощностью 1600 кВ · А

$\sigma_n > 0,3 \frac{\text{кВ} \cdot \text{А}}{\text{м}^2}$ — мощностью 1600 или 2500 кВ · А

Номинальная мощность трансформаторов ($S_{н.т.}$, кВ · А) определяется по средней нагрузке ($S_{см.}$, кВ · А) за максимально загруженную смену.

$$S_{н.т.} \geq \frac{S_{см.}}{NK_3},$$

где N — число трансформаторов, K_3 — коэффициент загрузки трансформатора.

Наивыгоднейшая нагрузка цеховых трансформаторов зависит от категории надежности ЭСН, числа трансформаторов и способа резервирования.

Рекомендуется принимать:

$K_3 = 0,65 \div 0,7$ при преобладании нагрузок I категории двухтрансформаторной подстанции.

$K_3 = 0,7 \div 0,8$ при преобладании нагрузок II категории для однотрансформаторных подстанций при взаимном резервировании на НН.

$K_3 = 0,9 \div 0,95$ при преобладании нагрузок II категории и наличии складского резерва трансформаторов, а также при нагрузках III категории.

6. Компенсирующие устройства

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является неотъемлемой частью задачи ЭСН промышленного предприятия. КРМ не только улучшает качество ЭЭ в сетях, но и является одним из основных способов сокращения потерь ЭЭ.

Для искусственной КРМ, называемой иногда «поперечной», применяются специальные компенсирующие устройства, которые являются источниками реактивной энергии емкостного характера.

До 1974 г. основным нормативным показателем, характеризующим потребляемую ПП реактивную мощность, был средне-взвешенный коэффициент мощности. Поэтому требование энергоснабжающей организации были таковы, что на вводах предприятия значение $\cos \varphi$ ср.взв. должно быть в пределах 0,92...0,95. Однако в часы минимальных нагрузок ПП не отключали КУ, что часто приводило к перекомпенсации.

Перекомпенсация — избыточная реактивная мощность, вырабатываемая компенсирующей установкой (КУ) в периоды понижения нагрузок (обеденный перерыв, нерабочие и праздничные дни и т.п.) и передаваемая в сеть энергосистемы.

Результатом перекомпенсации являлось увеличение суммарных потерь мощности и энергии в электрических сетях, усложнение и удорожание устройств регулирования напряжения.

С января 1982 г. «Правила пользования электрической и тепловой энергией» не нормируют $\cos \varphi = 0,92 \div 0,95$, а указывают суммарную реактивную мощность КУ, которая должна быть установлена на ПП согласно заданию ЭНС.

Сущность компенсации наглядно показана на векторной диаграмме (рис. 6.1).

До компенсации потребитель имел активную мощность (соответствует $\bar{I}_a$), реактивную (соответствует $\bar{I}_L$), полную (соответствует $\bar{I}_{n1}$) и $\cos \varphi_1$.

Для компенсации подключили емкостную реактивную мощность (соответствует $\bar{I}_C$).

После компенсации потребитель имеет ту же активную мощность ($\bar{I}_a$), уменьшенную индуктивную реактивную ($\bar{I}_L - \bar{I}_C$), уменьшенную полную ($\bar{I}_{n2}$) и уменьшенный угол φ_2 , а следовательно $\cos \varphi_2 > \cos \varphi_1$.

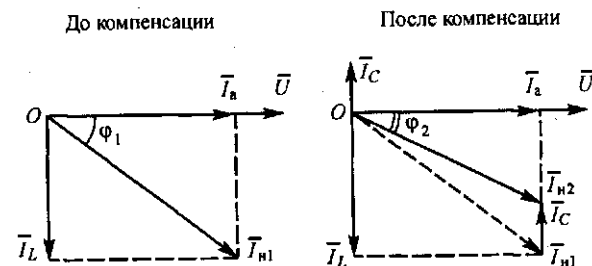


Рис. 6.1. Векторная диаграмма компенсации реактивной мощности

Это означает, что при том же сечении линий ЭСН можно повысить пропускную способность сети по активной мощности.

К техническим средствам компенсации реактивной мощности относятся следующие виды компенсирующих устройств: конденсаторные установки, синхронные двигатели, вентильные статические источники.

В данной главе рассматривается компенсация реактивной мощности в сетях до 1 кВ.

К сетям напряжением до 1 кВ предприятий подключают большую часть электроприемников, потребляющих реактивную мощность. Коэффициент мощности нагрузки обычно 0,7 ... 0,8, а сети 380...660 В удалены от энергосистемы и местных ТЭЦ, поэтому передача реактивной мощности в цеховые сети от источников ЭЭ приводит к повышенным затратам на увеличение сечения проводов и кабелей, на повышение мощности трансформаторов, на потери активной и реактивной мощности. Эти затраты можно уменьшить и даже устранить, если обеспечить компенсацию реактивной мощности непосредственно в сети напряжением до 1 кВ.

Источником реактивной мощности в этом случае могут быть синхронные двигатели (СД) напряжением 380...660 В и низковольтные конденсаторные батареи (НБК).

Недостающая часть (некомпенсированная реактивная нагрузка) перекрывается перетоком реактивной мощности с шин 6+10 кВ, т.е. из сети ВН.

6.1. Конденсаторы и конденсаторные установки

Эти средства компенсации реактивной мощности на ПП получили наибольшее применение.

Конденсаторы для повышения коэффициента активной мощности ($\cos \varphi$) напряжением до 1 кВ изготавливают в однофазном и трехфазном исполнении для внутренней и наружной установки.

Они бывают масляные (КМ) и совтоловые (КС).

Диэлектрическая проницаемость совтола вдвое больше, чем масла, однако эксплуатация совтоловых допускается при температуре не ниже «-10 °С» в то время, как масляных — при «-40 °С».

