



М. Д. ГОРЕНШТЕЙН

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Том I

Новосибирск
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1983



В книге приведены основные формулы электротехники, данные об электроаппаратуре и материалах, сведения, необходимые для эксплуатации электроустановок, основные требования по монтажу электроосвещения, силовых установок и внутренних проводок, сведения для изготовления простейших конструкций на местах и производства мелких монтажных работ.

Освещены вопросы экономии электроэнергии и повышения коэффициента мощности.

Справочник рассчитан на электромонтеров, обслуживающих силовые и осветительные установки до 1000 В, и будет полезен учащимся средних школ для приобретения практических знаний по устройству наиболее часто встречающихся электроустановок.

Глава 1.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Единица силы электрического тока — ампер (А) — это сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона на каждый метр длины.

Практически силу постоянного и переменного электрического тока измеряют с помощью амперметров, отградуированных по образцовым приборам.

Единица энергии (работы) электрического тока — джоуль (Дж) — работа, совершаемая при перемещении точки приложения силы 1 ньютона на расстояние 1 м в направлении действия силы.

$$\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м}.$$

1 ватт-час (Вт·ч) — работа, совершаемая током мощностью 1 ватт в течение часа.

1 ватт-час = 3600 ватт-секундам (Вт·с) или джоулям.

Энергия может быть выражена также и в килокалориях (ккал).

1 джоуль (Дж) = $2,78 \cdot 10^{-7}$ кВт·ч = $2,39 \cdot 10^{-4}$ ккал.

1 киловатт-час (кВт·ч) = $3,6 \cdot 10^6$ Дж = 860 ккал.

Единица мощности — ватт (Вт) — мощность электрического тока, равная 1 Дж в секунду.

1 киловатт (кВт) = 1000 Вт.

Единица электрического напряжения (разности потенциалов) — 1 вольт (В) — электрическое напряжение, вызывающее в электрической цепи постоянный ток силой 1 А при мощности 1 Вт.

Единица электрического сопротивления — Ом (Ω) — это сопротивление проводника, между концами которого при силе тока 1 А возникает напряжение 1 В.

Удельное сопротивление — электрическое сопротивление провод-

ника длиной 1 м и сечением 1 мм² при температуре 20°C. Обозначается греческой буквой ρ .

Единица количества электричества (заряда) — кулон (Кл) или ампер-секунда ($A \cdot c$) — количество электричества, протекающее по проводнику в течение 1 секунды при токе в 1 ампер.

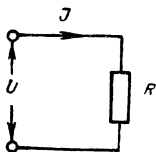
Единица электрической емкости — фарада (Ф) — это такая емкость проводника или конденсатора, при которой заряд в 1 кулон повышает потенциал проводника на 1 В.

Практические единицы емкости — микрофарада и пикофарада.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

Закон Ома — сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению электрической цепи.

$$I = \frac{U}{R},$$



где I — сила тока, А; U — напряжение, В; R — сопротивление, Ом.

Производные формулы:

$$U = I \cdot R; R = \frac{U}{I}.$$

Закон Ома для переменного тока:

$$I = \frac{U}{Z},$$

где Z — полное сопротивление, Ом;

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$

где R — активное сопротивление, Ом; X_L — индуктивное сопротивление, Ом; X_C — емкостное сопротивление, Ом.

Для частоты переменного тока 50 Гц:

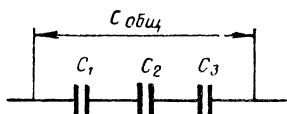
$$X_L = 314 L,$$

где L — индуктивность, Г (генри).

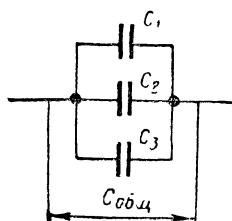
$$X_C = \frac{1}{314 C},$$

где C — емкость, Ф.

Последовательное соединение конденсаторов:



$$\frac{1}{C_{\text{общ.}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}.$$



Параллельное соединение конденсаторов:

$$C_{\text{общ.}} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Активное сопротивление проводника:

$$R = \rho \frac{l}{q},$$

где R — сопротивление проводника, Ом;
 ρ — удельное сопротивление, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; l — длина проводника, м;
 q — сечение проводника, мм^2 .

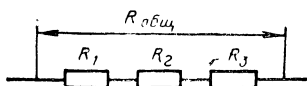
Зависимость сопротивления от температуры:

$$R_t = R_0 [1 + \alpha (t - t_0)],$$

где R_t — сопротивление при температуре t° , Ом; R_0 — сопротивление при начальной температуре (обычно при 20°C), Ом; α — температурный коэффициент сопротивления (см. табл. 1.1).

Последовательное соединение сопротивлений

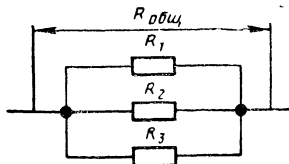
Общее сопротивление группы последовательно соединенных сопротивлений равно сумме этих сопротивлений:



$$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

Параллельное соединение сопротивлений

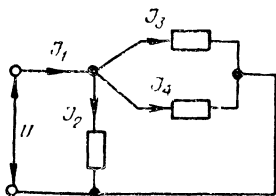
Общая проводимость группы параллельно включенных сопротивлений равна сумме их проводимостей. Проводимостью называется величина, обратная сопротивлению $\left(\frac{1}{R}\right)$.



$$\frac{1}{R_{\text{общ.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Для случая двух сопротивлений:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$



Первое правило Кирхгофа: сумма всех токов, притекающих к любой точке электрической цепи, равна сумме всех токов, вытекающих из этой точки.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4.$$

Второе правило Кирхгофа: сумма электродвижущих сил в любом замкнутом контуре равна сумме падений напряжений (то есть произведений токов на сопротивления) в этом контуре.

$$\Sigma E = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3.$$

Закон Джоуля-Ленца — количество тепла (Q), выделяемого в проводнике при протекании по нему электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, времени протекания тока и сопротивлению проводника.

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t,$$

где Q — количество тепла, кал; I — сила тока, А; R — активное сопротивление, Ом; t — время, с.

Одна ватт-секунда соответствует 0,24 калории тепла.

Мощность электрического тока (P)

а) постоянный ток:

$$P = U \cdot I$$

или

$$P = I^2 \cdot R$$

или

$$P = \frac{U^2}{R};$$

б) однофазный переменный ток:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

или

$$P = I^2 \cdot R$$

или

$$P = \frac{U^2}{R};$$

где P — мощность, Вт; U — напряжение, В; I — сила тока, А; R — активное сопротивление, Ом; $\cos \varphi$ — коэффициент мощности;

в) трехфазный ток:

$$P = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi$$

или

$$P = \sqrt{3} U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \cos \varphi,$$

где U_{ϕ} — фазовое напряжение, В; $U_{\text{л}}$ — линейное (междуфазное) напряжение, В; I_{ϕ} — ток, протекающий в одной фазе нагрузки, А; $I_{\text{л}}$ — ток, протекающий в одной фазе линии, А.

1.3. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 1.1. Основные характеристики проводников

Материал	Плотность, г/см ³	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С	Температура плавления, °С	Средний температурный коэффициент сопротивления (на 1 °С)
		$\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$		
Алюминий	2,7	0,028	657	0,004
Константан	8,9	0,5	1270	0,000005
Манганин	8,14	0,4—0,48	960	0,000006
Медь	8,89	0,0175	1083	0,039
Никелин	8,9	0,42	1060	0,00002
Нихром	8,2	1,1—1,27	1360	0,0001
Сталь	7,8	0,13	1400	0,063
Фехраль	7,6	1,2—1,4	1450	0,0028

1.4. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 1.2. Основные характеристики
изоляционных материалов

Материалы	Плотность, г/см ³	Пробивная прочность, кВ/мм	Допустимая рабочая температура, °С
1	2	3	4
Асбест	2,6	2—4	450
Асбестоцемент	2	0,3—0,8	250
Аццид	1,4—1,5	1,5—2	250
Бумага кабельная, не- пропитанная	0,8	8—9	90
Бумага, пропитанная маслом	0,8	15—25	105
Воздух	0,0012	3	Не норми- руется
Гетинакс	1,35	15—25	105
Дерево (дуб парафини- рованный, береза)	0,85	3—7	100—105
Карболит	1,1	14	120
Лакоткань	1—1,2	20—60	105
Масло трансформаторное	0,89	15—20	95
Масса кабельная	0,93	8—12	60—80
Миканит	2,2	15—20	125—400
Мрамор	2,8	2—8	100—120
Пряжа хлопчатобумаж- ная, непропитанная	—	3—5	90

1	2	3	4
Пряжа, пропитанная лаками	—	5—20	До 105
Полиэтилен	0,92—0,97	35—60	80—100
Поливинилхлорид	1,3	10—20	65
Полистирол	1,05	20—35	70—80
Резина изоляционная	1,2—1,3	20—30	55—65
Стекло	2,5	10—25	300
Стеклотекстолит	1,85	20—23	180
Текстолит	1,3—1,7	6—18	105
Фибра	1,2—1,4	4—10	100
Фарфор	2,4	15—20	Не нормируется
Фторопласт-4	2,1	25—40	180
Шифер	2,7—2,9	0,8—2	200—250
Эбонит	1,4	17—25	55
Электрокартон	1—1,15	8—10	90
Эпоксидная смола	1,1—1,2	16—20	110—120

Таблица 1.3. Классификация изоляционных материалов по нагревостойкости

Класс нагревостойкости	Наименование материала	Предельно допустимая температура, °С
1	2	3
У	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка, натурального шелка, бумага, электрокартон, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный материал	90
А	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка, натурального шелка, искусственного шелка, бумага, электрокартон, пропитанные или погруженные в жидкий электроизоляционный материал. Лакокраски. Слоистые пластики на основе целлюлозных бумаг и тканей. Изоляция эмаль-проводов на масляно-смолистых и поливинил-ацетатных лаках	105
Е	Синтетические органические пленки, волокна, смолы и компаунды. Изоляция эмаль-проводов на полиуретановых, эпоксидных лаках	120
В	Материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна с органическими связующими и пропитывающими составами, стеклолакокраски. Изоляция эмаль-проводов на полиэтилентерефталатных смолах. Асбоцемент, пропитанный органическим составом, не вытекающим при 135°С	130

1	2	3
Ф	Материалы на основе слюды, асбеста, стекловолокна с синтетическими связующими и пропитывающими составами, алкидные, эпоксидные, полиэфирные покровные и пропитывающие составы. Изоляция эмаль-проводов на полиэфиримидных лаках	155
Н	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами	180
С	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц	Свыше 180

1.5. НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Номинальные напряжения источников энергии, преобразователей, сетей и присоединяемых к ним приемников электрической энергии согласно ГОСТ 21128—75 должны соответствовать указанным в табл. 1.4.

**Таблица 1.4. Номинальные напряжения сетей, приемников
и источников энергии**

Постоянный ток, В		Переменный ток, В			
источники и преобразователи	сети и приемники	источники и преобразователи		сети и приемники	
		однофаз- ный ток	трехфазный ток, междуфазное	однофаз- ный ток	трехфазный ток, междуфазное
28,5	27	42	42	40	40
115	110				
230	220	230	230 400	220 380	220 380
460	440		690	660	660
—	—	—	6300		6000
—	—	—	10500		10000

Примечание. Дополнительно к напряжениям, указанным в таблице, допускается применение напряжений: 12 В переменного тока — для электрооборудования, применяемого в условиях повышенной влажности; 24 и 36 В однофазного тока — для источников и приемников общепромышленного назначения частотой 50 Гц;

1,25; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 6; 12; 24 В — для химических источников тока и присоединяемых к ним приемников;

7; 14; 28 В постоянного тока — для автотракторной техники;

12; 24; 36; 48; 60 В постоянного тока — для источников, преобразователей и приемников общепромышленного назначения.

1.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Действующие «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) предъявляют определенные требования по выполнению электрических устройств в зависимости от физических условий в помещениях, где располагается электроустановка.

Классификация по условиям среды

Сухими называются помещения, в которых относительная влажность не превышает 60%. В таких помещениях влага не конденсируется и не оседает на стенах, потолках и оборудовании (жилые помещения, конторы, мастерские, клубы).

Влажными называются помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и в небольших количествах. Относительная влажность в них не превышает 75%.

К *сырым* относятся те помещения, в которых относительная влажность длительно превышает 75%.

Особо сырые помещения — это те, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы покрыты влагой).

Жаркими называют помещения, где температура длительно превышает +35°C.

Пыльными называются те помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. Пыльные помещения подразделяются на две категории:

а) помещения с проводящей пылью, например, склады угля, кузнечные цехи, термические цехи с пламенными печами и т. д.;

б) помещения с непроводящей пылью, например, деревообделочные цехи, мельницы, сухие цехи предприятий стройиндустрии.

Помещениями с *химически активной или органической средой* называются такие, в которых постоянно или длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Сухими нормальными называются такие сухие помещения, в которых нет выделения пыли и химически активных веществ, а температура длительно не превышает +35°C.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в котором при нормальных технологических процессах или при их нарушениях постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества.

Пожароопасные зоны подразделяются на 4 класса:

а) зоны *класса П-I* — зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C;

б) зоны *класса П-II* — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль и волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха;

в) зоны *класса П-IIa* — зоны, в которых обращаются твердые горючие вещества;

г) зоны *класса П-III* — зоны, расположенные вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества, например открытые склады масел, древесные и т. п.

Взрывоопасные зоны — такие помещения или наружные установки, в которых выделяются горючие газы или пары, а также горючие волокна или пыль, переходящие во взвешенное состояние и образующие с воздухом взрывоопасные смеси. К ним относятся склады легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), мельницы и т. п.

Взрывоопасные зоны делятся на классы.

Зоны *класса В-I* — такие зоны в помещениях, где возможно образование взрывоопасных смесей и паров ЛВЖ или газов с воздухом при нормальных недлительных режимах (загрузка, разгрузка технологических аппаратов, хранение или переливание ЛВЖ и т. п.).

Зоны *класса В-Ia* — такие взрывоопасные зоны, в которых образование взрывоопасных смесей паров и газов с воздухом может произойти только в результате аварий или неисправностей.

Зоны *класса В-Iб* — такие зоны, в которых условия, указанные для зоны В-Ia, могут образоваться только в небольшой части помещения (менее 5%), или горючие газы в этих зонах обладают резким запахом, например, машинные залы аммиачных компрессоров. К этому же классу относятся зоны лабораторных и других помещений, где горючие газы есть, но в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5% свободного объема всего помещения, и где не работают с открытым пламенем. Эти зоны не будут считаться взрывоопасными, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны *класса В-Iг* — наружные и установленные под навесами взрывоопасные установки, содержащие горючие газы и ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок) — газгольдеры, резервуары, эстакады для слива и налива ЛВЖ, открытые нефтеловушки и пруды-отстойники.

Для наружных установок и сооружений взрывоопасной считается зона в пределах:

а) до 0,5 м — по горизонтали и вертикали от проемов окон и дверей по наружной стороне стен помещения;

б) до 3 м — по горизонтали и вертикали от закрытого технологического оборудования, содержащего ЛВЖ или горючие газы;

в) до 5 м — по горизонтали и вертикали от дыхательных и предохранительных клапанов оборудования, содержащего ЛВЖ или горючие газы;

г) до 20 м — по горизонтали и вертикали от мест открытого слива и налива ЛВЖ (наливные и сливные эстакады);

д) в пределах всей площади обслуживания отдельных газгольдеров, резервуаров и резервуарных парков с горючими газами и ЛВЖ.

Примечания. 1. Кровли зданий, содержащих взрывоопасные зоны, относятся к зонам класса В-Iг, если на них или вблизи от них расположены выходы вентиляции и т. п. устройства. 2. Наружные открытые эстакады с трубопроводами для горючих газов и ЛВЖ относятся к невзрывоопасным, но электрооборудование арматуры, установленной на этих трубопроводах, должно быть взрывозащищенным для соответствующей категории и группы взрывоопасной смеси.

Зоны *класса В-II* — это зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли и волокна, создающие с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы, например, при загрузке и выгрузке технологических аппаратов.

Зоны *класса В-IIа* — это такие взрывоопасные зоны, в которых образование взрывоопасных смесей пыли с воздухом в нормальных условиях эксплуатации не имеет места, а возможно только при аварии или неисправности.

Требования к электрооборудованию в пожароопасных и взрывоопасных зонах приведены в т. II.

Классификация по условиям опасности поражения током

Помещения с *повышенной опасностью* — это те, в которых имеется одно из следующих условий: а) сырость или проводящая пыль; б) токопроводящие полы (металлические, земляные, бетонные, кирпичные и т. п.); в) высокая температура (длительно более 35°C); г) возможность одновременного прикосновения к соединенным с землей металлоконструкциям, механизмам и металлическим корпусам оборудования

К *особо опасным* принадлежат помещения, в которых имеются такие условия: а) большая сырость; б) химически активная среда; в) одновременное наличие двух условий повышенной опасности — например, повышенная температура и токопроводящие полы и т. д.

Помещения *без повышенной опасности* — такие, в которых отсутствуют факторы, создающие повышенную или особую опасность поражения электрическим током.

1.7. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ ОТ ПРИКОСНОВЕНИЯ, ПОПАДАНИЯ ВНУТРЬ ПОСТОРОННИХ ТЕЛ И ВОДЫ

Термины видов оборудования установлены ГОСТ 18311—72.

Классификация электрооборудования по степени защиты его оболочками от прикосновения и проникновения внутрь посторонних предметов, пыли, паров, газов и жидкостей регламентируется ГОСТ 14254—69.

Согласно этому стандарту степень защиты условно обозначается буквами IP и двумя цифрами, например, IP02. Буквы указывают, что стандарт соответствует международной классификации защиты (International Protection). Первая цифра — от 0 до 6 характеризует защиту от прикосновения и попадания твердых посторонних тел. Вторая цифра — от 0 до 8 характеризует защиту от проникновения воды (см табл. 1.5).

В таблице курсивом указано, какому виду оборудования (по ГОСТ 18311—72) соответствуют разные исполнения по степени защиты.

Таблица 1.5. Исполнение оборудования по степени защиты

Защита от прикосновения к токоведущим или движущимся частям и попадания посторонних тел	открытое											погруженое
	открытое											
	открытое											
	открытое											
	открытое											
0	1	2	3	4	5	6	7	8				
защита отсутствует	защита от капель конденсированной воды	защита от падающих под углом до 15° капель воды, защита от падающего под углом 60° к вертикали	защита от падающего под углом 60° к вертикали	защита от брызг любого направления	защита от струи любого направления	защита от запыляющих волн	защита при погружении в воду	защита от попадания воды при погружении				
	капелезащитное						водозащитное					
00	01	—	—	—	—	—	—	—				
10	11	12	13	—	—	—	—	—				
защитное												
20	21	22	23	—	—	—	—	—				
защитное												
2												

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Защита от соприкосновения инструмента, проволоки и т. п. толщиной более 2,5 мм и попадания мелких предметов диаметром не менее 2,5 мм 3	30	31	32	33	34	—	—	—	—
	защитное								
	40	41	42	43	44	—	—	—	—
Полная защита персонала от прикосновения к токоведущим и движущимся частям. Защита от вредных отложений пыли 5	50	51	—	—	54	55	56	—	—
	пылезащитное								
	60	—	—	—	—	65	66	67	68
Полная защита персонала и полная защита от попадания пыли 6	герметичное								

1.8. БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Таблица 1.6

Величина	Буквенное обозначение величин в формулах	Наименование	Отношение к основной единице	Сокращенное обозначение	
				русское	международное
1	2	3	4	5	6
Длина	L, l	метр	1	м	m
		сантиметр	$\frac{1}{100}$ метра	см	cm
		миллиметр	$\frac{1}{1000}$ метра	мм	mm
		километр	1000 метров	км	km
Масса	m	килограмм	1	кг	kg
		грамм	$\frac{1}{1000}$ килограмма	г	g
		миллиграмм	$\frac{1}{1000}$ грамма	мг	mg
		тонна	1000 кг	т	t
Сила	F	ньютон	1	Н	N
Время	t	секунда	1	с	s
		минута	60 секунд	мин	min
Скорость	v	час	3600 с	ч	h
		метр в секунду	1	м/с	m/s
Ток	I	ампер	1	А	A
		миллиампер	$\frac{1}{1000}$ ампера	мА	mA
		микроампер	$\frac{1}{1000000}$ ампера	мкА	μA
		килоампер	1000 ампер	кА	kA
Заряд, количество электричества	Q	кулон	1	Кл	C
Напряжение, разность потенциалов, электродвижущая сила	U	вольт	1	В	V
		милливольт	$\frac{1}{1000}$ вольт	мВ	mV
		киловольт	1000 вольт	кВ	kV

Продолжение табл. 1.6

1	2	3	4	5	6
Сопротивле- ние актив- ное	R, r	}	ом	Ом	Ω
Сопротивле- ние реактив- ное	X				
Сопротивле- ние полное	Z				
Удельное сопротивле- ние	ρ	ом-метр	1	Ом · м	$\Omega \cdot m$
Энергия, ра- бота	W	джоуль или ватт · секунда киловатт · час	1	Дж	J
			$3,6 \cdot 10^6$ Дж = = 1000 Вт · ч	кВт · ч	kWh
Мощность активная	P	ватт = $\frac{\text{Дж}}{\text{сек}}$	1	Вт	W
		киловатт	1000 ватт = = 1,36 л. с.	кВт	kW
		лошадиная сила	736 Вт = = 0,736 кВт	л. с.	HP
Мощность реактивная	Q, P_Q	вар	1	вар	var
Мощность полная	S, P_s	вольт-ампер	1	ВА	$V \cdot A$
Электриче- ская ем- кость	C	фарада	1	Ф	F
		микро- фарада	$\frac{1}{1000000}$ фарады	мкФ	μF
		пикофарада	10^{-12} фарады	пФ	pF
Магнитный поток	Φ	вебер	1	Вб	Wb
Магнитная индукция	B	тесла	1	Т	T
Индуктив- ность	L	}	1	Г	H
Взаимная индуктив- ность	M				
Частота тока	f	герц	1	Гц	Hz

1	2	3	4	5	6
Температура	T, t	Кельвин, градус Цельсия	1	К	K
Количество теплоты	Q	Джоуль, кило- калория	1	Дж	J
Удельная теплоем- кость	C	джоуль на кило- грамм · Кельвин или кило- калория на килограмм и градус Цельсия	$4,19 \cdot 10^3$ Дж	ккал Дж	$kcal$ J
			1	кг · К	$kg \cdot K$
			$4,19 \frac{кДж}{кг \cdot К}$	$\frac{ккал}{кг \cdot ^\circ C}$	$\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C}$
Давление (напор)		Паскаль = $= \frac{1Н}{м^2}$ техническая атмосфера = 1 кгс/см ² = 10 м в. ст. 1 мм в. ст. 1 мм рт. ст.	1	Па	Pa
			$9,81 \cdot 10^4$ Па	кгс/см ²	at
			9,81 Па	—	—
			133,3 Па	—	—

1.9. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ СОГЛАСНО ЕСКД¹

Виды соединений обмоток

Трехфазная обмотка, соединенная в звезду



Трехфазная обмотка, соединенная в звезду, с выведенной нейтральной (средней) точкой



Трехфазная обмотка, соединенная в треугольник



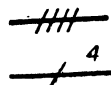
¹ Единая система конструкторской документации.

Провода, шины и их соединения

Линия электрической связи. Провод, кабель, шина



Провода или шины трехфазной четырехпроводной системы



Ответвление от шины или провода



Заземление (соединение провода с землей)



Машины вращающиеся

Генератор трехфазный (общее обозначение)



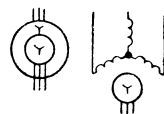
Двигатель трехфазный с соединением обмоток статора в звезду (общее обозначение)



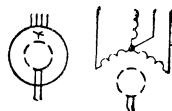
Двигатель асинхронный трехфазный с короткозамкнутым ротором



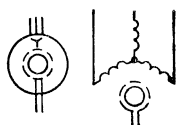
Двигатель асинхронный трехфазный с фазным ротором. Обмотки статора и ротора соединены в звезду



Синхронная трехфазная явнополюсная машина с обмоткой возбуждения на роторе



Двигатель синхронный трехфазный явно-
полюсный с обмоткой возбуждения и пус-
ковой короткозамкнутой обмоткой на ро-
торе



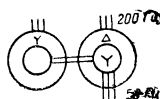
Машина постоянного тока с параллель-
ным возбуждением



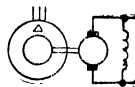
Машина постоянного тока со смешанным
возбуждением



Преобразовательный агрегат, состоящий
из асинхронного трехфазного двигателя с
короткозамкнутым ротором и преобразова-
теля частоты (например: 50/200 Гц)



Преобразовательный агрегат, состоящий из
асинхронного трехфазного двигателя с ко-
ротнозамкнутым ротором и генератора по-
стоянного тока с параллельным возбужде-
нием

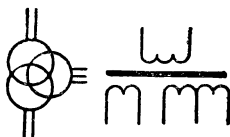


Трансформаторы и автотрансформаторы

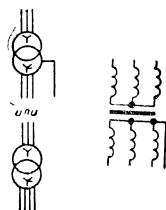
Трансформатор однофазный с сердечником



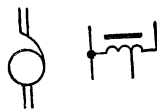
Трансформатор однофазный, трехобмоточ-
ный с сердечником



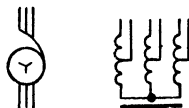
Трансформатор трехфазный с сердечником;
соединение обмоток звезда — звезда, с вы-
веденной нейтральной (средней) точкой у
одной из обмоток



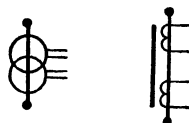
Автотрансформатор однофазный с сердечником



Автотрансформатор трехфазный с сердечником; соединение обмоток в звезду



Трансформатор тока с одним сердечником и двумя вторичными обмотками



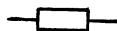
Выпрямители (вентили) полупроводниковые

Диод. Выпрямительный столб (общее обозначение)

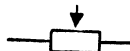


Сопротивления

Резистор постоянный



Резистор переменный



Резистор переменный в реостатном включении



Катушка индуктивности. Дроссель без сердечника



Дроссель с сердечником



Реактор



Конденсатор постоянной емкости

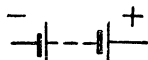


Элементы и батареи гальванические и аккумуляторные

Элемент гальванический или аккумуляторный



Батарея из гальванических или аккумуляторных элементов

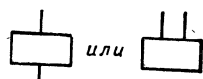


Батарея с двойным элементным коммутатором

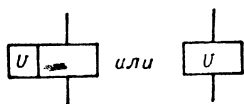


Контакты и реле

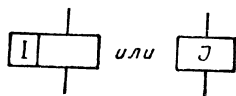
Катушка контактора, пускателя, реле



Катушка (обмотка) напряжения



Катушка (обмотка) токовая



Нагревательный элемент теплового реле



Контакт замыкающий

- а) общее обозначение
- б) с самовозвратом
- в) без самовозврата

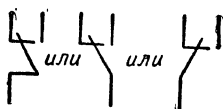


Контакт размыкающий

- а) общее обозначение
- б) с самовозвратом
- в) без самовозврата



Контакт переключающий



Контакт замыкающий дугогасительный

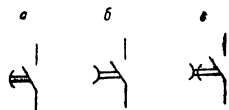


Контакт размыкающий дугогасительный



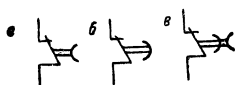
Контакт замыкающий с замедлителем

- а) замедление при срабатывании
- б) замедление при возврате
- в) замедление при срабатывании и возврате



Контакт размыкающий с замедлителем

- а) замедление при срабатывании
- б) замедление при возврате
- в) замедление при срабатывании и возврате



Контакт импульсный (проскальзывающий) замыкающий при срабатывании и возврате



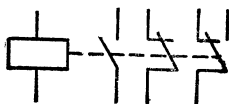
Контакт импульсный (проскальзывающий) размыкающий при срабатывании и возврате



Контакт электромагнитного реле



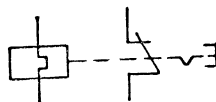
Реле электрическое с замыкающим, размыкающим и переключающим контактами



Контактор
Магнитный пускатель

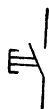
Изображаются элементы аппарата — катушки, контакты и т. д.

Реле электротепловое без самовозврата с возвратом нажатием кнопки



Командоаппараты

Кнопка нажимная с замыкающим контактом

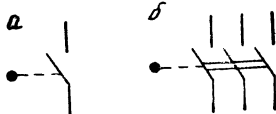


Кнопка нажимная с размыкающим контактом



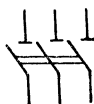
Выключатель путевой

- а) однополюсный
- б) трехполюсный

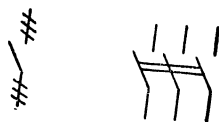


Выключатели, переключатели и разъединители

Разъединитель (рубильник) трехполюсный

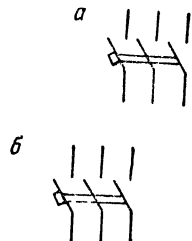


Выключатель трехполюсный

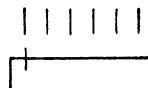


Выключатель трехполюсный с автоматическим возвратом

- а) общее обозначение
- б) с указанием параметра, вызывающего возврат, например, максимального тока



Переключатель однополюсный многопозиционный (6 позиций)



Переключатель трехполюсный трехпозиционный с нейтральным положением



Переключатель трехполюсный

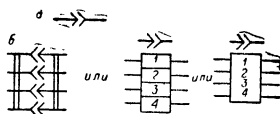


Контактные соединения

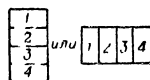
Соединение контактное разъемное

а) однопроводное

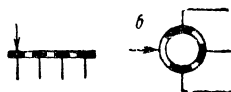
б) четырехпроводное



Колодка зажимов



Контакт, скользящий по нескольким линейным (а) или кольцевым (б) токопроводящим поверхностям



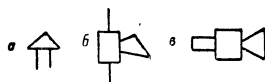
Аппараты разные

а) Аппараты сигнализации и защиты

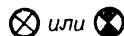
звонок электрический



сирена электрическая (а), гудок (б), ревун (в)



лампа сигнальная



промежуток защитный



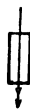
предохранитель плавкий:

а) обычный; б) быстродействующий

а



б



разъединитель-предохранитель

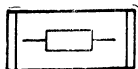


б) Электронагреватели, электропечи

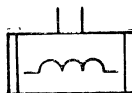
нагревательный элемент



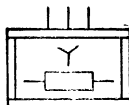
электронагреватель сопротивления



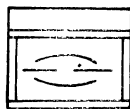
электронагреватель индукционный одно-
фазный



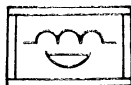
электропечь сопротивления трехфазная



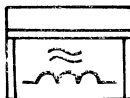
электропечь дуговая



электропечь индукционная плавильная



электротермическая установка повышенной
частоты



в) Разные

токосъемник троллейный



1.10. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПЛАНАХ (ГОСТ 2754—72)

Линии, проводки, токопроводы

Линия проводки — общее обозначение	
Линия проводки с указанием данных и способа прокладки	$\overline{380\text{ В АВВГ } 3 \times 35 + 1 \times 16}$ <i>по стене</i>
Линия заземления, зануления	
Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления	
Заземлители	
Линия цепей управления	
Линия сети аварийного или охранного освещения	
Линия напряжением 42 В и ниже	
Проводка гибкая	
Проводка в трубах, прокладываемая скрыто, с указанием отметки заложения	
Проводка в трубе, проложенная открыто	
Шинопровод голый	
Шинопровод закрытый на стойках	

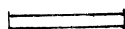
Шинопровод закрытый на кронштейнах



Линия троллейная



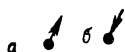
Кабельный канал



Кабельная траншея



Вертикальная проводка



а) идет вверх, б) приходит сверху,

в) идет вниз, г) приходит снизу



Коробки, щиты, шкафы

Коробка ответвительная



Коробка, ящик, без клемм

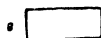


Клеммная коробка

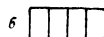


Щит, пульт:

а) общее обозначение



б) из нескольких панелей



в) распределительный пункт, щит

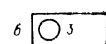


Кнопочный пост

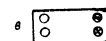
а) на 2 кнопки



б) на 3 кнопки



в) на 2 кнопки с двумя сигнальными лампами



г) на 2 кнопки с встроенными сигнальными лампами



Электрические устройства

Контактор:

а) общее обозначение



б) контактор трехполюсный



Устройство с трансформатором



Устройство с электродвигателем



Конденсаторная батарея



Выпрямитель



Аккумуляторная или гальваническая батарея



Г л а в а 2.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

2.1. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Таблица 2.1

Условные обозначения на шкале прибора	Классификация по принципу действия	Область применения
	Магнитоэлектрические	1. Измерение силы тока и напряжения в цепях постоянного тока. 2. В качестве вторичного прибора для измерения переменного тока в выпрямительных и термоэлектрических приборах
	Электромагнитные	Измерение силы тока и напряжения в цепях переменного и постоянного тока. Наиболее часто используются для измерений переменного тока (вольтметры и амперметры)
	Электродинамические	Измерение силы тока, напряжения и мощности в цепях постоянного и переменного тока. Наиболее часто применяются для лабораторных и переносных приборов

Условные обозначения на шкале прибора	Классификация по принципу действия	Область применения
	Ферродинамические	Измерение силы тока, напряжения и мощности в цепях постоянного и переменного тока. Наиболее часто применяются в качестве регистрирующих ваттметров
	Индукционные	Измерение мощности, энергии и $\cos \varphi$ в цепях переменного тока
	Вибрационные	Частотомеры
	Выпрямительные	Измерение напряжения в цепях переменного тока повышенной частоты
	Термоэлектрические	Измерение силы тока в цепях переменного тока повышенной частоты

**Условные обозначения измерительных приборов
в электрических схемах**



Термопара



Амперметр показывающий



Вольтметр показывающий



Ваттметр показывающий



Вольтамперметр реактивный, показывающий



Фазометр показывающий



Частотомер показывающий



Омметр показывающий



Амперметр регистрирующий



Вольтметр регистрирующий



Ваттметр регистрирующий



Счетчик ватт-часов



Счетчик вольтампер-часов реактивных

Класс точности приборов

Классом точности электроизмерительных приборов называется максимально допустимая погрешность измерения (в процентах от максимального значения шкалы), обеспечиваемая данным прибором. Класс точности указывается на шкале прибора в виде цифры, заключенной в уголок. Например,  — прибор класса 1.

Наиболее распространенные лабораторные приборы выпускаются классов 0,2 и 0,5. Переносные приборы для технических измерений обычно выпускаются класса 1.

Щитовые показывающие и самопишущие приборы для эксплуатационных измерений постоянного и переменного тока должны быть не ниже класса 1—2,5 (вольтметры и амперметры) и класса 2,5 (ваттметры и фазометры).

Условные обозначения на шкалах измерительных приборов

Кроме принципа действия прибора (табл. 2.1) и класса точности на шкалах электроизмерительных приборов указываются: способ установки прибора; род тока, для которого предназначен прибор; напряжение, которым испытана изоляция прибора; а также заводской номер, год выпуска и название или клеймо завода-изготовителя.

Установка приборов

Показания исправного прибора будут правильными, если прибор установлен в соответствии с его конструктивными особенностями. Вертикальное расположение прибора указывается на шкале знаком  горизонтальное расположение — знаком 

Род тока

Приборы, предназначенные для измерений на постоянном токе, имеют на шкале знак **—**. Приборы, предназначенные для переменного тока, имеют на шкале знак **~** и для трехфазного тока **≡**.

Испытание изоляции

Для безопасного обслуживания приборов их токоведущие части должны быть надежно изолированы от корпуса. Изоляция испытывается повышенным напряжением. Испытательное напряжение, например, 2 кВ, указывается на шкале в звездочке знаком

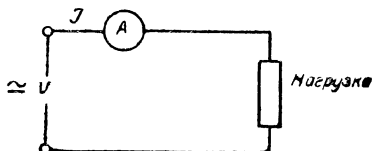


На приборах, включаемых в сеть, не соответствующую прочности изоляции измерительной цепи прибора, наносится красным цветом знак **⚡** («Осторожно»).

2.2. АМПЕРМЕТРЫ

Данные амперметров приведены в табл. 2.2. Для измерения силы тока до 200 А могут быть применены приборы непосредственного включения (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Непосредственное включение амперметра



В сетях переменного тока при необходимости измерения токов, превышающих номинальный ток измерительных приборов, а также при измерениях в цепях с напряжением выше 1000 В амперметры и токовые цепи ваттметров и счетчиков включают через измерительные трансформаторы тока (рис. 2.2), которые позволяют измерять силу тока до 15000 А. При этом амперметр выполняется на 1 или 5 А, а шкала градуируется по первичному току трансформатора тока.

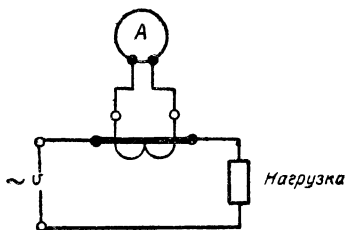


Рис. 2.2. Включение амперметра через трансформатор тока.

Таблица 2.2. Щитовые амперметры

Тип	Класс точности	Характеристика	Область применения	Габаритный размер
				размер окна в щите, мм
1	2	3	4	5
Э335 Э365	1,5	Электромагнитный для утопленного монтажа Вибротряскопрочный, пыле- и брызгозащищенный корпус	В цепях переменного тока 50 Гц для непосредственного включения от 1 до 50 А и на 5 А с трансформатором тока до 15000/5А. Допустимая температура воздуха от —40 до +50°С. Установка вертикальная	120×120 112×112
Э377	1,5	Перегрузочный	То же. Для непосредственного включения от 1 до 300 А и с трансформаторами тока от 5 А до 15 кА	120×120 112×112
М325	1,5	Магнитоэлектрический для утопленного монтажа	В цепях постоянного тока. Непосредственное включение от 1 до 10 А. С наружным шунтом — от 20 до 750 А	120×120 112×112
М330	1,5	То же	То же. Непосредственное включение от 1 до 20 А. С наружным шунтом от 30 до 750 А	120×120 112×112
М402	2,5; 1,5	Магнитоэлектрический для утопленного монтажа. Вибро-тряскопрочный. Корпус пыле- и брызгозащищенный	В цепях постоянного тока. Однопредельные от 1 до 6000 А. Установка вертикальная, горизонтальная, наклонная	60×60 $\varnothing 58$

В цепях постоянного тока применяют магнитоэлектрические амперметры с встроенным шунтом, которые позволяют измерять токи до 50 А. Для токов до 7500 А применяются выносные шунты (рис. 2.3). Характеристики шунтов указаны в табл. 2.3. Сечения токоведущих шин и проводов для подсоединения шунтов приведены в табл. 2.4.

В цепях переменного тока повышенной частоты применяются термоэлектрические амперметры, состоящие из нагревательного

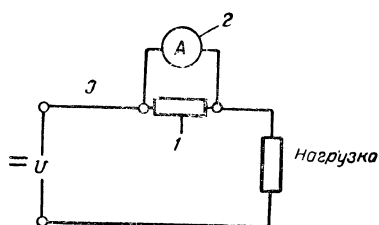


Рис. 2.3. Включение амперметра с шунтом:

1 — шунт; 2 — амперметр постоянного тока

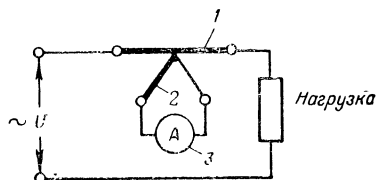


Рис. 2.4. Включение амперметра термоэлектрической системы:

1 — нагревательный элемент; 2 — термопара; 3 — милливольтметр магнитоэлектрической системы, отградуированный в амперах

элемента, через который протекает ток, термопары, преобразующей тепло в электродвижущую силу, и магнитоэлектрического прибора, измеряющего эту э. д. с. (рис. 2.4). Шкала таких измерительных приборов градуируется в амперах.

Таблица 2.3. Шунты стационарные для амперметров магнитоэлектрической системы

Тип	Пределы измерения, А	Примечания
75 ШС	5; 10; 20; 30; 50	1. Шунты изготавливаются из листового манганина, впаянного в латунные или медные наконечники.
75 ШСМ	75; 100; 150; 200; 300; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7500	2. Цифры перед буквами в названии шунта показывают величину падения напряжения на нем в милливольтах при протекании номинального тока. 3. Для присоединения амперметра к потенциальным зажимам шунта необходимо применять калиброванные проводники, входящие в комплект шунта. 4. Рабочий диапазон температур для шунтов от -40 до $+60^{\circ}\text{C}$.

2.3. ВОЛЬТМЕТРЫ

Для измерения напряжения постоянного или переменного тока до 600 В используются вольтметры непосредственного включения (рис. 2.5а).

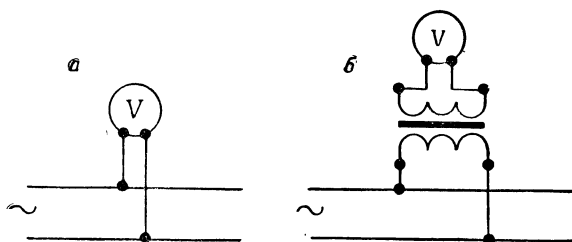


Рис. 2.5. Изключение вольметра:
а — непосредственное; *б* — через измерительный трансформатор напряжения.

При напряжениях переменного тока от 450 В и выше применяются вольметры с катушкой на 100 В, включаемые через измерительные трансформаторы напряжения (рис. 2.5б). Шкала прибора градуируется на первичное напряжение.

При напряжении постоянного тока выше 600 В вольметры включаются через отдельные добавочные сопротивления. Подводка к вольтметру выполняется проводом с усиленной изоляцией. Вольметр, во избежание прикосновения к его корпусу, устанавливается за ограждением.

Технические данные щитовых вольметров приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.4. Сечение токоведущих шин и проводов для подсоединения к шунтам

Тип шунта	Номинальный ток шунта, А	Сечение проводов, мм ²	Минимальные размеры шин, мм
75 ШС	5	0,75 (2,5)	—
	10	1,0 (2,5)	—
	20	2,5 (4)	—
	30	6 (10)	—
	50	10 (25)	—
75 ШСМ	75	16 (35)	—
	100	25 (50)	—
	150	—	20×1,5
	200	—	30×1,5
	300	—	30×2,5
	500	—	35×6
	750	—	50×7
	1000	—	60×7
	1500	—	2 (50×7)
	2000	—	4 (50×5)
	3000	—	8 (50×5)

Примечание. В скобках указано сечение алюминиевых проводов.

Таблица 2.5 Щитовые вольтметры

Тип	Класс точно- сти	Характеристика	Область применения	Габарит- ный размер
				размер окна в щите, мм
1	2	3	4	5
Э335 Э365	1,5	Электромагнит- ный для утоп- ленного монта- жа Вибро-тряско- прочный, кор- пус пыле- и брызгозащи- щенный	В цепях перемен- ного тока 50 Гц для непосредствен- ного включения от 10 до 600 В и на 100 В (шкала 450 В — 450 кВ); с трансформато- ром напряжения от 380/100 В и выше. Допустимая темпе- ратура воздуха от —40 до +50°C. Установка верти- кальная	120×120 112×112
Э377	1,5	То же	То же. Непосред- ственное включе- ние до 450 В и на 100 В с трансфор- маторами напря- жения от 0,45 кВ и выше	120×120 112×112
Э802 В Э8021		То же. Мало- габаритный	В цепях перемен- ного тока 50; 200; 400; 800; 1000; 1500 Гц, напряже- ние 450 В с от- дельным добавоч- ным сопротивле- нием	80×80 $\varnothing 78$
М325	1,5	Магнитоэлект- рический для утопленного монтажа	В цепях постоян- ного тока от 3 до 600 В	120×120 112×112
М330 М330М	1,5	То же	То же. Для уста- новки в помеще- ниях при темпера- туре от —30 до +40°C	120×120 112×112

1	2	3	4	5
M369M	1,5	То же, для измерения напряжения на электролизных ваннах и сигнализации о нарушениях нормального режима	То же, для напряжения 10 В с перегрузочным участком. Для работы в условиях коррозионной среды при температуре от -20 до $+90^{\circ}\text{C}$	225×178 —
M4202	2,5; 1,5	Магнитоэлектрический для утопленного монтажа. Вибро-тряскопрочный. Корпус пыле- и брызгозащищенный	В цепях постоянного тока. Однопредельные от 2 до 3000 В. Многопредельные от 0,3/15 до 150/1500 В. Установка вертикальная, горизонтальная, наклонная	60×60 $\varnothing 58$

2.4. ВАТТМЕТРЫ И СЧЕТЧИКИ

Для измерения мощности применяются ваттметры, а для измерения расхода электрической энергии — электрические счетчики. Ваттметры и счетчики выпускаются также для измерения реактивной энергии и называются в этом случае реактивными. Основные типы и характеристики ваттметров и счетчиков приведены в табл. 2.6.

В обозначении счетчиков буквы и цифры обозначают: С — счетчик, А — активной энергии, Р — реактивной энергии; 3 или 4 — для трех- или четырехпроводной сети; У — универсальный, т. е. для любых трансформаторов тока и напряжения; И — индукционной системы; число после буквы И — номер разработки; М — модернизированный.

Счетчики выпускаются со стопорами обратного хода и без них. Наличие стопора указывается на щитке счетного механизма надписью «Со стопором».

Универсальные счетчики имеют на корпусе щиток. На щиток наносятся коэффициенты трансформации по току и напряжению, на которые необходимо умножить показания счетного механизма.

Зажимы счетчиков до 10 А допускают непосредственное подключение одножильных алюминиевых проводников. Счетчики на силу тока 20 А и более комплектуются наконечниками для впаивания медных или алюминиевых многожильных проводов.

Счетчики должны устанавливаться вертикально на трех болтах. Допустимые отклонения от вертикали — не более 1° .

Таблица 2.6. Счетчики и щитовые ваттметры

Наименование	Тип	Класс точно- сти	Параметры		Область применения
			ток, А	напря- жение, В	
1	2	3	4	5	6
Счетчики ин- дукционные ак- тивной энергии, однофазные	СО-И449	2,0	2,5; 5; 10; 20	220	В цепях однофаз- ного тока. Допу- стимая температу- ра воздуха от 0 до 40°C. Допуска- ет 4—6-кратную перегрузку по то- ку
То же	СО-И446	2,5	5; 10	220	То же. Допускает 3-кратную пере- грузку
То же	СО-5	2,5	5; 10	220	То же. Допускает 3-кратную пере- грузку
Счетчики ин- дукционные ак- тивной энергии, трехфазные	САЗУ-И687	1	5	100	В трехпроводных сетях. Включение через трансформа- торы тока и на- пряжения
	САЗ-И681	1	5	380	
	САЗУ-И681	1	5	100; 380	
То же	САЗ-И670М	2	5; 10	380	В трехпроводных сетях. Непосред- ственное включе- ние. Для работы в закрытых помеще- ниях при темпера- туре от 0° до 40°C
	САЗ-И670	2			
	САЗ-И684	2			
	САЗУ -И670М	2	5	380	То же. Включение через трансформа- торы тока
	САЗУ-И670	2	5	100	То же, включение через трансформа- торы тока и на- пряжения
То же	САЗ-И677	2	20; 30; 50	380	В трехпроводных сетях. Непосред- ственное включе- ние. Для работы в закрытых помеще- ниях при темпера- туре от 0 до 40°C

1	2	3	4	5	6
То же	СА4-И685 СА4-И672М	2 2	5; 10	380	В четырехпроводных сетях. Непосредственное включение. В помещениях с температурой от 0 до 40°C. Перегрузочная способность — 400%
	СА4-И678	2	20; 30; 50	380	В четырехпроводных сетях Непосредственное включение
	СА4-И682 СА4У-И682 СА4У-И672М	1 1 2	5 5 5	380	В четырехпроводных сетях Включение через трансформаторы тока
Счетчики индукционные реактивной энергии, трехфазные	СР4У-И673М	2	1; 5	100; 380	В трехпроводных и четырехпроводных сетях. Включение непосредственное или с трансформаторами тока и напряжения. Установка в помещениях при температуре от 0 до 40°C
	СР4У-И689	1,5	1; 5	100; 380	То же
	СР4-И673М	3	5; 10	380	То же. Для непосредственного включения
	СР4-И686 СР4-И679	3 3	5; 10 20; 30; 50	380 380	То же То же
Ваттметры однофазные ферродинамические	Д367	1; 5	5	220 или 380	
Ваттметры трехфазные ферродинамические щитовые	Д365 Д336	1,5 1,5	1; 5 1; 5	100; 220; 380	Температура воздуха от —50°C до 60°C

Схемы включения счетчиков

В цепях однофазного тока активная энергия измеряется однофазными индукционными счетчиками непосредственного включения (рис. 2.6) или включенными через трансформатор тока (рис. 2.7). При включении через трансформатор тока показания счетчика умножаются на коэффициент трансформации трансформатора тока.

В трехпроводных цепях трехфазного тока с равномерной или неравномерной нагрузкой фаз энергия измеряется двухэлементными счетчиками, например, типа САЗ-И670М или САЗ-И677 непосредственного включения (рис. 2.8) или включаемыми через измерительные трансформаторы тока (рис. 2.9 и 2.10). В обеих фазах трансформаторы тока должны иметь одинаковый коэффициент трансформации.

Расход энергии определяется как произведение показаний счетчика на коэффициент трансформации трансформаторов тока и на коэффициент трансформации трансформаторов напряжения, если они применены.

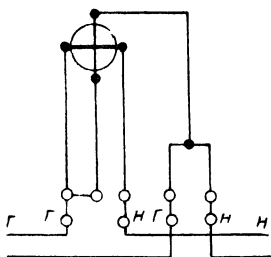


Рис. 2.6. Однофазный счетчик непосредственного включения:

Г — генераторные зажимы;
Н — зажимы для нагрузки

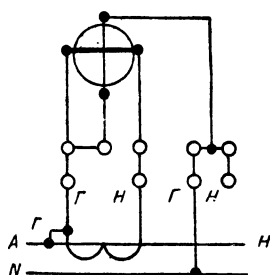
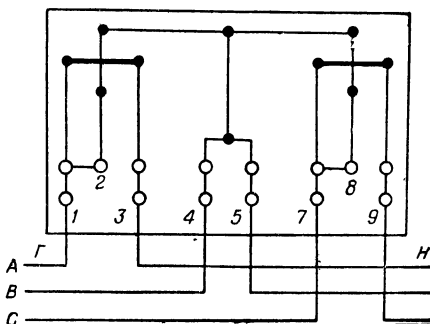


Рис. 2.7. Включение однофазного счетчика через трансформатор тока

Рис. 2.8. Включение трехфазных счетчиков САЗ-И677 и САЗ-И684 непосредственно в трехпроводную сеть. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно



В четырехпроводной сети трехфазного тока при равномерной и неравномерной нагрузке фаз энергия может учитываться с помощью трех однофазных счетчиков, включенных, как показано на рис. 2.11, или с помощью трехэлементного четырехпроводного счетчика типа СА4 или СА4У (рис. 2.12, 2.13). При учете тремя однофазными счетчиками расход энергии равен сумме показаний всех трех счетчиков, умноженной на коэффициент трансформации трансформаторов тока.

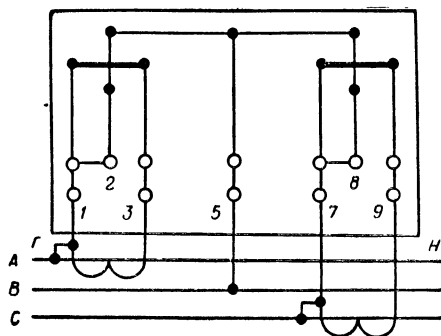


Рис. 2.9. Схема включения счетчиков типа САЗ-И670М и САЗ-И681 через трансформаторы тока в трехпроводную сеть. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно

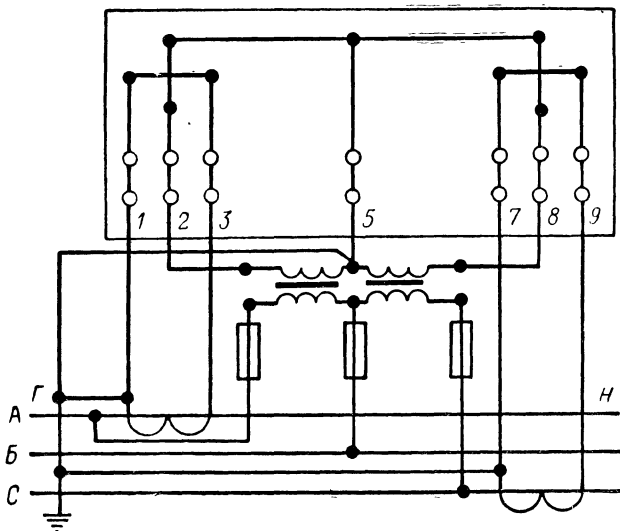


Рис. 2.10. Включение трехфазных счетчиков типа САЗ-И670М, САЗУ-И670М, САЗ-И681 и САЗУ-И681 в трехпроводную сеть через трансформаторы тока и напряжения. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно

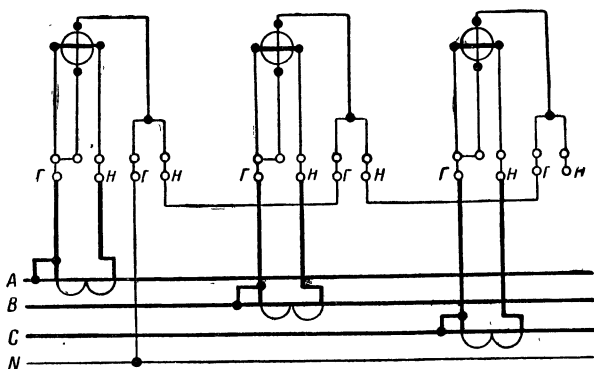


Рис. 2.11. Схема учета энергии в четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз с помощью трех однофазных счетчиков, включенных через трансформаторы тока

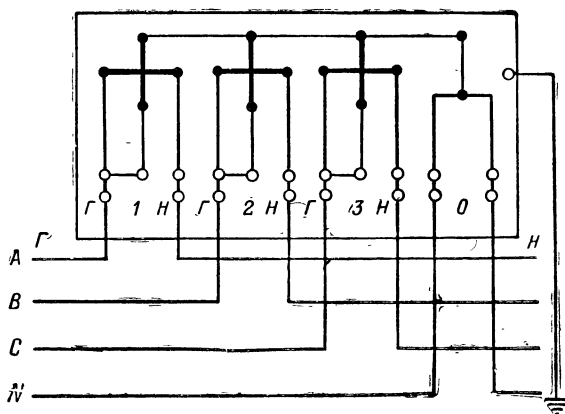


Рис. 2.12. Схема учета энергии в четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз с помощью трехфазного счетчика СА4 непосредственного включения

Для технического учета, не связанного денежными расчетами с энергосистемой, например, для внутрицехового учета, контроля норм расхода энергии и т. д., при равномерной нагрузке фаз допускается использование одного однофазного счетчика, токовая обмотка которого включается в одну фазу сети непосредственно или через трансформатор тока, а катушка напряжения подключается на напряжение между этой фазой и нулем.