Широкое применение конденсаторов обусловлено их преимуществами: незначительные уд. потери активной мощности (0,005 кВт/кВар.), отсутствие вращающихся частей, простота монтажа и эксплуатации, относительно невысокая стоимость, малая масса, отсутствие шума во время работы, возможность установки около групп электроприемников и т. п.

Недостатками конденсаторов являются: пожароопасность, наличие остаточного заряда (опасно при обслуживании), чувствительность к перенапряжениям и броскам тока, возможность только ступенчатого, а не плавного регулирования мощности.

Конденсаторы, как правило, собираются в батареи (КБ) и выпускаются заводами электротехнической промышленности в виде комплектных конденсаторных установок (ККУ).

ККУ выпускаются нерегулируемые и с регулированием мощности. Регулирование может быть ступенчатым вручную и автоматическим ступенями. Большинство ККУ с 1986 г. оснащены регуляторами реактивного тока с двумя уставками, позволяющими вы-

держивать энергоснабжающей организацией режимы работы в часы как максимальных, так и минимальных нагрузок.

Для ККУ мощностью более 200 кВар устройства автоматического регулирования мощности обязательны.

Включать конденсаторную установку при повышенном напряжении на сборных шинах запрещается.

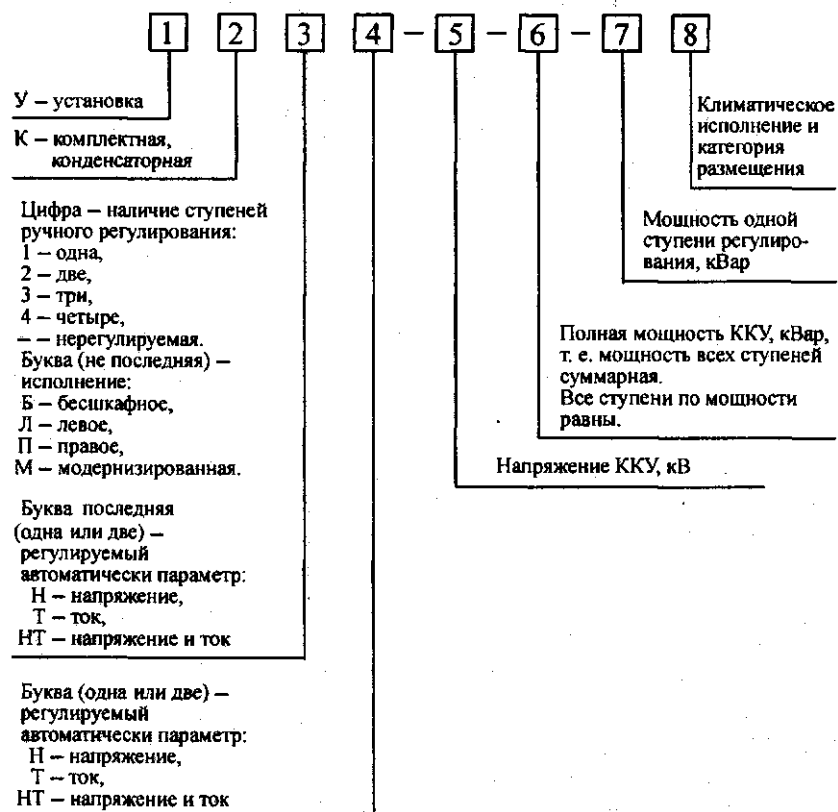
Текущий ремонт проводится с обязательным отключением ККУ не реже 1 раза в год.

ККУ имеют встроенное разрядное сопротивление для снятия остаточного напряжения при отключении ее от сети.

Для повышения коэффициента мощности **осветительных установок** с разрядными лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ применяют распределительные шкафы типа ШК 85 со встроенными в них конденсаторами КСК 1-0,4-33 1/3 и комплектные конденсаторные установки типа УК1...УК4 с одним, двумя, тремя и четырьмя конденсаторами (табл. 6.1.1). Каждый конденсатор подключается к трехфазной групповой линии с лампами и имеет встроенные предохранители и разрядные резисторы. ККУ изготавливаются в виде открытой металлической конструкции одностороннего обслуживания с жестко закрепленными в ней конденсаторами. Для облегчения монтажа и эксплуатации кабели и провода, **вводимые** в конденсаторную установку, присоединяются к наборным контактным зажимам, расположенным со стороны фасада. Ввод кабелей и проводов возможен как сверху, так и снизу. ККУ допускается размещать в два яруса.

В табл. 6.1.1 и 6.1.2 приведены технические данные основных ККУ и конденсаторов, применяемых для компенсации реактивной мощности в силовых и осветительных сетях напряжением до 1 кВ.

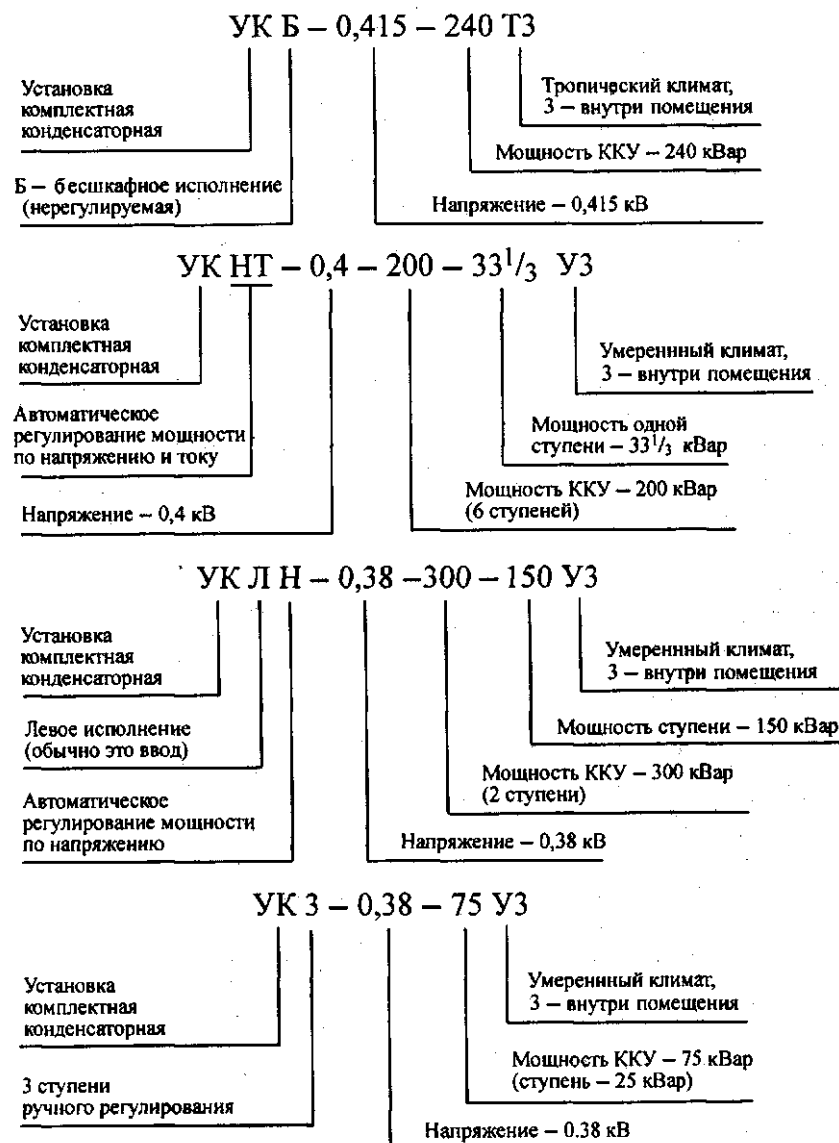
Структура условного обозначения ККУ



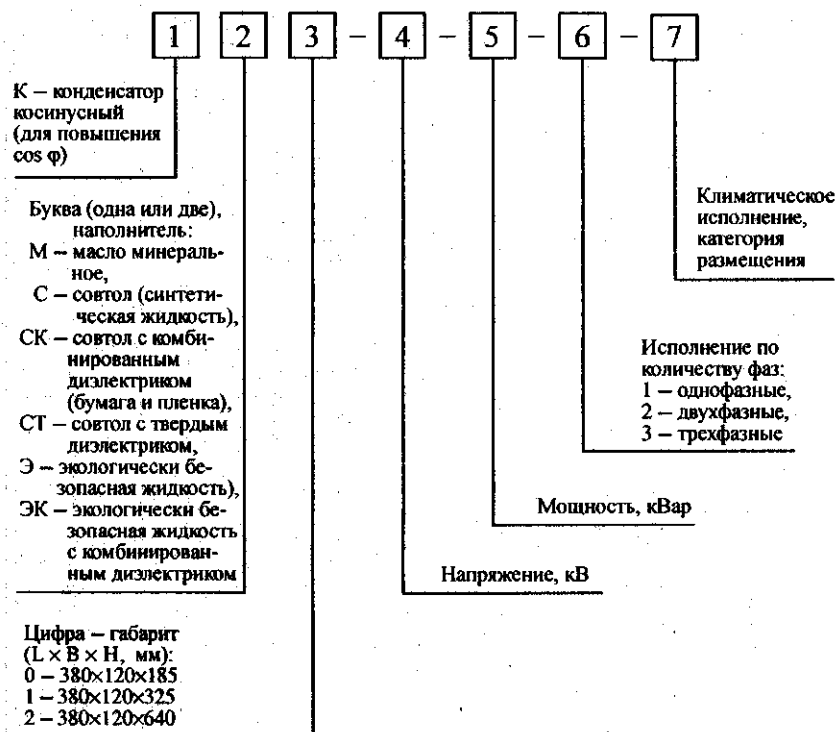
Примечание: В условном обозначении ККУ с автоматическим регулированием мощности регулируемый параметр указывается на 4 месте, если обозначено исполнение на 3 месте.

Если исполнение не указывается, регулируемый параметр обозначается на 3 месте, при этом 4 место отсутствует.

Примеры условного обозначения ККУ



Структура условного обозначения конденсаторов:



Пример условного обозначения:

КС 2 — 0,44 — 45 — 3 УЗ

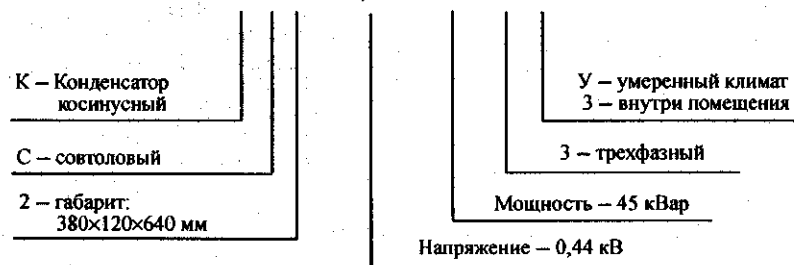


Таблица 6.1.1. Технические данные ККУ напряжением до 1 кВ (9, стр. 400)