Расход энергии определяется как показание счетчика, умноженное на три.

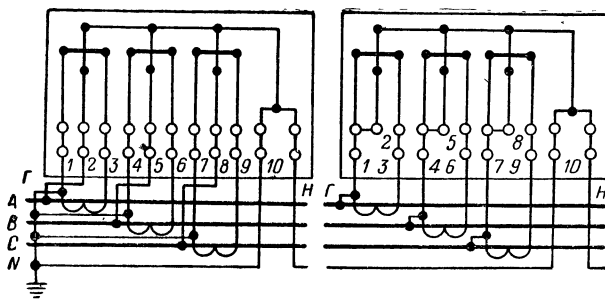


Рис. 2.13. Включение счетчиков типа СА4-И672М, СА4У-И672М, СА4-И682 и СА4У-И682 через трансформаторы тока в четырехпроводную сеть

2.5. УЧЕТ РЕАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

В трех- и четырехпроводной сети трехфазного тока расход реактивной энергии может определяться трехфазными трехэлементными счетчиками типа СР4 и СР4У. При индуктивной нагрузке диски счетчиков вращаются в сторону, указанную стрелкой. При $\cos \varphi = 1$ они останавливаются. При емкостной нагрузке диски движутся в обратном направлении.

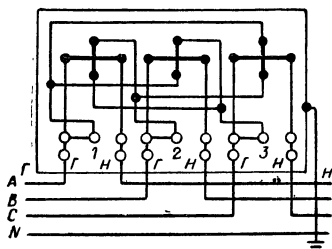


Рис. 2.14. Схема включения реактивного счетчика типа СР4-И679 (непосредственное включение). Соблюдение порядка чередования фаз обязательно

При включении счетчиков необходимо соблюдать порядок чередования фаз, указанный на схеме, так как неправильное вклю-

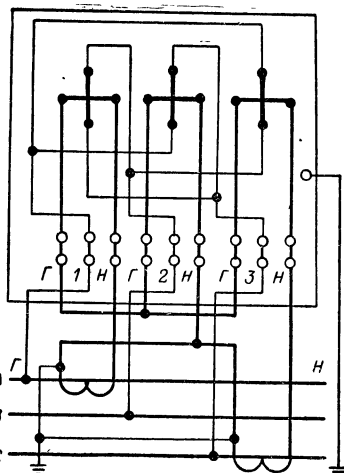


Рис. 2.15. Включение реактивных счетчиков типа СР4-И673 и СР4-И689 через трансформаторы тока в трехпроводную сеть. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно

чение вызывает неверные показания счетчика. Схемы включения трехфазных счетчиков реактивной энергии непосредственно или через измерительные трансформаторы показаны на рис. 2.14 — 2.17.

Счетчики реактивной энергии выпускаются со стопорами обратного хода и без стопоров.

Рис. 2.16. Включение реактивных счетчиков типа СР4-И673 и СР4У-673М и СР4-И689 через трансформаторы тока в четырехпроводную сеть. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно

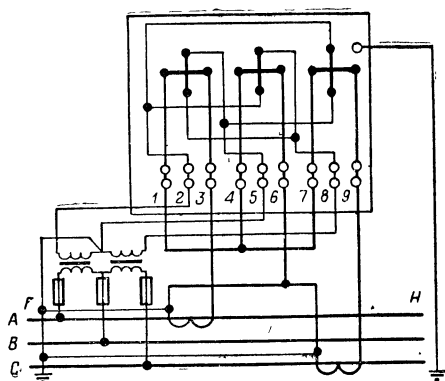
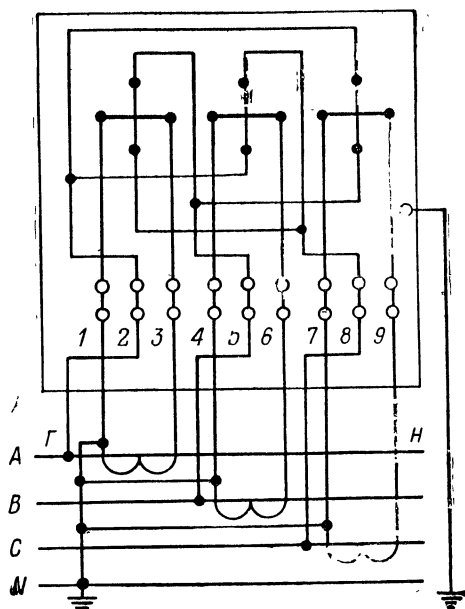


Рис. 2.17. Включение реактивных счетчиков типа СР4-И673М, СР4У-И673М, СР4-И689 и СР4У-И689 через трансформаторы тока и напряжения в трехпроводную сеть. Соблюдение порядка чередования фаз обязательно.

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

Схемы включения ваттметров и варметров такие же, как и для счетчиков. При включении ваттметров необходимо учитывать, что выводы обмоток напряжения и тока, обозначенные звездочкой (*), являются генераторными, то есть включаются со стороны питания.

2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА ЧЕРЕДОВАНИЯ ФАЗ

Для правильной работы трехфазных счетчиков активной и реактивной энергии необходимо присоединять их с соблюдением указанной на схемах последовательности фаз. Порядок чередования фаз определяется с помощью фазоуказателей типа ФУ-2 или И517М, представляющих собой асинхронные микродвигатели.

Одна (любая) фаза принимается за первую. Вторая и третья определяются по направлению вращения вертушки. Если эти фазы присоединены правильно, вертушка будет вращаться по стрелке, указанной на приборе. Если вертушка вращается в противоположную сторону, значит, к зажиму 2 присоединена третья фаза, а к зажиму 3 — вторая. В соответствии с этим и необходимо промаркировать провода.

Прибор для определения порядка чередования фаз

При отсутствии фазоуказателя заводского изготовления простой указатель можно изготовить своими силами (рис. 2.18).

Прибор состоит из круглой эбонитовой или текстолитовой коробки 1, на дне которой установлены сердечники 2 из мягкой стали

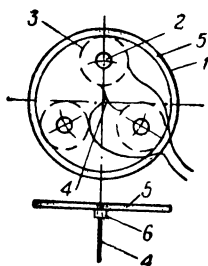


Рис. 2.18. Указатель порядка чередования фаз

диаметром 7 мм. Можно использовать корпус от карманного компаса. На сердечники надеваются катушки 3, намотанные из 8—10 тысяч витков провода ПЭЛ 0,05. Во всех катушках направление намотки одинаковое. Три начала катушек соединяются в звезду, а три конца выводятся гибким проводом к клеммам на корпусе указателя.

В центре коробки устанавливается ось 4, изготовленная из швейной иглы, на которую надевается алюминиевый диск 5 диаметром 35 мм. В центре диска заделана латунная втулочка. Прибор закрывается крышкой со стеклом.

После сборки прибор включают в сеть с известной фазировкой, замечают направление вращения диска, наносят на него стрелку по направлению вращения и соответственно размечают выводы А, Б и С или 1; 2 и 3.

2.7. ЧАСТОТОМЕРЫ И ФАЗОМЕТРЫ

Для измерения частоты переменного тока в электроустановках применяются частотомеры вибрационного типа или стрелочные. Частотомеры включаются в сеть параллельно (рис. 2.19).

Схема включения трехфазных фазометров для измерения коэффициента мощности указана на рис. 2.20.

Рис. 2.19. Схема частотомеров типа Э361 и Э363:

E — измерительный механизм, II — начало обмотки; K — конец обмотки; R_1 — добавочное сопротивление; R_2 — шунт, R_3 — терморезистор; C_1, C_2, C_3 — подгоночные конденсаторы

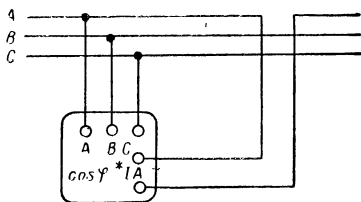
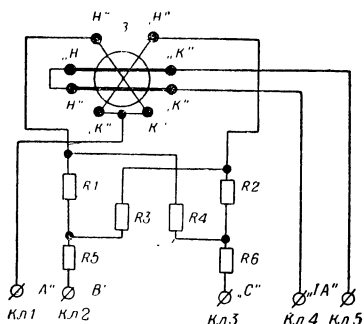
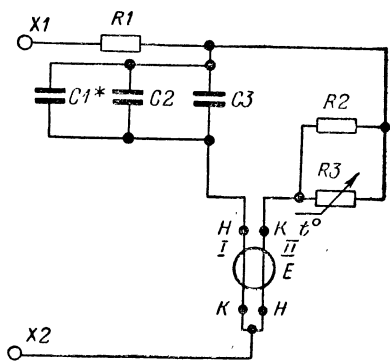


Рис. 2.20. Схема включения трехфазного фазометра:

3 — измерительный механизм; H — начало обмотки; K — конец обмотки; R_1 — R_4 — подгоночные сопротивления, R_5, R_6 — добавочные сопротивления

Таблица 2.7. Щитовые приборы

Наименование	Тип	Класс точности	Пределы измерений, Гц (для частотомеров)	Примечания
1	2	3	4	5
Частотомер вибрационный	В80	1	48—52	Малогобаритный. Для напряжения 100, 220 В
Частотомер стрелочный	Э362 Э361.	2,5	45—55 180—220 450—550	Для включения в сеть 100; 220; 380 В. Допускаемая температура воздуха от —40 до +50°C

1	2	3	4	5
Частотомеры стрелочные	Э8004	4	45—55 180—220 350—490 900—1100	Малогабаритный. Напряжение сети 100; · 220; 380; 36 В
Фазометр фазный	трех- Д300	2,5	0,5—1—0,5	Для непосредственного включения. Номин. ток 5 А; напряжение 220; 380 В.
То же	Д362 Д363	} 2,5	0,5—1—0,5 0,9—1—0,2	Для включения через измерительные трансформаторы.
Фазометр фазный	одно- Д364	2,5	0,5—1—0,5	Номин. ток 1 или 5 А. Номин. напряжение 100, 220, 380 В То же

2.8. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

2.8.1. Трансформаторы тока

Чтобы облегчить конструкцию измерительных приборов для измерения больших токов, вместо непосредственного их включения в токовые цепи, применяют включение через трансформаторы тока.

Трансформатор тока представляет собой аппарат, состоящий из сердечника, собранного из листов трансформаторной стали, с двумя или тремя обмотками.

Первичная обмотка обтекается полным током нагрузки, а вторичная выполняется из более тонкого провода и рассчитывается таким образом, чтобы в ней при полной номинальной нагрузке первичной обмотки протекал ток величиной 1 или 5 А.

Отношение величины первичного тока ко вторичному равно отношению числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки и называется коэффициентом трансформации.

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Для токов 600 ампер и выше первичная обмотка состоит из одного витка. В некоторых типах трансформаторов тока, называемых шинными, первичной обмоткой является шина электроустановки, на которую надевается сердечник трансформатора.

При применении трансформаторов тока токовые обмотки прибора выполняются на 1 или 5 А, а показание прибора умножается на коэффициент трансформации. Выпускаются амперметры и ваттметры на 5 А, специально предназначенные для подключения к трансформаторам тока. Шкалы таких приборов отградуированы на первичный ток, то есть прибор сразу показывает действительное значение измеряемого тока или мощности. На шкале этих приборов указывается величина коэффициента трансформации измерительных трансформаторов, на который они отградуированы.

Применение трансформаторов тока позволяет также измерять ток в сети напряжением выше 1000 В.

В высоковольтных трансформаторах тока первичная обмотка надежно изолируется от корпуса и от вторичной обмотки. Вторичная обмотка при этом уже не находится под высоким напряжением. Поэтому соединенный с нею измерительный прибор также не требует усиленной изоляции обмоток, безопасен для обслуживающего персонала и может устанавливаться непосредственно на щитах.

Корпус и один конец вторичной обмотки трансформаторов тока в сети выше 1000 В заземляются. Выводы первичной обмотки обозначаются буквами L_1 и L_2 . Выводы вторичной обмотки обозначаются буквами I_1 и I_2 . Если имеется несколько вторичных обмоток, перед буквой I ставится номер обмотки. Например, $2I_1$ и $2I_2$. В сетях с напряжением до 1000 В вторичная обмотка трансформаторов тока может не заземляться.

Класс точности

Трансформаторы тока для технических целей выпускаются классов точности 0,5; 1 и 3, то есть имеют максимальную погрешность соответственно 0,5; 1 и 3%.

Трансформаторы тока для установок напряжением до 660 В имеют одну вторичную обмотку класса точности 0,5 или 1.

Трансформаторы тока для установок 6—10 кВ выпускаются или с одной вторичной обмоткой класса 0,5 или 1, или с двумя вторичными обмотками: одной — класса 0,5 — для питания счетчиков и измерительных приборов, и второй — класса P — для питания токовых цепей релейной защиты. (Выпускаются также трансформаторы тока с другими комбинациями обмоток по классу точности.)

Трансформаторы тока работают в режиме короткого замыкания, то есть их вторичная обмотка должна быть замкнута на небольшое сопротивление — амперметр, токовую катушку счетчика или ваттметра. При наличии нескольких приборов, включенных на один трансформатор тока, их токовые обмотки соединяются последовательно. Чтобы трансформатор тока обеспечивал погрешность соответственно своему классу точности, суммарная мощность вторичной нагрузки с учетом сопротивления подводящих проводов не должна превышать величины, указанной на паспорте (заводской табличке) трансформатора тока. Шкала токов и типы трансформаторов тока приведены в табл. 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8. Шкала номинальных первичных токов трансформаторов тока, А (по ГОСТ 7746—78)

1			
5	50	500	5000
		600	6000
	75	750	
	80	800	8000
10	100	1000	10000
		1200	12000
15	150	1500	
20	200	2000	
30	300	3000	
40	400	4000	

Таблица 2.9. Типы и технические данные трансформаторов тока

Рабочее напряжение, В	Тип трансформаторов тока	Пределы первичного тока, А	Класс точности	Номинальная вторичная нагрузка В · А	Примечание
660	ТК-20	5; 10; 20; 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	0,5; 1	5	Катушечные
660	ТК-40	5—1500	0,5; 1	10	Катушечные
660	ТК-120	5—1500	1	30	»
660	ТШ-20	300—1000	0,5; 1	5	Шинные
660	ТШ-40	600—1500	0,5; 1	10	»
660	ТШ-120	800—1500	1	30	»
660	ТШН-0,66	100; 150; 200	3 1	0,2 5	Малогабаритные Шинные
660	ТНШЛ-0,66	300—1500	0,5	5	
660	ТНШЛ-0,66	800—5000	0,5	20	Шинные с литой изоляцией
660	ТКЛМ-0,5	5—300	0,5	5	Катушечные с литой изоляцией
660	ГШЛМ-0,5	400—1500	0,5	10	Шинные с литой изоляцией
2000	ТШЧЛ-2	1000—4000	1	20; 50	Для установок 400; 1000; 2400; 8000 Гц

2.8.2. Трансформаторы напряжения

Для стандартизации обмоток напряжения электронизмерительных приборов — вольтметров, ваттметров, счетчиков, фазометров, частотомеров и т. д. и возможности применения их в установках напряжением выше 1000 В применяются измерительные трансформаторы напряжения. Первичная обмотка этих трансформаторов имеет большое число витков тонкой проволоки и присоединяется к источнику напряжения. Изоляция этой обмотки от корпуса, вторичной обмотки и других фаз рассчитывается на рабочее напряжение сети. Вторичная обмотка и присоединенные к ней приборы изолированы от первичной цепи и безопасны для обслуживания. Один конец ее должен быть заземлен. Вторичная обмотка выполняется так, что напряжение на ее зажимах равно 100 В при номинальном напряжении на зажимах первичной обмотки.

Коэффициент трансформации трансформатора напряжения показывает отношение напряжения первичной обмотки к напряжению вторичной обмотки и равен отношению чисел витков этих обмоток:

$$K_{т.н.} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{U_1}{U_2}.$$

При включении приборов через трансформаторы напряжения необходимо показания приборов умножать на коэффициент трансформации. Ряд приборов — вольтметры, счетчики, ваттметры — выпускаются с катушками напряжения на 100 В и специально предназначены для подключения через трансформаторы напряжения. Шкала или счетный механизм таких приборов градуируется с учетом коэффициента трансформации и показывает истинное значение напряжения и мощности в измеряемой цепи.

Трансформаторы напряжения бывают однофазными и трехфазными.

Для контроля изоляции в сетях с изолированной нейтралью они выполняются с пятистержневой магнитной системой.

Трансформаторы с номинальным напряжением до 1 кВ включительно выполняются сухими, а для более высокого напряжения имеют обмотки, заключенные в кожух с трансформаторным маслом, или залитые специальной смолой.

Класс точности

Трансформаторы напряжения выпускаются классов точности 0,5 и 1. Для того, чтобы трансформатор обеспечивал паспортный класс точности, нагрузка от включенных приборов не должна превышать номинальной величины (табл. 2.10).

Все катушки напряжения соответствующих фаз измерительных приборов соединяются параллельно и подключаются к вторичной обмотке трансформатора напряжения. Если мощность присоединенных приборов превышает допустимую для данного класса точности, погрешность трансформатора напряжения увеличивается и он начинает соответствовать более низкому классу точности.

В табл. 2.10 приведены параметры и допустимые нагрузки для трансформаторов напряжения в установках до 10 кВ включительно.

Таблица 2.10. Технические данные трансформаторов напряжения

Тип трансформатора	Наименование	Номинальный коэффициент трансформации	Номинальная мощность, В · А			Максимальная мощность, В · А
			при классе точности 0,5	при классе точности 1	при классе точности 3	
1	2	3	4	5	6	7
НОС-05У4	Трансформатор напряжения однофазный, сухой	380/100	25	50	100	200
НОСК-3У5	То же	3000/100	30	50	150	240
НОСК-6-66У5	То же	6000/100	50	75	200	400

Окончание табл. 2.10

1	2	3	4	5	6	7
НТС-0,5У4	Трансформатор напряжения трех- фазный, сухой	380/100	50	75	200	400
НОМ-6У4	Трансформатор напряжения одно- фазный с мас- ляным охлажде- нием	6000/100	50	75	200	400
НОЛ-08-6УТ	То же, с литой изоляцией	6000/100 6300/100	50 50	75 75	200 200	400 400
НОМ-10-66	То же, с масля- ным охлаждени- ем	10000/100	75	150	320	640
НОЛ-08-10-УТ2	То же, с литой изоляцией	10000/100	75	150	320	640
НТМК-6У4	Трансформатор напряжения трех- фазный, масля- ный с компенси- рующей обмот- кой	3000/100 6000/100	50 75	75 150	200 300	400 640
НТМК-10У4	То же	10000/100	120	200	500	960
НТМИ-6-66	Трансформатор напряжения трех- фазный, пяти- стержневой, мас- ляный, для конт- роля изоляции	3000/100 6000/100	50 75	75 150	200 300	400 640
НТМИ-10-66 УЗ	То же	10000/100	120	200	500	960

2.8.3. Эксплуатация измерительных трансформаторов

Измерительные трансформаторы должны проходить государственную поверку и клеймение при выпуске с завода и после капитального ремонта.

Для присоединения измерительных приборов классов 1 и 1,5 применяются измерительные трансформаторы класса 0,5. Для приборов класса 2,5 могут применяться измерительные трансформаторы класса 1. Измерительные трансформаторы, находящиеся в эксплуатации и вышедшие из ремонта, испытывают в объеме, указанном в табл. 2.11.

Трансформаторы напряжения должны иметь защиту плавкими предохранителями со стороны первичного и вторичного напряже-

**Таблица 2.11. Объем и нормы испытания
измерительных трансформаторов**

Наименование	При приемке в эксплуатацию	При текущих и капитальных ремонтах
Трансформаторы тока и напряжения в цепях до 1 кВ	1. Измерение сопротивления изоляции первичных обмоток мегомметром на 2500 В. Сопротивление изоляции не нормируется 2. Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток мегомметром на 500 или 1000 В. Сопротивление изоляции обмоток вместе с подсоединенными цепями не должно быть ниже 1 МОм	То же То же

Примечание. Сроки испытания устанавливаются местными инструкциями, но не реже 1 раза в 3 года.

ния. Магистраль для питания цепей напряжения счетчиков подключается к вторичной обмотке трансформатора напряжения напрямую (до предохранителей).

При работе во вторичных цепях трансформаторов тока и в токовых обмотках измерительных приборов, включенных через трансформаторы тока, запрещается разрывать цепь тока, так как при этом на вторичной обмотке возникает высокое напряжение (сотни, а в некоторых случаях и тысячи вольт), которое может вызвать несчастный случай с работающими.

Прежде чем приступить к работе в токовых цепях измерительных приборов, необходимо замкнуть накоротко вторичную обмотку трансформатора тока на специальных зажимах, предназначенных для этой цели. Все неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть замкнуты накоротко непосредственно на выводах перемычкой сечением не менее 2,5 мм².

2.9. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВАМ ДЛЯ УЧЕТА ЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРЕНИЙ

1. Все электроизмерительные приборы должны проходить государственную поверку и иметь клеймо органов Госстандарта СССР или органов ведомственного надзора.

2. Сроки поверки:

Щитовые приборы, по которым ведется режим основного оборудования	— 1 раз в 3 года
Остальные щитовые приборы	— 1 раз в 5 лет
Счетчики однофазные, бытовые	— 1 раз в 8 лет
Счетчики трехфазные	— 1 раз в 4 года

Переносные приборы — 1 раз в 2 года

Приборы для измерения сопротивления изоляции и заземлений — 1 раз в 1 год

3. Измерительные приборы устанавливаются в сухих помещениях и предохраняются от воздействия ударов, тряски, химически действующих паров и газов и резких колебаний температуры.

4. Электроизмерительные приборы, с номинальным первичным напряжением до 660 В, вышедшие из ремонта, подвергаются испытаниям повышенным напряжением переменного тока:

а) приборы на рабочее напряжение до 40 В — напряжением 500 В, приложенным между выводами обмоток и корпусом;

б) приборы на рабочее напряжение от 41 до 660 В напряжением 1500 В.

Электрические счетчики

1. Счетчики для коммерческих расчетов с энергоснабжающей организацией за потребленную энергию должны устанавливаться на границе раздела сети энергоснабжающей организации и потребителя. Для контроля расхода энергии внутри предприятия могут устанавливаться контрольные счетчики.

2. Для расчетов за коэффициент мощности с промышленными предприятиями устанавливаются счетчики реактивной энергии.

3. Счетчики нужно размещать в легко доступных для обслуживания сухих помещениях с температурой не ниже нуля и не выше $+40^{\circ}\text{C}$.

4. При установке в неотапливаемых помещениях счетчики на зимнее время утепляются с помощью утепляющих шкафов или колпаков с внутренним устройством для подогрева воздуха. В качестве нагревателя может быть использована лампа накаливания или любой нагревательный элемент. Утепление счетчиков должно обеспечивать температуру воздуха внутри шкафа не более 20°C и быть безопасным в пожарном отношении. Картонный или деревянный колпак не должен касаться нагревательного элемента и оклеивается изнутри листовым асбестом.

5. Счетчики ставятся на панелях, щитах, в нишах и на стенах, имеющих достаточно жесткую конструкцию. Они могут устанавливаться на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

6. Высота установки счетчика от пола до зажимной коробки должна быть 0,8—1,7 м.

7. В местах, где возможны механические повреждения, или доступных для посторонних лиц (в цехах, на лестничных клетках и т. д.), а также при наличии трансформаторов тока (например, вводы в крупные здания или небольшие промышленные предприятия) аппаратура учета энергии устанавливается в специальном запирающемся шкафу с окошком на уровне циферблата (рис. 3.11).

8. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях до 380 В на расстоянии не более 10 м перед счетчиком в подводке ставится закрытый рубильник, пакетный выключатель или комплект предохранителей, позволяющие снимать напряжение со всех фаз, идущих к счетчику. Приспособление для разрыва цепи должно допускать возможность пломбирования.

9. Счетчики, предназначенные для включения через трансформаторы тока и напряжения, должны иметь класс точности не бо-

лее 2 для учета активной энергии и не более 3 — для учета реактивной энергии.

10. Трансформаторы тока для питания цепей учета должны иметь класс точности 0,5 (исключение см. § 1—5—16 «Правил устройства электроустановок»).

11. Токовые обмотки счетчиков присоединяются ко вторичной обмотке трансформаторов тока отдельно от цепей защиты. Допускается их включение совместно с цепями других измерительных приборов. При этом необходимо, чтобы нагрузка токовой цепи не превышала номинального значения, указанного на табличке трансформатора тока.

12. Один конец вторичной обмотки трансформаторов тока в сетях 660 В и выше заземляется непосредственно на выводном зажиме. При применении шинных трансформаторов тока, у которых сердечник находится под напряжением, вывод вторичной обмотки к сердечнику не присоединяется, а заземление производится в ближайшей точке вторичной цепи. Заземляющие проводники должны быть медными.

13. У трансформаторов напряжения заземляется нулевой вывод вторичной обмотки при соединении в звезду или средняя точка вторичной обмотки при соединении открытым треугольником.

14. Подводка к счетчикам выполняется изолированными проводами с изоляцией, рассчитанной на напряжение не ниже 660 В.

15. Минимальное сечение проводов от трансформаторов тока до счетчиков должно быть $2,5 \text{ мм}^2$ для медных и 4 мм^2 — для алюминиевых проводов.

16. Минимальное сечение проводов от трансформаторов напряжения до счетчиков должно быть $1,5 \text{ мм}^2$ для меди и $2,5 \text{ мм}^2$ — для алюминия.

17. Подводка от ввода до счетчика не должна иметь паяк и на всем протяжении выполняется в трубках или защищенными проводами АВРГ, ВРГ и т. п. При монтаже проводки к счетчикам непосредственного включения около них надо оставлять запас проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция нулевого провода должна иметь отличительную окраску.

Электроизмерительные приборы

1. Амперметры устанавливаются для измерения общей нагрузки электроустановки, а также в цепях трансформаторов 1000 кВА и выше.

2. В установках постоянного тока амперметры необходимо устанавливать в цепях генераторов и выпрямителей, аккумуляторных батарей, в цепи возбуждения синхронных машин, а также в случаях, когда нужно контролировать технологический процесс (гальванические ванны, электролизеры и т. д.).

3. В цепях трехфазного тока, как правило, устанавливается один амперметр. Три амперметра ставятся для линий, где осветительная нагрузка превышает 15—20% общей нагрузки.

4. Трансформаторы тока для присоединения амперметров должны иметь класс точности 1.

5. Измерение напряжения стационарными вольтметрами должно производиться на сборных шинах генераторов постоянного и

переменного тока, на шинах понизительных подстанций и аккумуляторных батарей, а также в установках, где измерять напряжение необходимо для контроля технологического процесса.

6. В установках трехфазного тока всех напряжений с изолированной нейтралью, а также в установках напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью ставится один вольтметр на линейное напряжение.

7. Ваттметры активной и реактивной мощности необходимо устанавливать в цепях генераторов и на мощных подстанциях. На потребительских установках ваттметры, как правило, не нужны.

8. Щитовые приборы рекомендуется ставить на высоте от 1,2 до 2,2 м. Измерительные приборы с мелкой шкалой нужно размещать на высоте до 1,7 м.

9. Корпуса электроизмерительных приборов, устанавливаемых на заземленных металлических конструкциях, заземлению не подлежат.

Проводки цепей измерения

Для цепей измерения применяются провода и кабели с изоляцией, рассчитанной на напряжение не ниже 660 В.

Сечение проводов для цепей измерения должно быть не менее 1,5 мм² для медных, и 2,5 мм² — для алюминиевых проводов.

По панелям, щитам и шкафам в сухих помещениях провода могут прокладываться вплотную друг к другу и крепиться скобами непосредственно по металлическим поверхностям, защищенным от коррозии. Провода могут также укладываться свободно в трубах и коробах без дополнительной изоляции. При необходимости разветвлений жилы кабелей заводятся в клеммные сборки.

Сопротивление изоляции цепей измерения должно быть не меньше 1 МОм.

2.10. ПЕРЕНОСНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Для испытаний и замеров на месте установки электрооборудования, а также контрольных проверок применяются переносные электроизмерительные приборы. Наиболее часто применяемые приборы приведены в табл. 2.12.

Для измерения напряжения и силы тока без разрыва цепи в сетях до 660 В применяют электроизмерительные клещи типа Ц91. Прибор имеет разъемный магнитопровод, охватывающий провод с измеряемым током.

Для измерения напряжения прибор подключается к сети шнурами с пружинными зажимами типа «крокодил», защищенными пластмассовой изоляцией.

Для измерения мощности без разрыва цепи в однофазной сети до 660 В применяют электроизмерительные клещи Д90. Прибор представляет собой сочетание трансформатора тока с разъемным магнитопроводом и измерительного механизма ферродинамической системы, подключаемого к источнику напряжения шнуром с пружинными зажимами. Электроизмерительные клещи предназначены для работы при температурах от —30 до +40°С.

Схемы переносных измерительных приборов собираются оди-
ночными (не свитыми в шнуры) гибкими проводами сечением не
менее 2,5 мм² с надежной изоляцией. Для удобства присоединения
концы проводов залуживаются. Работать с мегомметрами, на вы-
водах которых создается высокое напряжение, необходимо в рези-
новых перчатках. Провода для присоединения мегомметра должны
иметь высокую изоляцию (типа магнето). До присоединения мегом-
метра необходимо полностью обесточить установку и разрядить ее
присоединением всех фаз к заземленному проводнику с помощью
изолирующей штанги (см. т. II).

Все работы с переносными приборами на щитах и распреде-
лительных устройствах в установках до 1000 В, находящихся под
напряжением,—замеры электроизмерительными клещами, измере-
ния напряжения, мощности, измерения сопротивления изоляции
мегомметром и т. п. должны выполняться с соблюдением мер
безопасности (см. в т. II).

Присоединение и отсоединение амперметров, ваттметров и дру-
гих приборов, требующих разрыва цепи, производится при полном
снятии напряжения в цепи, где должна выполняться работа. Пере-
носные приборы необходимо располагать так, чтобы при отсчете
их показаний было исключено прикосновение к токоведущим ча-
стям.

Таблица 2.12. Переносные приборы

Наименование	Тип	Класс точно- сти	Пределы измере- ний	Примечание
1	2	3	4	5
Амперметр	Э514/1 Э514/2 Э514/3	0,5	1—2 А 2,5—5 А 5—10 А	Для измерений в цепях постоянно- го, а также пере- менного тока ча- стотой от 40 до 2000 Гц
То же	Э59/102 Э59/103 Э59/104	1,0	5—10 А 2,5—5 А 0,25—0,5—1 А	То же, для частот 45—3000 Гц
То же	М109/1	0,5	1,5; 3 А	Для цепей посто- янного тока

Продолжение табл. 2.12

1	2	3	4	5
Вольтметр	Э515/1 Э515/2 Э515/3	0,5	1,5; 3; 7,5; 15 В; 7,5; 15; 30; 60 В; 75; 150; 300; 600 В	Для измерений в цепях постоянного, а также переменного тока частотой от 40 до 400 Гц
То же	Э59/1	0,5	75; 150; 300; 600 В	То же, для частоты 55—300 Гц
	Э59/2	0,5	7,5; 15; 30; 60 В	
То же	M109/1	0,5	Двухпредельные 1,5/15 В; 15/150 В; 3/30 В; 30/300 В Однопредельные на 1,5; 3; 7,5; 15; 75; 150; 300 В	Для цепей постоянного тока
То же	M250	0,5	Однопредельные на 3; 50; 200 В	Для измерения напряжения аккумуляторных батарей
Аккумуляторный пробник	АП M269	—	3 В	Для измерения напряжения элементов аккумуляторов в полевых условиях
Ваттметр	D571/4	0,5	1 кВт	В трехфазных трехпроводных сетях 100 В; 5 А
То же	D571/6	0,5	3 кВт	То же 375 В; 5 А
То же	D539/1	0,5	30; 75; 150; 300 В; 5 и 10 А	В однофазных цепях переменного тока до 500 Гц и в цепях постоянного тока
То же	D124	1,5	0,5—3 кВт	В цепях трехфазного тока 50 Гц 125; 250; 375 В 2,5; 5 А
То же	D124/1	1,5	0,1—0,6 кВт	То же, для частоты 400—500 Гц

Продолжение табл. 2.12

1	2	3	4	5
Клещи электро- измерительные (амперметр, вольтметр)	Ц 91	4	Напряжение 0—300; 600 В Ток 10; 25; 100; 250; 500 А	
То же, ватт- метр однофаз- ный	Д 90	4	220 В — 25; 50; 75 кВт 380 В — 50; 100; 150 кВт	
Мегомметр	M1102/1	1	0—200 МОм	Питание от встро- енного генератора с ручным приво- дом. Рабочее на- пряжение 500 В
»	M4100/1	1	0—200 кОм 0—20 МОм	То же, 100 В
»	M4100/2	1	0—500 кОм 0—50 МОм	То же, 250 В
»	M4100/3	1	0—1000 кОм 0—100 МОм	То же, 500 В
»	M4100/4	1	0—1000 кОм 0—200 МОм	То же, 1000 В
»	M4100/5	1	0—2000 кОм 0—1000 МОм	То же, 2500 В
»	M4101/1—5	1		Аналогично M4100/1—5, но с питанием от сети переменного тока 220 В
»	Ф4101	2,5	0—2000 МОм	Питание от сети переменного тока 220 В или источ- ника постоянного тока 12 В. Рабочее напряже- ние 100; 500 и 1000 В
Измеритель со- противления за- земления	М 416	10	0,1—1000 Ом	Питание от сухих элементов на 4,5 В
То же	М 416/1	10	0,1—1000 Ом	То же, взрывобез- опасный для шахт

1	2	3	4	5
Измеритель сопротивления заземления	M1103	10	0,1—10 Ом	Искробезопасный для шахт
Прибор для измерения сопротивления петли фаза — нуль	M417	10	0,5—50 Ом	

Глава 3.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

3.1. ВНУТРЕННЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Общие требования

Искусственное освещение в жилых, административных и производственных помещениях должно обеспечивать нормальные гигиенические условия видимости, необходимые для максимальной производительности труда.

Системы и виды освещения

В осветительных установках применяются системы общего и комбинированного освещения.

Общее освещение служит для освещения всей площади помещения.

Комбинированное освещение выполняется с помощью ламп общего освещения, которые обеспечивают нужную освещенность во всем помещении, и ламп местного освещения, создающих повышенную освещенность на рабочем месте. Комбинированное освещение наиболее экономично, позволяет создавать лучшие условия для работы и должно применяться в производственных помещениях, читальных залах, конторских помещениях и т. д.

В осветительных установках различают четыре вида освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное (аварийное освещение для эвакуации) и охранное.

При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения (включаемого в нерабочее время).

Рабочее освещение необходимо для обеспечения нормальной работы, прохода людей и движения транспорта, когда нет или недостаточно естественного освещения.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства наружных работ предусматривают для продолжения рабо-

ты при аварийном отключении рабочего освещения (см: раздел 3.4).

Эвакуационное освещение предназначено для возможности безопасного выхода людей при аварийном отключении рабочего освещения.

Напряжение установок общего освещения и высота расположения светильников

Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не выше 220 В при изолированной нейтрали и постоянном токе. Для сетей с напряжением 660/380 В допускается применять светильники на напряжение 380 В.

В помещениях с повышенной опасностью с напряжением 110 и 220 В светильники общего освещения устанавливаются на высоте не ниже 2,5 м от пола. При меньшей высоте помещений (например, в подвалах) лампы нужно защищать специальной арматурой, чтобы доступ к ним был возможен только с помощью специальных приспособлений, а провода необходимо подводить к светильникам в металлических трубах. Если же применяется нормальная арматура, напряжение должно быть не более 42 В.

Отклонения напряжения

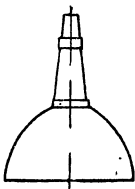
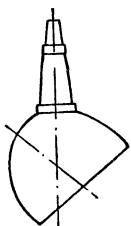
Снижение напряжения в сетях общего освещения допускается не более 2,5% от номинального напряжения ламп для промышленных предприятий и общественных зданий и не более 5% для жилых помещений. В сетях пониженного напряжения (12—42 В) допускается потеря напряжения не более 10%. Максимальное напряжение у ламп не должно превышать 105% их номинального напряжения.

Осветительная арматура

Для распределения светового потока в нужном направлении и защиты от его слепящего действия лампы устанавливаются в арматуре. Лампа вместе с арматурой называется светильником.

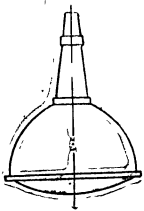
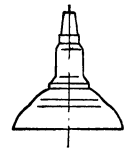
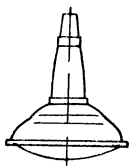
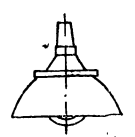
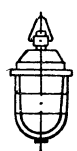
Типы светильников выбираются в зависимости от характера окружающей среды, высоты подвеса и светотехнических требований. Типы светильников с лампами накаливания и область их применения для внутренних установок см. в табл. 3.1. Сведения о светильниках для местного освещения, люминесцентных лампах и наружных установках можно найти в соответствующих разделах справочника.

**Таблица 3.1. Светильники с лампами накаливания
для производственных помещений***

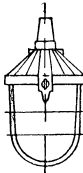
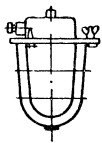
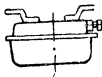
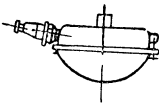
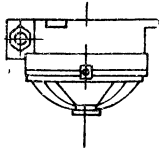
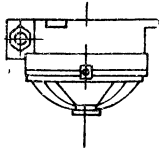
Обозначение		Эскиз светильника	Область применения	Рекомендуемая высота подвеса, м
заводское	серийное			
1	2	3	4	5
«Астра-1» ГС 500М ГС 1000М	НСПО1×100/ДОЗ		Для помещений с нормальными условиями среды	3—4 4—6 6—8
«Астра-11» «Астра-12» УПД 500 УПД 1000 СУ 200М СУ 500М	НСПО1×100/Д5'3* НСПО1×200/Д5'3		Для пыльных, влажных, сырых помещений	3—4 3—4 4—6 6—8 3—4 4—6
«Астра-2»	НСПО1×100/20 НСПО1×200/20		Для помещений с нормальными условиями среды	3—4 3—4
«Астра-22» «Астра-23» УПС 500 УПС 1000	НСПО1×100/5'3 НСПО1×200/5'3		Для пыльных, влажных, сырых помещений	3—4 3—4 4—6 6—8

* Штрих над цифрой в наименовании серии «Астра-11» и др. обозначает уплотнение по колбе лампы с помощью резинового кольца.

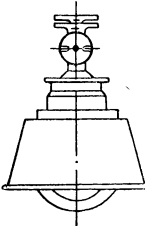
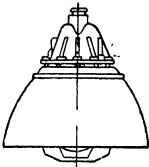
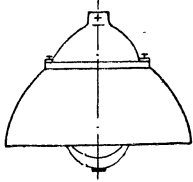
Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5
«Астра-32» ППД 2-500			Для сырых, особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	4—6 4—6
УПМ 15-500			Для пыльных, влажных помещений	3—5
УП 24-500			Для сырых, особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	3—6
ППД 100 ППД 200			Для особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	3—4 3—4
ППР 100 ППР 200	НСПО2-100		Для сырых и особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	2—3 2—3

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5
ППР 500			Для особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	3—5
	НСПОЗ-60		Для сырых, влажных и пыльных помещений	2,5—3
	НСРО1-100 НСРО-200		Для рудников, особо сырых, пыльных помещений, пожароопасных зон	2—3 2—3
ПСХ 60			Для сырых и пыльных помещений	2—3
	НППОЗ×100 ПНП2×100		То же То же	2—3 2—3
В4А-60			Для взрывоопасных зон В-I; В-Ia; В-II	2—3
ВЗГ-100			То же	2—3

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5
ВЗГ-200АМ			То же и в наружных установках (класс В-Іг) под навесом	2—4
ВЗГ/В4А-200АМ			То же	2—4
Н4БН-150			Повышенной надежности против взрыва. Для взрывоопасных зон классов В-Іа; В-Іб; В-ІІ; В-ІІа и наружных установок В-Іг	2—4
Н4Б-300М			То же	2—4

3.2. НОРМЫ И РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ

Основные понятия

Мощность, излучаемую светящимися телами, наши органы зрения воспринимают как световой поток. Единица светового потока называется люменом. Стандартная лампа накаливания напряжением 220 В, мощностью 100 Вт излучает световой поток 1350 люмен.

Освещенностью называется световой поток в люменах, падающий на 1 квадратный метр освещаемой площади. Единица освещенности — люкс (лк). 1 люкс равен 1 люмену на 1 м².

Минимальная освещенность для разных условий работы должна выбираться в соответствии с нормами (табл. 3.2—3.4).

Выбор освещенности и расчет мощности ламп

Для практических расчетов общего равномерного освещения производственных, жилых и общественных помещений применяется метод удельной мощности (Вт/м²). Этот метод позволяет определять по таблицам удельную мощность, в зависимости от требуемой освещенности и типа светильников.

Данные пересчета освещенности в удельную мощность для светильников с лампами накаливания, люминесцентными и ДРЛ приведены в табл. 3.5—3.7., составленных по Г. М. Кноррингу (институт «Тяжпромэлектропроект»).

Светильники общего освещения необходимо располагать равномерно по площади помещений и таким образом, чтобы обеспечивался удобный и безопасный доступ к ним.

Пример 1. Необходимо определить мощность ламп накаливания в светильниках ПО-21 для освещения больничной палаты площадью 18 м².

По табл. 3.4 находим необходимую освещенность — 50 лк, затем по табл. 3.5 для помещений площадью 15—25 м² со светильниками ПО-21 находим, что освещенности 50 лк соответствует удельная мощность 14 Вт/м². Для площади 18 м² необходимая мощность ламп будет $14 \times 18 = 252$ Вт. Выбираем 4 лампы по 75 Вт.

Пример 2. Необходимо определить мощность люминесцентных ламп для освещения шиноремонтного участка автогаража площадью 48 м².

По табл. 3.3 (или табл. 3.2 для разряда Va) находим необходимую освещенность — 200 лк. По условиям окружающей среды выбираем пылезащищенные светильники ПВЛП с двумя лампами ЛД-40. Высота подвеса 3,2 м. Потом по табл. 3.6 для помещений площадью 25—50 м² при высоте подвески 3—4 м для принятого типа светильников и ламп находим удельную мощность — 12,6 Вт/м². Поскольку таблица составлена для освещенности 100 лк, а нам требуется 200 лк, нужно удельную мощность увеличить в два раза. Общая требуемая мощность ламп составит

$$P_{\text{св}} = 12,6 \cdot 2 \cdot 48 = 1209,6 \text{ Вт.}$$

Таким образом, необходимо 15 двухламповых светильников общей мощностью 1200 Вт.

Таблица 3.2. Нормы освещенности на рабочих поверхностях в производственных помещениях

Характер работ или наименование помещений	Разряд работ	Под-разряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность, лк				
					При лампах накаливания		При люминесцентных лампах		
					комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Работы высокой точности, требующие различения деталей размером от 0,3 до 0,5 мм	III	а	малый	темный	300	300	2000	500	
		б	малый средний	средний темный	300	200	1000	300	
		в	малый средний большой	светлый средний темный	300	200	750	300	
		г	средний большой »	светлый » средний	300	150	400	200	
Работы средней точности, требующие различения деталей размером от 0,5 до 1 мм	IV	а	малый	темный	300	200	750	300	
		б	малый средний	средний темный	300	150	500	200	
		в	малый средний большой	светлый средний темный	300	150	400	200	

Окончание табл. 32

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	IV	г	средний большой »	светлый » средний	200	100	300	150
Работы малой точности, требующие различения деталей размером от 1 до 5 мм	V	а	малый	темный	200	150	300	200
		б, в	малый средний	средний темный	150	100	200	150
		г	средний большой »	светлый » средний	—	50	—	100
Грубые работы с деталями размером более 5 мм	VI	—	Независимо от контраста и фона		—	75	—	150
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	VII		То же		—	150	—	200
Общее наблюдение за ходом технологического процесса постоянно то же, периодически	VIII	а	То же			30	—	75
		б	То же		—	20	—	50

Лестницы, проходы, проезды

50

2*

Умывальные, уборные, помещения для кормления детей

75

Душевые, гардеробы, помещения для обогрева работающих

50

Столовые, буфеты, здравпункты

200

Кабинеты врачей, перевязочные

300

Примечание. В производственных помещениях с повышенной опасностью травматизма (работа на циркулярных пилах, гильотинных ножницах и т. п.) освещенность следует повышать на одну ступень.

**Таблица 3.3. Нормы освещенности
для наиболее часто встречающихся
производственных и сельскохозяйственных помещений**

Помещения	Наименьшая освещенность, лк		Примечания
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания	
1	2	3	4
Насосные водоснабжения и канализации	100	50	При постоянном дежурстве повышается на 1 ступень
Компрессорные	150	75	
Щитовые помещения с периодическим пребыванием людей	100	75	
То же, при постоянном пребывании людей (диспетчерские, операторские, главные распределительные щиты и т. п.)	200	150	На площадях обслуживания
Помещение котлов в котельных	100	50	
Помещение дымососов и вентиляторов	100	50	
Топливоподача	100	50	
Вентиляционные камеры	50	20	
Автогаражи			
Ремонтное отделение, отделение технического обслуживания	200	100	Добавляется местное освещение на станках и верстаках
Агрегатно-механическое отделение	300	150	
Кузнечно-рессорный, медницко-радиаторный участок	200	100	
Шиноремонтный, шиномонтажный участки	200	100	
Слесарно-механические мастерские	300	150	
Гальванические цехи			
Помещение ванн	200	150	Добавляется местное освещение на верстаках и станках
Помещение шлифовальных и полировальных станков	300	150	
Электроцехи. Обмоточные участки, ремонт аппаратов и приборов	300	150	
Сушильные отделения	100	50	
Лесопильные цехи	200	150	
Столярные цехи	300	200	

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4
Закрытые склады			
Механизированные склады громоздких предметов и сыпучих материалов (лес, песок, цемент и т. п.)	50	20	
Склады материалов, инструментальные и т. п. со стеллажным хранением	75	30	
Склады химических и легко воспламеняющихся жидкостей (кислоты, щелочи, лаки, краски и т. п.) с розливом на складе	75	30	
То же, без розлива	50	20	
Рампа	—	5	
Животноводческие помещения:			
для содержания коров и ремонтного молодняка;	75	30	
стойла, секции, боксы;	50	20	
помещения для отела коров;	150	100	
телятники;	100	50	
денники и секции коров-кормилиц с телятами;	75	30	
помещения для дорашивания молодняка; для откормки молодняка;	50	20	
доильные залы и площадки	200	150	В зоне работы доярки
помещения для содержания свиноматок, поросят, ремонтного молодняка;	75	30	
для содержания откормочного поголовья свиней;	50	20	
для овцематок, баранов, молодняка;	—	30	
для стрижки овец;	200	150	
для содержания рабочих лошадей;	50	20	
открытые базы с кормовой площадкой для овец, навесы с коновязью;	—	10	
птицеводческие помещения для напольного и клеточного содержания кур, бройлеров, гусей, уток;	75	30	На уровне кормушки
инкубаторный зал;	75	30	
помещения для приема, хранения и первичной обработки молока, разливочные и мочные фляги;	150	100	На уровне приборов
для приема и хранения кормов;	—	20	
участок обработки и смешивания кормов;	150	100	
варочное отделение;	100	50	0,8 м от пола

1	2	3	4
площадка для приема кормов;	5	5	В зоне механизмов 10 лк
фуражные, помещения для хранения инвентаря;	—	10	
складские помещения для картофеля, овощей, фруктов;	—	20	
помещения для инвентаря и машин;	—	10	В зоне действия механизмов 20 лк
зерносклады;	—	5	
помещения для обработки зерна;	—	10	
склады удобрений и ядохимикатов;	—	10	В соответствии с требованиями технологии для светового облучения
помещения для изготовления питательных кубиков, торфоперегнойных горшочков;	75	30	
теплицы			

Таблица 3.4. Нормы освещенности помещений общественных и жилых зданий, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ и коммунально-бытовых предприятий

Помещения	Рекомендуемая освещенность, лк		Примечания
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания	
1	2	3	4
Административные учреждения			
Кабинеты, рабочие комнаты	300	—	На уровне 0,8 м от пола
Машинописные и машиносчетные бюро	400	—	То же
Операционные залы банков, сберкасс, почты	300	—	»
Архивы	75	30	На стеллажах
Жилые здания			
Жилые комнаты квартир и общежитий	100	50	На уровне 0,8 м
Кухни квартир и общежитий	100	50	от пола

Продолжение табл. 3.4

1	2	3	4
Коридоры в квартирах	50	20	На полу
Санузлы	—	30	То же
Номера гостиниц	75	30	
Учебные заведения			
Аудитории, классы, учебные кабинеты и лаборатории	300	—	} На уровне 0,8 м от пола
Кабинеты черчения и рисования	500	—	
Мастерские	300	—	
Читальные залы библиотеки	300	—	
Комнаты преподавательские	200	—	} На стеллажах
Книгохранилища	75	30	
Детсады и ясли			
Групповые, игральные, столовые комнаты	200	—	}
Спальные комнаты	75	30	
Лечебно-профилактические учреждения			
Операционные	400	200	} На уровне 0,8 м от пола
Перевязочные, предоперационные	300	150	
Кабинеты врачей: хирургов, стоматологов, травматологов, педиатров, венерологов, инфекционистов	500	200	
Процедурные	500	200	} На уровне 0,8 м от пола
Кабинеты врачей других специальностей	300	150	
Рентгеновские кабинеты	—	50	}
Палаты для новорожденных, послеоперационные	150	75	
Прочие палаты	100	50	} На полу
Рецептурные аптек, зуботехнические лаборатории	300	150	
Регистратуры	150	75	
Кладовые лекарств и перевязочных средств	150	75	}
Ванные, душевые	100	50	
Моечные	150	75	
Вестибюли, гардеробные, лестницы, санузлы	75	30	

Примечание. В кабинетах, перевязочных, процедурных необходимо предусматривать штепсельные розетки для местного освещения

Магазины

Торговые залы продовольственных магазинов	400	—	На уровне 0,8 м от пола
---	-----	---	-------------------------

1	2	3	4
Торговые залы магазинов — книжных, галантерейных, промтоваров	300	—	То же
Торговые залы магазинов — посудных, хозяйственных, канцелярских товаров, культтоваров	300	—	
Прочие помещения			
Парикмахерские	400	—	На полу
Обеденные залы столовых, буфеты (заготовочные, моечные, кухни)	200	—	
Кладовые овощей и продуктов	50	20	
Кладовые в непродовольственных магазинах	75	30	

Таблица 3.5. Удельная мощность для общего равномерного освещения лампами накаливания

Тип светильника	Высота подвеса, м	Площадь помещения, м ²	Нормируемая освещенность, лк					
			10	20	30	50	75	100
			Удельная мощность Вт/м ²					
У-15	3—4	10—15	8	15,5	22	34	47	63
		15—20	6	11	17	25	37	45
		20—30	5	8,5	12,6	20	27,5	34
		30—50	4	7	10	16	22	28
		50—120	3	6	8,7	14	19	24
УПМ-15; У; Астра-1; 11; 12	3—4	10—15	6	12	15,4	25	36	46
		15—20	5	9	13	21	29	39
		20—30	4	7	11	17	23	31
		30—50	3,3	6	8,5	13	19	24
		50—120	3	5	7	11	16	20
ППД-200 ППД-100	3—4	10—15	6	12	17	28	42	56
		15—20	5	10	14,5	23	35	46,5
		20—30	4	8	11,5	19	28	38
		30—50	3,5	6	9	15	22,5	30
		50—120	3	5	8	13	19,5	26
Арт. 254; ПО-21; ПКР-2	2—3	10—15	—	—	11	17	24	31
		15—25	—	—	9	14	20	26
		25—50	—	—	8	12	17,5	22

**Таблица 3.6. Удельная мощность
для общей равномерной освещенности 100 лк**
Светильники с люминесцентными лампами

Тип светильника	Высота подвеса, м	Площадь помещения, м ²	Тип лампы			
			ЛХБ-40; 65	ЛХБ-40; 65 ЛБ-80 ЛТБ-40; 65 ЛД-40	ЛХБ-80 ЛДЦ-40 ЛТБ-80 ЛД-65	ЛД-80 ЛДЦ-65; 80
ПВЛМ-Д; ПВЛМ-ДО; ЛД; ЛСП; ЛДО; ЛДР; ЛДОР	2—3	10—15	9,5	10,6	12,1	14,5
		15—25	7,5	8,6	9,6	11,2
		25—50	5,8	6,9	8	8,9
		50—150	4,6	5,5	6,2	7,1
	3—4	10—15	14	16	18	20,4
		15—25	10,1	13,2	14,9	17,1
		25—50	7,4	9,5	10,9	15,6
		50—150	5,6	6,6	7,5	8,6
ПВЛ1; ПВЛП	2—3	10—15	12,4	14,5	17,4	—
		15—25	9,4	11	13,4	—
		25—50	7,4	8,9	10,7	—
		50—150	5,9	7	8,4	—
	3—4	10—15	17,7	19,8	23	—
		15—25	15,1	17,5	20	—
		25—50	10,6	12,6	15,1	—
		50—150	7,1	8,6	10,3	—

Примечание. При расчетной освещенности Е, отличающейся от 100 лк, необходимо найденную по данной таблице удельную мощность умножить на $\frac{Е}{100}$.

**Таблица 3.7. Удельная мощность
для общей равномерной освещенности 100 лк**
Светильники с лампами ДРЛ

Высота подвеса, м	Площадь, м ²	Тип светильников				
		УПДРЛ	РСПО5	СЗДРЛ	РСПО8 Л5'0	СД2РТС; РСПО8 Л5'3; СД2ДРЛ
		Удельная мощность, Вт/м ²				
6—8	50--65	13	7,5	7	16,5	11
	65--90	11	7	6,5	14	10
	90--135	9,5	6	6	11,5	9

Примечание. При расчетной освещенности Е, отличающейся от 100 лк, необходимо найденную по данной таблице удельную мощность умножить на $\frac{Е}{100}$.