Тип	Регулирование мощности		Дополнительные сведения
1	2		3
УК-0,38 - 75 -150 УКМ-0,38 - 150 - 0,4 - 250 УКБ -0,38 - 150 -0,415 - 240	Не регулируется		Климатическое исполнение и категория размещения - УЗ у всех ККУ
УК1- 0,415 - 20 УК2- 0,415 - 40 УК3- 0,415 - 60 УК4- 0,415 - 80	Ступенчатое ручное регулирование	Ступень 20 кВар	
УК2 - 0,38 - 50 УК3 - 0,38 - 75 УК4 - 0,38 - 100		Ступень 50 кВар	
УКЛ(П) - 0,38 - 216-108 - 324-108 - 432-108		Ступень 108 кВар	
УКЛ(П) - 0,38 - 300-150 - 450-150 - 600-150		Ступень 150 кВар	
УКБН - 0,38 - 100 - 50 - 200 - 50 - 300 - 50 УКЛ(П)Н - 0,38 - 100 - 50 - 300 - 50 - 450 - 50	Ступенчатое автоматическое регулирование по параметру (напряжение, ток, напряжение и ток)	Ступень 50 кВар	
УКЛ(П)Н - 0,38 - 216-108 - 324-108 - 432-108		Ступень 108 кВар	
УКЛ(П)Н - 0,38 - 300-150 - 450-150 - 600-150		Ступень 150 кВар	
УКЛ(П)НТ - 0,66 - 240 - 0,66 - 480 - 240		Ступень 240 кВар	
УКНТ - 0,4 - 200 - 33 1/3		Ступень 33 1/3 кВар	
УКТ - 0,38 - 75 - 100 - 150 УКБТ - 0,38 - 150		Одна ступень	
УКН - 0,38 - 75			

Таблица 6.1.2. Технические данные конденсаторов
напряжением до 1 кВ (11, стр. 383)

	Напряжение, кВ		
	0,23	0,38...0,5	0,66
	1	2	3
Т и п	КСО-0,23-4-3УЗ	КСО-0,38-12,5-3УЗ	КСО-0,66-12,5-2УЗ
	КС1-0,23-6,5-3УЗ	КС1-0,38-13-3УЗ	КС1-0,66-20-3УЗ
	-9-3УЗ	-18-3УЗ	-22,6-3УЗ
	КС2-0,23-13-3УЗ	-22,5-3УЗ	-25-3УЗ
	-18-3УЗ	-25-3УЗ	КС-2-0,66-40-3УЗ
	КСТ-0,23-9-3УЗ	КСК1-0,38-30-3УЗ	-45-3УЗ
		КС2-0,38-20-3УЗ	-50-3УЗ
		-25-3УЗ	КСК1-0,66-40-3ХЛ1
		-36-3УЗ	КСК2-0,66-80-3ХЛ1
		-40-3УЗ	КМ1-0,66-13-3УЗ
		-50-3УЗ	КМ2-0,66-26-3УЗ
		КМ1-0,38-13-3УЗ	КЭ1-0,66-20-3УЗ
		КМ2-0,38-26-3УЗ	-25-3УЗ
		КЭ1-0,38-20-3УЗ	КЭ2-0,66-40-3УЗ
		-25-3УЗ	КЭК1-0,66-40-3УЗ
		КЭ2-0,38-40-3УЗ	-50-3УЗ
		-50-3УЗ	КЭК2-0,66-80-3УЗ
		КСТ-0,38-0,4-3УЗ	
		КСК1-0,4-33½-2УЗ	
		КЭК2-0,40-67-2УЗ	
		КС2-0,44-45-3ТЗ	
		КС1-0,50-18-3УЗ	
		КС2-0,50-36-3УЗ	
		КМ1-0,50-13-3УЗ	
		КМ2-0,50-26-3УЗ	

Примечание.

Исполнение по числу фаз указано наибольшее значение, поэтому следует считать, что с меньшим числом фаз изготавливаются все конденсаторы.

6.2. Синхронные двигатели

Как средство компенсации реактивной мощности, синхронный двигатель (СД) можно использовать, если он перевозбужден, т. е. его ток возбуждения больше номинального значения.

Возбуждение подается от отдельного источника постоянного тока — возбудителя.

Если в нормальном режиме (при $\cos \varphi = 1$) СД не потребляет реактивной мощности, то в режиме перевозбуждения (при опережающем $\cos \varphi$) он может генерировать емкостную мощность в сеть.

СД, выпускаемые отечественной промышленностью, рассчитаны на опережающий $\cos \varphi = 0,9$ и при номинальной активной нагрузке и номинальном напряжении могут вырабатывать номинальную реактивную мощность;

$$Q_n \approx 0,5P_n.$$

При недогрузке СД по активной мощности ($K_s < 1$) возможна перегрузка по реактивной мощности.

Преимуществом СД, используемым для компенсации реактивной мощности, по сравнению с КБ является возможность плавного регулирования реактивной мощности.

Недостатком — активные потери на генерирование реактивной мощности для СД больше, чем для КБ, так как они зависят от квадрата генерируемой мощности СД.

Реактивная мощность, генерируемая СД при активной нагрузке ($P_{сд}$) меньше номинальной определяется:

$$Q_{сд} = \frac{\alpha P_{сд} \operatorname{tg} \varphi_n}{\eta_n},$$

где α — коэффициент перегрузки по реактивной мощности, $P_{сд}$ — активная нагрузка СД, кВт; $\operatorname{tg} \varphi_n$ — паспортное значение тангенса, η_n — паспортное значение КПД, отн.ед.

Если НКБ компенсируют реактивную мощность основной части графика нагрузки, то СД — пиков нагрузки графика.

Разновидностью СД является синхронный конденсатор (СК), который представляет собой СД облегченной конструкции без нагрузки на валу. СК применяются обычно для мощных потребителей.

Дополнительные активные потери в обмотке СД ($\Delta P_{н.сд}$, кВт), вызываемые генерируемой реактивной мощностью в пределах изменения $\cos \varphi$ от 1 до 0,9 при $P_{н.сд}$ определяются из выражения:

$$\Delta P_{н.сд} = r \cdot \left(\frac{Q_{н.сд}}{V_n} \right)^2 \cdot 10^{-3},$$

где $Q_{н.сд}$ — номинальная реактивная мощность СД, кВар, V_n — номинальное напряжение сети, кВ, r — сопротивление одной фазы обмотки СД в нагретом состоянии, Ом.