3.3. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ

В связи с большими техническими и экономическими преимуществами в последние годы значительно возросло производство газоразрядных ламп (люминесцентных и ртутных высокого давления — ДРЛ), имеющих примерно в 3 раза большую световую отдачу и в 7—10 раз больший срок службы по сравнению с лампами накаливания. Освещение люминесцентными лампами позволяет лучше различать цветовые оттенки. Благодаря высокой экономичности газоразрядных ламп при одинаковой мощности осветительных установок нормы освещенности приняты примерно в 3 раза выше, чем для ламп накаливания, что улучшает условия труда, повышает его производительность и снижает утомляемость работающих. На промышленных предприятиях около 80% мощности электроосвещения потребляется газоразрядными лампами.

Люминесцентные лампы

Для освещения помещений следует применять люминесцентные лампы, которые представляют собой стеклянную трубку, заполненную парами ртути и аргоном или другим инертным газом при давлении 400 Па (3 мм рт. столба). В торцы трубок впаяны катоды из вольфрамовых спиралей. Внутренняя поверхность ламп покрыта тонким слоем люминофора.

При протекании электрического тока между разогретыми электродами лампы (разряд в парах ртути) возникает ультрафиолетовое излучение, которое действует на люминофор и вызывает его видимое свечение (фотолюминесценция)¹. В зависимости от применяемого люминофора люминесцентные лампы имеют разную цветность. Выпускается 5 типов люминесцентных ламп, область их применения дана в табл. 3.8. Технические характеристики люминесцентных ламп даны в табл. 3.9.

Таблица 3.8

Тип ламп	Наименование	Область применения
ЛД	Лампы дневного света	} При необходимости цветоразличения
ЛДЦ	Лампы улучшенной цветопередачи	
ЛБ	Лампы белые	В учебных и общественных помещениях
ЛХБ	Лампы холодно-белые	В помещениях, не предназначенных для работы
ЛТБ	Лампы тепло-белые	По цветности приближаются к лампам накаливания

Наряду с положительными качествами люминесцентные лампы обладают и недостатками:

¹ Световая отдача люминесцентных ламп достигает 75 лм/Вт.

1. Сложность схемы включения.

2. Зависимость от температуры окружающей среды. При отклонении температуры от 18—25°C световой поток снижается. При температуре ниже 5°C лампы могут гаснуть или не зажигаться при включении. Для их нормальной работы при низких температурах необходимы специальные мероприятия.

3. Дополнительные потери энергии в пускорегулирующих аппаратах, достигающие 25—35% мощности ламп.

4. Вредные для зрения и опасные для персонала пульсации светового потока.

5. Низкий коэффициент мощности — $\cos \varphi \cong 0,5$.

6. Наличие радиопомех.

7. Лампы содержат вредные для здоровья вещества, поэтому вышедшие из строя газоразрядные лампы необходимо вывозить в удаленные от жилья и водоемов места и закапывать в землю.

Таблица 3.9. Технические характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Ток, А	Напряжение на лампе, В	Номинальный световой поток, лм					Размеры, мм	
			ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛТБ	ЛБ	длина без штырьков	диаметр
4	0,15	30	—	—	—	—	100	136	16
6	0,15	46	—	—	—	—	220	212	16
8	0,17	61	—	—	—	—	360	302	16
15	0,33	54	500	590	675	700	760	437	27
20	0,37	57	820	920	935	975	1180	590	40
30	0,36	104	1450	1640	1720	1720	2100	895	27
40	0,43	103	2100	2340	3000	3000	3120	1200	40
65	0,67	110	3050	3570	3820	3980	4650	1500	40
80	0,87	102	3740	4070	4440	4440	5220	1500	40
150	1,9	90	—	—	8000	—	—	1500	40

Примечания. 1. Выпускают U-образные лампы типа ЛБУ мощностью 15; 20; 30; 40; 80 Вт с характеристиками, близкими к лампам ЛБ соответствующих мощностей. 2. Выпускают W-образные лампы типа ЛBW30 и ЛДЦW30 мощностью 30 Вт с характеристиками, соответствующими лампам ЛБ30 и ЛДЦ30. 3. Выпускают кольцевые лампы ЛБК20, ЛБК22, ЛБК32 и ЛБК40 с характеристиками, близкими лампам ЛБ соответствующей мощности. 4. Выпускают лампы ЛБР и ЛХБР мощностью 4; 40 и 80 Вт с рефлекторным отражающим слоем.

Схемы включения ламп (рис. 3.1)

Для зажигания и устойчивой работы люминесцентных ламп применяются пускорегулирующие аппараты (ПРА), состоящие из балластных дросселей, конденсаторов и стартеров.

Стартер тлеющего разряда представляет собой небольшую стеклянную колбочку, наполненную инертным газом (рис. 3.2), в которую впаяны выводы от расположенных внутри электродов. Стартер помещается в защитный металлический кожух.

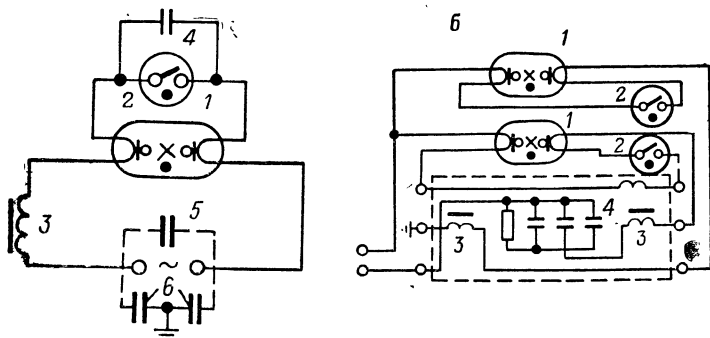


Рис. 3.1. Схемы включения люминесцентных ламп:

а — одноламповая; б — двухламповая:

1 — лампы; 2 — стартер; 3 — дроссель; 4 — конденсатор, подавляющий радиопомехи; 5 — конденсатор для повышения cos φ

Простая схема включения люминесцентных ламп показана на рис. 3.1, а. При включении лампы в сеть на стартер через балластный дроссель подается напряжение $U_{\text{л}} = U_{\text{ст}}$, которого недостаточно для того, чтобы пробить промежуток между холодными катодами, но достаточно, чтобы возник тлеющий разряд в стартере. Ток разряда стартера (0,01—0,04 А) недостаточен, чтобы разогреть катоды лампы. Тепло, выделяющееся при разряде в стартере, заставляет выгибаться биметаллический электрод. Через несколько секунд электроды стартера замыкаются и по той же цепи начинает протекать пусковой ток, величина которого определяется сопротивлением дросселя и в 30—70 раз превышает ток разряда в стартере. Этот ток нагревает катоды лампы. В то же время биметаллическая пластинка охлаждается, так как хотя ток и возрос, но из-за малого сопротивления замкнувшегося контакта стартера количество выделившегося тепла меньше, чем при тлеющем разряде. Остывшая биметаллическая пластинка распрямляется, и через 0,2—0,8 секунды цепь размыкается. При этом из-за индуктивности дросселя возникает так называемый высоковольтный импульс напряжения (около 1000 В), благодаря которому происходит пробой промежутка между разогретыми катодами лампы, и она зажигается. На лампе устанавливается номинальное

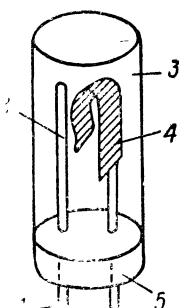


Рис. 3.2. Стартер

напряжение горения. Такой процесс повторяется несколько раз (мигание в течение 10—15 сек), до тех пор, пока не разогреются катоды и не установится режим устойчивого горения.

Бесстартерные схемы

Стартеры — наименее надежные элементы схем люминесцентного освещения, имеют большой разброс характеристик: напряжения начала тлеющего разряда и времени контактирования электродов. Разработаны и выпускаются бесстартерные схемы, обеспечивающие зажигание ламп повышенным напряжением при подогретых катодах. Для этих схем применяются специальные лампы.

Снижение пульсаций светового потока

Вследствие безынерционности люминесцентные лампы зажигаются и гаснут каждые полпериода (100 раз в секунду). Пульсации светового потока достигают 25—40%. Глаз перемен не замечает, но это отрицательно влияет на зрение и вызывает утомление. Кроме того, при освещении такими лампами вращающихся машин они, в зависимости от скорости вращения, кажутся неподвижными или медленно вращающимися (так называемый стробоскопический эффект). Стробоскопический эффект может быть причиной несчастного случая. Одним из способов, снижающих пульсации и уничтожающих стробоскопический эффект, является присоединение трех рядом расположенных ламп к разным фазам трехфазной сети. При отсутствии трехфазной сети применяются специальные схемы включения двух ламп в одном светильнике, обеспечивающие искусственный сдвиг фаз (рис. 3.1, б) и исключающие одновременное погасание или загорание обеих ламп.

Снижение радиопомех

При работе лампы в пусковом режиме из-за многократного срабатывания стартера и возникновения высоковольтных импульсов появляются интенсивные радиопомехи. В рабочем режиме люминесцентная лампа, зажигающаяся и гаснущая каждые полпериода, также генерирует радиопомехи, которые распространяются по осветительной сети. Для подавления помех и повышения надежности зажигания в стартеры встраивается помехоподавляющий конденсатор с емкостью 4000—10000 пФ.

Кроме того, в ПРА светильников, предназначенных для установки в жилых и общественных зданиях, устанавливается сетевой помехоподавляющий конденсатор емкостью 0,047 мкФ с рабочим напряжением 400 В (типа БМТ-1 — 400—0,047±20% или аналогичный).

Повышение коэффициента мощности

Особенности работы и наличие дросселей в схеме люминесцентных ламп уменьшают коэффициент мощности установки до 0,5. Чтобы его повысить, нужно обязательно включать в цепь ламп компенсирующие конденсаторы C_k .

Для ламп 10—40 Вт при напряжении 220 В емкость конденсатора C_k принимают равной 4 мкФ. Для ламп 65—80 Вт $C_k = 6$ мкФ.

Рабочее напряжение конденсаторов 400 В.

Светильники

Светильники с люминесцентными лампами необходимо устанавливать на высоте 2,5 м и более. Установка ниже 2,5 м допускается при условии недоступности контактных частей для случайного прикосновения.

Светильники изготавливаются из стали, стеклопластика и снабжаются рассеивателями из оргстекла. Они выпускаются на 2 и 4 лампы, реже — 1 и 3 лампы.

Типы и технические характеристики светильников приведены в табл. 3.10 Эскизы наиболее распространенных светильников приведены на рис. 3.3.

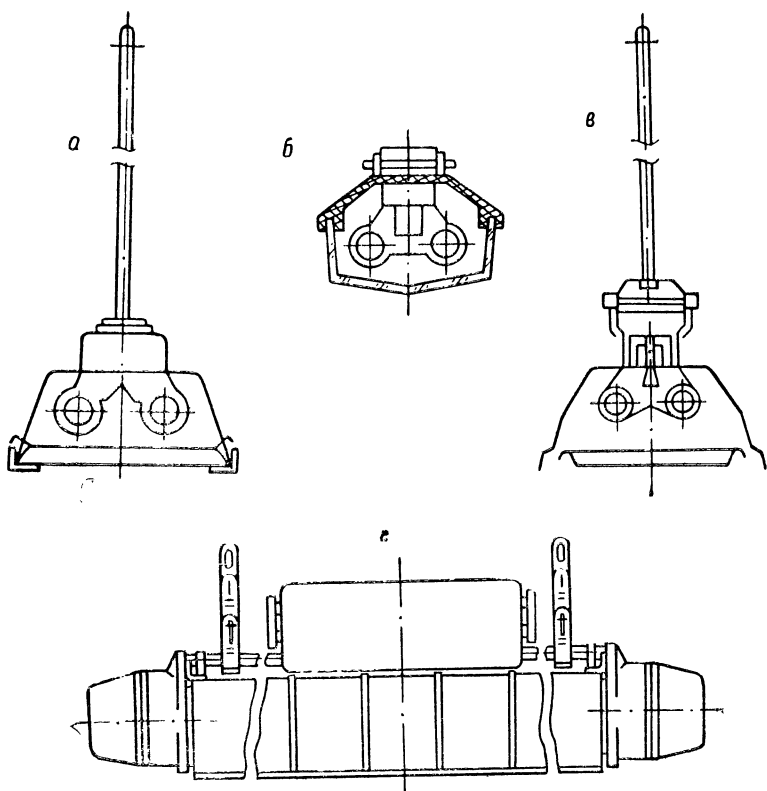


Рис. 3.3. Светильники для люминесцентных ламп:
а — ЛСП02, ЛСП; б — ПВЛПП; в — ПВЛМ, ЛД, ОДР;
г — НОДЛ

**Таблица 3.10. Светильники с люминесцентными лампами
для производственных помещений**

Тип	Рекомендуемая высота установки, м	Способ монтажа	Примечание
1	2	3	4

Для нормальных условий среды

ОДР-2×40 ОДР-2×80	3—4	Индивидуальный. В линию. На трубе, на штангах, на тросе, на коробе	
ЛДОР-2×40 ЛДОР-2×80	3—4	Индивидуальный. В линию	
ЛСПО2-2×40 ЛСПО2-2×80	3—4	Индивидуальный В линию. На трубе, на штангах, на тросе, на шинопроводе, на коробе.	
ЛСП-06-2×80		То же	
ЛСП-13		Индивидуальный. В линию. На коробе. На шинопроводе, на штангах.	Имеется вариант «Кососвет»
ПУ23-2×40	3—4	Индивидуальный. В линию	
ПУЗЗА-2×80	2,5—3	Индивидуальный на шинопроводе	Для освещения вертикальных и наклонных поверхностей
ВЛО-3×80 ВЛО-4×80	3—4	Индивидуальный	Обслуживается с технич. этажа
МЛ-2×40 МЛ-2×80	—	—	Для местного освещения
ЛНПО1-2×15 ЛНПО1-2×20 ЛНПО1-2×30 с выносным ПРА	—	—	То же
ЛНПО2-2×8 ЛНПО2-2×15	—	—	То же

1	2	3	4
---	---	---	---

Для помещений с тяжелыми условиями среды

ПВЛ1-2×40	3--4	Индивидуальный, на штангах, коробах	
ПВЛП-1-2×40	3--4	Индивидуальный, на штангах, на трубе, на монтажных профилях, скобах	
ПВЛМ-2×40	3--4	Индивидуальный, в линию (с прокладкой питающих проводов в корпусе). На трубе	Имеется вариант «Кососвет»
ПВЛМ-ДО-2×40		На монтажном профиле	
ПВЛМ-1×80			
ПВЛМ-2×80			
ПВЛМ-Д-2×80			
ПВЛМ-ДР-2×80			
ПЛУ-3×80	3--4	Индивидуальный	Для помещений, требующих особой чистоты
ВЛВ-3×80	3--4	То же	Выносная коробка с ПРА обслуживается с технич. этажа
ВЛВ-4×80			
ВЛН-3×80	3--4	То же	Коробка с ПРА выносная. Обслуживается из рабочего помещения
ВЛН-4×80			
УВЛВ-4×80	3--4	Индивидуальный	Обслуживается с технического этажа
УВЛВ-2×150			
УВЛН-4×80	3--4	То же	Обслуживается из рабочего помещения
УВЛН-2×150			
ЛВПО2-4×80	3--4	То же	С выносной и встроенной коробкой с ПРА. Обслуживается с технического этажа

1	2	3	4
ЛВП31-4×80 ЛВП31-4×150	3—4	Индивидуальный	Продуваемые. Подключаются к системе вентиляции. Обслуживаются с технического этажа
ЛВП33-2×80 ЛВП33-4×80 ЛВП33-4×150	3—4	То же	То же Обслуживаются из рабочего помещения
ЛКСО1-2×8	—	То же	Для местного освещения шлифовальных станков
ЛВПО3-2×20 ЛВПО3-2×40	—	То же	Для местного освещения прессов

Для взрывоопасных зон

РВЛ15	2,5—3	Индивидуальный. На трос, на крюк	Взрывонепроницаемые. Для рудников
РПЛО120	2,5—3	Индивидуальный.	Повышенной надежности против взрыва.
РПЛО140		Горизонтально (на трос или крюк) Вертикально (на фланцах)	Для рудников
НОДЛ-40	2,5—4	Индивидуальный. На крюк, монтажный профиль, трос	Повышенной надежности против взрыва
НОГЛ-80 НОГЛ-2×80	2,5—4 2,5—4	То же	То же

Лампы ДРЛ и ДРИ

Для внутреннего освещения производственных помещений и для наружного освещения применяют ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ (дуговая ртутная, люминесцентная). Эти лампы представляют собой стеклянный баллон эллиптической формы, внутри которого находится трубчатая ртутно-кварцевая горелка высокого давления. На внутренней поверхности баллона нанесен люминофор. Световая отдача ламп ДРЛ достигает 55 лм/Вт. Лампы включаются в сеть 220 В через специальные ПРА.

Параметры ламп приведены в табл. 3.11.

Недостатки ламп ДРЛ — неудовлетворительная цветопередача, длительность зажигания (около 7 минут) и низкий коэффициент мощности.

Промышленность выпускает также металлогалогенные лампы ДРИ (дуговая, ртутная, йодная) с еще более высокой светоотдачей (до 100 лм/Вт) и значительно лучшей цветностью. Недостаток их по сравнению с лампами ДРЛ — еще более сложная схема ПРА и в 2—3 раза меньший срок службы. Лампы ДРИ не имеют слоя люминофора и выпускаются мощностью 250, 400, 700 и 1000 Вт на напряжение 220 В и 2000 Вт на напряжение 380 В.

Таблица 3.11. Ртутные лампы высокого давления

Тип	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Номинальный ток, А	Световой поток, лм	Тип цоколя
ДРЛ80	80	115	0,8	3200	E27
ДРЛ125	125	125	1,25	5600	E27
ДРЛ250	250	130	2,2	11000	E40
ДРЛ400	400	135	3,3	19000	E40
ДРЛ700	700	140	5,5	35000	E40
ДРЛ1000	1000	145	7,5	50000	E40

3.4. АВАРИЙНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Аварийное освещение необходимо выполнять в помещениях и на открытых установках, если неисправность рабочего освещения может вызвать:

- а) взрыв, пожар, отравление людей;
- б) длительное нарушение технологического процесса;
- в) нарушение работы электрических станций, узлов связи и радиопередачи, насосных водоснабжения, пунктов управления водоснабжением, канализации и вентиляции для производств, в которых недопустимо прекращение работы;
- г) травматизм в местах большого скопления людей;
- д) нарушение нормальной работы в операционных, кабинетах неотложной помощи и приемных покоях лечебных учреждений.

Аварийное освещение для продолжения работы должно обеспечивать освещенность в размере 5% от нормируемой для общего освещения, но не менее 2 лк в помещениях и 1 лк на открытых площадках.

Эвакуационное освещение должно предусматриваться в местах, опасных для перемещения людей, на путях эвакуации людей из производственных и общественных зданий с пребыванием более 50 человек, на лестничных клетках жилых домов высотой более 5 этажей, в производственных помещениях с числом работающих более 50 человек, во всех помещениях, где находится более 100 человек, а также независимо от числа работающих в производственных помещениях, выход из которых в темноте представляет опасность из-за продолжающейся работы оборудования.

Аварийное освещение для эвакуации должно создавать на уровне пола освещенность 0,5 лк в зданиях и 0,2 лк на открытых

площадках. Для аварийного освещения должны применяться лампы накаливания.

Лампы ДРЛ, металлоалюгенные и натриевые лампы применять для аварийного и эвакуационного освещения нельзя. Люминесцентные лампы допускаются, если питание осуществляется только на переменном токе при температуре воздуха не менее $+5^{\circ}\text{C}$. Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения формой или размером или должны иметь специальные отметки.

Выходы из производственных помещений (площадью 150 м² и более), не имеющих естественного освещения, и из непроизводственных помещений, рассчитанных на пребывание более 100 человек, должны иметь световые указатели, присоединенные к сети аварийного освещения.

Светильники аварийного освещения, обеспечивающие продолжение работы или эвакуацию, должны присоединяться к независимому источнику питания или автоматически на него переключаться. К независимым источникам питания относятся электростанция, подстанция, питающиеся от другой секции шин электростанции, или аккумуляторная батарея.

Светильники аварийного освещения, предназначенного для эвакуации людей, присоединяются к специальной сети. Проводка этого освещения прокладывается непосредственно от щита подстанции или от ввода в здание до общих предохранителей или рубильника, если таковые имеются. Питающие линии аварийного и рабочего освещения должны прокладываться по разным трассам.

Как исключение допускается групповые линии аварийного и рабочего освещения прокладывать в общем коробе, предназначенном для установки светильников, или в корпусах светильников, при условии, что исключена возможность взаимного прикосновения проводов и кабелей рабочего и аварийного освещения и они имеют изоляцию на напряжение не ниже 660 В.

При тросовой проводке допускается прокладка на общем тросе проводов и кабелей групповых линий рабочего и аварийного освещения при условии, что расстояние в свету между ними не менее 20 мм.

3.5. МЕСТНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Светильники местного освещения рекомендуется устанавливать стационарно на станке, верстаке, в смотровой яме и т. д. В помещениях без повышенной опасности такие светильники могут работать на напряжении до 220 В включительно (в сети 380/220 В с глухо заземленной нейтралью). В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных напряжение светильников местного освещения — не более 42 В, а при особо неблагоприятных условиях работы (смотровые ямы и т. п.) — 12 В.

Для местного освещения с лампами накаливания следует применять светильники НКС с лампами мощностью до 100 Вт, напряжением до 220 В и непротвечивающими отражателями.

Для освещения швейных, обувных и трикотажных машин применяют светильники НКСОЗ с лампой 25 Вт со штырьковым патроном.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 В допускается применять для местного освещения при

условии недоступности их токоведущих частей для прикосновения.

В сырых, особо сырых, жарких помещениях, а также при наличии химически активной среды применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в armатуре специальной конструкции. Для люминесцентных ламп используют светильники МЛ-2×40 и МЛ-2×80 (устанавливаются на вертикальной плоскости), ЛНПО1-2×20 и ЛНПО1-2×30.

Для токарных и ряда других станков применяют встроенные пылезащищенные светильники ЛВСО1-1×8 и ЛВСО1-2×8, а также ЛВСО2-1×20 и ЛВСО2-1×30, ГГС-1 с лампами до 60 Вт, на напряжение 36 В.

Для освещения рабочих зон на машинах и агрегатах применяются светильники СПЛ-2М (лампа 12 В, 12 Вт), а для ремонта машин светильники ПЛТ-67А (лампа 24 В, 12 Вт).

Для местного освещения на шлифовальных и заточных станках применяют брызгозащищенные светильники ЛКСО1 на 2 лампы по 4,6 и 8 Вт.

Провода для зарядки armатуры местного освещения должны быть медными, гибкими, сечением не менее 1 мм² для подвижных конструкций и 0,5 мм² — для неподвижных, с изоляцией на 660 В. Минимальный диаметр отверстий для проводов в кронштейнах — 8 мм. При прокладке проводов нужно исключить возможность их натяжения, механических повреждений и перетирания в шарнирах и местах вводов, установив изолирующие втулки и оставив свободные петли.

Светильники местного освещения при напряжении выше 42 В должны быть занулены. Если между кронштейном и корпусом светильника нет надежного электрического соединения, зануление должно быть осуществлено при помощи специального защитного проводника.

3.6. ПОНИЗИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ МЕСТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Для питания светильников с напряжением 42 В и ниже нужно применять понижительные трансформаторы с хорошо изолированными друг от друга обмотками. Применение автотрансформаторов для местного освещения не допускается, чтобы не переносить потенциал первичной обмотки на сеть пониженного напряжения. Корпус и один из выводов или средняя точка вторичной обмотки трансформатора местного освещения должны быть надежно занулены.

Промышленность выпускает следующие исполнения понижительных трансформаторов типа ОСМ мощностью 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5 кВА и ОСГ (гаражный) 0,125 и 0,315 кВА.

Тип	Варианты по напряжению, В
ОСМ —	220/12; 220/36; 220/42;
	380/12; 380/36; 380/42
	660/12; 660/36; 660/42
ОСГ	220/12—36

В первичной цепи трансформаторов необходимо устанавливать предохранители, рассчитанные на номинальный ток трансформато-

ра. На отходящих линиях вторичного напряжения нужно предусматривать защиту.

Провода 12—42 В к трансформатору должны подключаться наглухо или с помощью штепсельной вилки, которая включается в розетку, укрепленную на корпусе трансформатора.

Таблица 3.12. Данные для изготовления понизительных трансформаторов

Мощность трансформаторов, ВА	Сечение магнитопровода, см ²	Площадь окна, см ²	Первичная обмотка				Вторичная обмотка			
			напряжение, В	марка провода	диаметр провода, мм	число витков	напряжение, В	марка провода	диаметр провода, мм	число витков
250	17	28	127	ПЭЛ ПЭЛЛО, ПЭЛБО или ПБД	1,35	447	36	ПЭЛ ПЭЛЛО, ПЭЛБО или ПБД	2,44	133
			127		1,35	447	12		4,1 или 2×2,83	44
250	17	28	220	То же	1,08	775	36	То же	2,44	133
			220		1,08	775	12		4,1	44
250	17	28	380	»	0,8	1340	36	»	2,41	133
			380		0,8	1340	12		4,1	44
100	11	20	127	»	0,8	692	36	»	1,35	206
			127		0,8	692	12		2,44	69
100	11	20	220	»	0,64	1200	36	»	1,35	206
			220		0,64	1200	12		2,44	69
100	11	20	380	»	0,47	2070	36	»	1,35	206
			380		0,47	2070	12		2,44	69
40	6,8	15	127	»	0,49	1120	36	»	0,86	333
			127		0,49	1120	12		1,45	111
40	6,8	15	220	»	0,38	1940	36	»	0,86	333
			220		0,38	1940	12		1,45	111
40	6,8	15	380	»	0,29	3360	36	»	0,86	333
			380		0,29	3360	12		1,45	111

Примечания. 1. Сердечник может быть Ш-образный, Г-образный или со-
бранный из прямоугольных пластин. 2. Каркас склеивать из плотного элект-
рокартона (прессшпана) толщиной 1,5 мм для трансформаторов 250 ВА и
0,5 мм — для трансформаторов 100 ВА и ниже. 3. Провод наматывать сло-
ями — виток к витку. 4. Между слоями обмотки прокладывать полоску каль-
ки или парафинированной бумаги. 5. Между первичной и вторичной обмот-
ками нужно проложить 1—2 слоя прессшпана или лакоткани. При примене-
нии Г-образного железа первичную и вторичную обмотки лучше располагать
на разных стержнях магнитопровода, чтобы исключить возможность замы-
кания между обмотками. 6. Площадь окна дана для проводов ПБД. Для
трансформаторов 40 ВА с применением провода ПЭЛБО площадь окна мож-
но уменьшить в 1,6 раза и при проводе ПЭЛ в 2 раза. Для трансформато-
ров 100 ВА, соответственно, в 1,2 и 1,6 раза.

3.7. ПЕРЕНОСНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ

Переносные светильники в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных разрешается питать через трансформаторы на напряжении не более 42 В, а при работе в тесноте, в котлах, в соприкосновении с большими металлическими поверхностями — не более 12 В.

Штепсельные розетки на 12 и 36 В должны отличаться от розеток 220 В. Штепсельные вилки на 12 и 36 В должны иметь такую конструкцию, чтобы включить их в розетки 127 или 220 В было невозможно.

Для присоединения переносных светильников и переносных понижающих трансформаторов употребляются гибкие медные провода сечением не ниже $0,75 \text{ мм}^2$ в общей оплетке или в шланге. Желательно, чтобы длина провода от точки присоединения к сети до трансформатора не превышала 2 м. Вторичную обмотку понижающего трансформатора нужно обязательно занулить. Провод к переносному светильнику должен проходить сквозь ручку из изолирующего материала. Патрон и лампа защищаются прочной сеткой.

Выпускаются переносные светильники типа РВО-42 с лампой до 60 Вт напряжением 12 или 36 В для работы при температуре от -60°C до $+40^\circ\text{C}$

3.8. ОСВЕЩЕНИЕ НЕБОЛЬШИХ КЛУБОВ И КИНОТЕАТРОВ

К малым зрелищным помещениям относятся клубы и кинотеатры, вмещающие 150—400 человек. Осветительные установки в них должны быть особо надежными в пожарном отношении и в отношении бесперебойной работы, чтобы обеспечить безопасность людей, находящихся в зданиях.

Схема питания

Ввод от сети подается на главный распределительный щит, от которого должны отходить самостоятельные магистрали:

- 1) освещения сцены;
- 2) питания киноаппаратной;
- 3) освещения зрительного зала;
- 4) освещения фойе и служебных помещений;
- 5) освещения фасада и рекламных щитов;
- 6) силовой нагрузки (вентиляторы и т. д.).

Резервное питание подается на щит аварийного освещения, от которого отходят магистрали аварийного освещения. При отсутствии резервного источника питания аварийное освещение допускается питать отдельной магистралью от главного распределительного щита. Схема групповой сети показана на рис. 3.4.

Освещение сцены

Щиток сцены должен быть закрыт металлическим кожухом. Проводку необходимо выполнять проводом ПВ-660 в стальных трубах или кабелем ВВГ.

Светильники верхнего света снабжаются арматурой НСПО1, УПМ15 или ППД и размещаются таким образом, чтобы исключить соприкосновение их с декорациями. Для уменьшения нагрева арматуры рекомендуется применять лампы мощностью не более 200 Вт.

Вдоль нижней передней части сцены устраивается рампа с 10—15 белыми лампами мощностью по 40—60 Вт. Рампа выполняется в виде корытообразного рефлектора из белой жести. Внутри его вмонтированы стенные патроны, которые соединяются между собой проводом ПВ-660.

В верхней передней части сцены устраивается софит, выполненный в виде ряда отдельных фонарей на штанге или в виде корыта-рефлектора с 15 лампами по 100—150 Вт. Лампы распределяются на три группы по 5 штук — желтая, красная, белая, синяя и зеленая. Для создания этих цветов перед каждой лампой устанавливается стекло (светофильтр) соответствующего цвета. Между лампами ставятся жестяные перегородки. Три лампы одинакового цвета соединяются параллельно на один выключатель. Включая тот или иной выключатель, на сцене создают нужный световой эффект.

Питание софитов осуществляется с помощью гибких проводов ПРГ-660, объединенных в общем защитном пиланге.

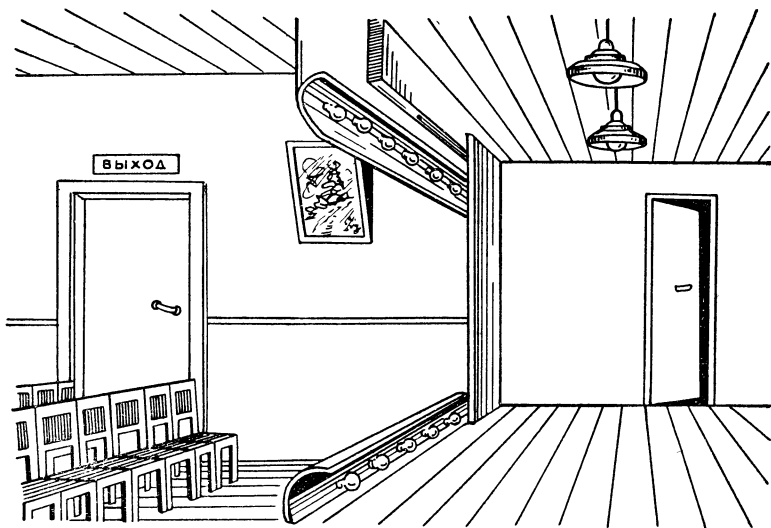


Рис. 3.5. Освещение сцены

Рампу и софиты необходимо удалять от занавеса.

По обеим сторонам сцены на боковых стенах зрительного зала устанавливается на кронштейнах по 2—3 выносных прожектора с лампами по 200 Вт. Прожекторы имеют сменные цветные стекла (светофильтры), позволяющие создавать дополнительное цветное или белое освещение. Выключатели для управления прожекторами размещаются на щитке освещения сцены.

Для возможности присоединения переносных осветительных установок (настольные лампы и т. д.) на сцене ставятся 2—3 штепсельные розетки в железных коробках, закрывающихся на

замок. Эти же розетки могут использоваться для питания проекционного фонаря или эпидиаскопа при чтении лекций.

Минимальное сечение проводов для питания светильников сцены — $1,5 \text{ мм}^2$.

Освещение зрительного зала

Общее освещение зрительного зала выполняется 2—3 люстрами и несколькими бра, установленными на боковых стенах зала. Управление общим освещением зала может осуществляться либо со щита сцены, либо со щита киновудки.

Для дежурного освещения зрительного зала выделяются 1—2 лампы. Управление этим освещением производится как со сцены, так и из киновудки. При этом обеспечивается такое соединение, чтобы погасить лампу можно было только с того места, откуда она была зажжена. Для этого выключатели соединяются параллельно, как показано на схеме (рис. 3.6).

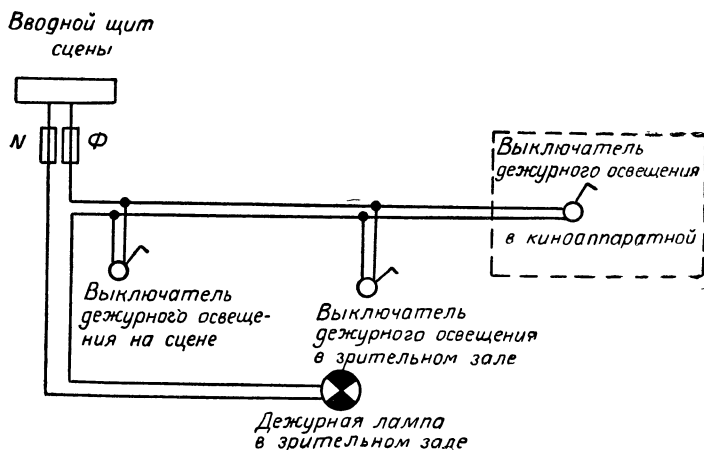


Рис. 3.6. Управление дежурным освещением зала

Если в зале есть микшер (сигнальное устройство для связи с киномехаником), то иногда ставится третий выключатель, позволяющий управлять лампой дежурного освещения из зала от микшера.

Вся проводка в зрительном зале выполняется проводом с изоляцией на 660 В. Применение шнура не допускается. Желательна скрытая проводка. Распределительных щитков и выключателей в зрительном зале быть не должно.

Освещение фойе и вспомогательных помещений

Проводка в фойе и вспомогательных помещениях выполняется проводами с изоляцией на 660 В. Допускается открытая проводка.

Групповые щитки должны быть закрыты запирающимися металлическими кожухами, исключающими доступ к ним посторонних лиц.

Аварийное освещение

Для обеспечения безопасной эвакуации людей над всеми дверями из зрительного зала и фойе, а также в основных проходах устанавливаются сигнальные фонари с надписью «Выход».

Сигнальные фонари питаются от сети общего освещения и при погасании его автоматически переключаются на аккумуляторную батарею. Фонари должны быть включены все время, пока в здании находятся люди.

Включение аварийного освещения осуществляется со щита аварийного освещения.

При наличии источника резервного питания необходимо обеспечить автоматическое переключение всей или части нагрузки на этот источник в случае выхода из строя основного питания (рис. 3.7).

Аккумуляторную батарею устанавливают в вентилируемом помещении.

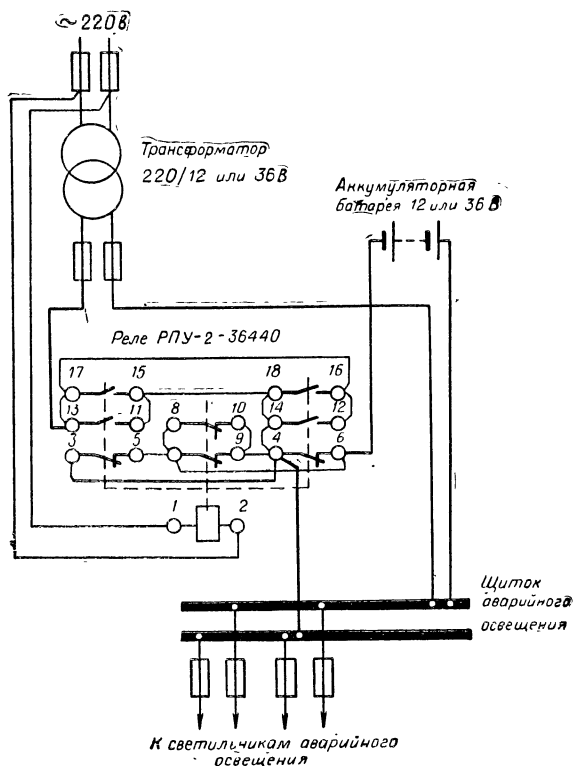


Рис. 3.7. Схема автоматического переключения аварийного освещения на источник резервного питания

Оборудование киноаппаратной

Все находящееся в киноаппаратной оборудование должно быть закрытого типа. Проводка выполняется проводом ПР или ПВ на 660 В в стальных трубах, или кабелем ВРГ.

Наружное освещение фасада

Для освещения витрин, входов в здание и рекламных щитов выделяются одна-две группы на главном щите.

Противопожарные мероприятия

Для защиты проводов от перегрузки должны применяться кабелированные предохранители, рассчитанные на 1,1—1,2 номинального тока нагрузки. Применение «жучков» категорически запрещается.

Необходимо проверять состояние всей проводки, систематически осматривая ее, и немедленно устранять обнаруженные дефекты.

Не допускается загромождение проходов.

Все временные установки нужно выполнять с соблюдением требований для постоянных установок.

3.9. РЕКЛАМНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Общие требования

Для освещения витрин магазинов, транспарантов и других видов рекламного освещения могут применяться лампы накаливания, люминесцентные лампы и газосветные трубки.

В витринах магазинов допускаются лампы накаливания мощностью не более 100 Вт. Деревянные части витрин, на которых устанавливаются патроны, следует обивать кровельным железом по листовому асбесту. Запрещается устанавливать предохранители или штепсельные розетки с предохранителями.

Проводка в витринах при напряжении до 250 В выполняется проводами с изоляцией не ниже 660 В, прокладываемыми в металлических трубах. Для более высокого напряжения (газосветные трубки) проводка ведется на изоляторах проводом типа магнето с испытательным напряжением 15000 В. Короткие перемычки длиной до 40 см можно выполнять голым проводом.

Питание газосветных трубок может осуществляться только от сухих трансформаторов в металлическом кожухе с вторичным напряжением до 13 кВ.

Расстояние от голых токоведущих частей высшего напряжения до заземленных частей должно быть не менее 20 мм. Расстояние от изолированных частей высокого напряжения до заземленных элементов не может быть менее 10 мм.

При установке газосветных трубок обязательно монтировать блокировку, отключающую установку со стороны первичного напряжения при открывании витрины. Подача напряжения после действия блокировки должна осуществляться только вручную.

Открытая установка газосветных трубок допускается на высоте не менее 3 м от земли и не менее 0,5 м от крыши или других строительных конструкций.

Все части газосветной установки, доступные для посторонних лиц, ограждаются и снабжаются предупредительными плакатами.

Трансформаторы или группы трансформаторов, питающие газосветные трубки, должны отключаться на всех полюсах аппаратом с видимым разрывом. Допускается отключение пакетным выключателем с фиксированным положением рукоятки.

Трансформаторы должны быть защищены предохранителями или автоматом на номинальный ток трансформатора.

Все нетоковедущие металлические части газосветной установки на стороне высшего напряжения, а также один вывод или среднюю точку вторичной обмотки трансформаторов необходимо заземлять.

3.10. НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Наружные осветительные установки применяются для освещения открытых пространств, на которых ведутся работы, проходов и проездов на территории промышленных предприятий и сельскохозяйственных объектов, освещения по периметру предприятий (охранное освещение), а также для создания необходимых условий видимости на улицах и площадях населенных пунктов (уличное освещение) для безопасного движения людей и транспорта.

Наружное освещение должно управляться независимо от внутреннего освещения и питаться или непосредственно от трансформаторных подстанций, или от вводов осветительной сети в здания.

Нормы освещенности в наружных установках

При выполнении работ вне помещений освещенность рабочего места должна быть не ниже указанной в табл. 3.13.

Величину освещенности территорий предприятий, улиц и площадей необходимо выбирать в соответствии с указаниями табл. 3.13 и 3.14.

Таблица 3.13. Нормы освещенности мест работы на открытых пространствах

Разряд работы	Характеристика выполняемых работ	Минимальная освещенность, лк
XI	Работы малой точности, когда размер рассматриваемой детали в 20—50 раз меньше расстояния от глаза до детали, а также работы, требующие только общего наблюдения за ходом технологического процесса	10
XII	Грубые работы	5
XIII	Работы, требующие различения крупных предметов, находящихся вблизи от работающего, или связанные только с обзором рабочих поверхностей	2

Примечание. При опасности травматизма освещенность принимается на 1 разряд выше.

Таблица 3.14. Нормы освещенности площадок предприятий и железнодорожных путей

Участки территории	Освещенность в горизонтальной плоскости на уровне земли, лк
Пожарные проезды, дороги для хозяйственных нужд, подъезды к зданиям	0,5
Охранное освещение	0,5
Железнодорожные пути, переезды	0,5
Отдельные стрелочные переводы	1
Предзаводские участки — площадки, стоянки транспорта, проезды	2

Светильники наружного освещения

В наружных установках применяются арматура для ламп накаливания и светильники с газоразрядными лампами. Применение люминесцентных ламп в районах с низкими температурами нецелесообразно. Для охранного освещения должны применяться лампы накаливания. Наиболее часто применяемые светильники наружного освещения изображены на рис. 3.8.

Для зарядки светильников наружной установки употребляют медные гибкие провода сечением не менее 1 мм² с изоляцией не ниже 660 В.

Расположение светильников

Над проезжей частью (на тросах) светильники располагают на высоте не менее 6,5 м.

На опорах вдоль дорог светильники могут быть установлены на высоте 3—5 м. По условиям ограничения слепящего действия светильники на опорах рекомендуется устанавливать на высоте 6 м, а над пешеходными дорогами — не ниже 3 м.

Лампы, освещающие входы в здания или сооружения, устанавливаются на высоте не ниже 2,5 м от земли.

При ширине проезжей части до 12 м рекомендуется устанавливать светильники на опорах с одной стороны дороги.

Светильники следует устанавливать ниже нулевого провода. Провода осветительной сети подвешивают под фазными проводами распределительной сети. Нулевой провод может быть общим для распределительной сети и сети наружного освещения и располагается под проводами освещения (рис. 3.9).

Прожекторное освещение

Прожекторы заливающего света применяются при освещении больших открытых пространств с передвигающимися механизмами, не допускающими устройства обычных осветительных сетей (строительные площадки, железнодорожные пути и т. д.).

Чтобы ограничить слепящее действие, прожекторы должны располагаться на специальных мачтах на значительной высоте (табл. 3.15). При установке прожекторов необходимо строго следить за фокусировкой ламп в рефлекторах.

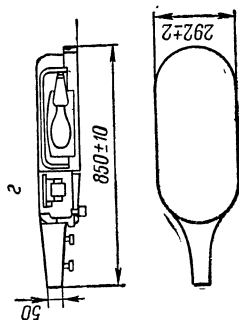
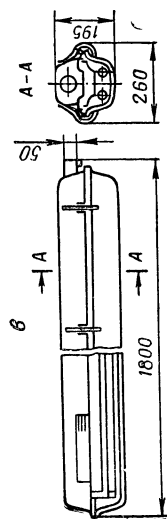
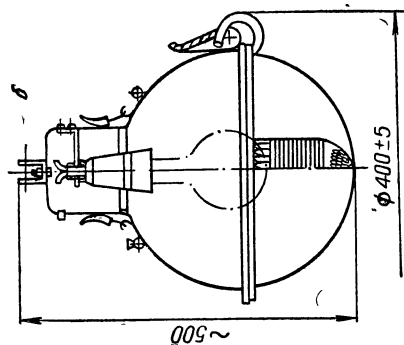
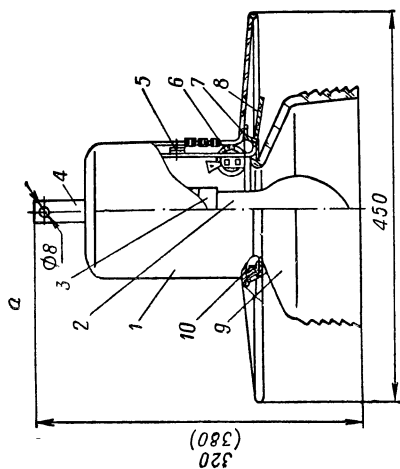


Рис. 3.8. Светильники для наружного освещения:
а — СПП-200М; СПП-125М; б — СЗП; СЗПР-250; в —
СКЗЛ-2×80; з — СКЗР

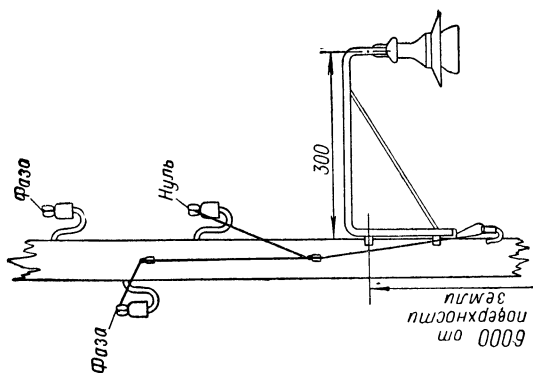


Рис. 3.9. Расположение проводов наружного освещения на опорах

Таблица 3.15. Минимальная высота установки прожекторов

Тип прожектора	Лампы накаливания		Лампы ДРЛ	
	мощность, Вт	наименьшая высота установки прожектора, м	мощность, Вт	наименьшая высота установки прожектора
ПЗС-25	200	7	—	—
ПЗС-35	500	12	—	—
ПЗС-45	1000	22	400	7
ПЗР-250	—	—	250	6
ПЗР-400	—	—	400	8

3.11. СХЕМЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

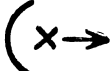
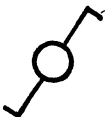
Условные обозначения для электрических схем на планах приведены в табл. 3.16.

В каждое здание, как правило, делается только один ввод от наружной сети. Если здание состоит из нескольких секций или подъездов, ввод выполняется в один из них: здесь устанавливается вводное устройство с аппаратурой защиты и управления и счетчиками электроэнергии. Остальные подъезды или секции питаются магистрално от вводного щита.

Как исключение при воздушных вводах допускается воздушная перекидка над крышей из одной секции дома в соседнюю. Ввод от наружной сети подается на одну траверзу (трубостойку) и от нее на вторую над крышей здания. При этом счетчики для учета энергии устанавливаются на обоих вводных щитах.

Таблица 3.16. Условные графические обозначения на планах осветительных установок

Наименование	Обозначение
1	2
Светильники с лампами накаливания:	
подвесной	
настенный	
потолочный	
встроенный	

1	2
Светильники с люминесцентными лампами:	
подвесной	
потолочный	
Линия из люминесцентных светильников	
Светильник с лампой ДРЛ	
Прожектор	
Светильник сигнальный	
Указатель выхода при аварии	
Щиток группового рабочего освещения	
Щиток группового аварийного освещения	
Выключатель однополюсный	
Переключатель однополюсный на два на- правления	
Розетка штепсельная	
Розетка штепсельная с защитным кон- тактом	

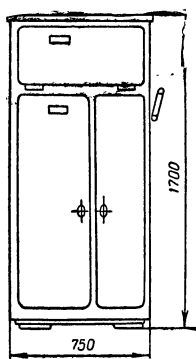


Рис. 3.10. Вводный шкаф ШВ

При нагрузке сети освещения до 5—8 кВт ввод выполняется двухпроводным (фаза и нуль). При больших нагрузках наиболее целесообразно ввод делать четырехпроводным (три фазы и нуль) с равномерным распределением нагрузки между фазами. Реже применяют две фазы и нуль.

На вводе устанавливается вводный шкаф серии ШВ (рис. 3.10) со счетчиком для коммерческих расчетов. На рис. 3.11 приведены размеры для изготовления вводного щита своими силами. При небольших нагрузках в одноэтажных и малоквартирных домах вводные шкафы не применяются и счетчики устанавливаются непосредственно на вводных щитах.

Рядом с вводным шкафом ставится распределительный щит, от которого идут магистрали в каждый подъезд. Если в здании, кроме квартир, имеется магазин, то для его питания выделяется отдельная группа. Так же отдельными группами нужно питать освещение лестниц и подвалов.

Рубильники или выключатели на главном щите устанавливают таким образом, чтобы можно было подвальное, лестничное и общее освещение отключать раздельно.

Для защиты трехфазных групп предохранители устанавливают только в фазных проводах. Установка предохранителей и автоматических выключателей в нулевых проводах запрещается.

В каждом подъезде по лестничной клетке проводится магистраль (стояк) для питания этажных щитков. В двух-, трехэтажных зданиях стояки делают двухпроводными, а в четырехэтажных и более высоких зданиях применяют четырехпроводные.

Этажные щитки присоединяются к стояку цепочкой. От каждого щитка двухпроводными группами питаются квартиры. Предохранители устанавливаются только в фазе.

В каждой квартире ставится квартирный щиток (рис. 3.12). Нагрузку следует разбить на две группы: одна питает кухню, санитарный узел и часть осветительных точек, другая — все остальные точки квартиры. Предохранители должны быть на высоте 2,5 м от пола. Счетчик ставится на высоте 1,5—1,7 м от пола на отдельном щитке.

Допускается устанавливать предохранители или автоматические выключатели на общем щитке со счетчиком, но они должны быть закрыты во избежание случайного прикосновения.

Освещение в производственных помещениях

Общее рабочее освещение следует питать отдельными линиями от подстанционных щитов 380/220 В. Для небольших предприятий, не имеющих своей подстанции и питающихся от общей городской сети, отдельный ввод для освещения необязателен. В этом случае выполняется один общий ввод для силовых и осветительных нужд и щит освещения присоединяется отпайкой к вводному щиту.

От осветительного щита отходят группы общего освещения,

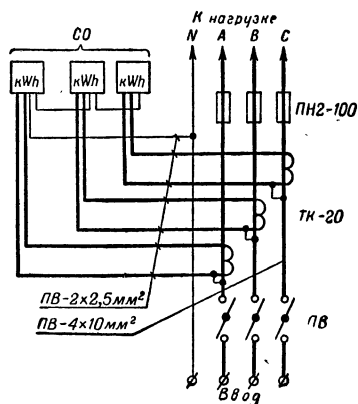
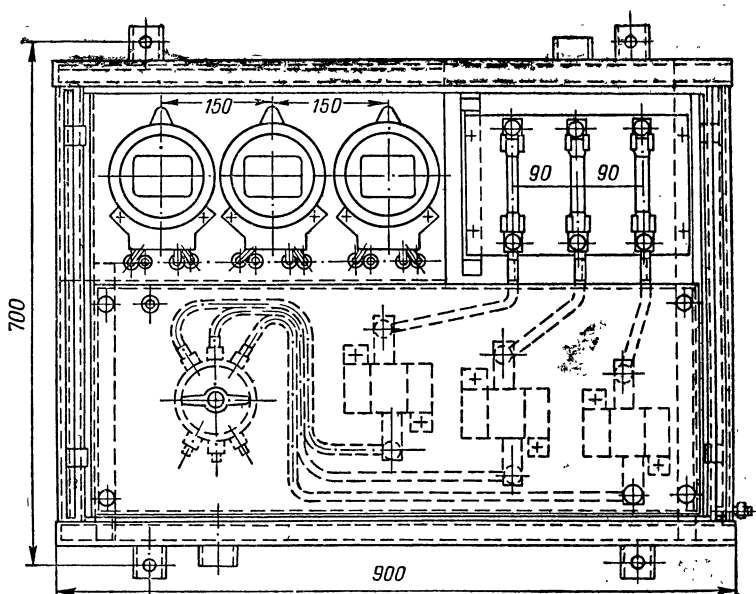
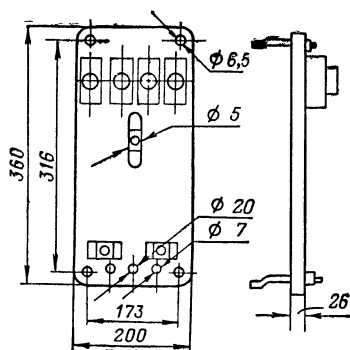


Рис. 3.11. Вводный шкаф упрощенного типа

Аварийное освещение (если оно требуется) питается от отдельного ввода или же отпайкой от силового щита.

В помещениях, где в ночное время не работают, но где необходимо оставлять часть освещения для наблюдения (магазины, проходные и т. д.), выделяется 1—2 группы дежурного освещения с небольшим количеством ламп. На одну группу освещения рекомендуется присоединять не более 20 светоточек на фазу.

Рис. 3.12. Квартирный щиток
ЩС-56



Номинальный ток предохранителей на групповую линию не должен превышать 20 А.

Управление освещением сооружений большой протяженности — галерей, туннелей, коридоров и т. п. выполняют из двух точек (у входов), с помощью двух переключателей по схеме, изображенной на рис. 3.13.

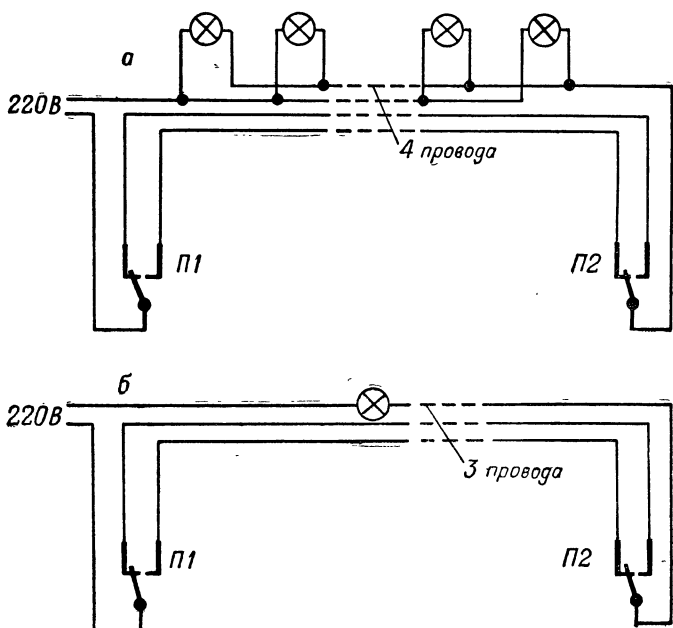


Рис. 3.13. Схемы управления освещением из двух точек (коридорная схема):

а — многоламповая; *б* — одноламповая, П1, П2 — однополюсные переключатели без нейтрального положения

3.12. РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ПРОВОДКИ

Задача расчета — выбрать сечение проводов, обеспечивающее допустимый нагрев их и нормальные уровни напряжения у ламп при минимальном расходе проводникового материала.