Основное применение СД получили на напряжении более 1 кВ, поэтому данные не приведены.

На напряжении до 1 кВ встречаются на производстве двигатели типа СД и СДЗ (380 В), у которых для всех частот вращения

относительное напряжение $\left(\frac{V}{V_n}\right)$ изменяется в пределах

0,95...1,1, а коэффициент перегрузки по реактивной мощности (α) в пределах 0,9...1,36 в зависимости от загрузки.

6.3. Рекомендации по выбору и установке ККУ

Если распределительная сеть выполнена только кабельными линиями, ККУ любой мощности рекомендуется присоединять непосредственно к шинам цеховой ТП.

При питании от одного трансформатора двух и более магистральных шинопроводов к каждому из них присоединяется только по одной НБК. Общая расчетная мощность батарей ($Q_{нк}$) распределяется между шинопроводами пропорционально их реактивной нагрузке.

Для схем с магистральными шинопроводами ККУ единичной мощностью до 400 кВар подключается к сети без дополнительной установки отключающего аппарата (ввиду установки последнего в комплекте ККУ), а при мощности более 400 кВар — через отключающий аппарат.

При мощности ККУ более 400 кВар рекомендуется их подключать к шинам цеховой подстанции с использованием автоматического выключателя РУНН подстанции.

На одиночном магистральном шинопроводе следует предусматривать установку не более двух близких по мощности ККУ суммарной мощностью

$$Q_{нк} = Q_{нк(1)} + Q_{нк(2)}.$$

Если основные реактивные нагрузки шинопровода присоединены во второй его половине, следует устанавливать только одну НБК. Точка ее подключения определяется условием:

$$Q_h \geq \frac{Q_{нк}}{2} \geq Q_{h+1},$$

где Q_h, Q_{h+1} — наибольшая реактивная нагрузка, кВар, шинопровода до узла подключения и после него.

При присоединении к шинопроводу двух НБК точки их подключения должны удовлетворять условиям для дальней НБК:

$$Q_f \geq Q_{нк(2)} \geq Q_{f+1}$$

Для ближней НБК:

$$Q_h - Q_{нк(2)} \geq \frac{Q_{нк(1)}}{2} \geq Q_{h+1} - Q_{нк(2)},$$

где Q_f, Q_{f+1} — наибольшая реактивная нагрузка, кВар, шинопровода до второго узла подключения (f) и после него ($f + 1$).

Оптимальное соотношение мощности устанавливаемых низковольтных конденсаторных батарей (НБК) и мощности передаваемой из сети ВН, определяется технико-экономическими расчетами (ТЭР). Суммарная мощность НБК распределяется между отдельными трансформаторами пропорционально их реактивным нагрузкам.

Расчет и выбор компенсирующих устройств производится при проектировании ЭСН.

Потребная мощность КУ выбирается с учетом входной реактивной мощности ($Q_{вх}$), которая может быть передана из сетей энергосистемы, при этом должно соблюдаться условие:

$$Q_{вх} \geq Q_n - Q_{ку},$$

где Q_n — потребляемая предприятием мощность, кВар; $Q_{ку}$ — мощность КУ предприятия, кВар.

Режим потребления реактивной мощности определяется расчетными максимальными ($Q_{р.мах}$) и минимальными ($Q_{р.мин}$) нагрузками предприятия

$$Q_{ку.мах} = Q_{р.мах} - Q_{вх.мах}; \quad Q_{ку.мин} = Q_{р.мин} - Q_{вх.мин},$$

где $Q_{вх.мах}, Q_{вх.мин}$ — мощность, передаваемая предприятию в период потребления им максимальных и минимальных нагрузок, кВар.

Для предприятий мощностью до 750 кВ · А напряжением до 1 кВ рекомендуется полная компенсация реактивной мощности.

Это вызвано низким $\cos \varphi = 0,8$ сетей до 1 кВ и большой удаленностью от источника питания. Поэтому недостаток реактивной

мощности устраняется за счет КУ предприятия. Причем, если устанавливается НКБ нерегулируемая, то должно выполняться условие:

$$Q_{\text{КУ}} \leq Q_{\text{р. min}}$$

что исключит возможность перекомпансации.

Потребление реактивной мощности на предприятии контролируется счетчиками с указателями 30-минутного максимума и реле времени.

Поэтому передача реактивной мощности на напряжении до 1 кВ предприятию невыгодна.

По месту подключения НКБ различают индивидуальную, групповую и централизованную компенсацию.

При индивидуальной компенсации — подключение к клеммам потребителя.

При групповой — к шинам распределительных пунктов.

При централизованной — к шинам НН подстанции.

Конденсаторные установки должны иметь защиту, от токов КЗ с наименьшим временем отключения.

В трехфазных КУ предусмотрена защита предохранителями, вмонтированными внутрь корпуса, каждой фазы.

Независимо от индивидуальной защиты каждого конденсатора устанавливается общая защита.

Регулирование мощности ККУ по напряжению применяется, если у потребителя одновременно надо регулировать реактивную мощность и напряжение, (при питании от нерегулируемого трансформатора).

Это объясняется тем, что с увеличением реактивной мощности напряжение снижается и наоборот.

Наиболее простой способ с использованием двух реле напряжения — минимального (включающего) и максимального (отключающего).

Регулирование мощности ККУ по току, выполняется на двух токовых реле: одно включает (при росте нагрузок), а другое отключает (при снижении нагрузок).

На практике для промышленных предприятий чаще всего сравнивают варианты установки средств компенсации в виде НКБ, СД или совместно то и другое.