1. Определяется расчетная нагрузка как суммарная установленная мощность всех ламп, присоединенных к данной магистрали или групповой линии.

При наличии штепсельных розеток нагрузка каждой из них принимается 300 Вт (в данной величине учтен коэффициент спроса).

2. По общей нагрузке (в ваттах) и равномерной разбивке по фазам находим силу тока:

для трехфазной группы

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi};$$

для однофазных линий

$$I = \frac{P}{U}.$$

При лампах накаливания и люминесцентных лампах (в светильниках установлены конденсаторы для повышения коэффициента мощности) принимается $\cos \varphi = 1$.

При газоразрядных лампах ДРЛ и ДРИ коэффициент мощности с учетом пускорегулирующих аппаратов (ПРА) принимают 0,5.

3. По табл. 6.6 или 6.7 находим минимально допустимое сечение проводов для данного тока нагрузки, обеспечивающее допустимый нагрев медных или алюминиевых проводов. Сечение нулевого провода при лампах накаливания принимается 50% от фазных, а при люминесцентных и газоразрядных — одинаковым с фазными проводами.

4. Для защиты проводов от коротких замыканий выбираем номинальный ток предохранителя, который должен быть на 10—20% больше расчетного тока сети.

5. Для крупных зданий и больших цехов принятое сечение проверяется также по потере напряжения.

Для жилых зданий на 4—5 этажей и производственных помещений площадью до 300—500 м² сечения проводов, выбранные по допустимому нагреву, обеспечивают и допустимые потери напряжения в пределах 2—3%, поэтому специального расчета на потерю напряжения в этих случаях можно не делать.

3.13. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ЩИТЫ

Для приема и распределения энергии, а также для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания в осветительных сетях применяются местные щитки освещения с вводными автоматическими или пакетными выключателями (выпускаются модификации без вводных аппаратов) и автоматическими выключателями и предохранителями на отходящих линиях.

Вводные выключатели предусматриваются при питании осветительного щитка от воздушной сети, нескольких щитков «в цепочку» или от удаленного источника питания,

Если источник питания находится близко и доступен для отключения осветительного щита для ремонта, вводной рубильник или автомат на осветительном щите могут не устанавливаться.

В промышленных осветительных установках большой мощности для распределения энергии, защиты групповых сетей и компенсации реактивной мощности в сетях с лампами ДРЛ применяют распределительные пункты типа ПР-41, состоящие из блока для распределения энергии (с вводными и групповыми автоматическими выключателями) и блока с косинусными конденсаторами для компенсации реактивной мощности. Выпускается также модификация без блока конденсаторов.

В помещениях с нормальными условиями среды рекомендуется установка щитков СУ9000 (УОЩВ) — утопленного и открытого исполнения и ОП (ЩО).

В помещениях с тяжелыми условиями среды следует применять щитки серии ПР9000 и ОПМ. Для установки на колоннах применяют навесные щиты ЩО41.

Для управления освещением в сельскохозяйственных и промышленных установках с тяжелыми условиями среды могут применяться сборные распределительные устройства (сборки) из металлических и пластмассовых ящиков типа РУС (см. табл. 4.49).

Ящики сборных распределительных устройств комплектуются рубильниками, предохранителями, автоматическими выключателями, измерительными приборами и собираются по вполне определенной схеме.

Технические характеристики основных типов осветительных щитов и распределительных пунктов приведены в табл. 3.17.

Заводами осваивается выпуск щитков серии ПР 11 с новыми автоматическими выключателями АЕ 2000 и распределительные пункты ПР 22 и ПР 23 с автоматами А3700.

Для питания осветительных установок в жилых домах и административно-бытовых зданиях применяют вводные шкафы с автоматическими выключателями, предохранителями и счетчиками и этажные щитки с автоматическими выключателями и счетчиками. Для небольших установок вводный щит можно выполнить своими силами (см. рис. 3.11).

В квартирах устанавливаются щитки типа ШС55, ШС56 с пробочными предохранителями или однополюсными автоматическими выключателями А63, ШКИ с автоматами или ШМИ с предохранителями.

Материалы для щитков

Осветительные щитки изготавливаются из негорюемых или труднотгораемых материалов.

Щитки фабричного производства, как правило, делаются из пластмассы или на металлическом основании с креплением коммутационной аппаратуры на изолирующих деталях.

Щитки, изготавливаемые своими силами, могут монтироваться на мраморных, шиферных, асбестоцементных, текстолитовых или пластмассовых плитах. Поверхность гигроскопических материалов должна быть защищена от проникновения влаги окраской или пропиткой (олифой, трансформаторным маслом). В сырых и особо сырых помещениях применение мраморных и асбестоцементных щитов не допускается. Дерево разрешается использовать только

для изготовления квартирных щитков под установку счетчиков при условии, что предохранители, выключатели и другие аппараты не имеют сквозных болтов, а провода проходят через доску сквозь изоляционные втулки.

Аппаратура щитков

Рубильники, располагаемые на лицевой стороне щитков, должны быть закрытого типа с несгораемым кожухом без прорезей. Питание подается к губкам рубильника, чтобы при отключенном положении ножи не были под напряжением.

Пробочные предохранители устанавливаются так, чтобы питание подводилось к контактному винту, а провода, идущие к нагрузке, были присоединены к винтовой гильзе. Автоматические выключатели устанавливают вертикально или горизонтально.

Технические данные рубильников, предохранителей, пакетных выключателей см. в гл. 4.

Габариты

При изготовлении щитков необходимо, чтобы наименьшее расстояние между неизолированными токоведущими частями было не менее 20 мм по поверхности изоляции или 10 мм по воздуху. Расстояние от неизолированных токоведущих частей до металлических кожухов должно быть не менее 50 мм.

Осветительные щитки нужно располагать на высоте не ниже 2,5 м от пола. Щитки с выключателями или рубильниками устанавливаются на высоте 1,5—1,7 м от пола. При расположении на высоте ниже 2,5 м от пола они должны быть защищены запирающимися кожухами из металла или дерева, обклеенного изнутри листовым асбестом.

Щитки, требующие обслуживания с задней стороны, должны быть установлены на штырях или скобах с соблюдением следующих расстояний от стены:

Длина щита, мм	200	400	500	800	1000	1200
Расстояние от щита до стены, мм	150	200	250	350	500	600

Таблица 3.17. Осветительные щитки

Тип щитка	Количество и тип групповых выключателей				Размеры, мм			Примечания
	тип	колич.	тип	колич.	высота	ширина	глубина	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЩО41-5101	АЕ2041 или А3163	3	АЕ2043 или А3163	1	1000	400	200	Навесные. Номинальное на- пряжение 380/220 В
ЩО41-5102	То же	6	То же	2				
ЩО41-5203	»	12	»	2				
ЩО41-5204	»	6	»	4				
ЩО41-5205	»	18	»	2	1400	400	200	
ЩО41-5206	»	12	»	4				
ЩО41-5207	»	6	»	6				
ОПМ-1	А3161 А3162	3 1	А3163	1	746	140	200	Навесные. Номинальное на- пряжение 380/220 В Уплотненные, во- допыленепрони- цаемые. Номинал. ток автоматов— 15—30 А
ОПМ-3	А3161 А3162	9 3	А3163	3	746	300	200	Номинальный ток пакетных выклю- чателей ОПМ-1 — 60А, ОПМ-3—100А Напольные. Степень защиты IP 43
ИР41-4301	Вводный А3728Н	1	АЕ2043 или А3163	4				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПР41-4302	—	—	То же	4	1800	1200	400	С блоком конденсаторов 4×КС1—0,38—18 Номинальное напряжение 380/220В Номинальный ток ввода 250 А
ПР41-4303	Вводный АЗ728Н	1	АЕ2043 или АЗ163	5				
ПР41-4304	То же	1	АЕ2041 или АЗ161 АЕ2043 (АЗ163) АЕ2041 (АЗ161)	3 7 3				
ПР41-4305	То же	1	АЕ2043 (АЗ163) АЕ 2041 (АЗ161)	9 3				
ОЩ-6 ОЩ-12	АЗ161 с расцепителем на 15, или 20, или 35 А	6 12			400 600	400 400	150 150	Выпускаются с вводным автоматом АЗ114/7 и без него
ПР9111 (утолщенный, защищенный)	АЗ161	3—6	АЗ163	1—2	720	845	250	Исполнения. 101—103 без вводных автоматов
ПР9112 (навесной, защищенный, с уплотнением)					625	785	250	Исполнения 201—203 с вводными автоматами АЗ120

ПР9121 (утопленный, защищенный)	A3161	3—18	A3163	1—6	930	845	250	Исполнения 104—115 без вводных автоматов
ПР9222 (навесной, защищенный, с уплотнением)					835	785	250	Исполнения 201—203 и 301—303 с вводными автоматами
ПР9131 (утопленный, защищенный)	A3161	3—30	A3163	1—10	1140	945	250	Исполнения 116—135 без вводных автоматов
ПР9232 (навесной, защищенный)					1045	785	250	Исполнения 204—208 и 304—315 с вводными автоматами
ПР9141 (утопленный, защищенный)	A3161	3—30	A3163	1—10	1340	845	250	
ПР9242 (навесной, защищенный)					1245	785	250	Исполнения 316—335 с вводным автоматом
ЩС-55	Однополюсные предохранители То же		2 шт. } 4 шт. }		385	203	25	Квартирные Настенные
ЩС-56								
ЩКИ-8501-8516 (квартирный, настенный, защищенный)	ВАП-25 или АЕ-1000	3			260	150	129	Исполнения с вводным пакетным выключателем и без него
ЩМИ-8501-8508 (квартирный, настенный, защищенный)	Однополюсные предохранители Е 27		3		260	200	129	То же

3.14. ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К электроустановочным изделиям относятся: выключатели и переключатели; штепсельные соединения; патроны для ламп; предохранители.

Электроустановочные изделия нельзя перегружать по току. Нагрузка сверх номинального тока приводит к обгоранию контактов, недопустимому перегреву и может послужить причиной пожара.

Требования к монтажу

Выключатели и штепсельные розетки, монтируемые на поверхности стен или конструкций, должны устанавливаться на деревянных розетках. При открытой и скрытой установке необходимо предусматривать запас проводов длиной 3—5 см.

На выключатель подается фазный провод. При присоединении патронов для ламп накаливания фазный провод, идущий от выключателя, присоединяется к сердечнику, а нулевой провод — к винтовой гильзе патрона.

В резьбовых предохранителях питающие провода присоединяют к центральному контакту (сердечнику), а отходящие к потребителю — к винтовой гильзе.

Глава 4.

ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

4.1. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Общие требования

Электродвигатель выбирается в соответствии с мощностью приводимого механизма, а конструкция его — с учетом свойств окружающей среды (табл. 4.1).

Электродвигатели и пусковая аппаратура напряжением 127 В и выше должны быть занулены или заземлены (см. том II).

На корпусах двигателей наносится яркой краской стрелка, указывающая направление вращения ротора.

На всех пусковых устройствах должны быть надписи: «Пуск» и «Стоп», а на реверсируемых агрегатах: «Вперед», «Назад» и «Стоп». У всей пускорегулирующей и защитной аппаратуры (рубильники, магнитные пускатели и контакторы, предохранители), установленной на групповых щитах или силовых ящиках (пунктах), обязательны надписи, указывающие, к каким агрегатам они относятся.

Вращающиеся части машин (шкивы, муфты) должны быть ограждены.

При установке машин необходимо обеспечивать возможность свободного доступа к ним для надзора и ремонта. Двигатели устанавливаются на раме или фундаменте, чтобы исключить вибрацию здания.

Возвышение фундамента над полом должно быть не менее 50 мм. Для машин с высотой до 1 м расстояние в свету между корпусом машины и стеной здания или между корпусами машин, а также между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны должно быть не меньше 0,3 м для машин с высотой до 1 м. Ширина прохода между машинами или между ними и частями здания должна быть не менее 1 м.

Труба с подводными проводами должна заканчиваться вблизи зажимной коробки двигателя. Конец трубы оконцовывается втулкой. На провода между трубой и зажимной коробкой нужно обязательно надевать дополнительную изоляцию (резиновые или хлорвиниловые трубки).

Во взрывоопасных помещениях кабели или стальные трубы с проводами заводятся в специальную коробку на двигателе через уплотняющие сальники.

Система привода

Короткозамкнутые двигатели применяются, когда нет необходимости регулировать число оборотов механизма или когда такое регулирование осуществляется механическим путем с помощью коробки скоростей, фрикциона и т. д.

Наибольшая мощность короткозамкнутых двигателей, подключаемых к сети, зависит от схемы питания. Если от трансформатора питается только один электродвигатель, его мощность может быть равной мощности трансформатора. Если питается несколько двигателей, необходимо проверить величину напряжения на зажимах других двигателей при запуске самого мощного из них (потеря напряжения от пускового тока). При нечастых пусках (1—2 раза в час) допускается снижение напряжения не ниже 80% от номинального (чтобы не отключались другие двигатели).

Асинхронные двигатели с фазным ротором применяют, когда необходимо регулировать число оборотов в сторону уменьшения или при нагрузках, требующих повышенного пускового момента (лесорама, мощные насосы и т. д.).

Двигатели постоянного тока применяются при необходимости регулирования скорости механизма в больших пределах.

Синхронные двигатели следует применять во всех случаях, когда нет необходимости регулировать число оборотов (крупные компрессоры, насосы и т. д.).

Многоскоростные короткозамкнутые двигатели применяются, когда требуется ступенчатое изменение числа оборотов в 2—4 раза. Скорость изменяется путем переключения числа пар полюсов машины. С уменьшением скорости одновременно уменьшается и мощность двигателя.

Типы электродвигателей

В последние годы промышленностью разработаны (и начат выпуск) электродвигатели новой единой серии 4А с улучшенными эксплуатационными характеристиками и пониженным расходом цветных и черных металлов, затрачиваемых на их изготовление.

Обмотка машин выполнена эмалированными проводами с полиэфирной изоляцией (ПЭТВ), с повышенной нагревостойкостью и механической прочностью. В двигателях с высотой оси вращения 50—132 мм применены герметизированные подшипники серии

180000 с двухсторонним резиновым уплотнением и заложенной в них смазкой на срок службы не менее 12 тыс. часов.

Новая серия охватывает двигатели защищенного, закрытого и взрывобезопасного исполнения в основной и специальных модификациях (с повышенным пусковым моментом, повышенным скольжением, многоскоростные и т. п.). Основные типы и характеристики электродвигателей приведены в табл. 4.2—4.7.

Двигатели серии А2, АОЛ, ВАО и другие снимаются с производства.

Обозначение (тип) электродвигателей единой серии 4А

4А □ □ □ □ □ S(M; L) A(B) □ □ □

4 — порядковый номер серии.

А — асинхронный.

□ — буква — Н, указывающая исполнение двигателя по способу защиты от воздействия окружающей среды (защищенные).

При отсутствии данной буквы — закрытые, обдуваемые (IP44).

□ — буква, указывающая исполнение двигателей по материалу станины и щитов.

А — станина и щиты алюминиевые.

Х — любое сочетание алюминия и чугуна для станины и щитов. При отсутствии буквы — станина и щиты из чугуна или стали.

□ — две или три цифры — высота оси вращения (мм).

□ — буква S; M или L — условное обозначение установочного размера по длине станины.

□ — буква А или В — условное обозначение длины сердечника статора при условии сохранения установочного размера. Отсутствие буквы означает наличие только одной длины сердечника.

□ — числа 2, 4, 6, 8, 10, 12 — число полюсов.

□ — буква и цифра (напр. У3) — климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТу 15150—69.

**Таблица 4.1. Выбор исполнения электродвигателей
по условиям окружающей среды**

Характеристика помещений или места установки	Исполнение электродвигателей
Сухие	Открытые или защищенные; (IP00, IP20)
Сырые и особо сырые	Двигатели с влагостойкой изоляцией, со специальной обмазкой (IP43)
Пыльные, с пылью, разрушительно действующей на изоляцию (цемент, зола и т. д.)	Закрытые (IP44)
Пыльные, с негорючей пылью, не разрушающей изоляцию (кирпичные заводы, сортировка щебня и т. п.)	Защищенные (IP20)
Пыльные с проводящей или горючей пылью (шлифовальные участки, угольные склады, швейные фабрики и мастерские и т. п.)	Закрытые ¹
Помещения с химически активными парами или газами	Брызгозащищенные (IP44) Допускаются защищенные (IP33) с химически стойкой изоляцией
Пожароопасные, класса П-I	Закрытые. Брызгозащищенные. (IP54)
Пожароопасные, класса П-II (деревообделочные цехи, элеваторы)	Закрытые (IP44)
Пожароопасные, класса П-IIa, (склады деревянных изделий, тканей, бумаги и т. д.)	Защищенные (IP20)
Взрывоопасные, содержащие пары нефтепродуктов	Взрывозащищенные
Наружные установки	Закрытые (IP44)
Наружные пожароопасные, класса П-III (открытые склады минеральных масел, склады угля, дерева и т. п.)	Закрытые (IP44)

¹ В среде с чугунной и стальной пылью следует избегать применения электродвигателей защищенного исполнения. В случае вынужденного их применения необходимо покрывать на 2 раза лобовые части обмотки пастой следующего состава (по массе):

 тальк технический — 60—70%;

 лак бакелитовый, фенольный — 30—40%.

После каждой обмазки сушить при температуре 115 °С 15—16 ч. Мощность двигателя снижается на 10—15%.

Таблица 4.2 Закрытые обдуваемые двигатели единой серии малой мощности

Модель	Синхронная частота вращения											
	3000 об/мин.				1500 об/мин.				1000 об/мин.			
	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_H}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_H}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_H}$
4A50A2(4)УЗ	0,09	60	0,7	4	0,06	50	0,60	2,5	—	—	—	—
4A50B2(4)УЗ	0,12	63	0,7	4	0,09	55	0,60	2,5	—	—	—	—
4A56A2(4)УЗ	0,18	66	0,76	4	0,12	63	0,66	3,5	—	—	—	—
4A56B2(4)УЗ	0,25	68	0,77	4	0,18	64	0,64	3,5	—	—	—	—
4A63A2(4, 6)УЗ	0,37	70	0,86	4,5	0,25	68	0,65	4	0,18	56	0,62	3
4A63B2(4, 6)УЗ	0,55	73	0,86	4,5	0,37	68	0,69	4	0,25	59	0,62	3
4A71A2(4, 6)УЗ	См. табл. 4.3				0,55	70	0,70	4,5	0,37	64	0,69	4
4A71B2(4, 6, 8)УЗ	См. табл. 4.3				См. табл. 4.3				0,55	67	0,71	4
4A80A2(4, 6, 8)УЗ	См. табл. 4.3				См. табл. 4.3				См. табл. 4.3			
4A80B2(4, 6, 8)УЗ	См. табл. 4.3				См. табл. 4.3				См. табл. 4.3			
4AX7102Ш	0,25	73	0,76	8,5	—	—	—	—	Для швейных машин			
4AX71A2(4)Ш	0,37	78	0,81	8,5	0,25	73	0,69	6				

Таблица 4.3. Закрытые обдуваемые двигатели единой серии (основное исполнение)

Тип	Синхронная частота вращения											
	3000 об/мин.				1500 об/мин.				1000 об/мин.			
	Мощ. кВт	КПД, %	cos φ	I _{пуск.} А	Мощ. кВт	КПД, %	cos φ	I _{пуск.} А	Мощ. кВт	КПД, %	cos φ	I _{пуск.} А
4A71A2 (4, 6)	0,75	77	0,87	5,5	См. табл. 4.2	72	0,73	4,5	См. табл. 4.2	69	0,74	4,0
4A71B2 (4, 6, 8)	1,1	77	0,87	5,5	0,75	75	0,81	5	См. табл. 4.2	75	0,74	4,0
4A80A2 (4, 6, 8)	1,5	81	0,85	6,5	1,1	77	0,83	5	1,1	74	0,74	4,0
4A80B2 (4, 6, 8)	2,2	83	0,87	6,5	1,5	80	0,83	6	1,5	75	0,74	4,5
4A90L2 (4, 6)	3	84	0,88	6,5	2,2	80	—	—	—	—	—	—
4A90LA8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4A90LB8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4A100S2 (4)	4	86	0,89	7,5	3	82	0,83	6	—	—	—	—
4A100L2 (4, 6, 8)	5,5	87	0,91	7,5	4	84	0,84	6	2,2	81	0,73	5,0
4A112M2 (4)	7,5	87	0,88	7,5	5,5	85	0,85	6	—	—	—	—
4A112MA (6, 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	3	81	0,76	6
4A112MB (6, 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	4	82	0,81	6
4A132S4 (6, 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	5,5	85	0,80	6,5
4A132M2 (4, 6, 8)	11	88	0,90	7,5	7,5	87	0,86	7,5	7,5	85	0,81	6,5
4A160S2 (4, 6, 8)	15	88	0,91	7	11	87	0,87	7	11	86	0,86	6
4A160S2 (4, 6, 8)	15	88	0,91	7	15	88	0,88	7	15	87	0,87	6
4A160M2 (4, 6, 8)	18,5	88	0,92	7	18,5	89	0,88	7	15	87	0,87	6
4A180S2 (4)	22	88	0,91	7,5	22	90	0,90	6,5	—	—	—	—
4A180M2 (4, 6, 8)	30	90	0,90	7,5	30	91	0,89	6,5	18,5	88	0,87	5
4A200M2 (4, 6, 8)	37	90	0,89	7,5	37	91	0,90	7	22	90	0,90	6,5
4A200L2 (4, 6, 8)	45	91	0,90	7,5	45	92	0,90	7	30	90	0,90	6,5
4A225M2 (4, 6, 8)	55	91	0,92	7,5	55	92	0,90	7	37	91	0,89	6,5
4A250S2 (4, 6, 8)	75	91	0,89	7,5	75	93	0,90	7	45	91	0,89	6,5
4A250M2 (4, 6, 8)	90	92	0,90	7,5	90	93	0,91	7	55	91	0,89	6,5

1 Для 1500, 1000, 750 об/мин — 48; 2 Для 1500, 1000, 750 об/мин — 55; 3 Для 1500, 1000, 750 об/мин — 60; 4 Для 1500, 1000, 750 об/мин — 65; 5 Для 1500, 1000, 750 об/мин — 75.

Таблица 4.4. Двигатели защищенного исполнения

Тип	Синхронная частота вращения												Диаметр вала под шкив, мм				
	3000 об/мин				1500 об/мин				1000 об/мин					750 об/мин			
	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_H}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_H}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_H}$		Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_H}$
4АН160S2(4)УЗ	22	88	0,88	7	18,5	88	0,87	6,5	—	—	—	—	—	—	—	42 ¹	
4АН160M2(4)УЗ	30	90	0,91	7	22	90	0,88	6,5	—	—	—	—	—	—	—	42 ¹	
4АН180S2 (4, 6, 8)УЗ	37	91	0,91	7	30	90	0,84	6,5	18,5	87	0,85	6	15	86	0,80	48 ²	
4АН180M2 (4, 6, 8)УЗ	45	91	0,91	7	37	90	0,89	6,5	22	88	0,87	6	18,5	87	0,80	48 ²	
4АН200M2 (4, 6, 8)УЗ	55	91	0,9	7	45	91	0,89	6,5	30	90	0,88	6	22	89	0,84	55 ³	
4АН200L2 (4, 6, 8)УЗ	75	92	0,9	7	55	92	0,89	6,5	37	90	0,88	6,5	30	89	0,82	55 ³	
4АН225M2 (4, 6, 8)УЗ	90	92	0,88	7	75	92	0,89	6,5	45	91	0,87	6,5	37	90	0,81	55 ⁴	
4АН250S2 (4, 6, 8)УЗ	110	93	0,85	7	90	93	0,89	6,5	55	92	0,87	6,5	45	91	0,81	65 ⁵	
4АН250M2 (4, 6, 8)УЗ	132	93	0,88	7	110	93	0,89	6,5	75	93	0,87	7	55	92	0,81	65 ⁵	

¹ Для 1500 об/мин — 48. ² Для 1500, 1000, 750 об/мин — 55. ³ Для 1500, 1000, 750 об/мин — 60. ⁴ Для 1500, 1000, 750 об/мин — 65. ⁵ Для 1500, 1000, 750 об/мин — 75.

Таблица 4.5. Асинхронные двигатели единой климатической модификации (химостойкие, холодостойкие, влагостойкие, для сельского хозяйства)

Тип	Синхронная частота вращения											
	3000 об/мин				1500 об/мин				1000 об/мин			
	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
4A71A2(4, 6)СХЛП	0,75	77	0,87	—	0,55	70	0,7	—	0,37	64	0,69	—
4A71B2(4, 6, 8)СХЛП	1,1	77	0,87	—	0,75	72	0,73	—	0,35	67	0,71	—
4A80A2(4, 6, 8)СХЛП	1,5	81	0,85	—	1,1	75	0,81	—	0,75	69	0,74	—
4A80B2(4, 6, 8)СХЛП	2,2	83	0,87	—	1,5	77	0,83	—	1,1	74	0,74	—
4A90L2(4, 6)СХЛП	3	84	0,88	—	2,2	80	0,83	—	1,5	75	0,74	—
4A90L8СХЛП	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4A90L8СХЛП	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4A100S2(4)СХЛП	4	86	0,89	—	3	82	0,83	—	—	—	—	—
4A100L2(4, 6, 8)СХЛП	5,5	87	0,91	—	4	84	0,84	—	2,2	81	0,73	—
4A50A2(4)СУ1	0,9	60	0,7	5	0,6	50	0,6	5,0	—	—	—	—
4A50B2(4)СУ1	0,12	63	0,7	5	0,9	55	0,6	5,0	—	—	—	—
4A71A4	—	—	—	—	0,55	70	0,7	4,5	—	—	—	—
4A80A4	—	—	—	—	1,1	75	0,81	5	—	—	—	—
4A90L4	—	—	—	—	2,2	80	0,85	6,5	—	—	—	—
4A112M2(4)СУ1	7,5	87	0,88	7,5	5,5	85	0,88	7	3	81	0,76	6
4A112M6СУ1	—	—	—	—	4,0	84	0,85	—	4	82	0,81	6
4A112M8СУ1	—	—	—	—	5,5	85	—	—	7,5	85	0,81	7
4A132M2(4, 6)СУ1	11	88	0,9	7,5	11	87	0,87	7,5	—	—	—	—
4A132S4СУ1	—	—	—	—	7,5	87	0,86	7,5	5,5	85	0,8	7
4A132S6СУ1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Сельскохозяйственного исполнения*

* Закрытые обдуваемые IP44; допускаемое отклонение напряжения от -7,5 до +10% безограничения мощности; -20% при снижении мощности на 15%.

Таблица 4.6. Взрывозащищенные двигатели единой серии В и ВР, КО и ВАОА

Тип	Синхронная частота вращения												Длина ротора, мм				
	3000 об/мин				1500 об/мин				1000 об/мин					750 об/мин			
	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$I_{пуск.}^H$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$I_{пуск.}^H$	Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$I_{пуск.}^H$		Мощность, кВт	КПД, %	cos φ	$I_{пуск.}^H$
B63A2(4)	0,37	73	0,84	6	0,25	70	0,75	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	14
B63B2(4)	0,55	76	0,85	6	0,37	71	0,76	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	14
B71A2(4, 6)	0,75	78	0,86	6	0,55	74	0,77	5,5	0,37	71	0,73	4,5	—	—	—	—	19
B71B2(4, 6)	1,1	80	0,87	6	0,75	76	0,77	5,5	0,55	72	0,74	4,5	—	—	—	—	19
B80A2(4, 6)	1,5	81	0,9	6	1,1	79	0,8	5,5	0,75	72	0,74	4,5	—	—	—	—	22
B80B2(4, 6)	2,2	83	0,91	6	1,5	80	0,8	5,5	1,1	74	0,75	4,5	—	—	—	—	22
B90L2(4, 6)	3	82	0,87	6	2,2	81	0,8	6	1,5	76	0,72	4,5	—	—	—	—	24
B100S2(4)	4	84	0,87	6,7	3,0	81	0,81	5,8	—	—	—	—	—	—	—	—	28
B100L2(4, 6)	5,5	85	0,88	6,7	4	84	0,82	5,8	2,2	80	0,73	5,5	—	—	—	—	28
B112M2(4, 8)	7,5	88	0,83	7	5,5	86	0,83	6,8	—	—	—	—	3	80	0,7	4,9	32
B112MA6	—	—	—	—	—	—	—	—	3	81	0,78	6	—	—	—	—	32
B112MB6	—	—	—	—	—	—	—	—	4	83	0,78	6	—	—	—	—	32
B132M2(4, 6, 8)	11	88	0,87	7	11	89	0,84	7	7,5	86	0,8	6,5	5,5	85	0,7	4,9	38
B132S4(6, 8)	—	—	—	—	7,5	89	0,85	7	5,5	86	0,8	6,2	4	84	0,7	4,9	38
B160S2(4, 6, 8)	15	89	0,89	6	15	90	0,85	6	11	88	0,83	6,2	7,5	86	0,70	5,5	48 ¹

B160M2(4, 6, 8)	18,5	40	0,9	6	18,5	90	0,86	6	15	88	0,86	6	11	86	0,78	5,5	48 ¹
B180S2(4)	22	90	0,89	6,9	22	91	0,86	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	55 ²
B180M2(4, 6, 8)	30	91	0,9	6,7	30	92	0,88	6,5	18,5	90	0,83	6	15	88	0,76	4,6	55 ²
B200M2(4, 6, 8)	37	90	0,86	5,5	37	92	0,89	6	22	91	0,89	6,2	18,5	89	0,81	5,6	60 ³
B2002(4, 6, 8)	45	93	0,87	6,8	45	93	0,88	6,7	30	91	0,89	6,4	22	89	0,82	5,7	60 ³
B225M2(4, 6, 8)	55	92	0,89	6,5	55	93	0,89	6,5	37	91	0,89	6	30	91	0,81	5,7	65

Взрывонепроницаемые

KO 31—2(4, 6, 8)	25	87	0,9	6,5	25	91	0,88	5,7	20	90	0,87	5,8	15	90	0,8	5,5	60
KO 32—2(4, 6, 8)	32	87	0,9	7	32	91	0,86	6,8	25	91	0,88	6,5	20	90	0,79	6	60
BAOA 071—2(4)	0,6	—	—	6	0,4	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BAOA 072—2(4)	0,8	—	—	6	0,6	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BAOA 11—2(4)	1,1	—	—	6	0,8	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BAOA 12—2(4)	1,5	—	—	6	1,1	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BAOA 13—4	—	—	—	—	1,5	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для задвижек

¹ Для двигателей на 3000 об/мин диаметр вала 42 мм. ² Для двигателей на 3000 об/мин диаметр вала 48 мм. ³ Для двигателей на 3000 об/мин диаметр вала 55 мм.

Таблица 4.7. Многоскоростные двигатели единой серии

Тип	Номи- нальн. мощ- ность, кВт	Частота враще- ния, об/мин.	Схема соед.	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_n}$	Тип	Номи- нальн. мощ- ность, кВт	Частота враще- ния, об/мин.	Схема соед.	КПД, %	cos φ	$\frac{I_{пуск.}}{I_n}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Двухскоростные													
4A132S8/4	6,0	1460	△	84	0,87	7,5	4A112MB8/6/4	1,6	950	Y	71	0,76	
4A132S4/2	6,7	2910	YY	78	0,90		4A112M6/4/2	2,2	1440	△	76	0,84	7,5
	8,5	1460	△	86	0,88	7,5	4A112M8/4/2	2,8	2880	YY	71	0,9	
	9,5	2910	YY	81	0,90			1,1	700	Y	65	0,68	
	4,0	950	YYY	80	0,68			1,9	1440	△	72	0,85	7,5
	4,5	1420	YYY	79	0,85	7,5		2,2	2870	YY	67	0,9	
4A132S6/4	6,0	960	YYY	83	0,68		4A112MA8/6/4	1,1	700	Y	65	0,77	
4A132M6/4	6,2	1440	YYY	81	0,85	7,5	4A112MA8/6/4	1,0	950	△	62	0,69	7,5
							4A112M6/4/2	1,5	1400	YY	72	0,89	
4A132S8/4	3,2	720	△	77	0,71		4A112MB8/6/4	1,4	700	Y	68	0,77	7,5
	5,3	1440	YY	80	0,9	7,5	4A112M6/4/2	1,2	950	△	63	0,69	
								2,1	1390	YY	71	0,89	
Трехскоростные													

4A132M8/6 4A132S8/6 4A132M8/4	4,2	720	Δ	80	0,72	7,5	4A132M8/6/4 4A132S8/6/4 4A132M8/4/2	2,8	960	Y	76	0,76	7,5
	7,1	1440	YY	82	0,9			3,6	1450	Δ	79	0,85	
	2,4	710	Y	73	0,72	7,5		4,2	2900	YY	71	0,9	
	2,6	970	Y	75	0,76			3,8	960	Y	78	0,76	7,5
	2,8	720	Y	75	0,72	7,5		5,0	1450	Δ	81	0,87	
	3,2	970	Y	76	0,76			6,0	2900	YY	76	0,90	
								1,8	710	Y	70	0,65	
								3,0	1460	Δ	77	0,82	7,5
								3,6	2920	YY	69	0,87	
	1,8	480	Δ	56	0,45	3		2,4	720	Y	72	0,66	
	4	730	Δ	67	0,63	4,5		4,5	1460	Δ	79	0,82	7,5
	4,2	970	YY	76	0,84	5		5,0	2940	YY	71	0,87	
	6,7	1460	YY	79	0,9	6,5		2,2	960	Y	73	0,77	
	3	485	Δ	63	0,55	4		1,9	720	Δ	69	0,72	7,5
	5	735	Δ	75	0,67	5		3,2	1420	YY	74	0,9	
	6	975	YY	80	0,85	5,5		2,8	960	Y	75	0,78	
	8	1470	YY	81	0,89	6		2,6	720	Δ	72	0,72	7,5
	6	490	Δ	72	0,55	4,5		4,5	1420	YY	77	0,90	
	10	740	Δ	81	0,72	5,5			960	Y	75	0,78	
	10,5	985	YY	83	0,86	6,5			720	Δ	72	0,72	7,5
	15	1435	YY	83	0,91	7			1420	YY	77	0,90	

Четырёхскоростные

4A132M8/6 4A132S8/6 4A132M8/4

4A160M12/8/6/4

4A180M12/8/6/4

4A200L12/8/6/4

Окончание табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4A225M12/8/6/4	7,1	495	△	75	0,58	4,5	4A160M8/6/4 4A160S8/6/4	4	730	Y	74	0,63	5,5
	12,5	740	△	82	0,65	6,5		4,5	980	△	76	0,75	6
	13	990	YY	84	0,87	6,5		7,5	1450	YY	80	0,9	6
	20	1435	YY	83	0,89	7,5		5	735	△	76	0,62	5
							4A160M8/6/4	6,3	980	Y	77	0,73	6
								10	1450	YY	82	0,9	6,5
								8	735	△	78	0,73	6,5
								10	985	Y	83	0,81	6,5
							4A180M8/6/4 4A180S8/6/4	12,5	1420	YY	83	0,92	6,5
								14	740	△	83	0,70	6
								15	980	Y	85	0,81	7
								21	1480	YY	85	0,92	7,5

Примечания. 1. Двигатели выпускают на напряжение 380 В и 660 В. 2. Кроме указанных в таблице наиболее часто применяемых многоскоростных двигателей выпускают двигатели мощностью до 200 кВт (см. каталог Информэлектро 01.01.63—77).

ВЫБОР МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

Мощность двигателя, указанная на его щитке, соответствует мощности на валу. От сети двигатель потребляет большую мощность, чем указано на щитке.

$$\text{Мощность, потребляемая от сети } P_{\text{сети}} = \frac{P_{\text{двиг.}}}{\eta_{\text{двиг.}}},$$

где $P_{\text{двиг.}}$ — мощность, указанная на щитке; $\eta_{\text{двиг.}}$ — коэффициент полезного действия двигателя.

Расчетные формулы для определения мощности двигателя для часто встречающихся механизмов

а) Насосы

$$P_{(\text{кВт})} = \frac{K\gamma QH}{3600 \cdot 102\eta_{\text{насоса}} \eta_{\text{передачи}}},$$

где K — коэффициент запаса 1,3—1,5; Q — производительность насоса (м³/час); H — высота напора в метрах. γ — плотность жидкости, кг/дм³; $\eta_{\text{насоса}}$ — к. п. д. насоса; $\eta_{\text{передачи}}$ — к. п. д. передачи: ременная — 0,9—0,95; клиноременная — 0,96.

б) Вентиляторы и дымососы

$$P_{(\text{кВт})} = \frac{QH}{102\eta_{\text{вентил.}} \eta_{\text{передачи}}}.$$

где Q — производительность, м³/сек; H — напор, мм водяного столба.

в) Краны, лифты

$$P_{(\text{кВт})} = \frac{(Q_{\text{гр.}} + Q_0) V}{102\eta_{\text{передачи}}},$$

где $Q_{\text{гр.}}$ — масса груза в кг; Q_0 — масса механизмов, поднимаемых вместе с грузом (кабина, крюк, ковш и т. д.); V — скорость подъема груза, м/сек.

г) Нории

$$P_{(\text{кВт})} = \frac{QH}{367,2\eta_{\text{нории}} \eta_{\text{передачи}}},$$

где Q — производительность, т/час; H — высота подъема, м.

д) Транспортёры

Приближенная формула:

$$P_{(\text{кВт})} = \frac{1,5HQ}{367,2},$$

где Q — производительность, т/час; H — высота подъема, м.

Мощность двигателей для наиболее распространенных станков, насосов, вентиляторов и сельскохозяйственных машин приведена в табл. 4.8—4.11.

Таблица 4.8. Мощность электродвигателей для наиболее распространенных станков и ремонтного оборудования

Станок	Тип	Мощность двигателя, кВт	Частота вращения двигателя, об/мин
Токарно-винторезный	16K20 (1K62)	10 (7)	1460
То же	1A616	5,5 (4)	1460
То же	1M63 (163)	15	1460
То же, с программным управлением	16K20Ф3	10	1460
Сверлильный, настольный	2Н106	0,37	1390
Вертикально-сверлильный	2Н118	1,5	1420
То же	2Н125	2,2	1430
То же	2Н135	4	1450
То же, с программным управлением	2Р135Ф3	4	960
		1,3	2900
		0,6	1370
Горизонтально-фрезерный	6Н81	4	1460
		1,5	1430
Вертикально-фрезерный	6Н11	4	1460
		1,5	1430
То же	6М12П	7,5	1460
		2,5	1430
То же	6М12ПБ	10	1460
		2,2	1430
То же, с программным управлением	6Р13Ф3	7,5	1460
		7,5	1460
		1,1	1430
Плоско-шлифовальный	3Е710А (3710)	3	1430
		3	750
		0,27	1420
То же	3Г71М	2,2	2860
		1,1	930
Поперечно-строгальный	7М37	10	
То же	7307	5,5	
Универсально-заточный	3М642	1,5	
Ножовочный	872М	1,5	1420

Таблица 4.9. Мощность электродвигателей для привода центробежных вентиляторов

Тип и номер вентилятора	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт
1	2	3
Ц4-70 № 2, 5	1430	0,12
	2860	0,55
Ц4-70 № 3, 2	1430	0,25
	2860	1,5
Ц4-70 № 4	1430	0,75
	2860	5,5

Окончание табл. 4.9

1	2	3
Ц4-70 № 5	950	0,75
	1430	2,2
Ц4-70 № 63	950	1,5
	1450	5,5
Ц4-70 № 8	670	3,0
	750	4,0
	850	5,5
	950	7,5
	1100	11
	1200	15

Таблица 4.10. Мощность электродвигателей для привода насосов

Наименование и тип насоса	Частота вращения, об/мин.	Мощность электродвигателя, кВт
1	2	3
Центробежные		
Консольные		
К8/18 (1,5 К-8/19; 1,5 К-6); КМ8/18 $Q=8$; $H=12-19^1$	2900	0,55—0,8
К20/18 (2К-20/18; 2К-9); КМ20/18 $Q=20$; $H=10-18$	2900	0,9—1,45
К20/30 (2К-20/30; 2К-6); КМ20/30 $Q=20$; $H=19-30$	2900	1,6—2,65
К45/30 (3К-45/30; 3К-9); КМ45/30 $Q=45$; $H=20-30$	2900	3,4—5,4
К45/55 (3К-6); КМ45/55 $Q=45$; $H=40-55$	2900	8—10,5
К90/20 (4К-90/20; 4К-18); КМ90/20 $Q=90$; $H=14-20$	2900	4,6—6,5
К160/30 (6К-8) $Q=160$; $H=20-30$	1450	13—18
Вихревые		
ВК1/16; ВКС1/16; ВКО1/16 $Q=3,6$; $H=16$	1450	0,63
ВК2/26; ВКС2/26; ВКО2/26 $Q=7,2$; $H=26$	1450	1,7

¹ Q — производительность, м³/час; H — напор, м.

1	2	3
БК4/24; ВКС4/24; ВКО4/24 $Q=14,4; H=24$	1450	2,5
БК5/24; ВКС5/24; ВКО5/24 $Q=18; H=24$	1450	3,4
БК10/45; ВКС10/45; ВКО10/45 $Q=36 H=45$	1450	13,8
Центробежно-вихревые		
ЦВ-4/85 $Q=14,4; H=85$	2900	17
ЦВ-5/105 $Q=18; H=105$	2900	22
ЦВ-5/140 $Q=18; H=140$	2900	30
Шестеренные для нефтепродуктов		
Ш2-25-1,4/16 $Q=1,4; H=16 \text{ кг/см}^2$	1450	1,5—3
Ш5-25-3,6/4 $Q=3,6; H=4 \text{ кг/см}^2$	1450	1,1—3
Ш8-25-5,8/2,5 $Q=5,8; H=2,5 \text{ кг/см}^2$	1450	2,2—3
Ш40-6-18/3 $Q=18; H=3—4 \text{ кг/см}^2$	1450	5,5—7,5

Примечания. 1. Насосы комплектуются двигателями в закрытом обдуваемом и взрывобезопасном исполнении. 2. Мощность двигателей для насосов, выпускаемых разными заводами, может отличаться от указанной в таблице на 15—25%.

Таблица 4.11. Мощность электродвигателей сельскохозяйственных машин

Наименование	Тип машины	Мощность электропривода, кВт
1	2	3

А. Для растениеводства

1. Зерноочистительные машины

Зерноочистительная машина	ЗД-10000	4
То же	К-523 (ГДР)	4,1 (2 шт.)
То же	ЗВС-20	5
То же	ЗАВ-10—30.000	1,1

Продолжение табл. 4.11

1	2	3
Семеноочистительная машина	СВУ-5	5,5
То же	К-545 (ГДР)	7
То же, электромагнитная	ЭМС-1А	3,1, в т. ч. выпрямитель 0,8
Триер	БТ-5	1,5
То же	К-533 (ГДР)	1,1
Скарификатор стационарный	СС-0,5	1,7
Бункер вентилируемый	БВ-25	29,5
Агрегат зерноочистительный	ЗАВ-40	44,3
То же	ЗАВ-20	31,1
Очиститель вороха передвижной	ОВП-20А	9,6
Колонка зерноочистительная	ОВП-20	4,5
Машина зерноочистительная передвижная	СМ-4	5,5

II. Зерносушилки

Сушилка зерновая барабанная стационарная	СЗСБ-8,0	30,4
То же	СЗСБ-4,0	22,8
То же, передвижная	СЗПБ-2,0	8,7
То же, шахтная стационарная	СЗШ-16	81,2
То же	СЗШ-8	44,3
Сушилка зерновая передвижная	ЗСПЖ-8	36,6
Воздухоподогреватель передвижной	ВПТ-600	22

III. Машины для обработки льна

Льнотрепальная машина	ТЛ-40	7,0
Куделеприготовительная машина	КЛ-25	4,0
Льносемяочистительная горка	ОСГ-0,2А	0,27

Б. Для животноводства

Доильный агрегат	ДАС-2	3
Доильная установка «Елочка»	УДЕ-8	17,1
То же, «Тандем»	УДТ-6	15,4
То же	М-610 (ГДР)	3,0
То же, универсальная передвижная	УДС-3А	5,5
Очиститель-охладитель молока	ОМ-1	1,1
Танк-охладитель молока вертикальный	ТОВ-1	4,0+1,5+ +0,27+7,6
То же, стационарный	ТО-2	4,0+0,27+ +7,6
Холодильная установка	МХУ-8С	7,6
Сепаратор-сливкоотделитель	СОМ-3—1000	1
То же	ОСЦ-3М	4,5
То же	СПМФ-2000	2,8
Измельчитель грубых кормов	ИГК-30Б	30
Измельчитель кормов	«Волгарь-5»	22

Продолжение табл. 4.11

1	2	3
Дробилка кормов универсальная	КДУ-2	30
Дробилка зерна молотковая	КДМ-2	30
То же	ФУМ (Болгария)	22+1,1
Корнерезка	КПИ-4	5,5
Мойка-корнерезка	МРК-5	3,0
Кормоприготовительный агрегат	ЗПК-4	4,4
Агрегат приготовления кормовых смесей	АПС-6	15,8
Кормораздатчик-смеситель	РС-5А	3
То же	КС-0,4	2,2
Смеситель-запарник кормов	С-12	14+0,6
То же	«Маяк-6» КЦС-6000	105

Котлы. Водоподогреватели

Барочный котел	ВКС-3М	5,5
То же	ВК-1	3,6
Водоподогреватель электрический	ВЭП-600	Эл. дв. 0,6 ТЭН 10
Теплогенератор	ТГ-1А	1,6
То же	ТГ-2,5	3,8
То же	ТГ-75А	5,0
Электроводонагреватель	ЭПВ-2А	11,2
Водонагреватель электрический		
50 л/час	ВЭТ-200	6,0
То же, 80 л/час	ВЭТ-400	10,5
То же, 120 л/час	ВЭТ-800	16,5
То же	УАП-1600/0,8	3×2 кВт
Водогрейный котел электродный	ЭПЗ-100/0,4 ЭКВ-100/0,4 КЭВЗ-100/0,4	100,0
То же	ЭПЗ-60/0,4 КЭВЗ-60/0,4 ЭКВ-60/0,4	
	ЭПЗ-25/0,4 КЭВЗ-25/0,4 ЭКВ-12/0,4	
То же		25,0
То же		12,0

Транспортеры, нории, погрузчики

Транспортер передвижной	ЛТ-6	2,8
То же	ЛТ-10	4,5
Нория ковшовая	ТКН-10	1,5
То же	НЗ-20	3
Зернопогрузчик самопередвижной	ЗПС-60	7,5
Зерновой метатель	ЗМ-30	7,0
Погрузчик шнековый/переносный	ПШП-4А	1,1
Транспортер корнеклубнеплодов	ТК-5	3
Транспортер ковшовый		1,5

1	2	3
Транспортер скребковый стационарный	ТС-40	1,5
То же	ТС-1	3
Шнек выгрузной	ШВС-40	2,2
Транспортер навоза штанговый	ТШ-30А	4
Навозопогрузчик ковшовый	НПК-30	3
Транспортер кормовой ступенчатый	ТКС-6	4+2,2
Транспортер тюковый	ТТ-4	1,6
Прочие машины		
Станок для приготовления торфоперегнойных горшочков	ИГ-9М	5,5

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ДВУХПРОВОДНОЙ СЕТИ

Трехфазные двигатели 380/220 В или 220/127 В можно использовать в однофазном включении и питать от двухпроводной (однофазной) сети 220 В.

Для создания вращающего момента при пуске электродвигателя необходимо включить в цепь одной фазы активное сопротивление, индуктивность или конденсатор. Наилучший способ — включение конденсатора (рис. 4.1), при котором от двигателя можно получить 65—75% паспортной мощности, указанной на щитке.

Наиболее целесообразно использовать в однофазной сети двигатели мощностью не более 1,5—1,7 кВт. Если напряжение сети 220 В, а номинальное напряжение двигателя 380/220 В, его необходимо соединить в треугольник (рис. 4.1, а).

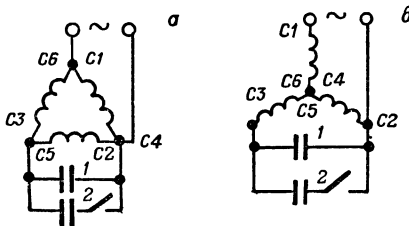


Рис. 4.1. Включение трехфазного двигателя в двухпроводную сеть 220 В:

а — номинальное напряжение двигателя 380/220 В; б — номинальное напряжение двигателя 220/127 В

Емкость конденсатора в микрофарадах для данной схемы составит:

$$C_{\Delta p} = 22 \cdot I_n.$$

Если напряжение сети 220 В, а номинальное напряжение двигателя 220/127 В, его необходимо соединить в звезду (рис. 4.1, б).

При этом емкость конденсатора будет:

$$C_{Yp} = 12,5 \cdot I_n.$$

Номинальным током является фазный ток двигателя. Приближенно для обоих случаев рабочая емкость конденсатора составит:

$$C_p = 50P_n,$$

где P_n — мощность электродвигателя, кВт.

Если двигатель запускается вхолостую, то вычисленная выше рабочая емкость служит одновременно и пусковой.

Если же двигатель пускается под нагрузкой, необходимо параллельно рабочей емкости включать на время пуска пусковую емкость, равную по величине примерно двойной-тройной рабочей емкости. После разворота двигателя, через 2—3 секунды, пусковую емкость необходимо отключить.

Предостережение: на отключенном пусковом конденсаторе длительно сохраняется напряжение, поэтому его необходимо разрядить.

Для напряжения сети 220 В можно применять конденсаторы любого типа (кроме электролитических постоянного тока) на рабочее напряжение 400 В.

4.2. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАЩИТНЫЕ АППАРАТЫ

Для управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором применяются магнитные пускатели (рис. 4.2 и 4.3). Технические данные магнитных пускателей, кнопок и тепловых реле приведены в табл. 4.12, 4.14, 4.15.

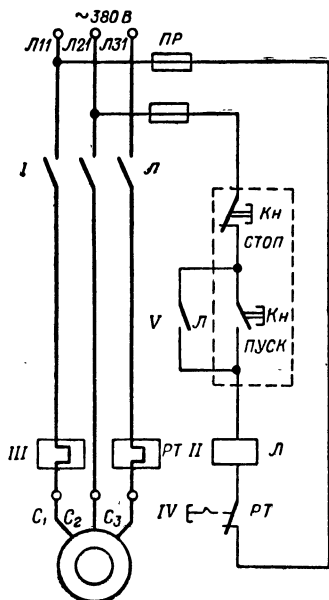


Рис. 4.2. Схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с помощью магнитного пускателя:

Л11, Л21, Л31 — зажимы со стороны питания; С1, С2, С3 — выводы двигателя; I (Л) — силовые контакты магнитного пускателя; II (Л) — включающая катушка пускателя; III (РТ) — тепловое реле; IV (РТ) — размыкающийся контакт теплового реле с ручным возвратом; V (Л) — замыкающийся вспомогательный контакт пускателя (нулевая защита)

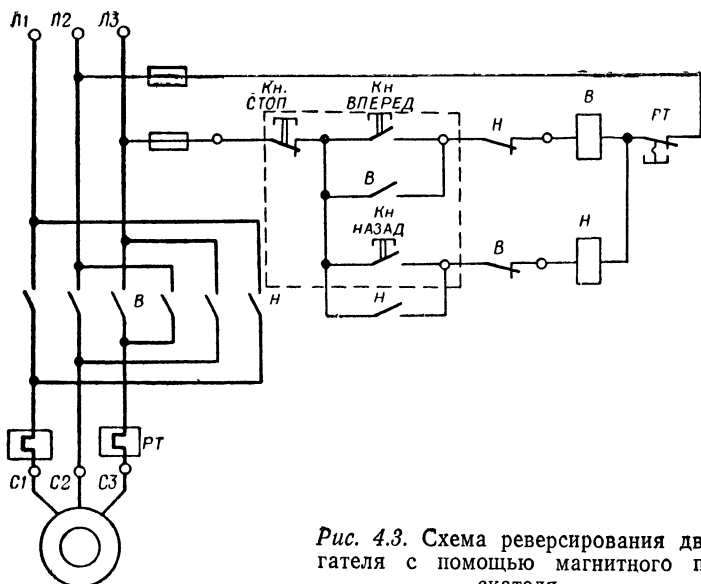


Рис. 4.3. Схема реверсирования двигателя с помощью магнитного пускателя

Управление двигателями небольшой мощности допускается осуществлять с помощью рубильников, пусковых ящиков (см. стр. 136), пакетных или кулачковых выключателей и переключателей (см. стр. 139). Для защиты двигателя при этом устанавливают предохранители (см. стр. 128).

Двигатели с фазным ротором

Двигатели с фазным ротором пускаются с помощью реостата, включенного в цепь ротора. Включение реостата в цепь ротора снижает пусковой ток, обеспечивает плавное увеличение оборотов при пуске и увеличивает пусковой момент двигателя.

В момент запуска щетки наложены и введено полное сопротивление реостата. По мере разворота двигателя сопротивление реостата выводится (уменьшается). После того, как реостат будет выведен полностью, кольца ротора двигателя закорачиваются и щетки с помощью специального устройства поднимаются (чтобы не истирались), а реостат возвращается в пусковое положение.

На крупных двигателях, где случайный пуск при закороченном роторе не допускается, выполняют блокировку, не позволяющую подать напряжение на двигатель при выведенном реостате.

Примечание. Пусковые реостаты не рассчитаны на длительное включение, и оставлять их включенными в промежуточном положении нельзя. Для двигателей, где требуется регулировка скорости (печатные машины и т. д.), применяются специальные пускорегулирующие реостаты, рассчитанные на длительное включение.

Изменение направления вращения двигателей

Для реверсирования трехфазных двигателей нужно поменять местами любые две фазы в цепи двигателя с помощью реверсив-

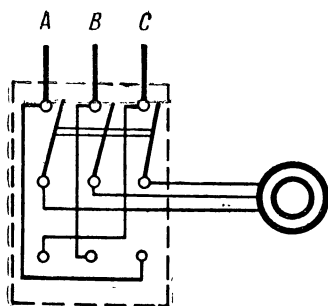


Рис. 4.4. Схема реверсирования двигателя с помощью переключателя

ного магнитного пускателя (см. рис. 4.3) или любого переключателя (рис. 4.4).

Реверсивные пускатели выполняются с электрической и механической блокировкой, предотвращающей короткое замыкание при одновременном нажатии кнопок «Вперед» и «Назад».

Защита двигателей

Для отключения электродвигателя при внутренних коротких замыканиях выполняется мгновенная защита с помощью плавких предохранителей во всех трех фазах.

Номинальный ток плавкой вставки выбирается с учетом пускового тока:

$$I_{п. вст.} = \frac{I_{пуск.}}{2,5}.$$

Типы и характеристики предохранителей см. стр. 141.

Для защиты от перегрузки предохранители мало эффективны. Как правило, в тех случаях, когда перегрузки возможны (например, у двигателей станков), необходимо выполнять защиту с помощью тепловых реле, встраиваемых в магнитные пускатели.

Номинальный ток тепловых элементов реле принимается равным току двигателя.

Защита от работы на двух фазах

Тепловые реле обеспечивают также защиту двигателя от работы на двух фазах.

При сгорании одного предохранителя или нарушении контакта в одной из фаз через двигатель начинает идти трехкратный ток, обмотка перегревается и двигатель выходит из строя. Статистика показывает, что более 75% сгоревших двигателей повреждены именно из-за работы на двух фазах.

Двигатель при включении на две фазы очень плохо разворачивается и сильно гудит, в этом случае его необходимо немедленно отключить от сети. Бывает и так, что напряжение в одной фазе исчезло во время работы двигателя. При этом он продолжает работать, но гудение значительно слабее, чем при запуске. Поэтому часто ненормальность не замечают до тех пор, пока из двигателя не пойдет дым, то есть пока он не выйдет из строя.

Для защиты от повреждений тепловые реле устанавливают в двух фазах.

4.2.1. Магнитные пускатели

Пускатели предназначены для дистанционного пуска, остановки и реверсирования асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а в исполнении с тепловым реле — также для защиты управляемых двигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве фазы.

Тепловые реле включаются в две фазы, что обеспечивает надежное отключение пускателя при любом из указанных ненормальных режимов.

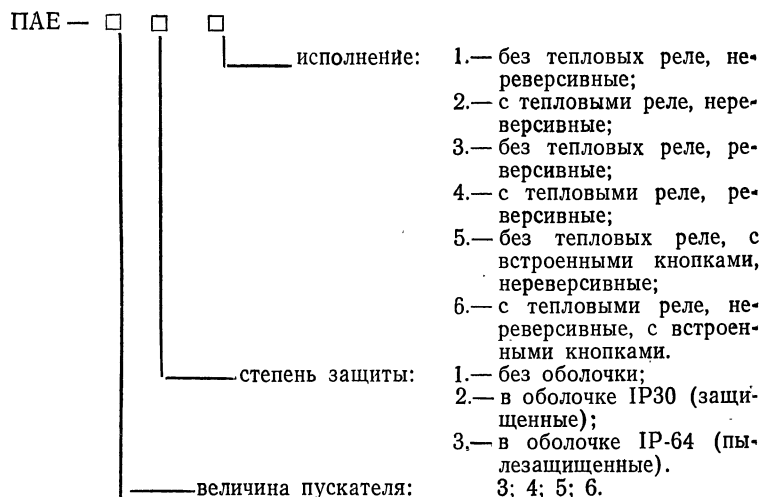
По исполнению пускатели подразделяются на:

- реверсивные и нереверсивные;
- открытого исполнения и в оболочке;
- с тепловыми реле и без них;
- с встроенными в оболочку кнопками и без них;
- с контактами вспомогательной цепи $2_3 + 2_p$ или $4_3 + 2_p$.

Реверсивные пускатели имеют либо только электрическую блокировку, либо электрическую и механическую блокировки.

Технические характеристики пускателей приведены в табл. 4.12. Исполнения пускателей условно указываются буквами и цифрами.

Структура обозначения наиболее распространенных пускателей ПАЕ:



Магнитные пускатели могут работать при температуре от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Рабочее положение — вертикальное, магнитной системой вверх. Отклонение от вертикали в любую сторону не более 5° .

Пускатели надежно включаются при напряжении от 0,85 до 1,1 номинального.

При исчезновении напряжения или снижении ниже 65% от номинального пускатель отключается и при восстановлении напряжения сам не включается, так как разомкнуты блок-контакты, шунтирующие кнопку «Пуск» (см. рис. 4.2). Этим осуществляется так называемая «нулевая защита» двигателей от самовключения. Для повторного включения необходимо нажать кнопку «Пуск».

Обмоточные данные катушек магнитных пускателей приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.12. Магнитные пускатели

Тип		Номинальный ток, А	Мощность двигателя с короткозамкнутым ротором для напряжения 380 В, кВт	Примечание
перевёр-сивные	ревер-сивные			
1	2	3	4	5
ПМЛ-1100 1200	ПМЛ-1500 1600	10	4	Втягивающие катушки на 24, 36, 48, 127, 220, 380 В
ПМЛ-2100 2200	ПМЛ-2500 2600	25	11	
ПМЛ-3100 3200	ПМЛ-3500 3600	40	18,5	
ПМЛ-4100 4200	ПМЛ-4500 4600	63	30	
ПМЛ-5100 5200	ПМЛ-5500 5600	80	37	
ПМЛ-6100 6200	ПМЛ-6500 6600	125	55	
ПМЛ-7100 7200	ПМЛ-7500 7600	200	90	
ПМЕ-022	—	4	2	
ПМЕ-052	ПМЕ-054	4	2	
ПМЕ-082	ПМЕ-084	4	2	
ПМЕ-011M	—	10	4	
ПМЕ-012M	—	10	4	
ПМЕ-013M	—	10	4	
ПМЕ-112	ПМЕ-114	10	4	
ПМЕ-212	ПМЕ-214	25	12,5	

1	2	3	4	5
П6-122	П6-123	10	4	С тепловыми реле ТРН-8 и ТРН-10 от 0,5 до 10 А. Реверсивные пускатели без тепловых реле.
П6-132	П6-133	10	4	
ПАЕ-322	ПАЕ-324	40	17	С тепловыми реле ТРН-40 на ток 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 А
ПАЕ-422	ПАЕ-424	63	30	С тепловыми реле ТРП-60 на ток 20; 25; 30; 40; 60 А
ПАЕ-522	ПАЕ-524	110	55	С тепловыми реле ТРП-150 на ток 60; 80; 100; 120 А
ПАЕ-652	ПАЕ-654	160	75	С тепловыми реле ТРП-150 на ток 80; 100; 120; 150 А.
ПМА-6100	ПМА-6400			Нереверсивные пускатели ПАЕ всех величин выпускаются также с кнопками «Пуск» и «Стоп», встроенными в оболочку пускателя
ПМА-6200	ПМА-6500	150	75	
ПМА-6300	ПМА-6600			
				Выпускаются на напряжение 380 В и на 660 В

Взрывобезопасные

ПМ712А-25	—	25	13	Погружены в масло. Кнопка — в корпусе пускателя. Тепловые реле на ток 1,5; 2,5; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25 А
ПМ712А-100	—	100	55	
ПМ722А-25	—	25	13	То же. Тепловые реле на ток 30; 35; 42; 50; 60; 72; 85; 100 А
ПМ722А-100	—	100	55	
				То же, без тепловых реле

Ручные пускатели

П190	—	6	3	Допускает до 30 включений и отключений в час. Тепловые расцепители на ток 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6 А
------	---	---	---	---

**Таблица 4.13. Обмоточные данные катушек
магнитных пускателей**

Тип пускателя	Напряже- ние, В	Диаметр провода ПЭВ-2, мм	Число витков	Сопротив- ление, Ом ± 10%	Примечание
1	2	3	4	5	6
ПМЕ-100	380	0,11	7120	—	
	220	0,15	4150	—	
ПМЕ-200	380	0,18	4660	365	
	220	0,23	2700	130	
П6	380	0,1	7850	—	
	220	0,14	4400	—	
ПАЕ-300	380	0,2	3680	284	
	220	0,27	2130	91	
ПАЕ-400	380	0,27	2760	166	
	220	0,35	1600	56	
ПАЕ-500	380	0,35	2070	79	
	220	0,49	1200	24	
ПАЕ-600	380	0,47	1540	43	
	220	0,62	890	9,6	
П-200	380	0,15	4350	470	
	220	0,2	2500	170	
П-300	380	0,23	3380	53	
	220	0,29	1950	18	
П-400	380	0,47	1470	28	
	220	0,64	850	9,5	
П-500	380	0,64	1200	26	
	220	0,86	700	15	

Снимаются с
производства

**Таблица 4.14. Кнопки, кнопочные посты;
кнопочные выключатели**

Наименование	Тип	Номиналь. напряж., В	Рабочий ток, А при напр., В			Примечание
			660	380	220	
1	2	3	4	5	6	7
Выключатели кно- почные	ВК14-21	660	10	15	35	Контакты: 2 разм. или 2 зам. или 1 разм.+1 за- мык. То же
Кнопки со съем- ными крышками для шкафов	КЕ	500	—	12	—	

1	2	3	4	5	6	7
Пост управления кнопочный	ПКЕ	500	—	10	—	Одно-, двух- и трехкнопоч- ные
Кнопочный пост управления, взры- возащищенный	КУ-91-ВЗГ КУ-92-ВЗГ КУ-93-ВЗГ	380	—	10	—	Одно-, двух- и трехкнопочные для взрыво- опасных зон
То же, рудничный	КУ-91-РВ1В КУ-92-РВ1В КУ-93-РВ1В	60	—	10	—	То же, для установки в угольных и сланцевых шах- тах, опасных по газу и пыли
То же, маслосна- бленный	КУ-700/2 КУ-700/3	50	—	10	—	С рукояткой для двух- и трехкнопочных элементов

4.2.2. Тепловые реле

Тепловые реле предназначены, главным образом, для защиты короткозамкнутых асинхронных двигателей от перегрузки. От коротких замыканий реле не защищает.

Тепловые реле выполняются с температурной компенсацией, поэтому ток уставки мало зависит от температуры внешней среды. Тепловые реле используются в комплектных устройствах станций управления и встраиваются в магнитные пускатели.

При протекании тока выше допустимого биметаллическая пластинка теплового реле изгибается от нагрева и размыкает контакт в цепи катушки магнитного пускателя (см. рис. 4.2). Катушка обесточивается, и пускатель отключается.

Номинальный ток тепловых элементов реле принимается равным току двигателя.

Уставки реле можно регулировать в пределах $-25\% + 30\%$ от номинального тока для реле ТРН и $\pm 15\%$ для реле РТТМ.

Реле не срабатывают при длительном протекании тока уставки и срабатывают в течение 20 минут при увеличении тока на 20—30%.

Реле ТРН имеет кнопку ручного возврата и после срабатывания автоматически не включаются.

Тепловые элементы состоят из термобиметаллической пластины и расположенного под ней сменного нагревателя (за исключением ТРН-10А, у которого нагреватели несменные) и системы контактов. Типы и технические данные тепловых реле приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15. Тепловые реле

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток тепловых элементов, А	Примечания
1	2	3	4
ТРН-10А	3,2	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2	Двухполюсные. Рассчитаны для встраивания в магнитные пускатели ПМЕ и ПА-300 (ПАЕ-300)
ТРН-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,5; 6,3; 8; 10	Номинальное напряжение до 500 В. Применимы для работы при температуре воздуха от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$
ТРН-25	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	
ТРН-40	40	12,5; 16; 20; 25; 32; 40	
РТЛ-1000—04	25	0,17; 0,26; 0,4; 0,65; 1,0; 1,6; 2,6; 4; 6; 8; 10; 14; 19; 25	Номинальное напряжение 660 В. Рабочее положение — на вертикальной плоскости крышкой вверх
РТЛ-2000—04	80	30; 40; 50; 57; 66; 80	Допустимо отклонение в любую сторону до 15° . Температура окружающей среды от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Ток уставки (ток несрабатывания) регулируется в пределах $0,6 \div 1$ номинального тока нагревательного элемента
РТЛ-3000—04	200	105; 125; 160; 200	
РТТМ-12	10	0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8,0; 10,0	Трехполюсные. Номинальное напряжение 500 В. Рассчитаны для встраивания в магнитные пускатели ПМС и в комплектные устройства управления электродвигателями. Применимы для работы при температуре воздуха от -30°C до $+45^{\circ}\text{C}$

1	2	3	4
РТТМ-22	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
РТТМ-32	160	63; 80; 100; 125; 160	
РТТМ-42	630	100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630	
ТРТП-11	8	1,75; 2,5; 3,5; 5; 7	Однополюсные. Номинальное напряжение 380 В. Могут применять- ся в установках 500 В. Реле устанавливаются вертикально зажимами цепи управления вниз. Расстояние между двумя реле д. б. не менее 100 мм. Реле изготавливаются откалиброванными. Раз- борка и сборка реле в эксплуатации не допу- скается. Реле должно присоединяться в цепь главного тока проводни- ками длиной не менее 1,5 м
ТРТП-12		9; 11,5;	
ТРТП-13		14,5; 18; 22; 28; 35; 45; 56; 71; 90	
ТРТП-14		110; 140	
ТРТП-15		155; 190; 230; 285; 360; 450; 550	
ТРП-150	150	50; 60; 80; 100; 150	

4.2.3. Рубильники.

Блоки предохранитель-выключатель

Рубильники предназначены для нечастого (до 6 операций в час) включения и отключения вручную силовых цепей напряжением до 660 В переменного и до 440 В постоянного тока.

Рубильники выпускаются включающего (Р) и переключающего типа (РП).

Тип исполнения рубильников обозначается буквами (Р) или (РП) и цифрами:

Р □ □ — □ □ □ — □ □ □ □.

Первые две цифры после букв обозначают вид рукоятки: 11 — боковая несъемная; 15 — боковая вынесенная несъемная; 16 — боковая вынесенная съемная в положении «откл.»; 19 — передняя

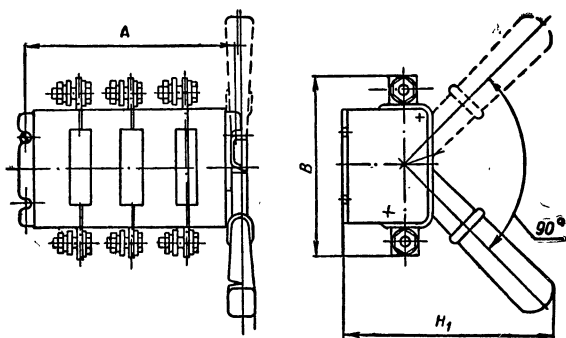


Рис. 4.5. Рубильник включающий серии Р

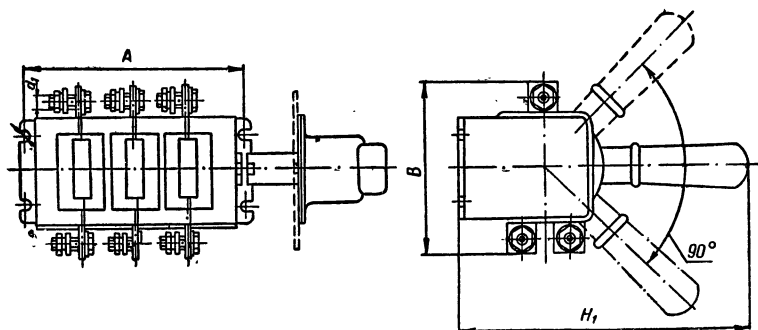


Рис. 4.6. Рубильник, переключающий серии РП

несъемная; 20 — рычаг для управления штангой; 26 — без рукоятки.

Следующие после разделительного знака «—» цифры обозначают: первые две — условно величину номинального тока (30—80 А; 31—100 А; 34—200 А; 35—250 А; 36—320 А; 37—400 А; 39—630 А), а третья цифра — количество полюсов (1, 2 или 3).

Четыре цифры после второго разделительного знака «—» показывают модификации исполнения.

Рубильники выпускаются со степенью защиты IP00 и IP32 и устанавливаются так, чтобы ножи располагались вертикально. Температура окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$.

Рубильники на 380 В выпускаются с дугогасительными камерами и без них, а на 660 В — только с дугогасительными камерами. Величина коммутируемого переменного тока для разных типов исполнений указана в табл. 4.16.

В цепях постоянного тока 440 В рубильники на 100 и 250 А допускают включение тока, равного $1,5I_n$. Для закрытых рубильников со степенью защиты IP32 и IP54 величина коммутируемого тока снижается на 20%.

Основные типы включающих и переключающих рубильников и их технические данные приведены на рис. 4.5, 4.6 и в табл. 4.16.

Блок предохранитель-выключатель

Блок предназначен для нечастых (до 6—10 операций в час) включений и отключений и защиты от перегрузки и короткого замыкания цепей напряжением до 380 В.

В качестве отключающих элементов используются предохранители с закрытым патроном, закрепленные на traversе, приводимой в движение боковой рукояткой (рис. 4.7). Рукоятка может сниматься в выключенном положении для безопасности ремонтных работ.

Рукоятка может сниматься в выключенном положении для безопасности ремонтных работ.

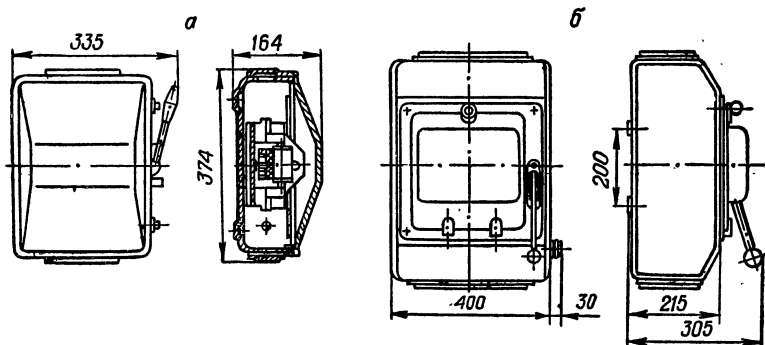


Рис. 4.7. Блок предохранитель-выключатель
а — силовой ящик ЯБПВУ-1М; б — силовой ящик ЯБПВУ-4

Вместо блоков БПВ с предохранителями ПР освоен выпуск блоков ЯБПВУ с предохранителями ПН2.

В отключенном положении траверса фиксируется, что обеспечивает безопасность замены плавких вставок. Съем патрона возможен только в выключенном положении.

Типы силовых ящиков (блоков) и их технические данные приведены в табл. 4.17. Исполнение блоков IP54.

Таблица 4.16. Рубильники

Серия	Номинальный ток, А	Включаемый и отключаемый ток, А		Размеры		
		с дугогасительными камерами	без дугогасительных камер	А	В	Н ₁
Р (РП) -303	80	100/100	30/—	161	138; 156; 174;	165
Р (РП) -313	100				140; 153; 166	230
Р (РП) -343	200	250/250	75/—	184	178; 197; 216;	198
Р (РП) -353	250				164; 179; 194	270
Р (РП) -363	320	400/400	40/—	234	214; 234; 254;	232
Р (РП) -373	400				208; 228; 248	330
Р (РП) -383	500	630/630	63/—	270	274; 308; 342;	285
Р (РП) -393	630				255; 289; 323	374

Примечания: 1. В графе «Включаемый и отключаемый ток» числа в числителе — для напряжения 380 В; в знаменателе — для 660 В. 2. В графах «В» и «Н₁» числа в числителе — для включающих рубильников, в знаменателе — для переключающих. 3. В графе «В» три числа даны для разных модификаций по расположению присоединительной плоскости контактов.

Таблица 4.17. Силовые ящики (блоки)

Тип	Номинальный ток, А	Токи плавкой вставки, А	Размеры, мм		
			ширина	высота	глубина
ЯБПВУ-1М	100	100	335	374	164
ЯБПВУ-4	315	400	400	615	215
То же	250	315	400	615	215

Таблица 4.18. Пакетные и кулачковые выключатели и переключатели

Наименование	Тип	Номинальн. напря- жен., В	Номи- нальн. ток, А	Число полюсов	Число пакетов секций	Назначение и характеристика
1	2	3	4	5	6	7
Выключатель па- кетный	ПВ	380	6; 16; 40; 63; 160; 250	1, 2, 3	До 6	Для использования в качестве вводных выключателей, распределения энергии в сетях до 400 Гц и ручного управления асинхронными двигателями. Число цепей до 4. Число положений от 2 до 4. Исполнение открытое IP00, защищенное IP30, брызгозащищенное IP56 и водозащищенное IP67
	ГПВ					
Переключатель па- кетный	ПВП11-39	380	100	1, 2, 3	1—5	Для управления асинхронными двигателями и переключения в цепях управления. Число цепей — от 1 до 10; число положений от 2 до 8. Исполнение открытое IP00.
То же	ПКП-25	380	25	1, 2, 3	1—8	Для управления асинхронными двигателями (ПКП-25 и ПКП-63) и переключения в цепях управления. Число цепей до 16; число положений рукоятки от 2 до 4. Исполнение открытое IP00 и в оболочке, защищенное IP30 и брызгозащищенное IP54
	ПКП-40		40			
	ПКП-63		63			
	ПКП-100		100			
	ПКП-160		160			
Переключатель	ПУ11-21	380 220	6 10	1	1—2	Для переключения мощности электронагревательных приборов
	ПУ11-25	380 220	16 25			Число переключаемых цепей 2 или 4

1	2	3	4	5	6	7
Переключатель кулачковый универсальный	ПКУЗ	500	10	—	До 16 секций	Для переключения в цепях управления, управления многоскоростными асинхронными двигателями и в качестве вольтметровых переключателей. Число цепей до 32. Число положений рукоятки до 8. Исполнения открытое IP00; защищенное IP30; брызгозащищенное IP54; водозащищенное IP65
Пакетный переключатель	ПП ГПП ¹	380	10; 25; 63; 100; 250; 400	1, 2, 3		Для переключения электрических цепей частотой до 400 Гц Число цепей до 4. Число положений рукоятки от 2 до 4. Исполнение открытое IP00, защищенное IP30, брызгозащищенное IP56 и водозащищенное IP67
Универсальный переключатель	УП-5300	500	20	—	До 16 секций	То же, что ПКУЗ. Число цепей до 32. Число положений рукоятки до 8

¹ Герметизированные пакетные выключатели и переключатели, ранее выпускавшиеся под названием ГПВ и ГПП, в настоящее время выпускаются под названием ППВ и ППП в исполнении IP54 и IP67.

4.2.4. Предохранители

Плавкие предохранители предназначены для быстрого отключения тока при коротких замыканиях. Они служат также для защиты проводов от перегрузок.

В связи с ростом энергетических мощностей, повышением единичной мощности трансформаторов необходимо применять засыпные предохранители заводского изготовления, обладающие повышенной разрывной мощностью. В установках малой мощности применяются пробочные предохранители со сменяемой плавкой вставкой.

Основные типы предохранителей приведены в табл. 4.19.

Находящиеся в эксплуатации предохранители старых типов открытого исполнения необходимо постепенно заменять, в первую очередь, в установках, где увеличивается мощность трансформаторов. Диаметр проволоки для изготовления плавких вставок к находящимся в эксплуатации трубчатым предохранителям старых типов и для восстановления перегоревших плавких вставок приведен в табл. 4.20.

Перезарядка предохранителей ПН-2

Предохранители с закрытым патроном с наполнителем допускают многократную перезарядку после срабатывания. При перезарядке необходимо применять сменные плавкие вставки, изготовленные из медной ленты по образцу заводских.

Для досыпки или замены наполнителя применяется чистый кварцевый песок без посторонних примесей (металлической стружки, глины и т. п.).

Порядок разборки сработавшего патрона:

1. Отвинтить винты и снять крышки, не повреждая асбестовую прокладку и фарфоровой трубки, и высыпать песок.
2. Очистить внутреннюю полость трубки, зачистить напильником контактную поверхность шайбы от остатков плавкой вставки.

Сборка предохранителя

1. Приварить или припаять плавкую вставку к одной контактной шайбе, а потом — к другой. Перед припайкой выводы вставки облудить.

2. Надеть одну крышку с асбестовой прокладкой на контактный узел и закрепить винтами.

3. Поместить собранный узел в трубку и плотно привинтить крышку к трубке винтами.

4. Перевернуть патрон на 180° и засыпать доверху сухим кварцевым песком. Засыпку нужно проводить порциями, периодически ударяя деревяшкой по патрону, чтобы утрясти песок до тех пор, пока уровень его перестанет снижаться.

Примечание. Перед перезарядкой патронов кварцевый песок необходимо просушить при температуре 105—130°C.

5. Надеть вторую крышку с асбестовой прокладкой и привернуть к трубке винтами.

При надевании крышек нужно следить за плотностью их прилегания, чтобы песок не высыпался.

Таблица 4.19. Предохранители

Тип	Номиналь- ный ток основания, А	Номинальный ток плавких вставок, А	Тип резьбы для пробоч- ных пре- дохра- нителей	Примечание
1	2	3	4	5
ПП31-29	63	32; 40; 50; 63	—	Для сетей до 660 В. Выпускаются с указате- лями срабатывания и без них Установка и извлечение плавкой вставки произ- водятся специальной ру- кояткой при снятом на- пряжении Расположение вертикаль- ное и горизонтальное
ПП31-33	160	50; 63; 80; 100; 160	—	
ПП31-35	250	125; 160; 200; 250	—	
ПП31-39	630	200; 250; 320; 400; 500; 630	—	
ПН2-100	100	30; 40; 50; 60; 80; 100	—	Для сетей 380 В. Выпускаются с указате- лем срабатывания и без него
ПН2-250	250	80; 100; 120; 150; 200; 250	—	
ПН2-400	400	200; 250; 300; 350; 400	—	
ПН2-600	600	300; 400; 500; 600	—	
ПП23-2512	25	2; 4; 6; 10; 16; 20; 25	E16	Для сетей до 660 В. Пробочные со сменяемой плавкой вставкой Плавкие вставки инер- ционного типа «И» — на все токи. Плавкие встав- ки быстродействующие типа «Б» на токи 16—25 А к предохраните- лям ПП23 и от 2 до 100 А — к предохраните- лям ПП24. Плавкие вставки токоограничива- ющие, сверхбыстродей- ствующие типа «Сб» на токи 16—100 А к предо- хранителям ПП24 для защиты полупроводни- ковых приборов
ПП24-2512	25	То же	Ц27	
ПП24-2912	63	25; 35; 50; 63	Ц33	
ПП24-3112	100	63; 80; 100	P1 ^{1/4} ''	

1	2	3	4	5
ПП22-2913	63	25; 40; 63	—	Для установки на опорах ВЛ-380 В с указателями срабатывания. Рабочее положение вертикальное
ПРС-6 ÷ 100	6; 25; 63; 100	1; 2; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 40; 63; 80; 100	—	Для сетей до 500 В переменного и 440 В постоянного тока. Резьбовые с передним и задним присоединением
ПДС-I ÷ VI	6; 20; 63; 125; 225; 350	1; 2; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 225; 260; 300; 350	—	
ПР-2	15; 60; 100; 200	2; 4; 6; 10; 15; 20; 25; 40; 60; 50; 80; 100; 150; 200		Для сетей до 550 В переменного тока

**Таблица 4.20. Диаметр медной проволоки
для пробочных и трубчатых предохранителей**

Диаметр, мм	Номинальный ток предохра- нителя, А	Примечания
0,1	4	1. Плавкая вставка не должна сгорать в течение одного часа при токе, равном 1,4 номинального. При токе, равном 1,75 номинального, вставка должна перегореть в течение часа. 2. Для больших токов необходимо соединять параллельно несколько одинаковых проволок диаметром до 1,2 мм, не скручивая их.
0,25	6	
0,33	10	
0,47	15	
0,55	20	
0,64	25	
0,83	35	
1,2	60	

4.2.5. Автоматические выключатели

Для нечастого оперативного включения, отключения и защиты от короткого замыкания и перегрузки отходящих линий на щитах и ответвлениях от шинопроводов, а также для пуска, остановки и защиты электродвигателей с короткозамкнутым ротором применяются автоматические выключатели (автоматы). Автоматы допускают до 6—10 (выключатели серии АЕ2000 — до 30) включений и отключений в час вручную под нагрузкой.

Для гашения дуги предусмотрены съемные дугогасительные камеры, расположенные над контактами каждого полюса. В камере происходит дробление дуги стальными пластинками, что облегчает ее гашение.

Защита осуществляется с помощью максимальных, комбинированных или тепловых расцепителей.

Максимальный расцепитель представляет собой электромагнитное реле, которое мгновенно отключает автомат при токах, равных или превышающих уставку.

Комбинированный максимальный расцепитель предназначен для отключения линии при перегрузках и представляет собой электромагнитное реле с гидравлическим замедлением. Замедлитель обеспечивает обратно зависимую от тока выдержку времени срабатывания — чем больше ток перегрузки, тем быстрее отключается автомат. Комбинированный расцепитель мгновенно отключает цепь при токах, превышающих уставку мгновенного срабатывания (отсечка).

Тепловые расцепители представляют собой тепловое реле, отключающее цепь при перегрузках. Тепловые расцепители и тепловые элементы комбинированных расцепителей при температуре окружающего воздуха 20°C не срабатывают при величине тока, равной 1,1 номинального тока расцепителя, и надежно срабатывают в течение не более 1 часа при величине 1,3—1,45 номинального тока расцепителя.

Некоторые типы автоматических выключателей снабжены **независимыми расцепителями** для дистанционного отключения, представляющими собой электромагнит, срабатывающий при подаче напряжения на его катушку.

Автоматические выключатели снабжены вспомогательными контактами, связанными с траверсой и предназначенными для включения в цепь автоматики, сигнализации и блокировки.

Автоматические выключатели должны устанавливаться вертикально, зажимами неподвижных контактов вверх. Допускается горизонтальное положение автомата («на боку») — зажимами неподвижных контактов влево. Для безопасного выполнения ремонтов автоматических выключателей и подключенных к ним линий перед одиночными автоматами или перед группой автоматов, установленных на щите, должен предусматриваться рубильник или другой отключающий аппарат. Технические характеристики автоматических выключателей приведены в табл. 4.21.

Структура обозначения автоматических выключателей АЕ-20

АЕ-20 □ □ — □ □

— условное обозначение дополнительных расцепителей: 0 — без дополнительных расцепителей; 1 — минимальный расцепитель напряжения; 2 — независимый расцепитель; 3 — минимальный расцепитель и независимый расцепитель.

— наличие свободных вспомогательных контактов: 1 — без свободных вспомогательных контактов; 2 — один замыкающий контакт (1з); 3 — один размыкающий контакт (1р); 4 — 1з + 1р

— обозначение числа полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока: 1, 2, 3 — одно-, двух- или трехполюсные с электромагнитными расцепителями; 4, 5, 6 — одно-, двух- или трехполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями; 7 — четырехполюсные с электромагнитными расцепителями; 8 — четырехполюсные с электромагнитными и тепловыми расцепителями.

— величина выключателя по номинальному току: 1-10А; 3-25А; 4-63А; 5-100А.

Таблица 4.21. Автоматические выключатели

Тип исполне- ние выключа- теля	Номинальное напряжение, В	Число полюсов	Номинальный ток, А	Номинальный ток расцепи- теля, А	Примечание
1	2	3	4	5	6
А3711Ф А3715Ф А3712Ф А3716Ф	500	2 3	160	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	Буква «Ф» обозначает исполнение в фенопла- стовом корпусе Третья цифра 1, 2 или 3 в обозначении типа ука- зывает величину выклю- чателя по номинальному току: 1-160А; 2-250А; 3-630А

Продолжение табл. 4.21

1	2	3	4	5	6
A3721Ф A3725Ф A3722Ф A3726Ф	500	2 — 3	250	160; 200	Включение производится поворотом рукоятки по часовой стрелке. Отключение — поворотом рукоятки против часовой стрелки или под действием пружины при работе расцепителей. Автоматы могут поставляться с электромагнитным приводом для дистанционного включения и с нулевым и независимым расцепителем
A3731Ф A3735Ф A3732Ф A3736Ф	500	2 — 3	630	250; 320; 400	
AE2013 AE2016	380	3	10	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4,5; 6; 8; 10	Включение производится поворотом рукоятки вверх (положение «1»). Отключение — поворотом рукоятки вниз (положение «0»)
AE2015		2			
AE2033 AE2036	500	3	25	0,6 ÷ 10; 12,5; 16; 20; 25	Четвертая цифра в типе выключателя обозначает вид максимального расцепителя: 1, 2, 3, 7 — электромагнитный; 4, 5, 6, 8 — электромагнитный и тепловой расцепители. Выключатели могут поставляться с минимальным (нулевым) расцепителем и с независимым расцепителем
AE2035		2			
AE2031 AE2034	380	1			
AE2043 AE2046	500	3	63	10 ÷ 25; 32; 40; 50; 63	
AE2045		2			
AE2041	380	—			
AE2044		1			
AE2057 AE2058	500	4	100	16 ÷ 63; 80; 100	
AE2053		3			
AE2056		—			
AE2055		2			

1	2	3	4	5	6
BA12-29320 BA12-29321 BA12-29322	660	3	63	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	Третья цифра после дефиса в обозначении выключателя: число фаз. Четвертая цифра: 2 — расцепители мгновенного действия; 3 — комбинированные расцепители. Пятая цифра: 0 — без дополнительных расцепителей; 1 — свободные контакты; 2 — независимый расцепитель и свободные контакты
BA12-29220 BA12-29221 BA12-29222		2			
BA12-29330 BA12-29331 BA12-29332 BA12-29230 BA12-29231 BA12-29232	660	3	63	0,6 ÷ 50	
		2			
AK50-2МГ AK50-2М AK50-3М	400	2	50	0,6 ÷ 50	МГ — электромагнитный расцепитель с гидравлическим замедлителем. М — то же, без замедлителя срабатывания. Выпускается модификация для повышенной частоты 400 Гц: АК50-400-2М и АК50-400-3М. Выпускается модификация без расцепителей АК50-2, АК50-3, рабочее положение вертикальное, с отклонением 15° в любую сторону, надписью «1» (вкл.) — вверх. Выпускается модификация в металлической оболочке (IP54)
		3			
АП50Б	400	3 2	50	1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 50	Выпускаются с электромагнитными и тепловыми расцепителями (МТ), тепловыми (Т) или электромагнитными (М).
AE1031-1 AE1031-2 AE1031-3	240	1	25	6; 10; 16; 20; 25	Цифры после разделительного знака указывают вид максимального расцепителя: 1 — комбинированный; 2 — тепловой; 3 — электромагнитный расцепитель

1	2	3	4	5	6
					Рабочее положение — вертикальное, с отклонением 10° в любую сторону; надписью «1» — вверх. Допускается поворот на 90° в вертикальной плоскости вправо или влево (расположение на боку)
A63-МГ A63-М A63-МТ	240	1	25	0,63—25	МГ — электромагнитный расцепитель с гидравлическим замедлением; МТ — электромагнитный и тепловой расцепитель; М — электромагнитный расцепитель без гидравлического замедления. Рабочее положение A63-МГ вертикальное, надписью «1» (вкл.) — вверх. A63М и МТ могут быть расположены «на боку»
АБ-25 М	220	1	16; 20; 25	—	
АВ-2-А	250	1	2,5	—	Пневматический, кнопочный, для скрытой проводки. Для включения и автоматического отключения электроосвещения. Выдержка времени регулируется от 1,5 до 3 мин

4.2.6. Путевые (конечные) выключатели

В схемах автоматического управления электроприводом в зависимости от положения элементов (задвижек в трубопроводных сетях, заслонок, инструмента на станках, движущихся деталей точно-транспортных устройств и т. п.), а также в схемах сигнализации и блокировки применяют путевые (конечные) выключатели. При заданном положении контролируемого элемента происходит

механическое воздействие на шток, рычаг или толкатель выключателя и соответствующее замыкание или размыкание его контактов.

Типы и данные путевых выключателей указаны в табл. 4.22.

Таблица 4.22. Путевые (конечные) выключатели

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Характеристика
ВК200	500	4	Исполнение IP54
ВК300	500	6	Исполнение IP67
ВП61-19	380	6	Исполнение IP00. Привод — толкатель
ВПК1000	380	4	На базе микропереключателей. Привод — толкатель, толкатель с роликом, рычаг с роликом
КУ-700А	380	10	Привод — рычаг с роликом, пластинчатый рычаг, груз с противовесом, 2 рычага с роликами
ВПВ	660	10	Взрывонепроницаемый. Привод — толкатель с роликом, рычаг с роликом, трос, педаль
ВКМ-ВЗГ	380	2,5	Взрывозащищенный. Привод — толкатель или рычаг с роликом
ВП-701	380	3	Взрывозащищенный, на базе микропереключателей. Привод — рычаги

4.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПУСКРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Во время приемки в эксплуатацию новых или вышедших из капитального ремонта электродвигателей производится наружный осмотр всей установки, проверяются правильность соединений, плотность контактов, наличие и качественное выполнение зануления и заземления.

Сопротивление изоляции всех обмоток двигателей испытывается с помощью мегомметра на 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм при температуре $10 \div 30^\circ\text{C}$.

При отсутствии явных дефектов двигатель включают вхолостую под напряжение и проверяют, нет ли ненормального шума, заедания вращающихся частей, нагрева подшипников и всего двигателя. При ненормальном запуске и гудении двигателя проверяют наличие всех трех фаз (целость предохранителей и отсутствие обрыва в цепи до выводов двигателя). Если все три фазы напряжения по-

даны к двигателю, необходимо проверить правильность соединения выводов обмотки статора. В звезду соединяются либо три начала обмоток, либо три конца их. Наиболее простой способ определения начала и конца обмоток следующий:

1. С помощью мегомметра или путем прозвонки находят и отделяют друг от друга выводы обмоток разных фаз.

2. В одной фазе принимают один (любой) вывод за начало и навешивают бирку «С1». Второй вывод этой фазы будет концом, и на него навешивают бирку «С4».

3. Присоединяют к выводу «С4» любой вывод второй фазы, а к концам третьей фазы — вольтметр переменного тока (рис. 4.8).

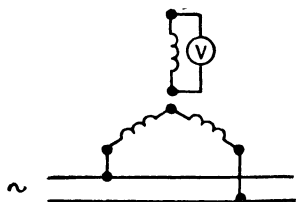


Рис. 4.8. Определение выводов обмотки статора электродвигателя

4. Подают напряжение 120—220 В к выводу «С1» и свободно-му концу второй фазы. При этом, если соединены между собой концы обмоток первой и второй фаз, вольтметр покажет напряжение, близкое к нулю. Если к концу «С4» присоединено начало второй фазы, в третьей фазе будет индуцироваться напряжение и вольтметр покажет примерно половинное напряжение сети. Таким образом определяют начало и конец второй фазы и навешивают соответственно бирки «С2» и «С5».

5. Отсоединяют от вывода «С4» вторую фазу (выводы которой уже определили) и присоединяют к нему любой вывод третьей фазы. Аналогично предыдущему, подают напряжение на концы «С1» и вывод третьей фазы. По показанию вольтметра определяют выводы третьей фазы и навешивают бирки «С3» и «С6». Для соединения в звезду объединяют выводы «С1», «С2» и «С3» или «С4», «С5» и «С6».

При отсутствии вольтметра можно пользоваться электрической лампой на 127 В.

После устранения выявленных дефектов, наладки механической части и проверки работы двигателя под нагрузкой он включается в эксплуатацию.

Для того, чтобы обеспечить надежную работу электропривода в процессе эксплуатации, необходимо систематически наблюдать за двигателями и всей связанной с ними аппаратурой, регулярно проводить планово-предупредительный ремонт. Оборудование нужно осматривать ежедневно, чтобы своевременно выявлять и устранять мелкие неисправности (нарушение контакта, недостаток смазки и т. п.), обнаруживать недопустимые перегревы и вибрацию машин. Весь ремонт производится, как правило, при обесточенном оборудовании, с соблюдением правил безопасности.

Основные неисправности и способы их устранения приведены в табл. 4.23.

**Таблица 4.23. Основные неисправности
асинхронных двигателей**

Род неисправности	Причина неисправности	Способ устранения
1	2	3
1. Перегрев всего железа и обмотки статора. При длительном включении чувствуется запах перегретой изоляции, из двигателя идет дым	Напряжение двигателя не соответствует напряжению сети или двигатель включен на «треугольник» вместо «звезды»	а) Заменить двигатель на соответствующий напряжению сети б) Переключить двигатель с «треугольника» на «звезду»
2. Перегрев всей обмотки статора	а) Перегрузка двигателя б) Занижено напряжение сети по сравнению с номинальным	а) Разгрузить машину или устранить заедание, если оно вызвало перегрузку б) Разгрузить машину и принять меры к повышению напряжения сети
3. Перегрев отдельных участков обмотки статора. Машина гудит и развивает пониженный крутящий момент. При витковом замыкании чувствуется запах перегретой изоляции	а) Витковое замыкание б) Перевернута одна фаза (неправильно соединены концы)	а) Разобрать двигатель, устранить замыкание, если оно произошло в лобовых частях, или вырезать поврежденную секцию, если замыкание внутри паза б) Пересоединить выводы. Способ определения см. стр. 150.
4. Перегрев статора. Двигатель гудит, под нагрузкой плохо идет в ход или вовсе не разворачивается	Двигатель работает на двух фазах	Проверить целость предохранителей и всей цепи питания двигателя. Немедленно отключить от сети во избежание выхода из строя двигателя, так как на двух фазах он потребляет повышенный ток
5. Перегрев ротора. Двигатель гудит, под нагрузкой плохо идет в ход. Ток в статоре сильно пульсирует	Нарушение контакта в цепи ротора или разрыв стержней беличьей клетки	Устранить нарушение контакта в пайках, соединении с кольцами, щетками или в короткозамыкателе и роторе

1	2	3
6. Двигатель работает с половинной скоростью и сильно гудит, особенно при пуске	Обрыв в одной фазе ротора	Найти и устранить место обрыва (чаще всего в пусковом реостате) или неплотное прилегание щетки на кольцо
7. Задевание ротора за статор, шум и вибрация	Порча подшипников	Заменить подшипники

Устранение междуфазных и витковых замыканий

При междуфазных замыканиях место повреждения часто оказывается в пазу или на лобовых частях. При этом поврежденными бывают только две секции разных фаз. Вся остальная обмотка остается целой. В этих случаях ремонт может быть выполнен путем вырезания поврежденных секций. Провода этих секций перерезаются кусачками на лобовых частях и осторожно, чтобы не повредить соседние секции, вытаскиваются из пазов. Брызги и наплавления меди счищаются. Провода, подходившие к вырезанной секции, соединяются, заизолировываются и укрепляются на лобовых частях. То же делается и в другой фазе. Можно вырезать не более 10—12% всех секций одной фазы. Возникающая при этом несимметрия токов и магнитных полей допускается. Она проявляется в виде повышенного гудения и вибрации двигателя.

При выполнении ремонта необходимо следить за правильностью соединения (путем прозвонки), не допуская ошибочного соединения между собой концов секции разных фаз. Аналогичным способом вырезаются секции с витковым замыканием (обычно обуглены одна-две секции одной фазы или часть проводов одной секции).

После проверки изоляции между фазами и на корпус двигатель включается в работу.

Определение параметров асинхронного двигателя при отсутствии паспорта

Простой и достаточно точный способ определения номинального тока и мощности двигателя при отсутствии паспорта описан в статье Г. Г. Лебедева (журнал «Промышленная энергетика», 1981, № 2).

Включив электродвигатель холостую в сеть 380 В, определяют по амперметру ток холостого хода I_0 и с помощью тахометра — частоту вращения n_0 .

По габаритам двигателя и определенной частоте вращения находим ориентировочный интервал мощности для данного двигателя. По таблице для данной частоты вращения и интервала мощности

находим коэффициенты K_1 и K_2 , определяющие соотношение тока холостого хода, номинального тока и номинальной мощности.

Номинальный ток двигателя определяем по формуле

$$I_{\Pi} = K_1 I_0. \quad (1)$$

Номинальную мощность двигателя определяем по формуле

$$P_{\Pi} = K_2 I_0. \quad (2)$$

Пример: При включении в сеть двигателя установлено: частота вращения: $n_0=1460$ об/мин; ток хол. хода $I_0=4,8$ А; по габаритам мощность ориентировочно в пределах 5—10 кВт.

По таблице для двигателей с частотой вращения 1500 об/мин и интервалу мощности 5,1—10 кВт находим:

$$K_1=2,22; \quad K_2=1,11.$$

По формуле (1) находим:

$$I_{\Pi} = K_1 I_0 = 2,22 \times 4,8 = 10,7 \text{ А.}$$

По формуле (2) находим:

$$P_{\Pi} = K_2 I_0 = 1,11 \times 4,8 = 5,3 \text{ кВт.}$$

Округляя до ближайшей по шкале мощности, маркируем двигатель на 5,5 кВт.

Точность определения мощности по данному способу — 5—8%.

Интервал предполагаемой мощности двигателя	Значения коэффициентов для разной частоты вращения, об/мин											
	3000		1500		1000		750		600		500	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
0,1—0,5	1,82	0,71	1,48	0,41	1,25	0,32	1,11	0,28	1,05	0,24	—	—
0,51—1,0	2,5	1,07	1,82	0,71	1,67	0,55	1,54	0,43	1,18	0,32	1,11	0,29
1,1—5,0	2,86	1,37	2,0	0,88	1,82	0,73	1,67	0,62	1,54	0,55	1,43	0,44
5,1—10,0	4,0	2,0	2,22	1,11	2,0	0,94	1,82	0,78	1,67	0,67	1,54	0,55
10,1—25	5,0	2,65	2,5	1,27	2,22	1,11	2,0	0,88	1,82	0,78	1,67	0,67
25,1—50	5,55	3,0	2,86	1,52	2,5	1,27	2,22	1,07	2,0	0,94	1,82	0,8
50—100	—	—	4,0	2,16	3,33	1,76	2,86	1,43	2,5	1,22	2,22	1,02

Виды ремонта

Текущий ремонт включает в себя чистку и проверку оборудования и выполнение работ, не связанных с разборкой оборудования.

Средний ремонт производится с разборкой оборудования на месте или в мастерской.

Капитальный ремонт выполняется квалифицированным ремонтным персоналом в электроцехе или в специализированных мастерских.

В особо срочных случаях, при небольших повреждениях и отсутствии резервных двигателей, **аварийно-восстановительный ремонт** выполняется эксплуатационным персоналом. Объем и содержание планово-предупредительного ремонта электродвигателей и пусковой аппаратуры приведены в табл. 4.24.

**Таблица 4.24. Объем и содержание типовых работ,
выполняемых при ремонте электрооборудования**

Оборудование	Вид ре-монта	Содержание работ
1	2	3
Электродви- гатели пе- ременного и постоянного тока	Текущий	а) Наружная чистка и продувка электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры без разборки б) Подтяжка имеющихся и установка недостающих болтов, крепящих оборудование и его части в) Замена износившихся деталей г) Проверка подшипников и их смазка (см. табл. 4.27, 4.28) д) При необходимости подтяжка и чистка контактов в цепи питания е) Чистка коллекторов, колец, короткозамыкателей и других подвижных контактов в двигателях и пускорегулирующей аппаратуре ж) Проверка осмотром цепей защиты и автоматики з) Проверка и устранение неисправностей в передаче или муфте сцепления и) Проверка зануления После ремонта все оборудование включается и проверяется в действии. Примечание: Если периоды между средними ремонтами превышают 6 месяцев, то подшипники промываются и в них закладывается смазка, а в случае необходимости они заменяются.
	Средний	Все операции текущего ремонта и, кроме того: а) разборка, проверка пригодности деталей и тщательная чистка двигателя. При загрязнении пылью, опилками, стружками обмотка обметается щетками и продувается сжатым воздухом под давлением 1—2 кг/см² или мехами с неметаллическим наконечником (чтобы не повредить изоляцию); б) проверка изоляции мегомметром на 1000 В; в) сушка обмотки. Если изоляция окажется ниже 1 МОм, необходимо сушить обмотку при температуре 95—100°C в сушильной печи или, для небольших двигателей, поместить внутрь статора электрическую лампу 100—200 Вт и закрыть статор со всех сторон асбестовым картоном.

1	2	3
		Для двигателей 3—7 кВт в статор помещают 1—2 лампы по 200—300 Вт. В начале сушки сопротивление изоляции падает, а затем начинает расти. Сушка считается законченной, если в течение 2—3 часов сопротивление изоляции обмотки не увеличивается. Для двигателей средней увлажненности время сушки составляет 12—24 часа. Предостережение: при сушке двигателей с помощью электрических ламп необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать поражения проверяющих электрическим током и исключить загорание; г) пропитка обмотки. После сушки обмотка пропитывается изоляционным лаком. Для этого теплый статор на 20—30 минут погружают в бак с лаком. После стекания лака поверхность железа в расточке статора протирается смоченной в бензине тряпкой; д) покрытие обмотки лаками. Если лаковый покров обмотки нарушен, на лобовые части кистью или пульверизатором наносится слой лакового изоляционного лака (см. табл. 4.31); е) промывка обмоток, сильно загрязненных маслом. Для этого они погружаются в четыреххлористый углерод, бензин или уайт-спирит или поливаются одной из этих жидкостей в течение 3—5 минут. После промывки обмотка продувается мехами, сушится и покрывается лаком. Строго соблюдать меры пожарной безопасности! ж) чистка или проточка (при необходимости) колец и коллекторов; з) промывка подшипников и замена их смазки (см. табл. 4.27). При необходимости замена подшипников и проточка шеек валов. Подшипники следует снимать специальным съемником, не допуская ударов; и) устранение механических повреждений корпуса и крышек; к) ремонт, чистка, проверка и регулировка всей пуско-регулирующей аппаратуры;

1	2	3
Магнитные пускатели и контакторы		л) проверка и восстановление изоляционных частей; м) ремонт подводящей проводки (перетяжка, дополнительная изолировка); н) проверка, зачистка и подтяжка всех контактных соединений; о) окраска (при необходимости) корпусов и деталей; п) сборка и испытание на ходу
	Капитальный	Все операции среднего ремонта и кроме того: полная или частичная замена обмотки; правка, проточка шеек или замена вала ротора; переборка колец или коллектора; балансировка ротора; замена вентилятора и фланцев; полная перепайка петушков, чистка, сборка и окраска электродвигателя и испытание его под нагрузкой; обмоточные данные двигателей новой серии 4А приведены в табл. 4.26. Марки обмоточных проводов даны в табл. 4.29.
	Текущий	Путем осмотра выявляется наличие мелких повреждений, препятствий для полного втягивания и отпадения якоря магнитного провода, перегрев наконечников и выплавление припоя из них; наличие и исправность дугогасительных камер; исправность зануления; соответствие нагревательного элемента теплового реле мощности защищаемого токоприемника; исправность пусковой кнопки, кожуха, креплений и аппаратуры. Подтяжка контактных соединений, зачистка или замена контактов. Проверяется целостность катушек и при необходимости они заменяются (обмоточные данные см. в табл. 4.13).
	Средний	Все операции текущего ремонта и, кроме того: проверка, регулирование хода и нажатия подвижных рабочих контактов; регулирование одновременности выключения по фазам; проверка действия и регулирование механизма теплового реле; измерение сопротивления изоляции токоведущих частей; регулирование величины зазора между подвижными и неподвижными рабочими контактами, а также положения отхода якоря магнитопровода при отключенной катушке; замена неисправных деталей, окраска кожуха

1	2	3
Рубильники всех видов	Текущий	Проверка исправности зануления, кожуха, рукоятки рубильника и надежности его крепления, выявление возможных следов перегрева контактов; очистка от пыли и нагара. Регулирование на одновременность включения и выключения ножей рубильника по фазам; подтяжка контактных соединений
	Средний	Все операции текущего ремонта и, кроме того: устранение перекоса ножей и губок рубильника; измерение сопротивления изоляции токоведущих частей; опиловка и зачистка контактных поверхностей, смена отдельных деталей рубильника; окраска кожуха и панели
Пусковые и регулирующие реостаты	Текущий	Проверка нагрева элементов сопротивления, нагрева масла в реостате, уровня масла в кожухе реостата, возможных обрывов, подгорания контактов; исправности зануления, кожуха и механизма привода. Внутренняя и наружная очистка реостата с частичной разборкой; зачистка обгоревших контактов. Регулирование нажатия контактов.
	Средний	Все операции текущего ремонта и, кроме того: частичная разборка реостата; замена подгоревших контактов; замер сопротивления изоляции; ремонт и регулирование механической части реостата; замена отдельных неисправных элементов сопротивления; сборка реостата; испытание в рабочих условиях.
	Капитальный	Все операции среднего ремонта с полной разборкой реостата и, кроме того: переборка реостата с заменой неисправной изоляции и поврежденных элементов сопротивления; сборка реостата.
Электрошкафы и щиты с электроаппаратурой	Текущий	Проверка исправности корпуса электрошкафа и его уплотнений. Мелкий ремонт запоров и блокировки открытия дверей. Подтяжка крепления аппаратов, осмотр всей схемы и электроаппаратуры, чистка и протирка электроаппаратуры и электрошкафа. Проверка исправности зануления, отыскание возможных видимых повреждений электроаппаратуры и электропроводки

1	2	3
Электроаппаратура и электропроводка на станке	Средний	Протирка и зачистка рабочих контактов (в случае необходимости — замена их). Выявление возможного появления перекосов рабочих контактов, препятствий для полного втягивания и отпадания якоря магнитопровода, перегрева наконечников и выплавления припоя в них; проверка наличия и исправности дугогасительных камер, исправности сигнальной аппаратуры. Все операции текущего ремонта и, кроме того: проверка и регулирование хода и нажатия подвижных рабочих контактов; проверка работы тепловой защиты и испытание ее действия; измерение сопротивления изоляции схемы и, в случае необходимости, частичная замена электропроводки и ремонт изоляции, замена отдельных неисправных электроаппаратов.
	Капитальный	Полный демонтаж панели или электрошкафа с перемонтажом схемы или заменой вышедшей из строя электроаппаратуры
	Текущий	Выявление возможных следов перегрева, обугливания и механических повреждений изоляции электропроводки; проверка исправности сети зануления, креплений электропроводки и электроаппаратуры. Подтяжка контактных соединений. Протирка, обдувка, чистка электроаппаратуры, установленной на станке и зачистка рабочих контактов. Необходимый ремонт электроаппаратов, замена отдельных деталей и изоляции поврежденных мест электропроводки
	Средний	Все операции текущего ремонта и, кроме того, измерение сопротивления изоляции электропроводки; замена неисправных участков проводки; исправление и замена поврежденных фитингов, труб, металлических и резиновых рукавов; замена отдельных неисправных электроаппаратов
Цеховые электрические сети (силовые и осветительные)	Капитальный	Полный перемонтаж всей электропроводки.
	Текущий	Замена вышедшей из строя аппаратуры. Проверка прочности соединительных мест, механической защиты, особенно в местах выхода из труб, вводов в аппараты и клеммные щитки, проходов сквозь стены и перекрытия, взаимного расположения и натяжения проводов. Устранение касания стен, металлических конструкций и т. д.