При отсутствии на предприятии СД, сначала выбирается оптимальная мощность НКБ на стороне до 1 кВ, а затем силовой трансформатор.

Приложение А

Приложение А (справочное)

Аппараты защиты в сетях НН нового исполнения

Выключатель автоматический ВА 77-29

Выключатели автоматические ВА 77-29 предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 77-29 имеют модульное исполнение и крепятся на DIN-рейку.

Область применения:

Тип В применяется для защиты низковольтных электрических цепей административных и жилых зданий.

Тип С применяется для защиты низковольтных электрических цепей административных и жилых зданий и для потребителей с небольшими пусковыми токами.

Обозначение: ВА 77 - 29 - X

Выключатель автоматический

Номер серии

Количество полюсов

Классификация по номинальному току (группа)

Выключатель автоматический ВА 77-31

Выключатели автоматические ВА 77-31 предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 77-31 имеют модульное исполнение и крепятся на DIN-рейку.

Область применения:

Тип С применяется для защиты низковольтных электрических цепей административных и жилых зданий, и для потребителей с небольшими пусковыми токами.

Тип D применяется для защиты низковольтных электрических цепей административных и жилых зданий, и для потребителей с большими пусковыми токами (трансформаторы, электродвигатели).

Обозначение: ВА 77 - 31 - X

Выключатель автоматический

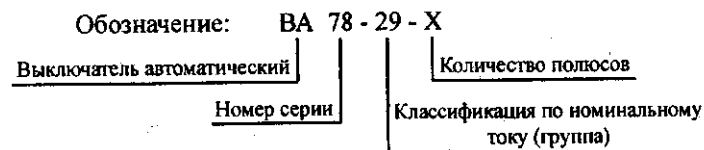
Номер серии

Количество полюсов

Классификация по номинальному току (группа)

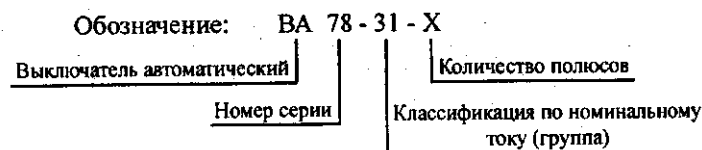
Выключатель автоматический ВА 78-29

Выключатели автоматические ВА 78-29 предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 78-29 имеют модульное исполнение и крепятся на DIN-рейку 35 мм. Предусмотрена защита зажимных винтов от воздействия внешней среды и непреднамеренного касания.



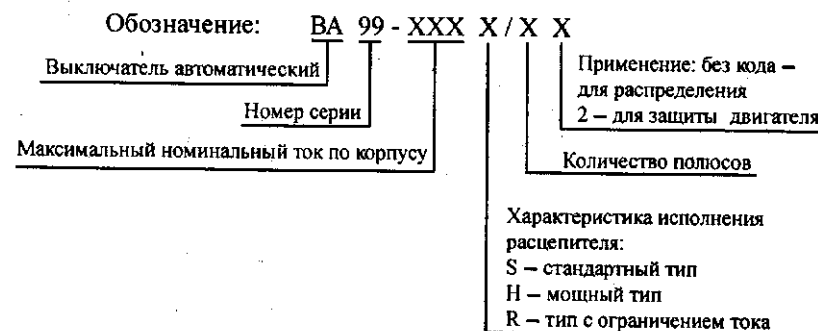
Выключатель автоматический ВА 78-31

Выключатели автоматические ВА 78-31 предназначены для обеспечения нормального режима протекания тока в цепи, его отключения и защиты цепи при коротких замыканиях и перегрузках, снижения напряжения ниже допустимой нормы, а также оперативных включений и отключений электрических цепей. Все ВА 78-31 имеют модульное исполнение и крепятся на DIN-рейку 35 мм. Предусмотрена защита зажимных винтов от воздействия внешней среды и непреднамеренного касания.



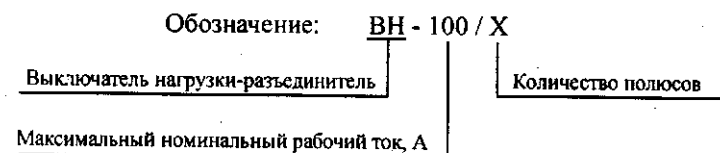
Выключатель автоматический ВА 99

Выключатель автоматический ВА 99 «Щит» предназначен для обеспечения протекания тока в нормальном режиме, защиты электрических цепей при коротких замыканиях и перегрузках, а также для их оперативных включений и отключений. Применяются в основном в распределительных цепях переменного тока с напряжением до 690 В и номинальным рабочим током до 1250 А.



Выключатель нагрузки-разъединитель

Выключатель нагрузки-разъединитель ВН-100 «Щит» применяется в электрических цепях с номинальным напряжением до 400 В и рабочим током до 100 А в качестве главного выключателя. Предназначен для коммутирования активных и индуктивных нагрузок отдельных групп электропотребителей или в участках электрической цепи, включающей двигатели. Устанавливается в учетно-распределительных щитах зданий и сооружений. Монтаж ВН-100 «Щит» осуществляется на 35 мм монтажную DIN-рейку.



ВДТ (УЗО)

Выключатель дифференциального тока ВДТ (УЗО) «ЩИТ» предназначен для обеспечения безопасности человека при эксплуатации низковольтных электрических сетей и электрооборудования бытового и промышленного назначения. ВДТ обеспечивает разрыв электроцепи переменного тока напряжением 220/380 В при прямом непреднамеренном контакте человека с открытыми токопроводящими частями и в других случаях превышения уставки утечки тока. ВДТ «ЩИТ» с уставками 10, 30, 100, 300 мА применяются в низковольтных сетях жилых, административных и производственных зданий и сооружений. Они выпускаются двух типов: ВДТ, функционально зависящие от напряжения сети (электронные), и функционально не зависящие от напряжения сети (электро-механические).