1	2	3
	Средний	Доливка мастики кабельных воронок. Проверка изоляции спусков к светильникам. Протирка изоляторов от пыли и смена разбитых изоляторов и роликов. Проверка состояния надписей и предупредительных плакатов. Восстановление нарушенной или утраченной маркировки. Проверка соответствия плавких вставок и предохранителей номинальным токам и их замена. Проверка изоляции мегомметром. Ревизия понижающих трансформаторов местного освещения, штепсельных розеток, выключателей и предохранителей со сменой негодных
	Капитальный	Все операции текущего ремонта и, кроме того: перетягивание отдельных участков сети; смена или ремонт отдельных износившихся участков сети — муфт, воронок и т. д.; перепайка отдельных окончаний; переразделка кабельных воронок
		Все операции малого и среднего ремонта и, кроме того, смена свыше 35% участков сети, ремонт или замена щитков и групповых распределительных пунктов

**Таблица 4.25. Периодичность
планово-предупредительного ремонта**

Наименование цехов	Периодичность ремонта	
	текущий ремонт	средний ремонт
1	2	3
Механические цехи холодной обработки металлов и цехи хо- лодной штамповки	1 раз в 2—3 месяца	1 раз в год
Участки с шлифоваль- ными станками	Защищенные двигате- ли — 2 раза в месяц, закрытые — 1 раз в 2 месяца	Защищенные — 1 раз в 3 месяца, закры- тые — 1 раз в 8 ме- сяцев

1	2	3
Кузнечные цехи	1 раз в месяц	Защищенные — 1 раз в 3 месяца, закрытые — 1 раз в 6 месяцев
Литейные цехи	Защищенные двигатели — 2 раза в месяц, закрытые — 1 раз в 2 месяца	Защищенные — 1 раз в 3 месяца, закрытые — 1 раз в 6 месяцев
Деревообделочные и столярные цехи	Защищенные двигатели — 2 раза в месяц, закрытые — 1 раз в 2 месяца	Защищенные — 1 раз в 2—3 месяца, закрытые — 1 раз в 8 месяцев
Цехи с большим содержанием пыли	Защищенные — 1 раз в неделю, закрытые — 1 раз в 2 месяца	Защищенные — 1 раз в 3 месяца, закрытые — 1 раз в 6—8 месяцев
Сырые и особо сырые помещения, установки на открытом воздухе	Защищенные — 1 раз в месяц, закрытые — 1 раз в 2 месяца	Защищенные — 1 раз в месяц, закрытые — 1 раз в 6 месяцев

Периодичность ремонтов

Сроки текущего ремонта оборудования устанавливаются местной инструкцией с учетом условий эксплуатации. В соответствии с работой «Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики», одобренной Госэнергонадзором (М., Энергия, 1978), периодичность ремонтов рекомендуется не реже указанной в табл. 4.25. При тяжелых условиях эксплуатации более частые сроки ремонта должны быть установлены местной инструкцией.

Таблица 4.26. Обмоточные данные электродвигателей единой серии (основное исполнение)

Тип двигателя	1	Мощность, кВт	2	Дiameter провода, мм	3	Число витков в секции	4	Тип двигателя	5	Мощность, кВт	6	Дiameter провода, мм	7	Число витков в секции	8	Тип двигателя	9	Мощность, кВт	10	Дiameter провода, мм	11	Число витков в секции	12	Тип двигателя	13	Мощность, кВт	14	Дiameter провода, мм	15	Число витков в секции	16
4AA56A2		0,18	0,29	166	4A100S2	4,0	0,96	38×2	4AH180S2	37	1,50	10×3	4AH225M2	90	1,50	6×7															
4AA56B2		0,25	0,33	143	4A100L2	5,5	1,08	30×2	4AH180M2	45	1,56	9×3	4A225M2	55	1,45	8×6															
4AA56A4		0,12	0,29	254	4A100S4	3,0	1,12	35	4A180S2	22	1,25	14×3	4AH225M4	75	1,45	6×6															
4AA56B4		0,18	0,33	203	4A100L4	4,0	1,3	28	4A180M2	30	1,40	10×3	4A225M4	55	1,40	13×3															
4AA63A2		0,37	0,38	126	4A100L6	2,2	1,04	43	4AH180S4	30	1,62	21	4AH225M6	45	1,35	10×3															
4AA63B2		0,55	0,44	101	4A100L8	1,5	0,93	56	4AH180M4	37	1,25	17×2	4A225M6	37	1,30	10×3															
4AA63A4		0,25	0,38	169	4A112M2	7,5	1,25	26×2	4A180S4	22	1,25	23×3	4AH225H8	37	1,35	14×2															
4AA63B4		0,37	0,41	137	4A112M4	5,5	1,40	25	4A180M4	30	1,25	17×4	4A225M8	30	1,50	8×3															
4AA63A6		0,18	0,33	170	4A112MA6	3,0	1,12	28	4AH180S6	18,5	1,50	16	4AH250S2	110	1,56	4×9															
4AA63B6		0,25	0,41	131	4A112MB6	4,0	1,25	23	4AH180M6	22	1,16	13×2	4AH250M2	132	1,56	6×6															
4A71A2		0,75	0,53	89	4A112MA8	2,2	1,04	39	4A180M6	18,5	1,35	10×2	4A250S2	75	1,56	5×8															
4A71B2		1,1	0,59	126	4A112MB8	3,0	1,20	31	4AH180S8	15	1,25	23	4A250M2	90	1,59	4×9															
4A71A4		0,55	0,53	113	4A132M2	11	1,20	21×3	4AH180M8	18,5	1,40	19	4AH250S4	90	1,56	9×4															
4A71B4		0,75	0,57	95	4A132S4	7,5	1,25	22×2	4A180M8	15	1,25	23	4AH250M4	110	1,50	8×5															
4A71A6		0,37	0,47	114	4A132M4	11	1,04	32×2	4AH200M2	55	1,35	8×6	4A250S4	75	1,56	9×4															
4A71B6		0,55	0,53	85	4A132S6	5,5	1,04	20×2	4AH200L2	75	1,50	6×6	4A250M4	90	1,50	8×5															

Окончание табл. 4.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4A71B8	0,25	0,41	148	4A132M6	7,5	1,20	15×2	4A200M2	37	1,50	10×4	4A250S6	55	1,35	8×4
4A80A2	1,5	0,8	61	4A132S8	4,0	1,40	27	4A200L2	45	1,45	8×5	4AH250M6	75	1,62	7×5
4A80B2	2,2	0,93	48	4A132M8	5,5	1,08	21×2	4AH200M4	45	1,40	8×4	4A250S6	45	1,30	9×4
4A80A4	1,1	0,67	60	4AH160S2	22	1,25	14×2	4AH200L4	55	1,56	7×4	4A250M6	55	1,40	8×4
4A80B4	1,5	0,74	49	4AH160M2	30	1,40	11×2	4A200M4	37	1,35	9×4	4AH250S8	45	1,25	12×3
4A80A6	0,75	0,59	82	4A160S2	15	1,20	16×2	4A200L4	45	1,35	7×5	4AH250M8	55	1,35	11×3
4A80A8	1,1	0,72	58	4A160M2	18,5	1,30	14×2	4AH200M6	30	1,35	12×2	4A250S8	37	1,40	15×2
4A80B8	0,37	0,49	121	4AH160S4	18,5	1,25	26×2	4AH200L6	37	1,25	9×3	4A250M8	45	1,62	12×2
4A80B6	0,55	0,57	91	4AH160M4	22	1,40	21×2	4A200M6	22	1,25	14×2				
4A90L2	3,0	1,08	44	4A160S4	15	1,25	27×2	4A200L6	30	1,40	11×2				
4A90L4	2,2	0,9	40	4A160M4	18,5	1,40	22×2	4AH200M8	22	1,20	10×3				
4A90L6	1,5	0,83	51	4A160S6	11	1,16	46	4AH200L8	30	1,25	14×2				
4A90LA8	0,75	0,67	74	4A160M6	15	1,35	34	4A200M8	18,5	1,40	11×2				
4A90LB8	1,1	0,77	58	4A160S8	75	1,35	41	4A200L8	22	1,45	22				
				4A160M8	11	1,62	30								

Примечания. 1. Обмоточные данные указаны для исполнения 380/220 В. 2. В обозначениях вида 12×2 или 4×9 первое число — количество витков, второе число (множитель) — количество параллельных проводов.

Таблица 4.27. Размеры подшипников и норма закладки смазки для электродвигателей

Тип двигателя	Тип подшипников	Размеры подшипника, мм	Норма закладки смазки, г	Тип двигателя	Тип подшипников	
					со стороны привода	со стороны, противоположной приводу
Взрывозащищенные						
4AA56 4AA63 4A71 4A80 } 4A90 }	180501	12×32×14	1,5—2,0	B63; BP63	60203	60203
	180502	15×35×14	1,8—2,4	B71; BP71	60204	60204
	180604	20×52×21	2,2—3,5	B80; BP80	60205	60205
	180605	25×62×24	3,2—4,2	B90; BP90	60306	60306
	180606	30×72×27	4,2—5,2	B100; BP100	60307	60307
	180607	35×80×31	5,4—9,6	B112; BP112	60308	60308
	180609	45×100×36	16—18	B132; BP132	60309	60309
				B160; BP160 (кроме BP160M8) BP160M8	2309	309
				B180; BP180 (кроме BP180M6(8) BP180M6(8)	2311	311
				B200; BP200 (кроме BP200L6(8) BP200L6(8)	2312	312
4A100 4A112 4A132				B225; BP225 B250; BP250 }	2314	314
				KO31; KO32	2317	317
				BAO071; 072	2314	314
				BAO11; 12	60203	60203
					60304	60304

Примечание. Для посадки на вал подшипник нагревают на воздухе до температуры 80—90 °С.

Таблица 4.28. Размеры подшипников и норма закладки смазки для электродвигателей единой серии

Тип двигателей	Тип подшипников со стороны привода			Тип подшипников со стороны, противоположной приводу	Количество смазки на один подшипниковый узел, г	
	Типоисполнение двигателя			Типоисполнение двигателя		
	M10; M20; M30	M10	M20; M30	M10; M20; M30	шариковый	роликовый
	3000 об/мин	1500—600 об/мин		3000—600 об/мин		
4A160	B310	112310 ¹	B310	B310	90	55
4A180	B312	112312 ¹	B312	B312	135	90
4A200	B313	112313 ¹	B313	B313	170	110
4A225	B314	112314 ¹	B314	B314	200	130
4A250	ПЗ17ш	2317Л ¹		ПЗ17ш	330	190

¹ Роликовые.

Таблица 4.29. Обмоточные провода

Марка провода	Характеристика	Номинальные диаметры голой проволоки, мм
1	2	3
Медные		
ПЭЛ	Провод, эмалированный лаками на масляной основе нагревостойкостью класса А (105°C)	0,02—2,44
ПЭТВМ	Провод с эмалевой высокопрочной нагревостойкой полиэфирной изоляцией класса В (130°C)	0,29—1,40
ПЭЛШО	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А и одним слоем нитей из натурального шелка	0,05—1,56
ПЭЛЛО	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А и одним слоем лавсановых нитей	0,05—1,30
ПЭВЛО	Провод, изолированный высокопрочным лаком и одним слоем лавсановых нитей	0,06—1,30
ПЭТЛО	Провод, изолированный теплостойким полиэфирным лаком и одним слоем лавсановых нитей	0,2—1,30
ПЭЛШКО	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А и одним слоем капроновых нитей	0,1—1,56

1	2	3
ПЭЛБО	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А и одним слоем обмотки из хлопчатобумажной пряжи	0,38—2,10
ПЛД	Провод, изолированный двумя слоями обмотки из лавсановых нитей	0,38—1,30
ПЭЛШКД	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А и двумя слоями обмотки из капроновых нитей	0,72—1,45
ПЛБД	Провод, изолированный одним слоем обмотки из лавсановых нитей и одним слоем обмотки из хлопчатобумажных нитей	0,38—4,50 5,20
ПБД	Провод, изолированный двумя слоями обмотки из хлопчатобумажных нитей. Изоляция в пропитанном состоянии относится к классу А	0,38—5,20
ПЭЛБД	Провод, изолированный лаком нагревостойкостью класса А с двумя слоями обмотки из хлопчатобумажных нитей	0,93—2,10
ПЭВБД	Провод, изолированный высокопрочным лаком и двумя слоями обмотки из хлопчатобумажных нитей	0,69; 0,93—2,10

Алюминиевые

АПБД	Провод, изолированный двумя слоями обмотки из хлопчатобумажных нитей	1,35—8,00
АПЛБД	Провод, изолированный одним слоем обмотки из лавсановых нитей и одним слоем обмотки из хлопчатобумажных нитей	1,35—8,00
ПЭТВА	Провод с высокопрочной полиэфирной изоляцией нагревостойкости класса В (130°C)	0,14—2,44

Таблица 4.30. Диаметры и сечения обмоточных проводов

Диаметр гол. пров., мм	Сечение провода, мм ²	Диаметр гол. пров., мм	Сечение провода, мм ²	Диаметр гол. пров., мм	Сечение провода, мм ²
1	2	3	4	5	6
0,08	0,005			1,40	1,54
0,09	0,007	0,51	0,204	1,45	1,65
0,1	0,008	0,53	0,221	1,50	1,77
0,11	0,01	0,55	0,238	1,56	1,91
0,12	0,011	0,57	0,255	1,62	2,06
0,13	0,013	0,59	0,273	1,68	2,22
0,14	0,015	0,62	0,302	1,74	2,38
0,15	0,018	0,64	0,322	1,81	2,57
0,16	0,02	0,67	0,353	1,88	2,78
0,17	0,023	0,69	0,374	1,95	2,99
0,18	0,025	0,72	0,407	2,02	3,20
0,19	0,028	0,74	0,43	2,10	3,46
0,2	0,031	0,77	0,466	2,26	4,01
0,21	0,035	0,80	0,503	2,44	4,68
0,23	0,042	0,83	0,541	2,63	5,43
0,25	0,044	0,86	0,581	2,83	6,29
0,27	0,057	0,90	0,636	3,05	7,31
0,29	0,066	0,93	0,679	3,28	8,45
0,31	0,075	0,96	0,729	3,53	9,75
0,33	0,086	1,0	0,785	3,80	11,3
0,35	0,096	1,04	0,85	4,10	13,2
0,38	0,113	1,08	0,916	4,50	15,8
0,41	0,132	1,12	0,985	4,80	18,0
0,44	0,152	1,16	1,057	5,0	19,6
0,47	0,173	1,20	1,13		
0,49	0,188	1,25	1,23	5,20	21,2
		1,3	1,33	6,0	28,2
		1,35	1,43	8,0	50,3

Таблица 4.31. Электроизоляционные лаки и эмали

Наименование лака	Разбавитель	Способ и температура сушки, °С	Время сушки, час	Свойства лака	Область применения
1	2	3	4	5	6
Пропиточные					
БТ-988 Масляно-битумный (быв. № 458)	Бензин + толуол 1 : 1	Печная сушка 105—120	3	Влагостойкий, тепло-стойкий, немаслостойкий, стоек против кислот и щелочей в небольших концентрациях. Пленка черная, гладкая, блестящая	Для пропитки обмоток и катушек с хлопчатобумажной изоляцией Для пропитки обмоток из эмалевого провода рекомендуется разбавлять лак скипидаром
БТ-987 Масляно-битумный (быв. № 447)	Бензин + толуол 1 : 1 или бензин + ксилол 1 : 1	Печная сушка 105—120 130—140	6—8 4—5	То же	Для пропитки обмоток и катушек с хлопчатобумажной изоляцией, предназначенных для работы в сырых помещениях и на открытом воздухе
БТ-980 Масляно-битумный (быв. № 460)	То же	Печная сушка 105—110	10 (покровный — 15)	То же	То же. При меньшем разбавлении пригоден как покровный для машин влагостойкого исполнения

1	2	3	4	5	6
МЛ-92 Глифталемасля- ный (быв. МГМ- 16)	Толуол, ксилол или их смесь с бензином 1:1	Печная сушка 120—125	16	Влагостойкий, теплостой- кий, маслостойкий, хи- мостойкий. Глубоко про- никает в слой обмотки	Для пропитки обмоток машин с изоляцией клас- са нагревостойкости А; Е; В и для пропитки обмоток масляных тран- сформаторов
МГМ-8	То же	То же 105	2	Влагостойкий, маслостой- кий	То же
ФЛ-98 Алкидно-феноль- ный	Уайт-спирит+ ксилол 1:1	Печная сушка 120—130	2	Влагостойкий, маслостой- кий	То же. Благодаря высо- кой цементирующей спо- собности применяется для пропитки якорей и машин тропического ис- полнения
ФА-97 Алкидно-феноль- ный	Ксилол	Печная сушка 120—130	2	Влагостойкий, маслостой- кий, нагревостойкий	То же
КФ-95 Масляный (быв. № 321)	Уайт-спирит или бензин в смеси с толуолом или кси- лолом или соль- вентом	Печная сушка 105—110	2	Влагостойкий, маслостой- кий	Для пропитки хлопча- тобумажной, шелковой, капроновой, стеклянной изоляции

Покровные

БТ-99 Масляно-битум- ный лак (быв. № 462п)	Бензол, толуол или ксилол в сме- си с бензином 1 : 1	Воздушная сушка 20	3—4	Влагостойкий. Пленка черная, гладкая, глян- цевая Недостаточно стоек к горячему маслу	Для покрытия пропитан- ных обмоток (лобовые части обмотки статора, катушки и т. д.) и от- делки изоляционных де- талей
ГФ-92-ГС (быв. СПД). Эмаль серого цве- та	Толуол, ксилол или сольвент или смесь толуол + бензин 1 : 1	Печная сушка 105—110	4—6	Влагостойкая, масло- стойкая, дугостойкая. Гладкая, глянцевая, прочная пленка	Для покрытия лобовых частей якорей и роторов машин влагостойкого ис- полнения
ГВ-92-ХС (быв. СВД) Эмаль серого цвета	То же	Воздушная сушка 20 или печная сушка 70—80	18—24 4—5	То же	Покрывание изоляции об- моток, аппаратов и ма- шин для наружной и внутренней установки

4.4. ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Общие требования

Постоянные сварочные мастерские могут располагаться только в неогороженных помещениях. Небольшие сварочные постоянные работы разрешается выполнять в трудноогороженных помещениях при условии, что все огороженные части зданий защищены слоем штукатурки или обиты железными листами по слою листового асбеста. Мелкие сварочные работы можно выполнять в неогороженных цехах, в специальных кабинах размером не менее $2 \times 1,5$ м. Стены кабин должны быть высотой 2 м и выполнены из неогороженного материала. Огороженные полы не допускаются. При необходимости выполнения несистематических сварочных работ в цехах рабочее место ограждается неогороженными щитами и ширмами.

Сварочные помещения необходимо оборудовать вытяжной вентиляцией. Сварочные генераторы и трансформаторы при работе на открытом воздухе нужно защищать от дождя и снега навесами из неогороженного материала.

Минимальная ширина проходов между стационарными сварочными агрегатами и вокруг стеллажей для сварки — 0,8 м. Наименьшее расстояние от сварочных трансформаторов до стен — 0,3 м.

Сварочные установки подключаются к сети через отдельный рубильник или контактор и предохранители.

Все электросварочные установки с источниками переменного или постоянного тока, предназначенные для сварки в особо опасных условиях (например, внутри металлических емкостей, в колодцах, туннелях, на панелях, в котлах, в отсеках судов, при наружных работах), должны иметь устройства автоматического отключения холостого хода (см. гл. 5) или ограничения напряжения холостого хода до 12 В с выдержкой времени не более 0,5 с (см. том II).

Длина первичной цепи между пунктом питания и передвижной сварочной установкой не должна превышать 10 м. Подвод тока к электроду необходимо выполнять гибкими изолированными проводами (например РГД, РГДО и РГДВ). Сечение их приведено в табл. 4.32. В качестве обратного провода можно применять гибкие провода или стальные шины, стеллажи, свариваемые конструкции при наличии надежного контакта.

Использование в качестве обратного провода сети заземления и металлических конструкций здания, коммуникаций и несварочного технологического оборудования запрещается.

Машины для контактной сварки разрешается устанавливать в неогороженных цехах.

Корпуса сварочных агрегатов и один вывод вторичной обмотки (к которому присоединен обратный провод) необходимо заземлять.

При работе со сварочными трансформаторами нужно соблюдать осторожность, не оставляя включенных холостую агрегатов. При холостом ходе вторичное напряжение может достигнуть 70—75 В, что опасно для жизни.

Для экономии энергии и повышения коэффициента мощности сварочные трансформаторы необходимо оборудовать ограничителями холостого хода.

**Таблица 4.32. Гибкие кабели с медными жилами
для соединения электрододержателей и полуавтоматических
сварочных установок с источниками питания.**

Марка	Сечение жилы, мм ²	Изоляция	Область применения
РГД	16—150	Резиновая изоляция. Резиновая защитная оболочка	Для сварки в монтажных условиях (на открытых площадках, стапелях и т. п.)
РГДО	16—70	Резиновая изоляция, обладающая механическими защитными свойствами	Для дуговой сварки в стационарных условиях внутри помещений
РГДВ	25—150	То же для основной жилы, и дополнительно резиновая изоляция вспомогательных жил	То же. 2 или 4 вспомогательные жилы сечением 0,75 мм ² для дистанционного регулирования процесса сварки

Примечание. Напряжение источников питания не выше 220 В переменного или постоянного тока.

Стабилизаторы дуги

Для поддержания устойчивости горения дуги переменного тока при ручной сварке плавящимся электродом применяют стабилизатор дуги. Стабилизация обеспечивается путем подачи на дугу в начале каждого периода (плюс на электроде) импульса напряжения. Выпускавшиеся до 60-х годов осцилляторы, применявшиеся

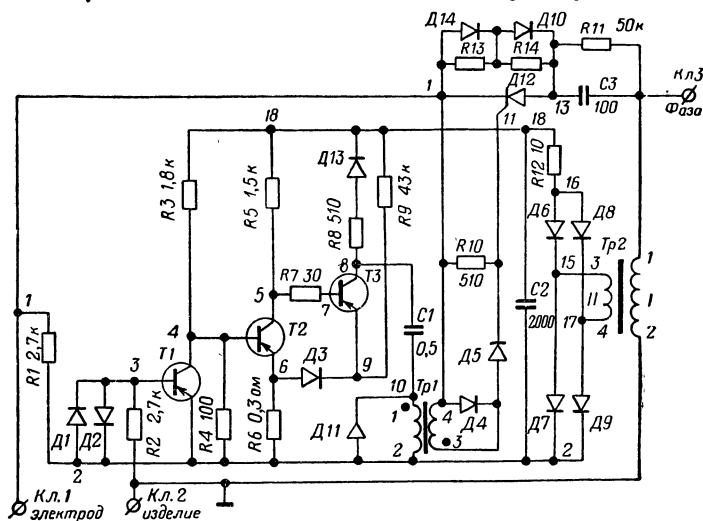


Рис. 4.9. Стабилизатор тока сварочной дуги

для стабилизации дуги, в настоящее время не поставляются, так как служат источником радиопомех. Современные стабилизаторы дуги лишены этого недостатка. Они питаются от сети и обеспечивают стабилизацию сварочного тока от 80 до 800 А при колебаниях напряжения $220 \text{ В} \pm 10\% - 15\%$. Потребляемая мощность для формирования импульса 280 ВА. **Обязательно зануление свариваемого изделия!**

Схема стабилизатора и его внешних соединений указана на рис. 4.9 и 4.10.

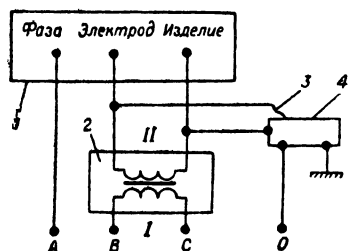


Рис. 4.10. Схема соединения стабилизатора дуги:

1 — стабилизатор; 2 — сварочный трансформатор; 3 — электрод; 4 — свариваемое изделие

Клемму «фаза» стабилизатора подключают к одной из двух фаз сети, питающих сварочный трансформатор, либо к третьей (свободной) фазе сети. Правильность выбора фазы определяют по длине дуги — при правильном выборе фазы дуга будет максимальной — 15—20 мм. При этом ток потребляемый стабилизатором, будет 3—4 А во время сварки.

При наладке стабилизатора нужно соблюдать осторожность, так как напряжение на конденсаторе C_3 достигает 500 В.

Таблица 4.33. Электросварочные трансформаторы

Тип	Наименование и назначение	Технические данные				Сечение питающих проводов, мм ²	Ток плавления вставки при напряж. 380 В, А
		потребл. мощность, кВт	первичн. В напряж., В	вторичн. В напряж., В	сила тока втор. цепи, А		
1	2	3	4	5	6	7	8
ТД-102	Однопостовой сварочный трансформатор для ручной сварки	34	220 или 380	30—65	500	35/50 или 16/25	80
ТД-300	То же	19,4	380	30—79	300	10/16	60
ТД-304	То же Для монтажных сварочных работ (на салазках)	19,4	380	35—79	300	10/16	60

1	2	3	4	5	6	7	8
ТД-500	То же	32	380	40—73	500	16/25	80

Примечания. 1. Меньшее значение вторичного напряжения соответствует рабочему режиму, большее — холостому ходу. 2. В графе «Сечение питающих проводов» в числителе — для медных, в знаменателе — для алюминиевых проводов.

Таблица 4.34. Электросварочные генераторы, агрегаты, преобразователи

Тип	Наименование, назначение	Мощность, кВт	Напряжение номин.	Сила тока, А	Частота вращения, об/мин.	Примечание
			хол. хода, В			
1	2	3	4	5	6	7
ГСО-300-5	Однопостовой генератор постоянного тока для дуговой сварки, наплавки и резки	9,6	32 80	315	2000	Допускается параллельное включение двух генераторов
ГСМ-500	Многопостовой генератор пост. тока	27,5	55 —	500	1500	
ГД-304	Однопостовой генератор пост. тока	9,6	32 80	315	2000	
ГД-502	То же	20	40 90	500	3000	
ВД-101	Выпрямитель сварочный однопостовой	9	25 68	125	—	Напряжение питающей сети 220 или 380 В
ВД-301	То же	21	32 68	300	—	То же
ВДГ-302-УЗ	Выпрямитель сварочный дуговой для сварки в среде углекислого газа	19	38 —	315	—	Напряжение питающей сети 220 и 380 В

1	2	3	4	5	6	7
ВДГ-601	То же	69	$\frac{66}{—}$	700	—	То же
ВД-502-УЗ	Выпрямитель сварочный для сварки откры- той дугой и под слоем флю- са	42	$\frac{40}{80}$	500	—	То же
АДД-305У1	Агрегат свароч- ный	40 л. с.	$\frac{32}{90}$	315	1600	Дизельный двигатель с воздуш- ным охлаж- дением Генератор 10,3 кВт
АДБ-309У1	То же	40 л. с.	$\frac{32}{75}$	350	2000	Бензиновый двигатель Генератор ГД-303 10,3 кВт
АДБ-311У1	То же	30 л. с.	$\frac{32}{—}$	325	1500	Бензиновый двигатель ЗМЗ320-01 Генератор ГД-305Э
АДБ-317У1	То же	24 л. с.	$\frac{32}{—}$	315	3000	Бензиновый двигатель МеМ3968М Генератор ГД-311
ПСО-300-3	Однопостовой сварочный пре- образователь для ручной ду- говой сварки, наплавки и рез- ки металлов постоянным то- ком	9,6	$\frac{32}{90}$	315	1450	Встроенный асинхронный двигатель АВ2-61-4 13 кВт, 380 или 220 В

1	2	3	4	5	6	7
ПСГ-501-1	Однопостовой сварочный преобразователь для автоматической и полуавтоматической сварки в среде защитных газов	20	40 —	500	2930	Встроенный асинхронный двигатель АВ2-71-2 30 кВт, 380 или 220 В
ПД-303	Однопостовой сварочный преобразователь для ручной дуговой сварки металлов постоянным током	10	32 —	315	2890	Встроенный асинхронный двигатель АВ2-51-2, 380/220 В
ПСУ-500-2	Универсальный сварочный преобразователь для ручной, автоматической и полуавтоматической сварки постоянным током	20	40 —	500	2930	Встроенный асинхронный двигатель 30 кВт, 380/220 В

Коэффициент мощности сварочных преобразователей $\cos \varphi = 0,89—0,90$.

Таблица 4.35. Машины для точечной сварки

Тип	Мощность, кВА	Напряжение питания, В	Сварочный ток, А	Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Количество сварок в минуту
МТК-5001	0,02	380	—	0,6—3	30
МТК-8004	0,03	380	—	0,3—4	30
МТ-604	—	220; 380	6660	1,6	180
МТ-1223	85	380	12500	1—5	150
МТ-1217	70	380	12500	1,4—3	150
МТ-2002	92	380	20000	2—8	150
МТ-1617-У4	115	380	16000	1,6—5	220
МТП-807	80	380	8000	1—3	120
МТП-803	30	380	8000	1—6	180
МТП-810	20	380	8000	0,5—6	300

Таблица 4.36. Сварочные шовные машины

Тип	Мощность, кВА	Напряжение, В		Сварочн. ток, А	Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Примечание
		первичное	вторичное			
МШ-1001	27	220 или 380	1,7—3,5	10000	2,1	Пневматический привод
МШ-1601	75	То же	2,3—4,5	16000	3	То же
МШ-2001	130	То же	5,3	20000	3,6	То же

Таблица 4.37.стыкосварочные машины

Тип	Мощность, кВА	Напряжение, В		Сварочный ток, А	Сечение свариваемой стали, мм²	Количество сварок в час	Примечание
		первичное	вторичное				
1	2	3	4	5	6	7	8
МС-301	5	380 или 220	1,0—1,9	3200	50	200	Для малоуглеродистой стали
МС-401	8,45	380	1,1—2,64 0,5—1,1	4000	13—60	18—30	Для сварки ленточных пил с последующей термообработкой сварного соединения
МС-403	7,2	380 или 220	0,5—2,1	4000		Сталь — 240. Медь, алюминий — 30.	Для сварки проволоки из стали (Ø 0,5—6 мм), или меди (Ø 0,4—4,5 мм), или из алюминия (Ø 0,5—4,5 мм)
МС-502	12,2	220, 380	1,1—2,9	5000	—	20	Для сварки стержней из стали до 78 мм², из меди — до 50 мм², из алюминия — до 64 мм²

1	2	3	4	5	6	7	8
MC-802	24,5	220, 380	—	8000	120	150	При предварительном подогреве сечение стали — до 300 мм ²
MC-1202	55	220, 380	2,5—5,0	12500	600	100	
MC-1601	100	380	2,4—7,7	16000	1300	60	Для сварки стальных лент
MC-1602	96,5	220, 380	3,2—6,8	16000	1000	60	

4.5. ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Применение электропечей допускается только с разрешения энергоснабжающей организации.

Для повышения качества термообработки и уменьшения расхода энергии электрические печи необходимо оборудовать автоматическими регуляторами температуры, действующими от термопар, устанавливаемых в печах. Цепи пирометрии должны прокладываться отдельно от силовых цепей и цепей управления.

Автоматизация управления температурным режимом электропечей обеспечивает снижение удельных расходов электроэнергии за счет точного соответствия потребляемой мощности заданному температурному режиму. Экономия энергии за счет установки автоматических регуляторов температуры достигает 20—30%.

Технические характеристики наиболее распространенных электротермических печей и нагревательных установок приведены в табл. 4.38.

Нагрев электрических печей сопротивления происходит при пропускании тока через нагревательные элементы, изготовленные из специальных прецизионных высоколегированных сплавов с заданным электрическим сопротивлением, достаточной механической прочностью, устойчивых против окисления при высокой температуре. Наиболее распространены жаростойкие сплавы, содержащие железо и легирующие элементы — хром, никель, алюминий. Сплавы на базе хрома и никеля называются нихромовыми. Железохромомолибденовые сплавы раньше назывались «фехраль».

Наименование марок сплавов состоит из обозначения легирующего металла (никель — Н, хром — Х, алюминий — Ю) и цифр после букв, указывающих его процентное содержание. Для изготовления нагревательных элементов применяют проволоку диаметром 0,2—7,5 мм и ленту толщиной от 0,2 до 3,2 мм и шириной от 6 до 250 мм.

Физические свойства сплавов высокого сопротивления и рекомендуемые максимальные температуры указаны в табл. 4.39 и 4.40.

Трубчатые электронагреватели

Для нагрева жидкостей, газов, солей, пресс-форм и т. п. применяют трубчатые электронагреватели (ТЭН), представляющие собой металлическую трубку из меди, латуни, нержавеющей стали или алюминиевых сплавов, в которую запрессована нагревательная спираль из нихрома. Спираль изолирована от корпуса специальным наполнителем — периклазом, кварцевым песком или корундом. Выводы спирали герметизированы. ТЭНы надежно работают, имеют большой срок службы и более безопасны, чем другие виды нагревателей.

Трубчатые нагреватели изготавливают разной формы — прямые, U-образные, спиральные и др. ТЭН можно сгибать до нужной формы в холодном состоянии после предварительного отжига. Радиус изгиба не менее 2,5 диаметра трубки.

Технические данные трубчатых нагревателей приведены в табл. 4.41. Область применения трубчатых нагревателей указана в табл. 4.42.

Таблица 4.38. Электронечи сопротивления, калориферы, водонагреватели

Тип	Мощность, кВт	Назначение	Максимальная температура, °С	Напряжение, В	Внутренние размеры, мм			Нагреватели			Примечание
					длина или диаметр	ширина	высота	материал проволоки или ленты	диаметр или размеры, мм	длина, м в одной фазе	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Камерные											
СНЗ/СНО-3.6.2/10-М1	14	Закалка, отжиг и др. термообработка	1000	380/	600	300	200	Нихром Х20Н80Н	Ø9	—	Питание печи через трехфазные понижающие трансформаторы 380/72В
СНО-3.2.6.2.5/15-М1	23,5	Термообработка сталей и сплавов, обжиг и спекание металлокерамики	1500	380	320	600	250	Стержни из силицида молибдена	—	—	Питание через однофазный трансформатор от сети 380 В
СНЗ/СНО-4.8.2.5/10-М1	25	Закалка, отжиг и др. термообработка	1000	380	800	400	250	Х20Н80Н	Ø9	11,2	Трехфазные трансформаторы 380/75 В
СНЗ/СНО-6.12.4/10-М1	58	То же	1000	380	1200	600	400	То же	Ø9	26,4	То же 380/10/103
СНЗ/СНО-8.16.5/10-М1	81	То же	1000	380	1600	800	500	»	Ø9	21,6	То же 380/38/65
СНЗ-8.5.14.6.5/8,5	100	То же	900	380	1400	850	650	»	Ø9	—	Питание непосредственно от трехфазной сети
											Муфельная

Продолжение табл. 4.38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шахтные											
СНОЛ-2,5.4.1,4/11-И1	8	То же, лабораторная	1100	220	400	250	140	Х20Н10Н	—	—	
СНОЛ-3,5.3,5,3,5/ЗИЗ	2,4	Шаф лабораторный	300	220	350	350	350	ТЭН	—	—	
СПЗ-3.3/10-М1	20	Отпуск и др. виды термобработки	1000	220	—	Ø300	300	Х20Н80Н			Однофазная
СПО-6.6/10-М1	70	То же	1000	380	—	Ø600	600	»	Ø9		Питание через трансформатор 380/65/60 В
СПЦМ-6.6/9-М1	73	Термообработка в защитной атмосфере, цементация, отжиг, нормализация	950	380	—	Ø600	600	Х20Н80Н	Ø9	—	Двухзонная. Питание через трансформатор 380/65/55 В
СПЗ-6.6/7-М1	37	Отпуск стальных изделий и термобработка цветных металлов в защ. атм.	700	380	—	Ø600	600	Х25Н20	Ø5,6	48	
СПЗ-6.12/7-М1	52	То же	700	380	—	Ø600	1200	То же	Ø5,6	54,2	
СПЗ-6.20/7-М1	72	То же	700	300	—	Ø600	2000	То же	Ø5,6	88	Двухзонная

Калориферы

СФО-10/0,4-М1	10,4	Нагрев воздуха	400	380/220	—	Ø690	—	—	Трубчатые нагре- ватели ТЭН соединены в звезду
СФО-16/0,4-М1	15,8	То же	400	380/220	—	Ø690	—	—	То же
СФО-5/1Т-МО1	4,8	Производитель- ность 1000 м³/час	100	380/220	—	—	—	—	То же
СФО-10/1Т-МО1	9,6	То же	100	380/220	—	—	—	—	То же, 2 секции
СФО-16/1Т-МО1	15	Производитель- ность 1000 м³/час	100	380/220	—	—	—	—	То же
СФО-25/1Т-МО1	22,5	Производитель- ность 2000 м³/час	100	380/220	—	—	—	—	То же, 3 секции
СФО-40/1Т-МО1	45	То же	100	380/220	—	—	—	—	То же
СФО-16/3Т-М1	15	Производитель- ность 3000 м³/час	300	380/220	—	—	—	—	То же; 2 секции
СФО-25/3Т-М1	22,5	То же	300	380/220	—	—	—	—	То же, 3 секции

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СФО-40/ЗТ	45	То же Производительность 5000 м³/час	300	380/220	—	—	—	—	—	—	То же, 3 секции
СФО-60/ЗТ	67	То же Производительность 7500 м³/час	300	380/220	—	—	—	—	—	—	То же
СФОЦ-25/05	22,5	То же Производительность 1500 м³/час	50	380/220				Трубчатые нагреватели ТЭН			Для подогрева воздуха сельскохозяйственных помещений по 7,5 кВт
СФОЦ-45/05	45	То же Производительность 3000 м³/час	50	380/220				То же			То же, 3 секции по 15 кВт

Электроводонагреватели

УАП-200/09	6	Емк. 200 л	90	380/220				Нагреватели ТЭН			Время нагрева 3 час.
УАП-400/09	12	Емк. 400 л	90	380/220				То же			То же
УАП-800/09	18	Емк. 800 л	90	380/220				То же			Время нагрева 5 час.
УАП-1600/09	30	Емк. 1600 л	90	380/220				То же			Время нагрева 6 час.

СНЗ, СНЗ, СНЦМ — нагрев в защитной атмосфере. СНО, СПО — нагрев в окислительной атмосфере (воздух). Камерные печи оборудованы блокировкой безопасности, отключающей питание нагревательных элементов во время открывания дверей. Калориферы оборудованы блокировкой, не допускающей работу нагревателей при неработающем вентиляторе.

Таблица 4.39. Физические свойства сплавов высокого сопротивления для нагревательных элементов электропечей

Марка сплава	Плотность, г/см ³	Диаметр проволоки, мм	Температура плавления, °С	Максимальная рабочая температура, °С	Удельное сопротивление при температуре, °С				Область применения
					200	400	800	1000	
X15Ю5	7,3	0,2—7,5	1500	См. табл. 4.40	1,24—1,34	1,34	1,45	1,47	Нагревательные элементы печей до 800°С
X23Ю5Т	7,21	0,3—7,5	1500		1,3—1,45	1,40	1,47	1,48	
X27ЮСТ	7,2	0,5—5,5	1510		1,37—1,47	1,44	1,47	1,48	То же, до 1000°С
X15Н60	8,2	0,3—7,5	1390		1,06—1,17	1,17	1,20	—	То же, до 800°С
X20Н80Н	8,4	0,1—7,5	1400	См. табл. 4.40	1,04—1,17	1,14	1,14	1,14	То же, до 1100°С
XН70Ю	7,9	1,0—7,0	1390		1,25—1,35	1,30	1,31	1,32	То же, до 1100°С
Карборундовые нагреватели	2,3	—	—	1450	0,8—1,9	—	—	—	То же, 1350°С

Таблица 4.40. Максимальные рекомендуемые рабочие температуры нагревательных элементов, работающих в воздухе

Марка сплава	Максимальная рабочая температура (°C) в зависимости от диаметра проволоки или толщины полосы, мм				
	0,2	0,4	1,0	3,0	6,0 и более
X15Ю5	750	850	900	950	1000
X23Ю5 (OX23Ю5A)	950	1025	1100	1150	1200
X27Ю5T (OX27Ю5A)	950	1075	1200	1300	1350
X15H60-H	900	950	1000	1075	1125
X20H80-H	950	1000	1100	1150	1200
XH70Ю	950	1000	1100	1175	1200

Таблица 4.41. Трубчатые нагреватели

Структура условного обозначения трубчатых нагревателей:

ТЭН □ □ □ □ □/□ □ □ □ □

ТЭН — трубчатый электронагреватель; две цифры — развернутая длина нагревателя, см; буквы А... 3 — условное обозначение длины контактных стержней в заделке (см. каталог Информэлектро 12.15.04—77); двузначное число — наружный диаметр оболочки, мм; после разделительной дробной черты — номинальная мощность, кВт; буква — условное обозначение нагреваемой среды (см. каталог Информэлектро 12.15.04—77); двух- или трехзначное число — номинальное напряжение, В.

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, Вт	Наружный диаметр, мм
1	2	3	4

Для нагрева воды, слабых растворов щелочей и кислот

ТЭН-32	55	100	10
	36	400; 630	13
	110; 127	400; 500; 630	13
	220	400; 1000	13
ТЭН-42	220	1000	13
ТЭН-44	36	630	
	110, 127	500; 630; 800	13
	220	800	
ТЭН-60	36	500	
	110	800; 1250	
	127	1000	13
	220	800; 1250; 1600; 2000	
	220	2500	13
ТЭН-70	36	320	
ТЭН-78	110	1000; 1250; 1600	
	127	400; 1600	13
	220	400; 1250; 1600	
		2500; 3150	

Продолжение табл. 4.41

1	2	3	4
ТЭН-85	36 110 127; 220	320 1600 1600; 2000	13
ТЭН-100	110 220	1600 400; 1250; 1600; 2000; 3500	13
ТЭН-120	110 127 220	1600; 2000 2000 1250; 2000 2500; 4000	13
ТЭН-140	110 127 220	1600 2000 1250; 2500; 3150 4000; 5000	13 13 13
ТЭН-156	220	3500	16
ТЭН-170	220 110 220	1600 1600; 2000; 3150 4000; 6300	13 13 16
ТЭН-200	110; 127 220 220	1600 2000; 3150; 4000 5000; 6300	13 13 16

Нагреватели длиной 240—735 см, мощностью 1—8 кВт см. каталог Информэлектро 12.15.04—77.

Для воздуха и газов

ТЭН-30	36	320; 500	16; 13
ТЭН-32	55 36 110	100; 120 100; 120; 320 400	13
ТЭН-35	110	250	13
ТЭН-42	48 48; 60	250 630	13
ТЭН-44	36 55 110	160; 500 160 400; 500	13
ТЭН-60	127 36 55 60 110 127 220	320; 400 250; 500 250 800 250; 630 320; 630 250; 400; 500; 630 800; 1000	13
ТЭН-70	127; 220	400	13
ТЭН-78	36, 55 110 127 220	320 200; 320; 400; 800 400; 500; 800; 1000 800; 1000; 1250	13

Продолжение табл. 4.41

1	2	3	4
ТЭН-85	36; 55 110	320 320; 400; 1000	13; 16 (1000 Вт)
ТЭН-100	127; 220 110; 127 220	400; 800; 1000; 1250 500; 1000; 1250 320; 400; 500; 630 800; 1000; 1250; 1600	13
ТЭН-120	110	320; 400; 500; 1000 1250; 2000	13
	127	500; 1000; 1250; 1600	13
	220	500; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	13
	220	1000; 2000	16
	380	1000; 1250; 1600; 2000	16
ТЭН-140	110	200; 500; 630; 1250	13
	127	500; 630; 1600	13
	220	500; 630; 800; 1600; 2000	13
	220	1000	16
ТЭН-170	110	630; 800; 1250; 1600	13
	127	800; 1600	16
	220	800; 1600; 2000 1600; 3150;	13
	380	1600	16
ТЭН-200	110	800; 1000; 1250	16
	127	1000; 1600;	16
	220	630; 1000; 1600; 2500	25

Нагреватели длиной 240—1720 см, мощностью 0,32—5 кВт
см. каталог Информэлектро 12.15.04—77.

Для пищевых жиров и минеральных масел

ТЭН-32	36	160	13
ТЭН-44	36	250	13
ТЭН-60	36; 110; 127 220	320 500; 630	13
ТЭН-78	36 110; 127	320 500	13
	220	630	
ТЭН-85	36 110; 127	320 500	13
	220	630	
ТЭН-100	110; 127 220	630 630; 1000	13

Нагреватели длиной 120—840 см мощностью 0,63—3,5 кВт
см. каталог Информэлектро 12.15.04—77.

1	2	3	4
---	---	---	---

Для плавления металлов и сплавов

ТЭН-85	110	630	16
ТЭН-240	220	2500	16

Нагреватели длиной 280—475 см мощностью 3,5—5 кВт см. каталог Информэлектро 12.15.04—77.

Для нагрева литейных форм и пресс-форм

ТЭН-25	36	320	16
ТЭН-30	36	500	16
ТЭН-32	36	200; 250; 400	13
		500	16
		200; 250	16
	110	400	13
ТЭН-42	36	800	16
ТЭН-44	36	320; 630	
	55	320	13
	110	320; 500	
	127	500	
ТЭН-50	36	800; 1000	16
ТЭН-60	36	500	
	110	500; 1000	13
	127	500; 1000	
	220	1000	
ТЭН-78	36	320	13
	36	1000; 1600	16
	55	320	13
ТЭН-85	110; 127; 220	630; 1250	13
	36	320	
	55	320	13
	110	500; 1250	
	127	800; 1250	
	220	500; 800; 1250	
ТЭН-100	110; 127; 220	1000; 1600	13

Нагреватели длиной 120—280 см мощностью 1—3,15 кВт см. каталог Информэлектро 12.15.04—77.

Таблица 4.42. Область применения трубчатых нагревателей

Нагреваемая среда	Характер нагрева	Материал оболочки	Максимальная удельная поверхностная мощность, кВт/м ²
1	2	3	4
Вода, слабые растворы кислот и щелочей	Нагревание, кипячение	Сталь 10. Сталь 20	110
		Нержавеющая сталь 12X18H10T	110
		Алюминиевые сплавы	50
		Медь. Латунь	70

1	2	3	4
Воздух, газы	Нагрев в спокойной среде до 450°C	Сталь 10. Сталь 20	20
	То же, до 450—700°C	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т	50
	Нагрев в движущейся среде со скоростью 6 м/с и более (калориферы, воздуходувки) до 450°C	Сталь 10. Сталь 20	55
	То же, до 450—600°C	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т	65
	Нагрев в движущейся среде со скоростью менее 6 м/с до 450°C	Сталь 10. Сталь 20	25
Минеральные масла, пищевые жиры	Нагрев в ваннах и сосудах до 300°C	Сталь 10. Сталь 20	30
Пресс-формы	Нагрев до 450°C ТЭН вставлены в отверстия	Сталь 10. Сталь 20	80

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Электромонтеры, обслуживающие электропечи, должны иметь квалификацию не ниже II группы по технике безопасности. Рабочие, обслуживающие технологическую печь, проходят проверку на I группу.

КПД печей сопротивления с температурой нагрева 800—900°C составляет 60—70%. Экономичная работа электропечей достигается путем улучшения теплоизоляции печи и соответствующего снижения тепловых потерь через стенки.

Температура наружной поверхности печи не должна превышать 45—60°. При более высокой температуре печь необходимо вывести в капитальный ремонт и усилить ее теплоизоляцию. Для сокращения потерь в термических печах сопротивления следует применять дополнительную изоляцию. Поверх кожуха печи накладывается слой шлаковаты толщиной 40—50 мм, который закрывается легким дополнительным кожухом из кровельной стали. Наружная поверхность кожуха электропечей окрашивается алюминиевой краской для уменьшения потерь тепла и защиты кожуха от коррозии.

Не допускается работа неуплотненных электрических печей. Через один квадратный дециметр в час теряется до 1 кВт·ч электрической энергии, поэтому следует тщательно следить за плотностью футеровки, тщательно закрывать дверцы электропечи и уплотнять асбестом отверстия, через которые вставляются термопары.

Необходимо обеспечивать полную загрузку электропечей, не допуская неполновесных садок.

Для каждой печи необходимо иметь не менее одного запасного нагревателя.

Осмотр печей сопротивления проводится каждую смену. При осмотрах обращают внимание на состояние контактов силовой цепи, работу блокировки дверей, наружную температуру кожуха печи, целостность зануления, состояние трансформаторов.

Текущий ремонт печей сопротивления для термообработки рекомендуется проводить раз в 6 месяцев, плавильных — раз в 2 месяца. В процессе текущего ремонта проводится наружный осмотр и проверка электрического оборудования, подтяжка клеммных контактов, проверка нагревательных элементов, чистка, проверка мегомметром изоляции электрических цепей.

Средний ремонт выполняется раз в год. При среднем ремонте проводятся работы, выполняемые при текущем ремонте, а также вскрытие печи, разборка схемы, частичная замена нагревательных элементов, ремонт электрооборудования и пусковой аппаратуры, частичный ремонт футеровки.

Капитальный ремонт термических печей выполняется раз в 3 года, а плавильных — раз в 2 года. При капитальном ремонте проводится полная замена футеровки и нагревательных элементов.

Расчет электронагревательных устройств

Закон Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 R t,$$

$$\text{или } Q = \frac{U^2}{R} \cdot t,$$

$$\text{или } Q = P \cdot t,$$

где Q — количество тепла, Дж; I — ток, А; U — напряжение, В; P — мощность, Вт; t — время, с.

Порядок расчета

1. Принимаем исходные данные для расчета:

а) масса нагреваемого вещества, кг — m ;

б) удельная теплоемкость вещества $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ — C ;

в) начальная температура $^\circ\text{C}$ — t_1 ;

г) конечная температура $^\circ\text{C}$ — t_2 ;

д) время разогрева, с — τ ;

е) напряжение сети, В — U .

2. Определяем необходимое количество тепла, Дж:

$$Q = m \cdot C (t_2 - t_1).$$

3. Определяем полезную мощность электронагревателя, Вт:

$$P_{\text{полезн.}} = \frac{Q}{\tau}$$

4. По таблице 4.43 учитываем коэффициент полезного действия нагревателя.

5. Определяем рабочую мощность нагревателя:

$$P = 1,25 \frac{P_{\text{полезн.}}}{\eta_{\text{печи}}}$$

Коэффициент запаса 1,25 принимается из учета возможного снижения напряжения в сети на 5—7% и старения теплоизоляции.

6. В зависимости от напряжения сети и количества фаз определяем силу тока.

При мощности нагревателей до 5—10 кВт их можно выполнять однофазными. При больших мощностях для равномерной загрузки сети нужно выполнять нагреватели трехфазными.

$$\text{Для однофазных } I = \frac{P}{U}, \quad \text{для трехфазных } I = \frac{P}{\sqrt{3} U_{\text{лин.}}}$$

7. Определяем сопротивление одной фазы нагревателя.

$$\text{Для однофазных } R_{\text{нагр.}} = \frac{U}{I} \text{ или } R_{\text{нагр.}} = \frac{U^2}{P};$$

$$\text{для трехфазных } R_{\text{нагр.}} = \frac{U_{\text{лин.}}}{\sqrt{I}} \text{ или } R_{\text{нагр.}} = \frac{U_{\text{лин.}}^2}{P},$$

где: U — напряжение, В; P — мощность, Вт.

8. Для найденного тока и нужной температуры определяем диаметр проволоки нагревателей по таблице 4.44.

При температурах до 980° применяется нихром.

9. Определив диаметр проволоки и зная из предыдущего пункта сопротивление нагревателя $R_{\text{нагр.}}$, находим длину проволоки:

$$l = \frac{0,785 R_{\text{нагр.}} \cdot d^2}{\rho},$$

где l — длина проволоки, м; d — диаметр проволоки, мм; ρ — удельное сопротивление (из табл. 4.39) для температуры 20°С.

Диаметр спирали нагревателя из нихрома принимается в 10—12 раз большим, чем диаметр проволоки.

Для устранения местных перегревов спираль необходимо растянуть, чтобы расстояние между витками было в 1,5—2 раза больше диаметра проволоки.

Таблица 4.43. Коэффициент полезного действия нагревателей

Тип электронагревательного устройства	КПД
Нагреватели, погружаемые в жидкость	0,92—0,95
Электрические плитки	0,4—0,5
Электронагреватели прямоугольной формы в виде ящиков с асбестовой изоляцией	0,4—0,6
Электроды из шамотных кирпичей с дополнительной изоляцией из диатомовой засыпки или шлаковаты	0,6—0,7

Пример: определить мощность открытого нагревателя в калорифере для нагрева воздуха от $t_1 = -10^\circ\text{C}$ до $t_2 = 100^\circ\text{C}$; расход воздуха $V = 0,1 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Плотность воздуха при температуре -10°C — $\gamma = 1,3 \text{ кг/м}^3$.

Теплоемкость воздуха для данного интервала температур принимаем по справочным данным $C = 1000 \text{ Дж/кг } ^\circ\text{C}$.

Масса воздуха, проходящая через калорифер за 1 с:

$$m = V\gamma = 0,1 \cdot 1,3 = 0,13 \text{ кг/с.}$$

Полезная мощность нагревателя:

$$P_{\text{полезн.}} = mC \cdot (t_2 - t_1) = 0,13 \cdot 1000[100 - (-10)] = 14300 \text{ Вт.}$$

Коэффициент полезного действия находим по табл. 4.43, как для нагревателей, погруженных в жидкость, $\eta = 0,92$.

Установленная мощность составит:

$$P_y = \frac{P_{\text{полезн.}}}{\eta} = \frac{14300}{0,92} = 16000 \text{ Вт.}$$

Выполняем нагреватель из нихромовой проволоки, навитой на керамическую трубку, трехфазным, соединенным в звезду.

Расчетный ток.

$$I = \frac{P}{3U_{\text{лин.}}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 24 \text{ А.}$$

Сопротивление одной фазы нагревателя:

$$R = \frac{U_{\text{фаз}}}{I_{\text{фаз}}} = \frac{220}{24} \cong 9,2 \text{ Ом.}$$

По таблице 4.44 для температуры 200° принимаем нихромовый провод $\varnothing 3$ мм, допускающий нагрузку 11 А. Для расчетного тока 24 А принимаем нагреватель из двух проволок диаметром 3 мм.

Сопротивление каждой проволоки будет $9,2 \cdot 2 = 18,4$ Ом.

Удельное сопротивление нихрома из табл. 4.39 для температуры между 20—400 °С: $\rho = 1,1$.

Находим длину одной проволоки в фазе:

$$l = \frac{0,785 R_{\text{нагр.}} \cdot d^2}{\rho} = \frac{0,785 \cdot 18,4 \cdot 3^2}{1,1} = 118 \text{ м}$$

**Таблица 4.44. Допустимые нагрузки в амперах
на нихромовую проволоку
(при нагревателях, навитых на трубу
или уложенных открыто на керамическом основании)**

Диаметр, мм	Температура нагрева				
	200°	400°	600°	800°	1000°
1	2	3	4	5	6
3	11	22	34,6	50	60
2	6,4	12,1	18,4	25,5	30,5
1,5	4,5	8,4	12,2	16,6	19,7
1	2,8	4,8	6,9	9,3	11,4
0,9	2,33	4,1	5,9	7,9	9,9
0,8	1,9	3,5	4,9	6,6	8,4
0,7	1,5	2,9	4	5,4	7
0,6	1,2	2,3	3,2	4,3	5,6
0,5	0,9	1,7	2,5	3,3	4,3

1	2	3	4	5	6
0,4	0,7	1,2	1,8	2,4	3,1
0,3	0,45	0,8	1,1	1,6	2
0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,3

Примечания. 1. При закрытом расположении нагревателей (например, в камерных электропечах) нагрузки необходимо уменьшить в 1,2—1,5 раза. 2. При расположении нагревателя внутри нагреваемой жидкости нагрузка может быть увеличена в 1,1—1,5 раза. Меньший коэффициент берется для более толстой проволоки, больший — для тонкой.

4.6. ПЕРЕНОСНОЙ (РУЧНОЙ) ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Ручной электроинструмент выпускается для питания от сети промышленной частоты или через преобразователи частоты ИЭ-9401 и ИЭ-9403.

Технические данные наиболее употребительных инструментов приведены в табл. 4.45.

Технические описания специализированных ручных и переносных инструментов и машин — электрогайковертов, шуруповертов, молотков, трамбовок, перфораторов, долбежников, штукатурно-затирочных машин и т. п. приведены в каталоге-справочнике «Механизированный инструмент. Отделочные машины и вибраторы», издание ЦНИИТЭстроймаш Министерства строительного, дорожного и коммунального машиностроения (Москва, 1978).

Переносной электроинструмент выпускается трех классов исполнения:

класс I — на напряжение 127, 220 и 380 В переменного тока частоты 50 Гц и 127 В или 220 В переменного тока повышенной частоты 200 и 400 Гц. Все металлические детали, доступные для прикосновения, отделены от частей, находящихся под напряжением, только рабочей изоляцией¹;

класс II — на те же напряжения, что и кл. I. Все металлические детали, доступные для прикосновения, отделены от находящихся под напряжением двойной² или усиленной изоляцией³;

класс III — на напряжение до 42 В частотой 50, 200 или 400 Гц с питанием от специальных источников или питающих трансформаторов.

Технические данные преобразователей для инструмента класса I и III приведены в табл. 4.46.

¹ Рабочая изоляция токоведущих частей обеспечивает нормальную работу электроустановки и защиту от поражения электрическим током.

² Двойная изоляция состоит из рабочей и дополнительной изоляции (например, покрытие корпуса дрели пластмассой), предназначенной для защиты от поражения электрическим током при повреждении рабочей изоляции.

³ Усиленная изоляция — это рабочая изоляция повышенной электрической и механической прочности, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения током, как и двойная изоляция.

Примечание: для производства строительно-монтажных работ и для продажи населению инструменты кл. I не допускаются.

Инструменты класса I при использовании вне закрытых помещений должны подключаться к питающей сети через трансформатор или через защитно-отключающее устройство.

Использование электроинструмента во взрывоопасных зонах не допускается.

Для защиты от поражения током при работе электрифицированным инструментом с нормальной изоляцией, с переносными электроприемниками, а также при работе в особо опасных условиях — в колодцах, котлованах, на металлоконструкциях и т. п. электроприемники следует питать через защитно-отключающие устройства ИЭ-9801, 9802, выпускаемые Выборгским заводом «Электроинструмент».

Соппротивление изоляции не должно быть ниже 20 МОм. Изоляция инструмента должна выдерживать в течение 1 минуты испытательное напряжение, указанное в табл. 4.47.

Переносные инструменты должны быть снабжены несъемным гибким кабелем или шнуром ШБРЛ или ШБРС длиной не менее 3 м и не более 10 м со штепсельной вилкой. Кабель в месте ввода в переносной инструмент должен быть защищен от перегибов и истирания изоляционной трубкой, один конец которой закрепляется в корпусе.

Металлические корпуса инструментов класса I должны быть занулены с помощью третьей жилы кабеля сечением не менее 1 мм².

Длина зануляющей жилы в месте заделки внутри инструмента должна быть немножко более, чем жилы питания, чтобы при случайном вытягивании кабеля из инструмента сначала оборвались токоведущие жилы. При замене кабелей и ремонте инструмента нужно за этим следить.

Штепсельные вилки для инструментов с напряжением 42 В и ниже не должны подходить к штепсельным розеткам сети 220 В.

Штепсельные вилки для инструментов, предназначенных для работы с частотой 200 и 400 Гц, не должны подходить к розеткам для частоты 50 Гц.

Таблица 4.45. Ручной электрифицированный инструмент

Тип	Напряжение В	Частота, Гц	Потребляемая мощность, кВт	Частота вращения		Характеристика двигателя. Размеры рабочего инструмента
				$\frac{1}{с}$ двигателя (об/мин.)	инструмента, об/мин.	
1	2	3	4	5	6	7

Сверлильные машины

ИЭ-1003Б	220	50	0,27	200 (12000)	1500	Коллекторный, однофазный. Сверло Ø 6 мм
ИЭ-1031А	220	50	0,27	193 (11600)	1380	Коллекторный, однофазный с двойной изоляцией. Сверло Ø 9 мм

1	2	3	4	5	6	7
ИЭ-1019А	220	50	0,34	200(12000)	800	То же
ИЭ-1032	220	50	0,42	300(18000)	940	То же
ИЭ-1022А	220	50	0,4	200(12000)	700	То же. Сверло Ø 14 мм
ИЭ-1023	220	50	0,6	200(12000)	250	То же. Сверло Ø 23 мм
ИЭ-1015	220	50	0,83	47(2800)	450	Трехфазный с к. з. ротором. Сверло Ø 32 мм
ИЭ-1025А	36	200	0,21	200(12000)	1230	То же. Сверло Ø 6 мм
ИЭ-1026А	36	200	0,29	193(11600)	800	То же. Сверло Ø 9 мм
ИЭ-1033	36	200	0,37	200(12000)	510	То же. Сверло Ø 14 мм
ИЭ-1017А	36	200	0,86	200(12000)	420	То же. Сверло Ø 22 мм
ИЭ-1029	36	200	1,1	193(11600)	3800	То же, для свер- ления бетона ал- мазным сверлом Ø 25 мм

Электромагнитобур

СЦ-2	220	50	0,9	—	—	Питается через устройство УПЭБ
------	-----	----	-----	---	---	-----------------------------------

Шлифовальные машины

ИЭ-2008	220	50	0,6	200(12000)	6800	Коллекторный од- нофазный с двой- ной изоляцией. Круг Ø 63 мм
ИЭ-2009	220	50	1,15	250(15000)	2600	То же. Круг Ø 125 мм
ИЭ-6103	220	50	1,0	48(2800)	2800	То же. Круг Ø 200 мм с гибким валом
ИЭ-8201А	220	50	1	49(2920)	2800	То же. Прямая головка, круг Ø 200 мм. Угловая головка, круг Ø 125 мм
ИЭ-2004А	36	200	1,1	200(12000)	3800	Трехфазный с к. з. ротором. Круг Ø 150 мм
ИЭ-2102А	36	200	2,1	191(11600)	6500	То же. Угловая головка. Круг Ø 220 мм

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Бороздодел

ИЭ-6401	36	200	0,37	191(11600)	620	То же. Фреза Ø 100 мм
---------	----	-----	------	------------	-----	--------------------------

Рубанки

ИЭ-5701А	220	50	0,6	200(12000)		Коллекторный, однофазный с двойной изоляцией. Ширина строгания 75 мм.
ИЭ-5701	220	50	1,15	250(15000)		То же. Ширина строгания 100 мм
ИЭ-5707А	220	50	0,8	50(3000)		Короткозамкнутый, трехфазный. Ширина строгания 100 мм

Пилы дисковые

ИЭ-5107	220	50	1,15	300(15000)		Коллекторный, однофазный с двойной изоляцией. Диаметр пильного диска 200 мм
ИЭ-5102В	220	50	0,82	50(3000)		Короткозамкнутый, трехфазный

Вибраторы глубинные

ИВ-78	36	200	0,27	—	—	Короткозамкнутый, трехфазный. Вибронаконечник диаметром 50 мм длиной 400 мм (50/400)
ИВ-79	36	200	0,8	—	—	То же. Вибронаконечник 75/500
ИВ-80	36	200	1,5	—	—	То же. Вибронаконечник 100/520
ИВ-59	36	200	0,6	—	—	То же. Вибронаконечник 114/400

Таблица 4.46. Статические преобразователи частоты

Тип	Напряжение питательной сети 50 Гц, В	Число фаз вход/выход	Мощность, кВА	Линейное выходное напряжение, В	Выходная частота, Гц	КПД, %	cos φ
ПЧС-4-150/200/400-230-П(А) ПЧС-4-150/200/400-36-П(А)	380±5%	3/3	4	230 36	150/200/400	84	0,94
ПЧС-10-150/200/400-230-П(А) ПЧС-10-150/200/400-36-П(А)			10	230 36		85	0,94
ПЧС-25-150/200/400-230-П(А)			25	230		83	0,94

Примечания: 1. Преобразователи ПЧ-4 и ПЧ-10 допускают параллельную работу до 3-х преобразователей на общую нагрузку. 2. Допустимая температура окружающей среды от -40 до +40 °С. 3. Преобразователи ПЧС-25 и ПЧС-10 на 230 В могут комплектоваться дополнительными распределительными устройствами УРЧ-4-36 для питания электроинструмента на 36 В. Каждое распределительное устройство имеет 4 выхода. 4. Исполнение преобразователей закрытое. 5. Преобразователи выпускают в переносном варианте (на салазках) — тип П и для стационарной установки — тип А.

**Таблица 4.47. Испытательные напряжения
для переносных инструментов**

Испытываемая изоляция	Испытательное напряжение, В для классов		
	I	II	III
1. Между контактными деталями выключателей в выключенном положении	1500	1500	500
2. Между частями, находящимися под напряжением и доступными для прикосновения металлическими деталями	1500	—	500
3. Между частями, находящимися под напряжением и недоступными для прикосновения металлическими деталями	—	1500	—
4. Между частями, находящимися под напряжением и доступными для прикосновения деталями, отделенными усиленной изоляцией	—	4000	—

4.7. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТЫ, ШКАФЫ, ЯЩИКИ

Для распределения электроэнергии и защиты электроустановок при перегрузках и коротких замыканиях, а также для выполнения включений и выключений (до 6—10 операций в час) применяют распределительные устройства напряжением до 1000 В, распределительные щиты, пункты и шкафы (табл. 4.48), а также силовые распределительные ящики на одно или несколько присоединений.

На каждой панели, силовом пункте или ящике, а также на каждой цепи, отходящей от этих устройств, должны быть четкие надписи, указывающие их назначение. При обслуживании с двух сторон — надписи должны быть и на задней стороне щита. Шины должны быть окрашены.

На приводах коммутационных аппаратов должно быть четко указано положение «Включено» и «Отключено».

Если на одну линию включено «в цепочку» несколько распределительных пунктов, или при питании их по воздушной линии, или от удаленной подстанции, на силовых пунктах должны предусматриваться вводные (общие) рубильники или автоматы, обеспечивающие снятие напряжения с оборудования при ремонте щита.

Установка рубильника перед каждым автоматическим выключателем отходящей линии не требуется, если обеспечена возможность снятия напряжения общим рубильником. Схемы силовых пунктов показаны на рис. 4.11.

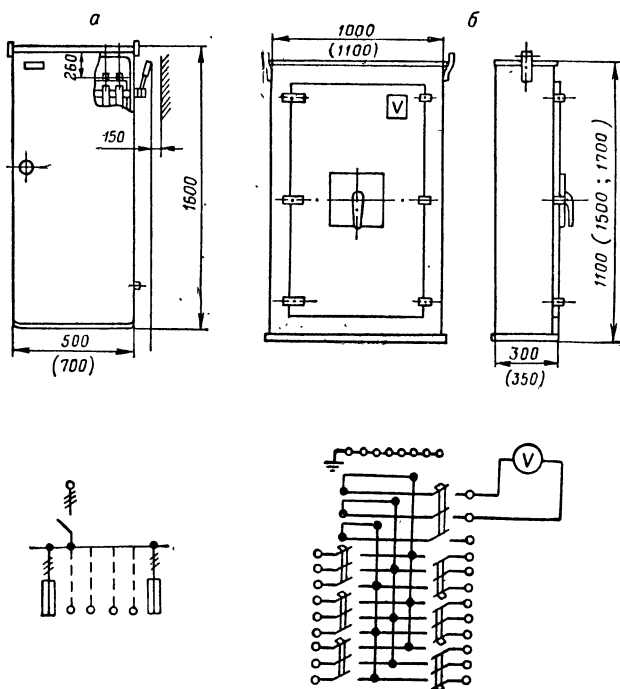


Рис. 4.11. Силовые пункты:
а — ШР11; б — ПР24

В качестве распределительных устройств в силовых и осветительных сетях и для управления электродвигателями в промышленных и сельскохозяйственных установках рекомендуется применять сборки из ящиков или блоков типа РУС-Е (рис. 4.12).

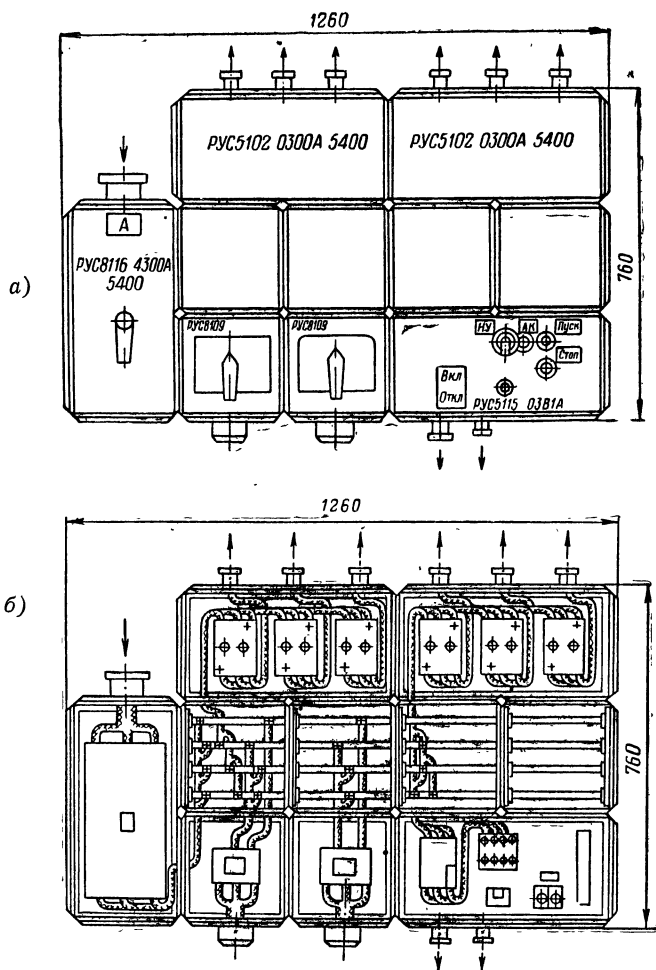


Рис. 4.12. Распределительное устройство из блоков серии РУС:
а — внешний вид; б — внутреннее устройство

Сборки РУС-Е допускают работу в запыленных и особо сырых помещениях и на открытом воздухе.

Типовые блоки укомплектованы аппаратами, приборами и сигнальными устройствами и выпускаются для напряжений 380, 660 В и на токи 25; 63; 100; 250; 400; 630 А.

Размеры блоков 500×500×250; 500×250×250 мм и 250×250×250 мм.

По конструктивному исполнению сборки РУС изготавливаются в

следующих модификациях: А — металлические, химостойкие; Б — пластмассовые, химостойкие; В — металлические, нехимостойкие.

Степень защиты IP54

Номенклатура и технические данные наиболее распространенных блоков РУС приведены в табл. 4.49.

Питание единичных электроприемников, передвижного оборудования (сварочных трансформаторов, электропил, насосов, транспортеров и т. п.) и управление ими целесообразно осуществлять через отдельные блоки РУС или одно- и многофидерные силовые ящики.

Силовые ящики выпускаются в закрытом исполнении. В конструкции предусмотрена блокировка, не допускающая открытия крышки при включенном положении рубильника и включения рубильника при открытой крышке.

Ящики устанавливают вертикально, рукояткой справа. Технические характеристики силовых ящиков ЯРП, ЯВП, ЯС и выключателей ПРВ приведены в табл. 4.50.

Конструкция распределительных устройств

Силовые распределительные пункты выполняются на металлическом каркасе в закрывающемся кожухе и в виде щитов с передним или задним присоединением.

Допускается установка аппаратов на несгораемых изоляционных плитах. Поверхность гигроскопических изоляционных плит, на которых монтируются неизолированные токоведущие части, должна быть защищена от влаги пропиткой или окраской. Установка неизолированных токоведущих частей на текстолитовых, гетинаксовых и т. п. панелях не допускается.

При установке в сырых, особо сырых помещениях или на открытом воздухе применение гигроскопических изоляционных плит (мрамор, асбестоцемент) не допускается.

Ошиновка выполняется алюминиевыми или стальными шинами. Шины фаз А, В, С окрашивают в желтый, зеленый и красный цвет, нулевую — в черный цвет. Нагрузки на шины приведены в табл. 4.51.

Типы и характеристики рубильников, переключателей и предохранителей, наиболее часто применяемых на силовых щитах, указаны в табл. 4.16, 4.18 и 4.19, магнитных пускателей и автоматических выключателей — в табл. 4.12 и 4.21.

Установка распределительных устройств

Щиты и силовые пункты желательно не располагать в зонах с тяжелыми условиями среды. Если же вынести их за пределы таких зон невозможно, то в пыльных, сырых, особо сырых помещениях и на открытом воздухе щиты, силовые пункты и ящики должны иметь защитные уплотнения, а на открытом воздухе — располагаться под навесом.

При установке в производственных помещениях токоведущие части необходимо закрывать сплошными кожухами. Ширина прохода должна быть не менее 0,8 м. При наличии открытых токоведущих частей распределительное устройство должно быть ограждено сетчатым или сплошным ограждением высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатых ограждений до неизолированных токоведущих ча-

стей принимают не менее 0,7 м, а от сплошных — не менее 50 мм.
Оконцевание проводов и кабелей должно находиться внутри шкафа.

При установке на открытом воздухе и возможности снежных заносов шкафы поднимают на 1 м от земли.

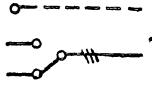
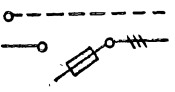
Таблица 4.48. Силовые распределительные пункты

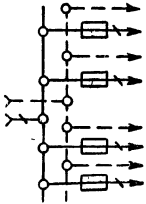
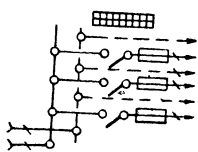
Тип	Длитель- но допу- стимый ток рас- предел. пункта, А	Тип защит- ных аппара- тов	Номиналь- ный ток расцепи- телей, А	Количество отходящих линий	Примечания
ПР22	420—700	А 3700 Б с термо- биметал- лически- ми рас- цепите- лями	16—250	от 4 до 12	С вводным вы- ключателем и без вводного выключателя. Исполнение на- весное и на- польное. Сте- пень защиты <i>IP21</i> и <i>IP54</i>
ПР24	420—700	А 3700 Ф	16—250	от 6 до 12	То же
ПР21	420—700	А 3700		от 6 до 12	То же
ПР9000	200—600	А 3100	15—600	от 4 до 18	То же. Выпу- скаются также в утепленном исполнении для установки в ни- ше
ШР-11	250	ПН2	15—100	от 5 до 8	С вводным ру- бильником с об- щим и без об- щего предохра- нителя. Наполь- ное исполнение. Предохраните- ли постепенно заменяются на тип ПП31. Сте- пень защиты <i>IP22</i> и <i>IP54</i>
	400	НПН2	15—250		
ШРС-20÷ ÷ 28		Предо- хранитель ПН2 и НПН2	60—250	от 5 до 8	С вводным ру- бильником Напольный Степень защи- ты <i>IP22</i>
ШРС1-50÷ ÷ 58	400		60—250	от 5 до 8	То же, <i>IP54</i>

Таблица 4.49. Блоки типа РУС на 380 В

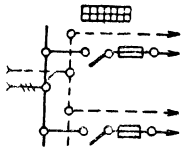
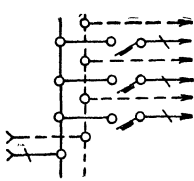
Тип блока	Номинальный ток, А	Ток плавкой вставки или расцепителя, А	Схема блока	Встроенные в блок аппараты	Колич. аппаратов в блоке, шт.
1	2	3	4	5	6
РУС 8101	63 100	25; 40; 63 80; 100		Предохранители резьбовые ПРС	3
РУС 8102	100 250 400 630	30 ÷ 100 80 ÷ 250 200 ÷ 400 300 ÷ 600		Предохранители ПН2	3
РУС 8103 РУС 8111	100 250 400 630	—		Рубильники Р15	1
РУС 8104	100 250 400 630	30 ÷ 100 80 ÷ 250 200 ÷ 400 300 ÷ 600		Рубильники Р15 Предохранители ПН2	1 3

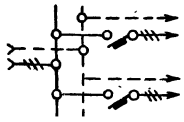
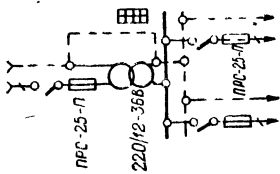
Продолжение табл. 4.49

1	2	3	4	5	6
РУС 8105	100 250 400 630	—		Рубильник-переключатель РП15	1
РУС 8106 РУС 8107 РУС 8108	100 250 400 630	30—100 80—250 200—400 300—600		Предохранитель-выключатель ППВ11	1
РУС 8112	100	16÷100		Выключатель АЕ-2056. Амперметр или вольтметр	1
РУС 8113 РУС 8114	100 160 200 600	15÷100 15÷100 120÷200 400÷600		Выключатель АЗ100 с комбиниров. расцепителем. Амперметр или вольтметр	1 1

РУС 8115	160	16 ÷ 160	Выключатель А3700 Амперметр или вольтметр	1
	250	160 ÷ 250		1
	400	250 ÷ 400		
	630	400 ÷ 630		
РУС 8116	160	32 ÷ 160	Выключатель А3700Ф	1
	250	160 ÷ 250		
	630	400 ÷ 630		
РУС 8117				4
РУС 8118	20	4 ÷ 25		8
РУС 8119				12
РУС 8120	20	4 ÷ 25		3
РУС 8121				6
РУС 8122				12
РУС 8123				3
РУС 8124				6
РУС 8125	63	20 ÷ 63		12

Продолжение табл. 4.49

1	2	3	4	5	6
РУС 8126	20	4 ÷ 25		Предохранитель ПРС	3
РУС 8127				Переключатель ПКУ	1
РУС 8128				То же	6
РУС 8129				То же	12
РУС 8130	63	20 ÷ 63		То же	4
РУС 8131				То же	3
				То же	1
				То же	6
				То же (2 ящика)	2
				То же (2 ящика)	12
				То же (2 ящика)	4
РУС 8132				Выключатель АЕ-1031	3
РУС 8133	25	6 ÷ 25		То же	6
РУС 8134				То же (2 ящика)	12
РУС 8135				Выключатель АЕ-2044	3
РУС 8136	63	10 ÷ 63		То же	6
РУС 8137				То же (2 ящика)	12

РУС 8138-$\frac{1}{2}$ -РУС 8141 РУС 8142-$\frac{1}{2}$ -РУС 8145 РУС 8146-$\frac{1}{2}$ -РУС 8151	25 63 50	0,6-$\frac{1}{2}$-25 10-$\frac{1}{2}$-63 15-$\frac{1}{2}$-50		Выключатель АЕ-2036 То же, АЕ-2046 То же, А3161	1-$\frac{1}{2}$-4 1-$\frac{1}{2}$-4 1-$\frac{1}{2}$-8
РУС 8152	20	4-$\frac{1}{2}$-25		Предохранитель ПРС Переключатель ПКУ-2 Трансформатор ОСО-0,25	3 3 1
РУС 8153	25	0,6-$\frac{1}{2}$-25	Аналогично, но с автоматическими выключателями вместо предохранителей	Выключатель АЕ-2034 Трансформатор ОСО-0,25	3 1

Окончание табл. 4.49.

1	2	3	4	5	6
РУС 5102 РУС 5103 РУС 5104 РУС 5105 РУС 5106	10 25 36 60 106 140	0,5 ÷ 10 5 ÷ 25 12,5 ÷ 25 20 ÷ 60 50 ÷ 112 77 ÷ 139		Пускатель ПМЕ-112 То же, ПМЕ-212 То же, ПАЕ-312 То же, ПАЕ-412 То же, ПАЕ-512 То же, ПАЕ-612	3 3 1 1 1 1
РУС 5107 ÷ ÷ РУС 5112	10 ÷ 140	4 ÷ 139		Пускатель ПМЕ или ПАЕ Предохранитель ПРС или ПН2	1

Кроме указанных в таблице, выпускают блоки с кнопками управления, сигнальными лампами, амперметрами прямого включения или с трансформаторами тока, счетчиками прямого включения или с трансформаторами тока.

Таблица 4.50. Силовые ящики и выключатели

Тип ящика	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Ток плавкой вставки, А	Тип рубильников и предохранителей	Примечание
1	2	3	4	5	6
ЯРП11-301 ЯРП11-302	~ 380 = 220	80	30; 40; 50; 60; 80; 100	P26-31370 ПН2-100-10 P26-31270 ПН2-100-10	Исполнение IP32, IP54 и химостойкое
ЯРП11-341 ЯРП-342	~ 380 = 220	220	80; 100; 120; 150; 200; 250	P26-35370 ПН2-250-10 P26-35250 ПН2-250-10	
ЯРП-20	380	20	6—20	Рубильник Р Предохранитель Е27 до 20А	IP30
ЯПП-15	380	16	6—16	Пускатель ПНВ-30 Предохранитель Е27	IP30
ЯВП 3-15 ЯВП 2-15	~ 380 = 220	15	6; 10; 15	Пак. выкл. ПВМ предохран. ПР-2	Степень защиты IP54
ЯВП 3-60 ЯВП 2-60	~ 380 = 220	60	15; 20; 25; 35 45; 60	То же	
ЯВЗ-31; 32; 33 ЯВЗ-21; 22; 23	~ 500 = 220	100; 200; 300			Выпускается модификация ЯВЗШС с штепсельным разъемом и ЯВЗБ — с барашковыми зажимами
ЯРВ-6122		60	15; 20; 24; 35; 60	Предохранитель ПН2	Навесные, вертикальные. Степень защиты IP54
ЯРВ-6123	380/220	100	60; 80; 100		
ЯРВ-6124		200	100; 125; 160; 200		

1	2	3	4	5	6
ПРВ	380	25; 40; 63	15; 20; 25; 35; 45; 60	Предохранитель ПП-12	
ЯС-1500			ПН2-100		На вводе ящиков ЯС. всех типов установлен вводный рубильник; 5 линий до 100 А
ЯС-1402	380	250		ПН2-100 АЕ-1000	4 линии до 100 А; 1×10А; 1×16А;
ЯС-1303				ПН2-100 АЕ-1000	3 линии до 100 А; 1×10А; 1×16А; 1×25 А
ЯС-1204				ПН2-100 АЕ-100	2 линии до 100 А; 2×10 А; 1×16 А; 1×25 А
ЯС-2900				ПН2-100	9×100 А
ЯС-2604	380	400		ПН2-100 АЕ-1000	6×100 А 2×10 А; 1×16 А; 1×25 А
ЯС-2409				ПН2-100 АЕ-1000	4×100 А 2×6 А; 2×10А; 3×16А; 2×25А

Таблица 4.51. Нагрузки на шины прямоугольного сечения
(для расчетной температуры +25°)
Предельная температура шин 70 °С

Размеры		Медные		Алюминиевые			Стальные		
ширина, мм	толщина, мм	нагрузки, А				размер, мм	нагрузки, А	размер, мм	нагрузки, А
		число полюсов на полюс или фазу							
		1	2	1	2'				
15	3	210	—	165	—				
20		275	—	215	—				
25		340	—	265	—	20×3	65/100	20×4	70/115
30	4	475	—	365/370	—	25×3	80/120	25×4	85/140
40		625	—/1090	480	—/855	30×3	95/140	30×4	100/165
40	5	700/705	—/1250	540/545	—/965				
50		860/870	—/1525	665/670	—/1180	40×3	125/190	40×4	130/220
50	6	955/960	—/1700	740/745	—/1315				
60		1125/1145	1740/1990	870/880	1350/1555	50×3	155/230	50×4	165/270
80		1480/1510	2110/2630	1150/1170	1630/2055	60×3	185/280	60×4	195/325
100		1810/1875	2470/3245	1425/1455	1935/2515				

Окончание табл. 4.51

Размеры		Медные		Алюминиевые		Стальные			
шири- на, мм	толщи- на, мм	нагрузки, А				размер, мм	нагрузки, А	размер, мм	нагрузки, А
		число полюс на полюс или фазу							
		1	2	1	2				
60 80 100 120	8	1320/1345	2160/2485	1025/1040	1680/1840	70×3	215/320	70×4	225/375
		1690/1755	2620/3095	1320/1355	2040/2400	80×3	245/365	80×4	260/430
		2080/2180	3060/3810	1625/1690	2390/2945	90×3	275/410	90×4	290/480
		2400/2600	3400/4400	1900/2040	2650/3350				
60 80 100 120	10	1475/1525	2560/2725	1155/1180	2010/2110				
		1900/1990	3100/3510	1480/1540	2410/2735				
		2310/2470	3610/4325	1820/1910	2860/3350	100×3	305/460	100×4	325/535
		2650/2950	4100/5000	2070/2300	3200/3900				

Примечания. 1. В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе — при постоянном токе. 2. Нагрузки даны для расположения шин на ребро. При расположении плашмя нагрузку снижать на 5% при ширине шин до 60 мм и на 8% при ширине шин более 60 мм.

Поправочные коэффициенты на температуру окружающего воздуха

Для предель- ной тем- перату- ры шин, °С	Значение поправочных коэффициентов при температуре воздуха °С								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
70	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67

4.8. ВНУТРИЦЕХОВЫЕ СИЛОВЫЕ СЕТИ

Для распределения энергии в цехах с большим количеством электродвигателей целесообразно применять распределительные шинопроводы типа ШРА на 250; 400 и 630 А.

При небольшом количестве силовых электроприемников питание их нужно осуществлять от силовых шкафов или щитов. При этом разводка от щитов к двигателям выполняется в неметаллических трубах, уложенных в полу.

Каждый станок следует питать отдельной линией, в начале которой установлены предохранители. Если 2—3 небольших станка, расположенных рядом, находятся на большом расстоянии от силового пункта, допускается питать их «цепочкой» от одной группы. При этом каждый двигатель должен быть защищен своими предохранителями, установленными в металлическом кожухе на самом станке.

Конструктивное выполнение цеховых сетей и правила их эксплуатации см. в главе «Проводки».

Г л а в а 5.

КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ ($\cos \varphi$) И СПОСОБЫ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

5.1. ПОНЯТИЕ О КОЭФФИЦИЕНТЕ МОЩНОСТИ

В сети переменного тока напряжение меняется по синусоиде (рис. 5.1, кривая а), то есть растёт от нуля до максимума, затем уменьшается снова до нуля, меняет свое направление, вновь возрастает до максимума и опять снижается до нуля. Этот процесс все время повторяется. Время, за которое происходит такое изменение, называется периодом, а число периодов в секунду — частотой переменного тока.

В СССР для электроснабжения применяется переменный ток с частотой 50 периодов в секунду, или 50 Гц. Если к источнику такого напряжения подключить сопротивление, например, электролампочку или плитку, то через него пойдет ток. Этот ток будет

изменяться одновременно с изменением напряжения (рис. 5.1, кривая б), или, как говорят, ток совпадает по фазе с напряжением. Такой ток называют активным. Активной будет и энергия, которая при этом поступает в электроприемник, а также энергия, расходуемая в электродвигателях на механическую работу.

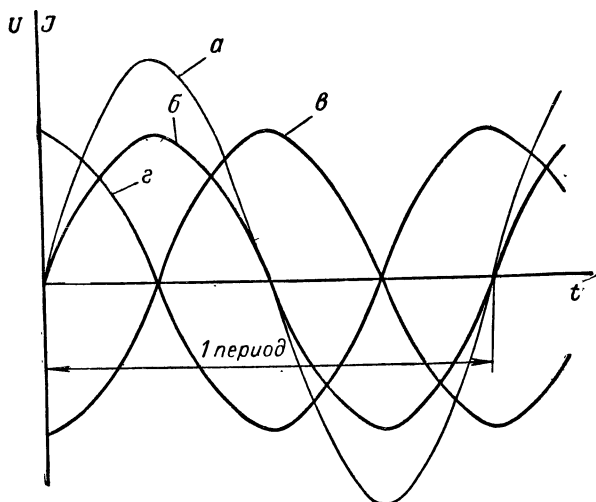


Рис. 5.1. Сдвиг по фазе между током и напряжением:
а — кривая изменения напряжения; *б* — кривая активного тока;
в — кривая емкостного тока; *г* — кривая изменения индуктивного тока

В электродвигателе, а также в трансформаторе для работы необходимо создать магнитное поле. Это поле в цепях переменного тока меняется по синусоиде, причем энергия, с ним связанная, в течение половины периода течет от генератора к токоприемнику, а в следующий полупериод возвращается обратно в генератор. Такая энергия называется реактивной. Протекание ее проявляется в виде добавочного тока, отстающего от напряжения, как показано на рис. 5.1, кривая *в*. Этот ток, протекая от генератора к приемнику и обратно, не производит полезной работы, а только вызывает дополнительное нагревание проводов, то есть дополнительные потери активной энергии.

Следовательно, для снижения потерь необходимо уменьшать количество реактивной энергии в сети.

Активный и реактивный токи, протекающие в проводе, складываются в один общий ток, который замеряется амперметром. Произведение этого полного тока на напряжение называется полной мощностью.

Отношение активной мощности к полной называется коэффициентом мощности. Для удобства технических расчетов коэффициент мощности выражают через косинус условного угла «фи» ($\cos \varphi$).

Определение коэффициента мощности

При изменяющейся нагрузке определяют усредненный коэффициент мощности за какой-то период времени. Для определения коэффициента мощности пользуются показаниями активного и реактивного счетчиков, что позволяет узнать средневзвешенное значение $\operatorname{tg} \varphi$ за весь период, в течение которого расходовалась энергия.

Если разделить расход реактивной энергии на расход активной энергии, то получим величину, называемую тангенсом «фи»:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{W_{\text{реакт.}}}{W_{\text{акт.}}}$$

Определив $\operatorname{tg} \varphi$, по табл. 5.1 находят величину $\cos \varphi$.

Величину коэффициента мощности можно определить также по показаниям вольтметра, амперметра и ваттметра по следующим формулам:

$$\text{для однофазного тока } \cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I},$$

$$\text{для трехфазного тока } \cos \varphi = \frac{P}{1,73 U_{\text{лин.}} \cdot I_{\text{лин.}}}$$

Определение $\cos \varphi$ с помощью электроизмерительных клещей

Определить коэффициент мощности отдельных электроприемников или участков сети при мало изменяющейся нагрузке можно с помощью фазометров или ваттметров. Однако эти способы затруднительны, так как требуют разрыва токовых цепей, а для мощных установок необходимо включение трансформаторов тока.

Для измерения $\cos \varphi$ без разрыва цепи тока Л. Я. Бессарабовым и Г. Ч. Соломенко предложен способ (журнал «Промышленная энергетика», 1975, № 11) с использованием электроизмерительных клещей типа Д90.

В трехфазных цепях при симметричной нагрузке измеряют мощность в одной фазе. Для этого магнитопроводом клещей охватывают один из проводов линии, генераторную клемму параллельной цепи ваттметра присоединяют к той же фазе, а вторую к нулевому проводу. Затем клещами типа Ц91 измеряют ток в фазе и фазное напряжение.

Коэффициент мощности вычисляют по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}.$$

Меры безопасности при работе с измерительными клещами см. в т. II справочника.

5.2. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ $\cos \varphi$

Для снижения потерь энергии коэффициент мощности на каждом промышленном предприятии следует повышать до 0,92—0,95. Исключение составляют только потребители, питающиеся от шин генераторного напряжения электростанций, для которых энерго-

снабжающая организация может установить меньшее значение коэффициента мощности.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ

Для повышения $\cos \varphi$ необходимо уменьшить потребление реактивной энергии, что достигается следующими мероприятиями:

1. Устранением холостой работы электродвигателей.
2. Уменьшением времени холостой работы сварочных и других трансформаторов.
3. Заменой постоянно незагруженных трансформаторов менее мощными.
4. Заменой постоянно незагруженных двигателей менее мощными.
5. Установкой синхронных двигателей вместо асинхронных там, где это возможно по условиям технологии, например, для привода компрессоров, насосов и т. д.

Ограничение холостого хода двигателей

Для повышения $\cos \varphi$ и экономии электроэнергии необходимо, чтобы станционщики вручную отключали электродвигатели во время снятия и установки деталей, при замерах детали и т. д. Наряду с отключением вручную могут применяться ограничители холостого хода, представляющие собой контакт, включенный в цепь кнопки «Стоп» магнитного пускателя электродвигателя (рис. 5.2).

В качестве ограничителя холостого хода станков нужно применять конечные или путевые выключатели любого типа с размы-

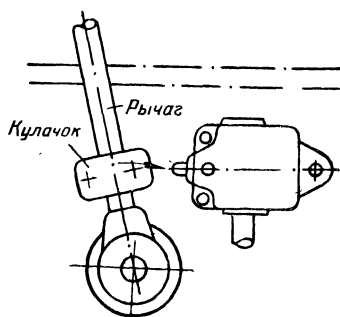
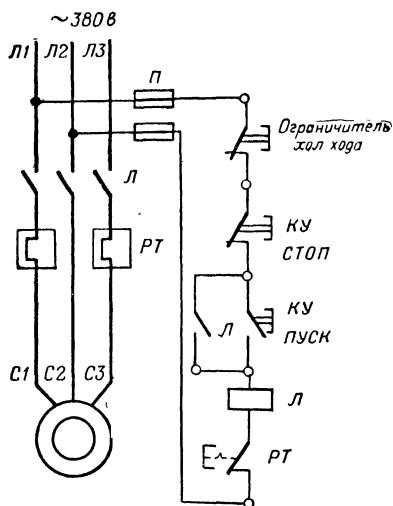


Рис. 5.3. Взаиморасположение ограничителя холостого хода и рычага фрикциона

Рис. 5.2. Схема включения ограничителя холостого хода станка

кающими контактами, например ВПК 1110. Ограничители холостого хода устанавливаются на станке таким образом, чтобы при отключенном фрикционе связанный с валиком рукоятки фрикциона кулачок нажимал на конечный выключатель и размыкал его контакты (рис. 5.3). Для нажатия на ограничитель холостого хода может быть использовано любое приспособление, положение которого соответствует нерабочему состоянию станка. Например, толкатель, связанный с суппортом и нажимающий на ограничитель холостого хода при отведенном положении суппорта. Можно связать конечный выключатель с тягой, перемещающейся при поднятии шпинделя сверлильного станка и т. п.

Ограничитель холостого хода станков рекомендуется применять в тех случаях, когда междуоперационный период превышает 10 сек. и число пусков в час не более 100. При этом с повышением $\cos \varphi$ обеспечивается и экономия энергии.

При более частых пусках установка ограничителей холостого хода не экономична.

Ограничители холостого хода нельзя включать в цепь магнитного пускателя в качестве пусковой кнопки, так как при случайном нажиме на него придет во вращение двигатель, что может вызвать несчастный случай или поломку.

Не следует применять ограничители холостого хода на станках, где обрабатываются детали сложной конфигурации, требующие частых замеров, при нарезке коротких участков резьбы и т. п., так как в этих случаях частые пуски двигателя вызовут износ пускателя, увеличат расход энергии, а необходимость частого одновременного включения фрикциона и кнопки «Пуск» снижает производительность труда.

Ограничение холостого хода трансформаторов

У ненагруженных силовых трансформаторов до 1000 кВА потребление реактивной мощности составляет 7—8% от номинальной мощности самого трансформатора.

Для сварочных трансформаторов процент потребления реактивной мощности при холостом ходе еще выше и составляет 10—12% от мощности трансформатора. Поэтому холостой работы трансформаторов нельзя допускать, и при отсутствии нагрузки трансформаторы следует отключать от сети со стороны питания. Особенно низкий коэффициент мощности имеют сварочные трансформаторы. При полной нагрузке $\cos \varphi$ у них составляет 0,52—0,55. При неполной нагрузке и в периоды, когда дуга не горит, коэффициент мощности сварочного аппарата снижается до 0,2—0,3. Поэтому наряду с ручным отключением сварочных аппаратов от сети при прекращении сварки целесообразно применять автоматические ограничители холостого хода, отключающие их при прекращении горения сварочной дуги.

Особенность ограничителей холостого хода сварочных трансформаторов в том, что они действуют с выдержкой времени.

Не следует отключать трансформаторы при кратковременных погасаниях дуги и быстрой смене электрода, чтобы не снижать производительность труда сварщика. Только при перерыве в горении дуги более чем 15—20 сек., для смены или переключки детали и т. п., сварочный трансформатор должен отключаться.

В литературе описаны различные конструкции автоматических

ограничителей холостого хода. В практике сибирских предприятий оправдал себя автомат, разработанный в тресте «Запсибэлектромонтаж» (г. Новокузнецк) и демонстрировавшийся на ВДНХ. Этот ограничитель прост по конструкции и достаточно надежен в работе. Его схема показана на рис. 5.4. Для автоматического включения и выключения сварочного трансформатора, кроме обычного двухполюсного рубильника, в схему введен тиристорный выключатель на тиристорах Т160. Применение таких автоматов особенно рекомендуется в ремонтных цехах, на строительных площадках и т. п., где бывают частые перерывы в работе сварочных аппаратов. Наряду с повышением $\cos \phi$ обеспечивается безопасность работы и экономия энергии за счет снижения потерь на холостой ход.

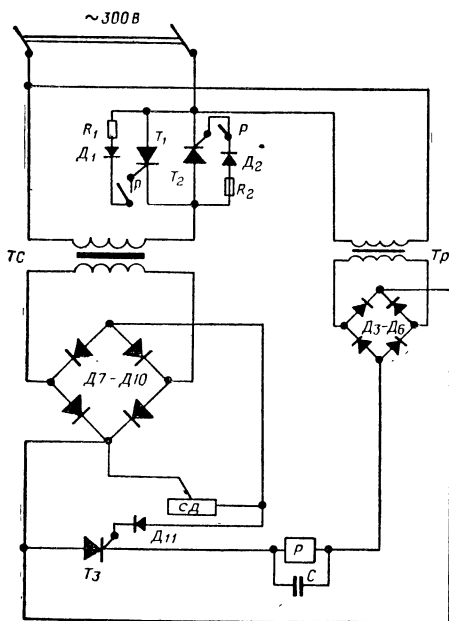


Рис. 5.4. Ограничитель холостого хода сварочного трансформатора;

ТС — сварочный трансформатор; Тр — трансформатор цепи управления мощностью 3ВА 380/30 В; W_1 — 3800 В, W_2 — 300 В. D_1 , D_2 , D_{11} — диоды Д226; D_3 — D_6 — выпрямительный мостик КЦ1-405; D_7 — D_{10} — диоды В200. T_1 , T_2 — тиристоры Т160; T_3 — тиристор КУ201; Р — реле РВМ, С — конденсатор К50-7 300 мкФ, 50 В. R_1 , R_2 — резисторы МЛТ-1 1,5—2 кОм; СД — свариваемая деталь.

Замена незагруженных двигателей

Потребление активной энергии асинхронными двигателями определяется той механической нагрузкой, которая преодолевается двигателем. Потребление реактивной энергии определяется в основном номинальной мощностью двигателя и мало зависит от нагрузки. Поэтому у незагруженных двигателей, при малом потреблении активной энергии, расход реактивной относительно велик, то есть коэффициент мощности мал.

Для повышения соэф необходимо заменять постоянно недогруженные двигатели менее мощными. При этом нужно учитывать, что у недогруженных двигателей очень малы потери в меди

обмотки и при замене их на менее мощные потери увеличатся. Зато при менее мощном двигателе потери в железе и питающей сети снизятся.

Для обеспечения максимальной экономии недогруженные двигатели должны заменяться с учетом следующих требований:

1. Если асинхронный двигатель загружен в среднем на 45 % или менее от номинальной мощности, его необходимо заменить на двигатель, соответствующий нагрузке.

2. Двигатель, загруженный на 70 % и более от номинальной мощности, заменять не следует, так как при замене, несмотря на повышение $\cos \varphi$, общие потери увеличатся.

3. Если двигатель загружен в пределах 45—70 % от номинальной мощности, его следует заменить на менее мощный таким образом, чтобы новый двигатель оказался загруженным на 80—90 % от своей номинальной мощности.

Замена незагруженных трансформаторов

При увеличении загрузки трансформаторов увеличиваются потери в меди обмотки. Поэтому заменять трансформаторы менее мощными необходимо только в том случае, если их средняя нагрузка ниже 30—40 % от номинальной мощности.

Средняя нагрузка в кВА определяется по следующей формуле:

$$S_{\text{средн.}} = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{t},$$

где W_a — расход активной энергии за месяц; W_p — расход реактивной энергии за месяц; t — число часов работы трансформатора в месяц.

Применение синхронных двигателей

Синхронные двигатели имеют на роторе обмотку, питающуюся постоянным током от возбудителя или полупроводникового выпрямителя. Реактивная энергия для создания магнитного поля вырабатывается в самом двигателе, а не циркулирует по сети от генератора.

При перевозбуждении синхронного двигателя реактивная энергия может выдаваться в сеть для других токоприемников. В этом случае двигатель работает с емкостным (опережающим) $\cos \varphi$ и разгружает сеть от реактивных токов.

Синхронные двигатели можно применять для привода механизмов, не имеющих резко толчковой нагрузки.

Синхронные двигатели выпускаются с $\cos \varphi = 1$ и с $\cos \varphi = 0,8$ (емкостным). Первые при полной нагрузке возбуждаются так, что ни из сети, ни в сеть реактивной энергии не выдают, но если такой двигатель по условиям технологии недогружен по активной мощности, он все же может выдавать реактивную энергию в сеть. Вторая группа двигателей рассчитана так, что при полной нагрузке может выдавать реактивную энергию в сеть.

Современные синхронные двигатели очень надежны в работе, и их применение — лучший способ повышения $\cos \varphi$.

ИСКУССТВЕННЫЕ СПОСОБЫ

Включение конденсаторов

Конденсаторы, включенные в сеть переменного тока, обладают свойством накапливать в себе запас реактивной энергии в тот момент, когда она идет от индуктивных токоприемников к генератору, и выдавать эту энергию обратно в сеть в то время, когда она начинает потребляться электродвигателем для создания магнитного поля. Емкостный ток опережает изменение напряжения (см. рис. 5.1, кривая *в*).

Таким образом, разместив конденсаторы вблизи электроприемников, мы создаем кратчайший путь для циркулирующей реактивной энергии и разгружаем от нее электрическую сеть, снижая этим потери энергии в сети.

При наличии конденсаторов реактивная энергия не возвращается от электроприемника в генератор, а идет к конденсаторам. В следующий полупериод запас реактивной энергии идет от конденсатора в электроприемник, опять-таки разгружая генератор и сеть от протекания по ним реактивного тока. Такое объединение конденсаторов с электроприемниками называется искусственной компенсацией реактивной мощности.

Батареи статических конденсаторов присоединяются к шинам первичного (более 1000 В) или вторичного (до 1000 В) напряжения. Наиболее целесообразно применять конденсаторы до 1000 В, так как это разгружает силовые трансформаторы и уменьшает потери в них.

Выбор мощности конденсаторов

Применение устройств искусственной компенсации должно быть согласовано с энергоснабжающей организацией.

Для определения мощности компенсирующей установки необходимо знать существующий коэффициент мощности ($\cos \varphi_m$), расход активной энергии по предприятию и задаться требуемым коэффициентом мощности после компенсации ($\cos \varphi_s$).

По величине $\cos \varphi_m$ и $\cos \varphi_s$ находим по табл. 5.1 соответствующие значения тангенсов угла сдвига фаз $\operatorname{tg} \varphi_m$ и $\operatorname{tg} \varphi_s$.

Мощность компенсирующих устройств в квар определяется по формуле:

$$Q_{\text{конд.}} = \frac{W_a (\operatorname{tg} \varphi_m - \operatorname{tg} \varphi_s)}{t},$$

где W_a — расход активной энергии в киловатт-часах за наиболее загруженный месяц; $\operatorname{tg} \varphi_m$ — тангенс угла сдвига фаз, соответствующий начальному коэффициенту мощности до компенсации; $\operatorname{tg} \varphi_s$ — тангенс угла сдвига фаз, соответствующий заданному коэффициенту мощности после компенсации; t — число часов работы предприятия в течение месяца.

Мощность конденсаторов в зависимости от фактического и требуемого коэффициентов мощности можно определить по табл. 5.1.

Таблица построена таким образом, что в вертикальных колонках, соответствующих заданному (требуемому) $\cos \varphi_s$ (или $\operatorname{tg} \varphi_s$), против значений существующего $\cos \varphi_m$ (или $\operatorname{tg} \varphi_m$) получаем мощность конденсаторов на 1 кВт нагрузки.

Для получения общей мощности конденсаторов необходимо это число помножить на величину нагрузки.

Пример. Нагрузка предприятия $P_M = 350$ кВт. Фактический коэффициент мощности $\cos \varphi_M = 0,78$ (или $\operatorname{tg} \varphi_M = 0,802$). Требуемый коэффициент мощности $\cos \varphi_3 = 0,95$ (или $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,32$). В колонке $\cos \varphi_3 = 0,95$ против значения $\cos \varphi_3 = 0,78$ находим число 0,47. Это значит, что для обеспечения $\cos \varphi_3 = 0,95$ (или достижения $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,32$) нужно на каждый киловатт нагрузки установить 0,47 квар конденсаторов, а всего требуется

$$Q_{\text{конд.}} = 0,47 P_M = 0,47 \cdot 350 = 163,5 \text{ квар.}$$

5.3. ФОРМУЛЫ И ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ

Для однофазного тока:

$$Q_{\text{конд.}} = 0,314 C U^2,$$

где C — емкость конденсаторов в мкФ; U — напряжение в кВ, на которое включены конденсаторы.

Для трехфазного тока

а) При включении конденсаторов треугольником

$$Q_{\text{конд.}} = 3 \cdot 0,314 C U_{\text{лин.}}^2,$$

где C — емкость конденсаторов, включенных между двумя фазами (одна сторона треугольника), мкФ.

б) При включении конденсаторов звездой

$$Q_{\text{конд.}} = 0,314 C U_{\text{лин.}}^2,$$

где C — емкость конденсаторов, включенных в одну фазу звезды, мкФ.

Примечание. Формулы даны для частоты переменного тока 50 Гц.

0,75	0,882	0,63	0,59	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,4
0,76	0,885	0,61	0,56	0,53	0,49	0,46	0,43	0,4	0,37
0,77	0,829	0,58	0,54	0,5	0,47	0,43	0,4	0,37	0,34
0,78	0,802	0,55	0,51	0,47	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32
0,79	0,776	0,53	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,32	0,29
0,80	0,75	0,5	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27
0,81	0,724	0,47	0,43	0,4	0,36	0,33	0,3	0,27	0,24
0,82	0,698	0,45	0,41	0,37	0,34	0,3	0,27	0,24	0,21
0,83	0,672	0,42	0,38	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,19
0,84	0,646	0,4	0,35	0,32	0,28	0,25	0,22	0,19	0,16
0,85	0,620	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,19	0,16	0,14
0,86	0,593	0,34	0,3	0,27	0,23	0,2	0,17	0,14	0,11
0,87	0,567	0,32	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
0,88	0,540	0,29	0,25	0,21	0,18	0,14	0,11	0,08	0,06
0,89	0,512	0,26	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,03
0,90	0,484	0,23	0,19	0,16	0,12	0,09	0,06	0,03	—
0,91	0,456	0,21	0,16	0,13	0,09	0,06	0,03	—	—
0,92	0,426	0,18	0,13	0,1	0,06	0,03	—	—	—
0,93	0,395	0,15	0,1	0,07	0,03	—	—	—	—
0,94	0,363	0,11	0,07	0,03	—	—	—	—	—
0,95	0,329	0,08	0,04	—	—	—	—	—	—
0,96	0,292	0,04	—	—	—	—	—	—	2

5.4. КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Для компенсации реактивной мощности промышленностью выпускаются комплекты конденсаторные установки, в которых смонтированы конденсаторы, коммутационные и защитные аппараты и измерительные приборы.

Выпускаются также отдельные конденсаторы (силовые конденсаторы) для возможности их комплектования в батареи на месте установки.

Силовые конденсаторы

Силовые конденсаторы изготавливаются с пропиткой маслом или синтетической жидкостью.

Конденсаторы на напряжение ниже 1000 В выпускаются в однофазном и трехфазном исполнении. Внутри этих конденсаторов каждая секция защищена встроенным плавким предохранителем. Внутри конденсаторов до 1000 В по заказу могут быть встроены также разрядные сопротивления.

Конденсаторы на напряжение 3; 6; 10 кВ изготавливаются в однофазном исполнении.

Технические данные конденсаторов приведены в табл. 5.2. Внешний вид и схема соединений трехфазного конденсатора показаны на рис. 5.5.

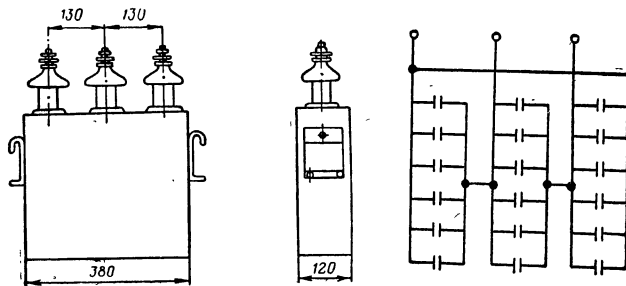


Рис. 5.5. Трехфазный конденсатор на 380 В

Конструкция для установки конденсаторов напряжением до 1000 В в шкафах с сетчатым ограждением приведена на рис. 5.6.