Обозначение: ВДТ - Х Х Х Х

Выключатель дифференциального тока

Группа по способу управления

Группа по номинальному току нагрузки

Количество полюсов

Группа по номинальному отключающему дифференциальному току

СВДТ

Выключатель дифференциального тока со встроенной защитой от сверхтоков. СВДТ «ЩИТ» является универсальным прибором. Совмещает в себе выключатель автоматический и выключатель дифференциального тока (УЗО). Он предназначен для эффективной защиты человека от поражения электрическим током, электрооборудования и электрических цепей от перегрузок и токов короткого замыкания. СВДТ с уставками 100 и 300 мА эффективно обеспечивает пожаробезопасность.

Обозначение: СВДТ - Х Х Х

Совмещенный выключатель дифференциального тока

Количество полюсов

Классификация по группам номинального тока

Классификация по группам номинального отключающего дифференциального тока

Классификация по номинальному току нагрузки:

Группа	1	2	3	4	5	6	7	8
Номинальный ток, А	16	25	32	40	50	63	80	100

Классификация по номинальному отключающему дифференциальному току:

Группа	1	2	3	4
Номинальный отключающий дифференциальный ток, А	10	30	100	300

Классификация по способу управления ВДТ:

- 1 группа — функционально зависящее от напряжения сети (электронное)
- 2 группа — функционально не зависящее от напряжения сети (электро-механическое)

Реле электротепловое

Реле электротепловые РТ2 марки «ЩИТ» предназначены для защиты электродвигателей от перегрузки и несимметричных режимов работы (при пропадании одной из фаз сети). Применяются в цепях 50/60 Гц с номинальным напряжением до 660 В и током от 0,1 А до 93 А.

Обозначение: РТ2 - Х Х Х Х

РТ — реле тепловое
2 — номер модели

Цифры, указывающие номер диапазона рабочего номинального тока теплового реле.

Цифра, указывающая на условное обозначение группы номинального тока:
1 — от 0,1 до 25 А
2 — от 23 до 40 А
3 — от 40 до 93 А

Цифра, указывающая на способ установки реле:
1 — исполнение на все токи для индивидуальной установки
3 — исполнение для втычного подсоединения

Технические характеристики

Модель реле	Диапазон рабочего номинального тока теплового компонента реле, А	Номинальный рабочий ток контактора, А	Мощность, Вт				Модель контактора
			220 В	380 В	440 В	660 В	
РТ2-1301	0,1—0,16	До 25 А					КМС-009-025
РТ2-1302	0,16—0,25	До 25 А					КМС-009-025
РТ2-1303	0,25—0,4	До 25 А					КМС-009-025
РТ2-1304	0,4—0,63	До 25 А				0,37	КМС-009-025
РТ2-1305	0,63—1,0	До 25 А				0,55	КМС-009-025
РТ2-1306	1,0—1,6	До 25 А		0,37	0,55	0,7—1,1	КМС-009-025
РТ2-1307	1,6—2,5	До 25 А	0,37	0,55—0,75	0,75—1,1	1,5	КМС-009-025
РТ2-1308	2,5—4	До 25 А	0,55—0,75	1,1—1,5	1,5	2,2—3	КМС-009-025
РТ2-1310	4—6	До 25 А	1,1	2,2	2,2	4	КМС-009-025
РТ2-1312	5,5—8	До 25 А	1,5	3	3—3,7	5,5	КМС-009-025
РТ2-1314	7—10	До 25 А	2,2	4	4	7,5	КМС-009-025
РТ2-1316	10—13	До 25 А	3	5,5	5,5	10	КМС-009-025
РТ2-1321	13—18	До 25 А	4	7,5	9	15	КМС-009-025
РТ2-1322	18—25	До 25 А	5,5	11	11	18,5	КМС-009-025
РТ2-2353	23—32	До 40 А	7,5	15	15	22	КМС-032,-040,-050,-0,65
РТ2-2355	32—40	До 40 А	10	18,5	22	30	КМС-032,-040,-050,-0,65
РТ2-3357	38—50	До 93 А	11	22	25	37	КМС-040,-050,-0,65
РТ2-3359	48—57	До 93 А	15	25	30	45	КМС-040,-050,-0,65
РТ2-3361	55—66	До 93 А	18,5	30	37	55	КМС-040,-050,-0,65
РТ2-3363	63—80	До 93 А	22	33—37	40—45	59—63	КМС-080
РТ2-3365	80—93	До 93 А	25	45	55	75	КМС-093

Таблица А.1. Технические данные выключателей т. ВА77, ВА78, ВА99, ВН, ВДТ, СВДТ

Тип выключателя	U _{н.в.} , В	I _{н.в.} , А	ВТХО	I _{н.р.} , А	Перегрузка		КЗ		I _{н.о.} , кА	I _{з.в-о} , И _{м.в-о}	
					I _{у(п)} , А	t _{ср} , мин	I _{у(кз)} , А	t _{ср} , с			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
ВА77-29	400	63	В и С	1,2,3	1,45·I _{н.р.}	≤60	«В» 5·I _{н.р.}	<0,1	4,5	4·10 ³ 20·10 ³	
				4,5,6							
				10,16							
				20,25,32							
ВА77-31	400	100	С и D	16,25	1,45·I _{н.р.}	≤60	«С» 10·I _{н.р.}	<0,1	4,5	4·10 ³ 20·10 ³	
				32,40							
				50,63							
				80,100							
ВА78-29	400	63	В, С и D	1,2,3	1,45·I _{н.р.}	≤60	«В» 5·I _{н.р.}	<0,1	6	4·10 ³ 20·10 ³	
				4,5,6							
				10,16							
				20,25,32							
ВА78-31	400	100	Время-токовая характеристика буквами не обозначена	40,50,63	2,55·I _{н.р.}	<1	«D» 14·I _{н.р.}	<0,1	6	1,5·10 ³ 8,5·10 ³	
				63,80,100							
				16,20,32,40,50,63							
				1,3·I _{н.р.}							
ВА 99-63 S/3 H/3 R/3	415	63	Время-токовая характеристика буквами не обозначена	16,20,32,40,50,63	1,3·I _{н.р.}	60	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 2 или 5	10 25 25	—	
				16,20,32,40,50,63							
				16,20,32,40,50,63							
				1,3·I _{н.р.}							
ВА 99-100 S/3 H/2 H/3 H/4 R/3	690	100	Время-токовая характеристика буквами не обозначена	16,20,32,40,50,63,80,100	1,3·I _{н.р.}	60	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 2 или 5	17,5 30 30 50	—	
				16,20,32,40,50,63,80,100							
				16,20,32,40,50,63,80,100							
				1,3·I _{н.р.}							
ВА 99-225 S/3 H/2 H/3 H/4 R/3	690	225	Время-токовая характеристика буквами не обозначена	100,125,160,180,200,225	1,3·I _{н.р.}	120	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 10	20 30 30 50	—	
				100,125,160,180,200,225							
				100,125,160,180,200,225							
				1,3·I _{н.р.}							

Таблица А.1. Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВА99-400 S/3 H/3 R/3	690	400	Время-токовая характеристика буквами не обозначена	225,250, 315,350, 400	1,3·I _{н.р.}	120	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 2	25 30 50	—
ВА99-600 S/3 H/3 R/3	690	630		400, 500, 630	1,3·I _{н.р.}	120	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 5	25 30 50	—
ВА99-800 H/3 R/3	415	800		630, 700, 800	1,3·I _{н.р.}	120	8·I _{н.р.} 12·I _{н.р.}	от 0,2 до 5	50 55	—
ВА99-1200 H/3	415	1200		700, 800, 900, 1000, 1200	1,3·I _{н.р.}	120	5·I _{н.р.} 8·I _{н.р.}	от 0,2 до 60	50	—
ВН-100 *	400	100	—	32,63 100	12·I _{н.р.} кратко- временно - 1с		20·I _{н.р.} при КЗ продолж. 1с		3·I _{н.р.} (5 раз)	$1,5 \cdot 10^3$ $8,5 \cdot 10^3$
ВДТ-2	230	100	—	16,25, 32,40, 50,63	Номинальный отключающий дифференциальный ток (I _{Δн}), мА — 10,30,100,300 Время отключения — 0,04 с				0,8	$4 \cdot 10^3$ $20 \cdot 10^3$
ВДТ-4	400			80,100						$3 \cdot 10^3$ $10 \cdot 10^3$
СВДТ-2	230	63	С	16,25	$1,45 \cdot I_{н.р.} - t_{ср} \leq 60 \text{ мин}$ $2,55 \cdot I_{н.р.} - t_{ср} < 1 \text{ мин}$			3 для ВА77 4,5 для ВА78	$2 \cdot 10^3$ $20 \cdot 10^3$	
				32,40, 50,63	$2,55 \cdot I_{н.р.} - t_{ср} < 2 \text{ мин}$ $10 \cdot I_{н.р.} - t_{ср} < 0,1 \text{ с}$					
Примечания 1. ВТХО — время-токовая характеристика отключения выключателя. 2. I_{н.о.} — номинальный ток отключения (отключающая способность по току). 3. I_{з.}, И_{м.} — электрическая и механическая износостойкость, циклов (В — 0). * 4. Колонки 6, 7 — Номинальный рабочий кратковременно выдерживаемый ток в течение 1 с — 12·I_{н.р.} Колонки 8, 9 — Номинальная включающая способность в условиях КЗ при его продолжительности 1 с (cosφ=0,7) — 20·I_{н.р.} Колонка 10 — номинальная вкл./откл. способность (1,05·U_{н.в.}, cosφ=0,5) — 3·I_{н.р.} (5 раз с интервалом 30 с)										

Литература

1. Под редакцией И. П. Копылова и Б. К. Кдокова «Справочник по электрическим машинам», Москва, Энергоатомиздат, т. 1 (1988 г.), т. 2 (1989 г.).
2. Под редакцией Ю. Г. Барыбина «Справочник по проектированию электрических сетей и ЭО», Москва, Энергоатомиздат, 1991 г.
3. Под редакцией А. А. Федорова «Справочник по электроснабжению ПП» Электрооборудование и автоматизация, Москва, Энергоиздат, 1981 г.
4. Под редакцией М. Г. Зименкова «Справочник, по наладке ЭО промышленных предприятий», Москва, Энергоатомиздат, 1983 г.
5. И. Е. Цигельман «Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий», Москва, «Высшая школа», 1988 г.
6. А. Д. Смирнов «Справочная книжка энергетика», Москва, Энергоатомиздат, 1987 г.
7. Л. Л. Коновалова, Л. Д. Рожкова «Электроснабжение ПП и установок», Москва, Энергоатомиздат, 1989 г.
8. Н. И. Белоруссов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлева «Электрические кабели, провода и шнуры», Справочник, Энергоатомиздат, 1988 г.
9. Под редакцией Ю. Г. Барыбина и др., «Справочник по проектированию электроснабжения», Москва, Энергоатомиздат, 1990 г.
10. Под редакцией А. А. Федорова «Справочник по электроснабжению и ЭО», Москва, Энергоатомиздат, т.1, т.2, 1986 г.
11. Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков «Электрическая часть электростанций и подстанций» Энергоатомиздат, 1989 г.
12. Каталог электротехнической продукции «Низковольтное оборудование», Российская торговая марка «ЩИТ», г. Москва, 2005 г.