Если конденсаторы не имеют встроенных разрядных сопротивлений, необходимо смонтировать их в шкафу, используя в качестве сопротивления лампы накаливания на 220 В (см. стр. 223).

Для конденсаторов, пропитанных синтетической жидкостью, а также масляных конденсаторов с общим объемом масла в установке менее 600 кг устройство приемков для сбора масла не требуется.

Таблица 5.2. Данные трехфазных косинусных конденсаторов до 1000 В

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Мощность, квар	Емкость, мкФ
КМ1-0,38—13 3У3	0,38	13	286
КМ1-0,66—13 3У3	0,66	13	95
КМ2-0,38—26 3У3	0,38	26	572
КМ2-0,66—26 3У3	0,66	26	190
КСО-0,38—12,5 3У3	0,38	12,5	276
КСО-0,66—12,5 3У3	0,66	12,5	92
КС1-0,38—14 3У3	0,38	14	309
КС1-0,38—16 3У3	0,38	16	353
КС1-0,38—18 3У3	0,38	18	397
КС1-0,38—20 3У1	0,38	20	441
КС1-0,38—25 3У3	0,38	25	551
КС1-0,66—16 3У1	0,66	16	117
КС1-0,66—20 1У1	0,66	20	146
КС1-0,66—25 3У3	0,66	25	183
КС2-0,38—28 3У1	0,38	28	618
КС2-0,38—36 3У3	0,38	36	794
КС2-0,38—40 3У1	0,38	40	882
КС2-0,38—50 3У3	0,38	50	1102
КС2-0,66—32 3У1	0,66	32	234
КС2-0,66—40 3У1	0,66	40	292
КС2-0,66—50 3У3	0,66	50	366
КСТС-0,38—9,4—У2	0,38	9,4	207

(Для сварочных трансформаторов)

Примечания: 1. Кроме указанных выпускаются конденсаторы на напряжения 0,22; 1,05; 3,15; 6,3; 10,5 кВ. 2. В таблице указаны конденсаторы для работы при температуре +40 °С. Выпускают также конденсаторы тех же типов для температуры +45 °С и +50 °С, у которых мощность и емкость соответственно ниже на 10 и 20%. 3. Кроме трехфазных выпускают конденсаторы в однофазном исполнении с двумя или одним изолированным выводом. 4. В обозначении типа конденсаторов цифры и буквы означают: К — косинусный; М или С — пропитка маслом или синтетической жидкостью; К — комбинированный диэлектрик (пленка, бумага); 0; 1; 2 — условный габарит корпуса конденсатора; 0,38 (0,22; 0,66; 6,3; 10,5) — номинальное напряжение, кВ. Две цифры — номинальная мощность в квар. Последние цифры и буквы — исполнение по условиям эксплуатации.

Комплектные конденсаторные установки

Комплектные конденсаторные установки на напряжение ниже 1 кВ комплектуются из трехфазных конденсаторов. Технические данные конденсаторных установок приведены в табл. 5.3.

Комплектные установки выпускаются нерегулируемые и регулируемые. Нерегулируемые установки включены в сеть постоянно и отключаются по графику вручную или с помощью контактных часов, а также автоматически при повышении напряжения в сети свыше $1,1U_n$. Регулируемые конденсаторные установки включаются и отключаются в сеть в зависимости от величины нагрузки или напряжения сети (см. стр. 227).

Конструктивное выполнение конденсаторных установок

Комплектные установки выполняются шкафного (УК) и бесшкафного типа (УКБН, УКБТ, УК2, УК3, УК4).

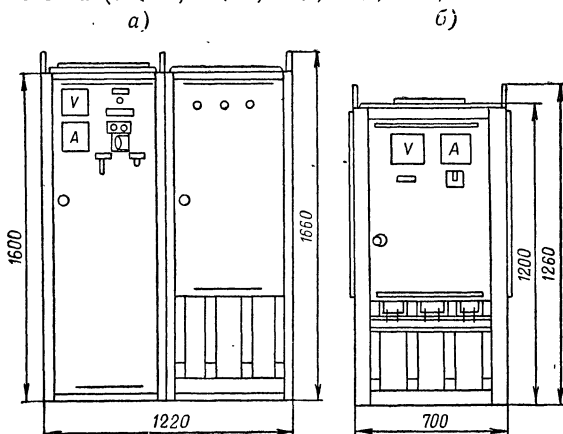


Рис. 5.7. Комплектные шкафовые конденсаторные установки: а — УКЛН-0,38-150-50; б — УК-0,38-75

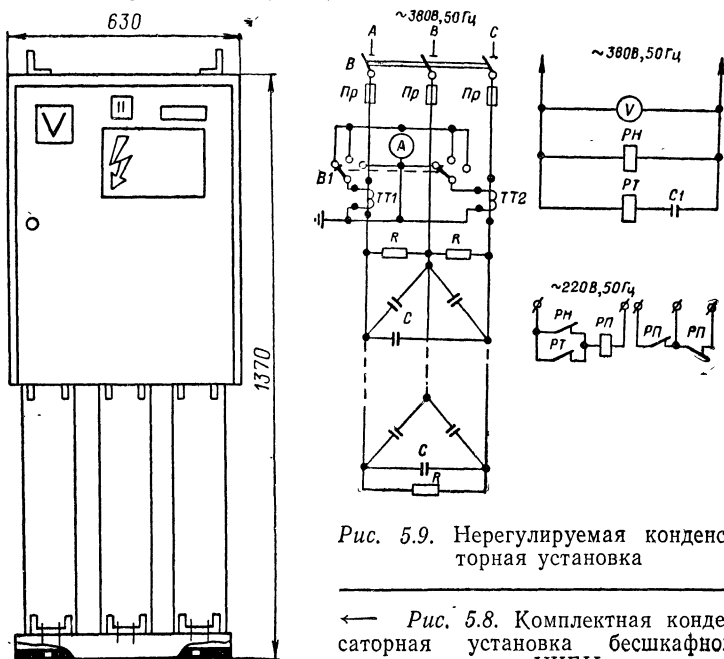


Рис. 5.9. Нерегулируемая конденсаторная установка

← Рис. 5.8. Комплектная конденсаторная установка бесшкафного типа УКБН

В шкафных конструкциях (рис. 5.7) косинусные конденсаторы, коммутационные, защитные и регулирующие аппараты и измерительные приборы смонтированы в закрывающихся шкафах. Ячейка ввода может располагаться справа, слева или посередине — между шкафами конденсаторов. Расположение ячейки ввода указывается в типе конденсаторной установки буквами «П» (правое) или «Л» (левое) исполнение ввода. Отсутствие буквы «П» и «Л» указывает, что вводная ячейка смонтирована посередине.

Бесшкафные установки выполнены в виде открытой конструкции без стенок с защищенными токоведущими частями (рис. 5.8). В шкафных и бесшкафных конструкциях конденсаторы монтируются в один или два яруса.

Конденсаторные установки комплектуются из конденсаторов типа КС или КС2, мощностью 25, 36 и 50 квар, залитых синтетической охлаждающей жидкостью со встроенными разрядными сопротивлениями. В установках УК мощностью 36, 54, 72 квар применяются 2, 3 или 4 конденсатора по 18 квар с внешними индвидуальными разрядными сопротивлениями ВС-2 по 180 кОм.

Комплектные конденсаторные установки могут устанавливаться на полу прислонно с односторонним обслуживанием.

Схемы комплектных конденсаторных установок

Принципиальная схема нерегулируемой конденсаторной установки типа УК-0,38-75УЗ приведена на рис. 5.9. Установка включена в сеть постоянно. Команда на отключение подается от реле напряжения РН, если напряжение превышает $1,1 U_{ном}$.

В схеме предусмотрена токовая защита, подающая сигнал на отключение установки при увеличении тока до $1,3 I_{ном}$. вследствие роста напряжения или появления токов высших гармоник.

Нерегулируемые установки типа УК мощностью 36, 54, 72, 75 и 100 квар для групповой компенсации реактивной мощности в осветительных сетях с лампами ДРЛ состоят только из конденсаторов со встроенными или внешними разрядными сопротивлениями без коммутационной, измерительной и защитной аппаратуры. Установки могут использоваться и для силовых сетей. Они подключаются к токовыводу, распределительному пункту или щиту 0,4 кВ через контактор, автоматический выключатель или магнитный пускатель и

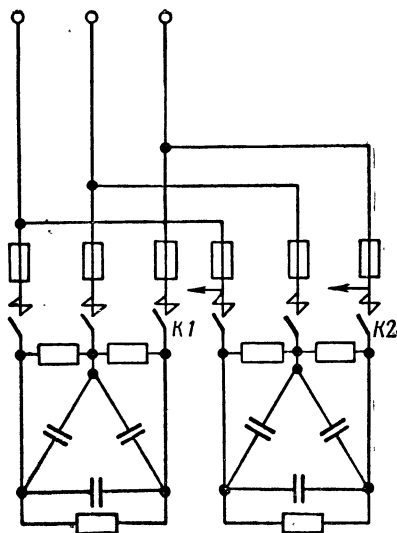


Рис. 5.10. Схема силовых цепей, регулируемых конденсаторных установок типа УКБН-0,38-100-50УЗ или УКБТ-0,38-100-50УЗ

должны иметь общую защиту предохранителями или расцепителями автомата.

Схемы регулируемых конденсаторных установок приведены на рис. 5.10—5.12.

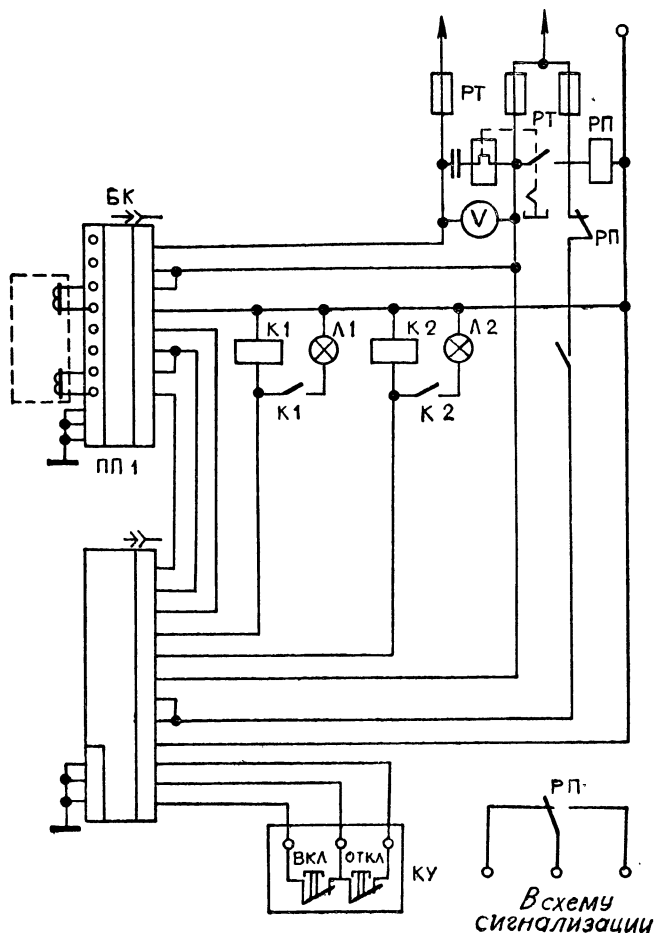


Рис. 5.11. Схема цепей управления, регулируемых конденсаторных установок УКБН с регулятором типа АРКОН (регулирование по напряжению):

БК — командный блок; ПП1 — программная приставка; К1, К2 — контакторы; РТ — тепловое реле; РП — промежуточное реле; КУ — кнопка управления; Л1, Л2 — сигнальные лампы

Автоматическое регулирование

Для автоматического регулирования напряжения в распределительной сети предприятий или поддержания заданного коэффи-

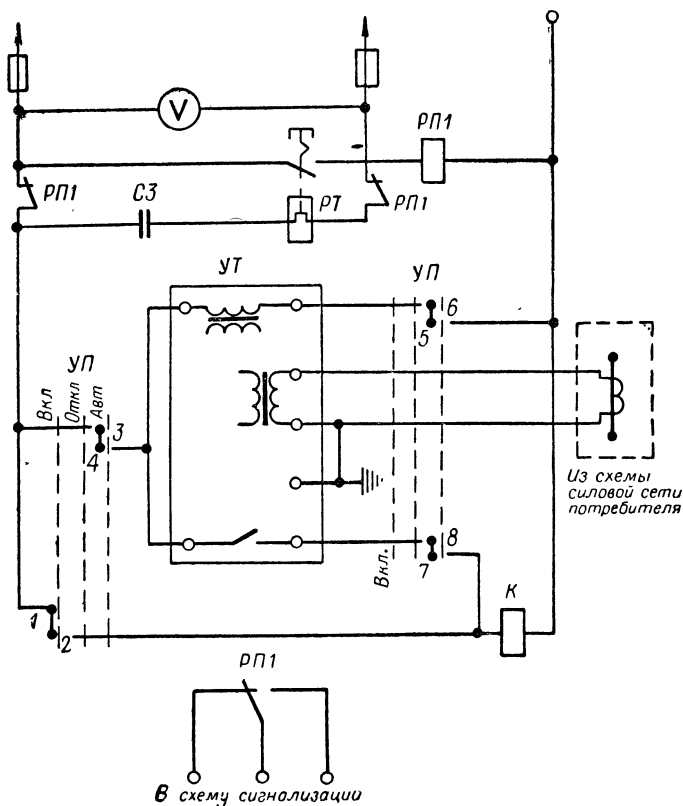


Рис. 5.12. Схема цепей управления регулируемых конденсаторных установок УКБТ с регулятором АРКОН (регулирование по току): УТ — входное устройство; К — контактор; УП — переключатель рода работы; РП1 — промежуточное реле; РТ — тепловое реле

циента мощности в зависимости от нагрузки или величины напряжения применяются конденсаторные установки, снабженные аппаратами автоматического регулирования типа АРКОН.

Регулирование по напряжению

В последнее время разработаны и серийно выпускаются конденсаторные установки УКБН-0,38 мощностью 100, 200 и 300 квар.

Установка мощностью 100 квар представляет собой ячейку, состоящую из конденсаторов с встроенными разрядными сопротивлениями и расположенной между ними аппаратуры (см. рис. 5.8.) Установки мощностью 200 и 300 квар состоят из ячеек по 100 квар, расположенных в 2 или 3 яруса. На дверях ячеек рас-

полагаются измерительные и сигнальные аппараты. Схема силовых цепей приведена на рис. 5.10.

Установки могут работать в режиме автоматического или ручного управления. Выбранный режим управления фиксируется переключателем, расположенным на передней панели приставки ПП-АРКОН. Установка с автоматическим управлением по напряжению работает следующим образом (см. схему рис. 5.11). При отклонении напряжения на сборных шинах от номинального командный блок АРКОН (БК) выдает команды программной приставке ПП1 на включение и отключение с выдержкой времени ступеней конденсаторов. При снижении напряжения сети до уровня уставки включения срабатывает исполнительное реле и включает контактор. При увеличении напряжения сети до уровня уставки отключения контактор отключается.

При срабатывании контакторов К1 и К2 загораются соответствующие сигнальные лампы. Диапазон уставок по напряжению $0,9 - 1,1 U_{ном}$.

Диапазон уставок выдержки времени 60—180 с. В режиме ручного управления (переключатель на программных приставках находится в положении «РУЧН.») включение и отключение производится кратковременным нажатием кнопки «ВКЛ» или «ОТКЛ» на двери ячейки ввода.

Чтобы исключить перегрузку конденсатора по току за счет повышения напряжения и от воздействия высших гармоник предусмотрена защита, состоящая из реле тока РТ, конденсатора СЗ и промежуточного реле РП (см. рис. 5.11). Принцип работы защиты основан на том, что относительное значение тока малоомного конденсатора СЗ (тип ЛСП-400-3,8VI.I) такое же, как у силовых конденсаторов С. Тепловое реле РТ (серии ТРМ-К) настроено на срабатывание при токе не более 1,33 и не менее 1,31 от номинального.

Регулирование по току

В установках типа УКБТ и УКТ, управляемых по току (рис. 5.12), уставки включения принимаются в пределах $0,3 - 0,9 I_{ном}$ со ступенями $0,1 I_{ном}$.

В автоматическом режиме при увеличении тока нагрузки (ток от трансформатора тока в входном устройстве УТ) до величины уставки включения срабатывает входное реле устройства ВАКО и своим контактом включает контактор К. При снижении тока нагрузки до величины уставки отключения контактор К отключается.

Таблица 5.3. Данные комплектных конденсаторных установок 0,38 кВ мощностью до 300 квар

Тип	Мощность, квар	Количество и мощность конденсаторов	Номинальный ток, А
1	2	3	4
Нерегулируемые			
УК-0,38-36УЗ	36	2×18	55
УК-0,38-54УЗ	54	3×18	82
УК-0,38-72УЗ	72	4×18	110

1	2	3	4
УК-0,38-108У	108	3×36	164
УК-0,38-36-2У3	36	2×18	55
УК-0,38-54-3У3	54	3×18	82
УК-0,38-72-4У3	72	4×18	110
УК-0,38-72-2У3	72	2×36	110
УК-0,38-75-У3	75	3×25	114
УК-0,38-108-3У3	108	3×36	164
УК-0,38-144-4У3	144	4×36	220
УК-0,38-150У3	150	3×50	228
УК-0,38-216У3	216	6×36	328
УК-0,38-300У3	300	6×50	456
УК-0,38-50У3	50	2×25	76
УКЗ-0,38-75У3	75	3×25	114
УК4-0,38-100У3	100	4×25	152
УКБ-0,38-150У3	150	3×50	228
УКБ-0,38-300У3	300	6×50	456

Регулируемые

УКН-0,38-75У3	75	3×25	114
УКТ-0,38-75У3	75	3×25	114
УКН-0,38-150У3	150	3×50	228
УКТ-0,38-150У3	150	3×50	228
УКБН-0,38-100-50У3	100	2×50	152
УКБН-0,38-200-50У3	200	4×50	304
УКБН-0,38-300-50У3	300	6×50	456
УКБТ-0,38-150-50У3	150	3×50	228
УКП(Л)Н-0,38-108-36У3	108	3×36	164
УКП(Л)Т-0,38-108-У3	108	3×36	164
УКП(Л)Н-0,38-150-50У3	150	3×50	228
УКП(Л)Н-0,38-216-36У3	216	6×36	330
УКП(Л)Н-0,38-300-50У3	300	6×50	456
УКТ-0,38-108-У3	108	3×36	165
УК-0,38-220 НУ3	216	6×36	330
УК-0,38-300НП(Л)У3	300	6×50	456
УКН-0,38-300-50У3	300	6×50	456
УКН-0,38-324-108У3	324	3×108	495

Примечание. В обозначении типа конденсаторных установок буквы и цифры означают: УК — установка конденсаторная; (Л) или (П) — левое или правое исполнение; отсутствие буквы указывает, что ввод выполняется по середине; Н — регулирование по напряжению или Т — регулирование по току; 0,38 — номинальное напряжение; двух или трехзначное число — номинальная мощность; последние цифры и буквы — исполнение по условиям эксплуатации.

5.5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ КОНДЕНСАТОРОВ

1. Конденсаторные батареи с общим количеством масла более 600 кг должны устанавливаться в отдельном помещении.

2. Батареи конденсаторов с общим количеством масла менее 600 кг или заполненные негорючей жидкостью могут устанавливаться в помещениях распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В, а также в основных и вспомогательных помещениях производств, которые отнесены к категории Г и Д. В пожароопасных помещениях устанавливать конденсаторы запрещается.

Примечание. К категории Г относятся производства, связанные с выработкой и обработкой невосгорающихся веществ и материалов в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии. К этой категории принадлежат также здания силовых установок, кузницы, котельные и т. д. В категорию Д входят производства, вырабатывающие и обрабатывающие невосгорающиеся вещества в холодном состоянии, например, механические цехи, насосные, компрессорные, мясокомбинаты и т. д.

3. Конструкции, на которых устанавливаются масляные конденсаторы, выполняются из несгораемых материалов.

4. Конденсаторные установки, размещенные в общем помещении, должны иметь сетчатые ограждения или защитные кожуха.

5. Под конденсаторами с синтетической жидкостью должны быть устройства, предотвращающие растекание синтетической жидкости по каналам и полу помещений.

6. Расстояния между единичными конденсаторами должны быть не менее указанных в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Габарит	Номинальная мощность конденсаторов, квар	Расстояния между конденсаторами, мм
0	До 13	50
	25	70
I	От 13 до 37,5	70
	От 40 до 75	100
II	От 24 до 45	70
	От 50 до 80	100
	100	120
	От 125 до 150	150

7. В помещении конденсаторных батарей должны находиться:

а) однолинейная принципиальная схема установки с указанием номинального тока плавких вставок предохранителей или уставок защиты автоматических выключателей;

б) термометр для измерения температуры окружающего воздуха. Термометр устанавливается в самом горячем месте между банками конденсаторов так, чтобы было возможно безопасное наблюдение без отключения установки;

в) разрядная штанга;

г) противопожарные средства — огнетушитель, ящик с песком, совок.

5.6. МЕСТО УСТАНОВКИ И СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ

Для наибольшего снижения потерь энергии в сетях конденсаторы необходимо максимально приближать к потребителям реактивной мощности. Поэтому комплектные конденсаторные установки или батареи конденсаторов до 1000 В, смонтированные в металлических шкафах (см. рис. 5.7; 5.8), устанавливаются в цехе и присоединяются к групповым щитам или шинпроводам. При небольших длинах цеховых распределительных сетей батарею конденсаторов можно устанавливать на подстанции, присоединяя ее к шинам 380 или 660 В. Конденсаторы могут также присоединяться непосредственно к электроприемнику, однако такое включение, хотя и полностью ликвидирует потери энергии от протекания реактивной мощности по проводам, экономически невыгодно, так как ухудшается использование конденсаторов вследствие того, что они отключаются вместе с электроприемником.

Стоимость 1 квар конденсаторной мощности тем ниже, чем выше напряжение конденсатора. Поэтому всегда стремятся включить конденсаторы на линейное напряжение, то есть в треугольник.

В трехфазных конденсаторах напряжением 380 и 660 В соединение треугольником выполнено внутри каждой банки и выводы этих конденсаторов присоединяются к трем фазам сети (см. рис. 5.5).

Однофазные конденсаторы 3—6—10 кВ соединяются в треугольник соответствующей ошиновкой на выводах конденсаторов.

Конденсаторные установки могут присоединяться через отдельный аппарат (контактор, автоматический выключатель) или через общий аппарат с трансформатором или электроприемником.

В цепях конденсаторных установок должны устанавливаться амперметры в каждой фазе. При мощности батареи до 400 квар допускается установка амперметра в одной фазе.

Реактивная энергия, выданная в сеть конденсаторами, должна учитываться счетчиками.

Конденсаторные батареи при отключении от сети должны автоматически разряжаться через разрядные сопротивления.

При отсутствии встроенных разрядных резисторов параллельно конденсаторам 380 В включают сопротивления, состоящие из двух последовательно соединенных электрических ламп напряжением 220 В.

В установках выше 1000 В параллельно конденсаторам включают трансформаторы напряжения, обеспечивающие разряд конденсаторов при отключении.

Разрядные сопротивления подключаются к батарее напрямую — без промежуточных рубильников, разъединителей или предохранителей. Величина разрядного сопротивления выбирается такой, чтобы батарея разряжалась в течение 1 мин. для напряжения до 660 В и в течение 5 мин. — для установки напряжением свыше 660 В.

Величина разрядного сопротивления в омах определяется по формуле:

$$R_{\text{разр.}} \leq 5 \cdot 10^3 \frac{U_{\text{лин.}}^2}{P_{\text{бат.}}}$$

где $P_{\text{бат}}$ — мощность батареи в квар; $U_{\text{лин.}}$ — линейное напряжение сети, кВ.

Конденсаторы на напряжение до 1000 В имеют встроенные внутри корпуса плавкие предохранители, отключающие секции при их пробое

Конденсаторные установки должны иметь общую защиту от токов короткого замыкания. Ток плавкой вставки предохранителей, защищающих конденсаторную установку, принимают равным 160% от номинального тока защищаемых конденсаторов. Уставку по току реле или расцепителя автомата принимают равной 130% от номинального тока конденсаторов.

5.7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Во время приемки конденсаторов в эксплуатацию необходимо:

1. Проверить исправность корпуса, изоляторов, контактных стержней, заземления, не вытекает ли пропиточная жидкость.

2. Проверить сопротивление изоляции конденсаторов между выводами и относительно корпуса мегомметром на 2500 В. Величина сопротивления изоляции не нормируется.

3. Все конденсаторы испытать повышенным напряжением, указанным в табл. 5.5, в течение 1 минуты.

4. Перед включением необходимо проверить защиту батареи, целостность цепей разряда и наличие защитных и противопожарных средств.

5. После осмотра и испытаний проверить конденсаторы трехкратным включением на номинальное напряжение с контролем величин токов в каждой фазе. Токи в различных фазах не должны отличаться больше, чем на 5%.

Включение конденсаторов допускается не менее чем через 1 минуту после предыдущего отключения (для полного разряда конденсатора).

У конденсаторов на напряжение выше 1000 В кроме указанных выше проверок замеряют емкость, которая не должна отличаться от указанной на щитке больше чем на 10%. Измерение производится с помощью емкостного моста, методом двух вольтметров и т. п.

**Таблица 5.5. Испытательные напряжения
переменного тока промышленной частоты конденсаторов
для повышения коэффициента мощности**

Вид испытаний	Испытательное напряжение, кВ, для конденсаторов с рабочим напряжением, кВ					
	0,22	0,38	0,66	3,15	6,3	10,5
Между обкладками	0,42	0,72	1,25	5,9	11,8	20
Относительно корпуса	2,1	2,1	5,1	5,1	15,3	21,3

Режимы эксплуатации

Конденсаторы допускают длительную работу при напряжении сети не более 110% от номинального и токе не более 130% от номинального. При превышении этих значений конденсаторы необходимо отключать.

Температура воздуха в помещении конденсаторов не должна превышать 40°C. При увеличении температуры необходимо включать вентиляцию.

В процессе эксплуатации должны проводиться регулярные осмотры конденсаторной установки, текущие и капитальные ремонты.

Осмотр без отключения проводится в сроки, установленные местной инструкцией, но не реже 1 раза в месяц для установок мощностью до 500 квар и не реже 1 раза в декаду для установок большей мощности.

Во время осмотра проверяют: исправность ограждений, целостность запоров, отсутствие посторонних предметов; отсутствие пыли, грязи, трещин на изоляторах; отсутствие всучивания стенок и следов вытекания пропитывающей жидкости; величину напряжения на батарее; величину тока и равномерность загрузки, исправность предохранителей, контактов, зануления и т. п. (по наружному осмотру); температуру окружающего воздуха, наличие и исправность защитных и противопожарных средств.

Обо всех осмотрах и обнаруженных неисправностях должны быть сделаны записи в эксплуатационных журналах.

При обнаружении разрядов, треска, повышения напряжения и температуры до близких к предельным значениям проводятся внеочередные проверки и испытания.

При обнаружении всучивания банок, неравномерности тока в фазах более 10%, увеличении тока более 30% от номинального значения, температуры выше допустимой для конденсаторов данного типа, напряжения выше 110% от номинального, наличии капельной течи пропитывающей жидкости, повреждении фарфорового изолятора эксплуатация конденсаторов запрещается и их необходимо отключить.

Текущий ремонт конденсаторных установок с обязательным отключением проводится не реже 1 раза в год. При текущих ремонтах производится:

1. Подтяжка гаек в контактных соединениях.
2. Очистка изоляторов, корпусов конденсаторов и всех конструкций от пыли и грязи.
3. Внешний осмотр качества присоединения к магистрали зануления.

4. Проверка мегомметром на отсутствие замыкания между выводами и корпусом.

5. Подпайка мягким припоем мест, где наблюдается просачивание пропитывающей жидкости (включая места установки проходных изоляторов в крышке конденсаторов).

Конденсаторные установки должны отключаться на двухсуточных предприятиях в ночные часы, а на трехсуточных — в выходные дни.

Работа в цепях с конденсаторами допускается не раньше чем через 1 минуту после их отключения и обязательно после разряда

их заземляющей разрядной штангой путем поочередного замыкания накоротко всех выводов каждого конденсатора.

Смена сгоревших предохранителей должна производиться на отключенной батарее после контрольного разряда всех конденсаторов разрядной штангой.

При работе с конденсаторами и их перемещении необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы не повредить выводные изоляторы и не нарушить их плотность в корпусе. **Использовать изоляторы для перемещения конденсаторов категорически запрещается.**

5.8. СКИДКИ И НАДБАВКИ К ТАРИФУ ЗА КОМПЕНСАЦИЮ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Для стимулирования борьбы за повышение $\cos \varphi$ с 1.1.1982 г. введена новая система скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию в зависимости от степени компенсации реактивной мощности в установках потребителей электроэнергии.

Установка у потребителей компенсирующего оборудования производится только с разрешения энергоснабжающей организации, которая задает суточный режим работы компенсирующих установок.

Скидки и надбавки применяются к промышленным и приравненным к ним потребителям (ремонтные заводы, опытные заводы научно-исследовательских организаций, находящиеся на хозрасчете, карьеры, буровые установки, ремонтные базы, типографии, холодильники, отдельные производственные мастерские и цеха (за исключением совхозных, колхозных и межколхозных предприятий), строительные и монтажные организации, предприятия транспорта, элеваторы, склады, базы, приемные пункты, заготовительные объекты, предприятия связи, предприятия коммунального и бытового обслуживания, водопровод, канализация, котельные, предприятия «Госкомсельхозтехники» и т. п.).

Для потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше при определении скидок и надбавок за основу принимается наибольшая реактивная мощность за квартал, передаваемая из сети энергосистемы за полчасовой период в часы максимума активной нагрузки и средняя реактивная мощность, передаваемая из сети в период минимальной активной нагрузки, учтенная приборами. Скидка или надбавка к тарифу на электроэнергию для потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше состоит из двух составляющих:

а) Надбавки за повышенное потребление реактивной мощности ($Q_{\Phi 1}$) по сравнению с заданным энергоснабжающей организацией оптимальным значением ($Q_{\Phi 1}$) в часы максимума активной нагрузки энергосистемы.

Надбавка (H_1) за повышенное потребление реактивной мощности по сравнению с заданным оптимальным значением определяется по формуле:

$$H_1 = 30 \frac{Q_{\Phi 1} - Q_{\Phi 1}}{P_{\Phi}} \%$$

где P_{ϕ} — фактическое значение максимальной активной мощности потребителя за расчетный период.

Если фактическая реактивная мощность $Q_{\phi 1}$ меньше заданной $Q_{\Sigma 1}$, значение надбавки H_1 принимается равным нулю.

б) Скидки или надбавки к тарифу за отклонение режима работы компенсирующих устройств от заданного, оценивают отклонением фактического потребления реактивной мощности $Q_{\phi 2}$ от заданного энергоснабжающей организацией оптимального значения $Q_{\Sigma 2}$ в часы минимума активной нагрузки энергосистемы.

Скидка и надбавка к тарифу за соблюдением заданного режима компенсирующих устройств определяется по формуле:

$$H_2 = 20 \frac{Q_{\phi 2} - Q_{\Sigma 2}}{P_{\phi}} - 2\%.$$

Положительное значение H_2 означает надбавку, отрицательное — скидку. Значения $Q_{\Sigma 1}$, $Q_{\Sigma 2}$ определяются энергоснабжающей организацией для каждого квартала. Скидка и надбавка исчисляются с платы за 1 кВт заявленной мощности и с платы за 1 кВт·ч потребленной энергии, учтенной расчетным счетчиком.

Для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВА, оплачивающих энергию по одноставочному тарифу, скидка и надбавка к тарифу за отклонение мощности компенсирующего устройства от величины заданной энергоснабжающей организацией определяется по шкале (табл. 5.6) в зависимости от коэффициента K , рассчитанного по формуле:

$$K = \frac{Q_{K\phi}}{Q_{K\Sigma}} 100\%,$$

где $Q_{K\phi}$ — мощность фактически установленного компенсирующего устройства;

$Q_{K\Sigma}$ — мощность компенсирующего устройства, заданная энергоснабжающей организацией.

Таблица 5.6. Шкала скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию за компенсацию реактивной мощности в электроустановках потребителей с установленной мощностью до 750 кВА

Коэффициент K , %	Размер скидки (—) и надбавки (+)
130 и более	+50
от 110 до 130	+10
от 90 до 110	—5
от 70 до 90	0
от 50 до 70	+10
от 30 до 50	+30
до 30	+50

При несоблюдении потребителем электроэнергии заданных энергоснабжающей организацией периодов работы компенсирующего устройства применяется надбавка к тарифу по электроэнергии в размере 50% за квартал, в котором отмечено нарушение.

Г л а в а 6.

П Р О В О Д К И

Проводки выполняются изолированными установочными проводами всех сечений, а также небронированными силовыми кабелями с сечением жил до 16 мм² с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке.

Голые провода допускается применять в качестве магистралей только в производственных помещениях в сетях до 1000 В на высоте не менее 3,5 м от пола, при условии, что исключена возможность задевания проводов при транспортировке или сборке громоздких предметов. Голые провода не должны располагаться ниже технологического оборудования.

Виды проводок в зависимости от характеристики помещений приведены в табл. 6.1. Область применения и способы прокладки проводов и кабелей приведены в табл. 6.2. Минимальные сечения проводов приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.1. Виды электропроводки и способы прокладки проводов и кабелей в зависимости от характеристики помещений или окружающей среды

Характеристика помещения или окружающей среды	Вид проводки	Способ прокладки
1	2	3
1. Сухие помещения жилых и общественных зданий	Открытая	1.1. Двухжильными скрученными проводами на роликах 1.2. Плоскими проводами по поверхности стен и потолков 1.3. Одножильными и многожильными незащищенными и защищенными проводами — в трубах, гибких металлических рукавах, неметаллических глухих коробах из трудногорючих материалов, кабелями в неметаллической оболочке — по поверхности стен и потолков

1	2	3
2. Сухие помещения производственного на- значения	Скрытая	1.4. Плоскими проводами в бороздах, под слоем сухой и мокрой штукатурки, в замкнутых каналах строительных конструкций, в пазах на стыках между плитами 1.5. Одножильными и многожильными незащищенными и защищенными проводами и кабелями в тонкостенных стальных трубах, в неметаллических глухих коробах из трудногорючих материалов, под слоем штукатурки, в замкнутых каналах строительных конструкций 1.6. Незащищенными проводами, замоноличенными в строительных конструкциях при их изготовлении
	Открытая	2.1. Одножильными незащищенными проводами на роликах, кликах и изоляторах 2.2. На лотках и в коробах с открывающимися крышками 2.3. Одно- и многожильными незащищенными и защищенными проводами в тонкостенных стальных трубах, в металлических гибких рукавах, в неметаллических трубах и кабелями в неметаллической оболочке — по поверхности стен, потолков и строительных конструкций
3. Влажные поме- щения	Скрытая	Применяется только при наличии повышенных требований к архитектурному оформлению и чистоте помещений
	Открытая	2.4. То же, что 1.5. 3.1. Незащищенными и защищенными проводами в металлических гибких рукавах, в тонкостенных стальных трубах и глухих стальных коробах, в неметаллических трубах и глухих коробах из трудногорючих материалов, кабелями в

1	2	3
4. Сырые, особо сырые помещения	Скрытая Открытая	неметаллической оболочке по поверхности стен, потолков и строительных конструкций 3.2. То же, что 1.5. 4.1. Одножильными незащищенными проводами на роликах, кликах, изоляторах 4.2. Одно- и многожильными незащищенными и защищенными проводами и кабелями с неметаллической и металлической оболочкой (кроме проводов АПРФ) непосредственно по поверхности стен, потолков, на струнах, полосах и других несущих конструкциях, а также на лотках и в коробах с открывающимися крышками 4.3. То же, что 3.1, но при толщине стенок металлических труб и коробов не менее 2 мм 4.4. Тросовые проводки специальными проводами с несущим тросом, а также на тросах одно- и многожильными незащищенными и защищенными проводами и кабелями с металлической и неметаллической оболочкой
	Скрытая Открытая	4.5. Незащищенными и защищенными проводами, кабелями в неметаллической оболочке — в неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и др.), в стальных трубах и стальных глухих коробах с толщиной стенок более 2 мм 5.1. Кабелями в неметаллической и металлической оболочке — непосредственно по несгораемым конструкциям и поверхностям

1	2	3
6. Пожароопасные зоны класса П-IIIа в складах 7. Пожароопасные зоны всех классов	Открытая	5.2. Проводами АПВ и АПРВ на изоляторах. Применение провода АПР запрещается, за исключением зон П-IIIа производственных помещений, где применение провода АПР допускается 5.3. Кабелями АВВГ, АНРГ, АВРГ на тресе 5.4 Проводами АПРТО и АПРВ и кабелями в неметаллической и металлической оболочке — на лотках 5.5. Проводами АПВ, АПРВ и кабелями в неметаллической и металлической оболочках — в коробах 5.6. Проводами АПРТО, АПВ, АПРВ в стальных трубах. Примечание: Применение пластмассовых труб в пожароопасных помещениях всех классов не допускается. 6.1. То же, что 5.1 6.2. То же, что 5.3 6.3. То же, что 5.6 Проводка на лотках, в коробах и на изоляторах в складах запрещается
	Скрытая	7.1. Незащищенными алюминиевыми проводами в стальных трубах

Таблица 6.2. Области применения и способы прокладки изолированных проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией

Марка провода	Изготавливаемые сечения, мм ²	Наименование	Способ прокладки	Область применения			
				номинал. на- пряж. сети, В		характеристика помещений	
				перем. тока	пост. тока		
1	2	3	4	5	6	7	
Провода							
АПВ-380 АПВ-660	2,5—120	Установочный с алюми- ниевой жилой, с изоля- цией из поливинилхло- ридного пластика	Внутри помеще- ний на ро- ликах, кли- цах, изолято- рах, в трубах, гиб- ких шлангах, пус- котных каналах несгораемых строи- тельных конструк- ций, на лотках и в коробах, в маши- нах и станках	380	500	В силовых и осветитель- ных сетях, а также для вторичных цепей в нор- мальных, сырых и особо сырых помещениях. В пожароопасных зонах (за исключением скла- дов) — на изоляторах, в стальных трубах и коро- бах при изоляции про- водов на 660 В. В по- мещениях с агрессивной средой	
				660	1000		
АПРИ-660	2,5—120	Установочный с алюми- ниевой жилой, с резино- вой изоляцией, облада- ющей защитными свой- ствами	Открыто на роли- ках и изоляторах, в негораемых тру- бах, в лотках и ко- робах	660	1000	В сухих и сырых поме- щениях — в негораемых трубах. На изоляторах — в пожароопасных зонах П-I; П-II и П-IIa (за исключением складских)	

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
АПРТО	2,5—120 для 2- и 3-жилых; 2,5—10 — для 4- и 7-жилых	Провод с 2, 3, 4 и 7 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пражжи, пропитанной противогнилостным составом	В неогороемых трубах открыто и скрыто, на лотках	660	1000	В сухих и сырых помещениях, в пожароопасных зонах всех классов — в трубах и на лотках. В складских пожароопасных зонах — только в стальных трубах
ПРД	0,75—6	Провод двухжильный с медными гибкими жилами с резиновой изоляцией в непротитанной оплетке из хлопчатобумажной пражжи, витой	Открыто на роликах	380	—	Для осветительных сетей в сухих помещениях при температуре от —40 до +50°C
ПРВД	1—6	Провод двухжильный с медными гибкими жилами с резиновой изоляцией в оболочке из поливинилхлоридного пластика, витой	То же	380		То же. В сухих и сырых помещениях при температуре от —40 до +50°C
АППВ	2,5—6	Установочный провод с 2 и 3 алюминиевыми жилами, в поливинилхлоридной изоляции, плоский, с разделительным основанием	Открыто по поверхности стен и потолков и скрыто под слоем штукатурки (без труб) в машинах и станках. Прокладка не-	380	500	В нормальных и сырых помещениях

АППР	2,5—10	Установочный провод с 2 и 4 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	посредственно по сгораемым конструкциям не допускается	660	1000	В жилых, производственных, сельскохозяйственных помещениях, включая животноводческие и птицеводческие
ППВ-380	0,75—4	То же, с 2 медными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией	То же	380	500	Аналогично АППВ
АПП-380 АПП-660	2,5—120	Провод установочный с алюминиевой жилой, с изоляцией из самозатухающего полиэтилена	Аналогично АПВ	380 660	500 1000	Для неподвижной прокладки в силовых и осветительных сетях, для вторичных цепей в нормальных, сырых и особо сырых помещениях, а также при наличии агрессивной среды. В пожароопасных условиях не допускается
ПВ1-380 ПВ1-660	0,5—95	Провод установочный с медной жилой, с изоляцией из поливинилхлоридного пластика	То же	380 660	500 1000	Аналогично АПВ. Во взрывоопасных зонах — в стальных трубах

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
АПРН	2,5—120	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией в негорючей хлоропреновой оболочке	Открыто — на роликах, изоляторах, в лотках и коробах. Скрыто и под штукатуркой — в трубах То же	660	1000	В сухих и сырых помещениях и в наружных установках
АПРВ	2,5—16	Провод с 1 и 2 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке		660	1000	В сухих и сырых помещениях. На изоляторах, в лотках и коробах — в пожароопасных зонах всех классов, за исключением складских
АПРВС	2,5—6	Установочный провод с 2 и 3 алюминиевыми жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания	Скрытая прокладка под штукатуркой, в трубах и в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций	380	500	В жилых, сухих и сырых помещениях производственного назначения
АРТ	2,5—35	Установочные провода с 2, 3, 4 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, с несущим тросом из 19 проволок (для сечений до 10 мм ²) или 49 проволок (для сечений 16 мм ² и выше)	Тросовая проводка	660	1000	Внутри сухих и сырых помещений

АВТ-1	2,5—16	Установочные провода с 2, 3, 4 алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластика с несущим тросом из 7 проволок	То же	380	500	Для наружной прокладки, вводов в жилые дома и хозяйственные постройки
АВТ-2	2,5—16	То же, с усиленным несущим тросом из 19 проволок	То же	380	500	То же, в районах повышенной гололедности
АВТС-1	2,5—16	То же, с несущим тросом из 7 проволок	То же	380	500	Внутри помещений сельскохозяйственного назначения, в т. ч. животноводческих
АВТС-2	2,5—16	То же, с усиленным несущим тросом из 19 проволок	То же	380	500	То же
ПРГ	0,75—120	Провод с гибкой медной жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Прокладка в гибких рукавах и шлангах	660	1000	При необходимости повышенной гибкости и для присоединения подвижных электроприемников в сухих и сырых помещениях
ПРГН	1,5—70	То же, с резиновой изоляцией в негорючей хлопчатобумажной оболочке	То же	660	1000	То же

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
ПВ2-380 ПВ2-660	2,5—95	Провод с медной гибкой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Внутри помещений для силовых и осветительных цепей, в машинах, станках То же	380 660	500 1000	Для присоединения подвижных электроприемников, монтажа вторичных цепей на щитах, пультах и т. п. То же
ПВ3-380 ПВ3-660	0,5—95	Провод с гибкой медной жилой повышенной жесткости и поливинилхлоридной изоляцией То же		380 660	500 1000	
ПВ4-380 ПВ4-660 ПРКС	0,75—2,5	Провод термостойкий с 1 и 2 медными жилами с изоляцией из кремнийорганической резины в оплетке из стеклонити, покрытой термостойкой эмалью То же, в оплетке из лавсана	—	380 660 660	500 1000	Для особо гибкого монтажа Для зарядки осветительной арматуры
ПРКЛ	0,75—2,5			660	—	То же
ПСУ	1,5—95	Провода медные, теплоустойкие, с изоляцией из стеклолакоткани и наружным покрытием из дельтаасбеста		380	—	Для подсоединения к выводам нагревателей электропечей и для прокладки по металлическим конструкциям электропечей, нагревателей до 150°C; при температуре окружающей среды до 120°C

Шнуры для бытовых машин и приборов

ШБПВ	0,35—0,75	Шнур с 2 параллельными медными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией	—	250	—	Для присоединения не часто включаемых электроприемников (радиоприемники, телевизоры, холодильники)
ШБПВГ	0,35—0,75	То же, с 2 гибкими параллельными жилами	—	250	—	Для присоединения светильников, вентиляторов, магнитофонов, грейфайников, чайников, грелок, паяльников и т. п. приборов, где шнур часто подвергается легким механическим деформациям при включении и выключении
ШБПВП	0,35—0,75	То же, в плоской оболочке винилхлоридной	—	250	—	То же
ШБКВ	0,35—0,75	Шнур гибкий, с концентрическими жилами, с поливинилхлоридной изоляцией	—	250	—	Для утюгов
ШБКР	0,35—0,75	То же, с резиновой изоляцией	—	250	—	То же

Продолжение табл. 6.2

Г	2	3	4	5	6	7
ШБТР	0,5—1,5	Шнур повышенной гибкости с 2 и 3 жилами, термостойкий, с изоляцией и оболочкой из кремнийорганической резины	—	250	—	Для утюгов, плиток и др. нагревательных приборов
ШБТРО	0,5—1,5	То же, с оплеткой из хлопчатобумажных нитей	—	250	—	То же
ШБВЛ	0,5—1,5	Шнур гибкий с 2, 3 и 4 жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой	—	250	—	Для полотеров, стиральных машин, отопительных приборов и т. п., где шнур подвергается истиранию и сырости
ШБРЛ	0,5—1,5	То же, с резиновой изоляцией и оболочкой	—	380	—	То же
ШБВС	0,75—4	Шнур гибкий, с 2, 3 и 4 жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой	—	380	—	То же
ШБРС	0,75—4	То же, с резиновой изоляцией и оболочкой	—	380	—	То же
ШБПС	0,5—0,75	Шнур с 2 и 3 жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, подвесной, грузонесущий	—	250	—	Для светильников, подвешиваемых на электрическом шнуре

ПЛНТ

0,75

Гибкий провод, с 2 медными жилами с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке — стойкий к изгибам, негорючий, тепло- и морозостойкий, стойкий к воздействию керосина, бензина, машинного масла

Для питания переносных ламп на напряжении до 42 В

Силовые кабели

АВРГ

2,5—300,
нулевые жилы:
2,5—70

Силовой кабель с 1, 2, 3 и 4 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке

По стенам и полкам в лотках и коробах, в каналах, по станкам и механизмам

660

1000

Для прокладки в сырых, особо сырых, пожароопасных, взрывоопасных зонах В-1б; В-1а и при наличии агрессивных сред (кислота, щелочь и т. п.)

АНРГ

То же

Силовой кабель с 1, 2, 3 и 4 алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслястой оболочке, не распространяющей горение

То же

660

1000

То же

АВВГ

2,5—50,
нулевые жилы:
2,5—25

Силовой кабель с 1, 2, 3 и 4 алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, в пластмассовой оболочке

То же

660

1000

То же

Окончание табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
АПВГ	То же	Силовой кабель с 1, 2, 3 и 4 алюминиевыми жилами, с изоляцией из полиэтилена, в оболочке из поливинилхлоридного пластика	То же	600	1000	В сырых и особо сырых помещениях и при наличии агрессивных сред (кислота, щелочь и т.п.). В пожароопасных зонах не допускается
АВВ	2,5—50, нулевые жилы: 2,5—50	Силовой кабель с 2, 3 и 4 алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, облегченный, для сельского хозяйства	Внутри помещений, в каналах, в земле	660	—	Наружные сети, сети в сырых и особо сырых помещениях
АВГ	То же	То же, с полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	То же	660	—	То же
Переносные кабели						
АКРПТ	16—95, заземляющие жилы 6—35	Кабель переносный, гибкий, с 1, 2, 3 алюминиевыми жилами или 2 и 3 основными и 1 заземляющей жилой, с резиновой изоляцией в резиновой оболочке	—	660	1000	Для присоединения передвижных электроприемников в помещениях и наружных установках
АКРПН	То же	То же, в резиновой маслбензостойкой оболочке, не распространяющей горения	—	660	1000	То же, при возможности попадания масла и нефтепродуктов

КРПН	0,75—120, заземляющие жилы: 0,75—35	То же, что АКРПТ и АКРПН, но с медными жилами	—	660	1000	То же, что АКРПТ
КРПГ	0,75—70, заземляющие жилы: 0,75—10	То же, с медными жи- лами повышенной гиб- кости	—	660	1000	То же, что АКРПТ
КРПС	2,5—70, заземляющие жилы: 1,5—25, жилы управле- ния 1,5—10	Кабель повышенной гиб- кости, с профилирован- ным сердечником, с 3 ос- новными, 1 заземляющей и 1 или 2 жилами управления	—	660	1000	То же, при наличии зна- чительных ударных и раздавливающих нагру- зок
КРПСН	То же	То же, в резиновой мас- лобензостойкой оболоч- ке, не распространяющей горения	—	660	1000	То же, при возможности попадания масла и неф- тепродуктов
КРШК	95—150, заземляющие жилы: 25—50	Кабель гибкий, шланго- вый, с 3 и 4 медными жилами, с изоляцией и оболочкой из резины	—	660	1000	Для питания порталных кранов

Сварочные кабели см. табл. 4.32.

Таблица 6.3. Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках

Проводники	Сечение жил, мм ²	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприборов	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки внутри помещений:		
а) непосредственно по основаниям на роликах, клицах и тросах;	1	2,5
б) на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам,	1	2,0
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких);	0,35	—
в) на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
а) по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах; вводы от воздушной линии;	2,5	4
б) под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2,0
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам,	1	2,0
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели в замкнутых каналах или замоноличенные в строительных конструкциях или под штукатуркой	1	2,0

6.1. ВНУТРЕННИЕ ПРОВОДКИ

Общие требования

1. Внутренние проводки могут быть открытыми — проложенными по поверхности стен, потолков, ферм и т. п.: непосредственно по поверхности; на струнах, полосах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлорукавах, на лотках и т. д., и скрытыми — проложенными в стенах, полах, перекрытиях, фундаментах: в трубах, коробах, замкнутых каналах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой и замоноличенными в строительные конструкции при их изготовлении.

2. Открытые проводки выполняют с учетом архитектурных линий помещения. Спуски к выключателям и штепсельным розеткам прокладываются по отвесу, горизонтальные участки проводки — параллельно карнизам, ответвления к лампам — перпендикулярно к линиям пересечения стен и потолка.

3. Проводки магистральной и распределительной сети, как правило, ведутся по стенам (за исключением некоторых промышленных зданий, где проводка осуществляется по фермам)

Проводка по потолку выполняется только для присоединения светильников или при обходе нагретых участков стены, печей, дымоходов и т. п.

4. Опоры открытых проводов (ролики, изоляторы, клицы, скобки) размещаются симметрично и на равных расстояниях друг от друга (в пределах прямого участка трассы).

5. Ролики, клицы, скобки на деревянных поверхностях крепятся шурупами, а на бетонных и кирпичных стенах и потолках — с помощью шурупов на спиралах, дюбелей и т. п. Применение деревянных пробок не допускается.

6. Изоляторы крепятся на штырях с помощью пластмассовых колпачков, пакли или специальной замазки и навертываются на всю длину их резьбы. Установка изоляторов головкой вниз не допускается.

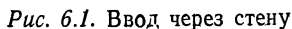
7. При прокладке проводов в трубах, глухих коробах, гибких металлических рукавах и в замкнутых каналах должна обеспечиваться возможность замены проводов.

8. В одной трубе, одном рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале допускается совместная прокладка проводов и кабелей разных цепей одного агрегата или силовых и контрольных цепей нескольких агрегатов. Запрещается совместная прокладка: взаиморезервируемых цепей, цепей рабочего и аварийного освещения, цепей освещения и силовых цепей, осветительных цепей напряжением до 42 В с цепями более высокого напряжения.

6.2. НАРУЖНЫЕ ПРОВОДКИ И ВВОДЫ

Наружной называется открытая или скрытая электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, в садах, дворах и т. п., а также открытая проводка между зданиями на опорах (не более четырех пролетов по 25 м) вне улиц и дорог. Виды таких проводов и способы прокладки проводов приведены в табл. 6.4.

Рекомендуется выполнять вводы в здания через стены (рис. 6.1) в изоляционных трубках так, чтоб вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь здания.



При выполнении вводов через крыши в стальных трубах (трубостойках) расстояние от проводов и от вводных изоляторов до крыши должно быть не менее 2,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,5 м для торговых павильонов, киосков, фургонов,

передвижных будок и т. п. При этом расстояние от проводов до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м.

Габариты при выполнении вводов см. на рис. 6.1 и 6.2.

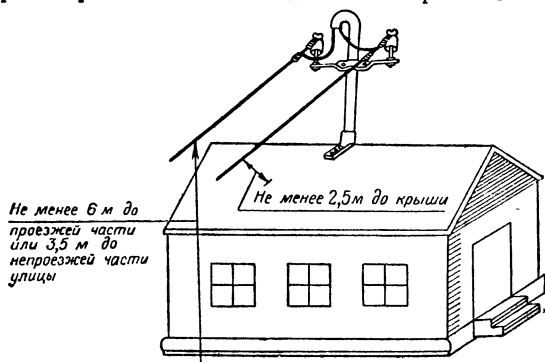


Рис. 6.2. Ответвление к вводу через трубчатую стойку

Таблица 6.4. Виды наружной электропроводки и способы прокладки проводов и кабелей в зависимости от характеристики установки или условий окружающей среды

Характеристика установки	Вид проводки	Способ прокладки
1	2	3
1. Наружные установки	Открытая	1.1. Незащищенными одножильными проводами на изоляторах. В местах, где исключена возможность попадания на провода дождя и снега (под навесами), допускаются ролики для сырых мест (увеличенного размера) 1.2. Незащищенными и защищенными проводами, кабелями с неметаллической оболочкой — в лотках и коробах с открывающимися крышками 1.3. Кабелями в неметаллической оболочке — непосредственно по поверхности стен (на скобах), на струнах, полосах и других несущих конструкциях
	Скрытая	1.4. Незащищенными и защищенными проводами — в неметаллических трубах, глухих коробах из трудносгораемых материалов, в стальных трубах и глухих стальных коробах с толщиной стенок более 2 мм; кабелями в неметаллической оболочке — в глухих стальных коробах

1	2	3
2. Пожаро-опасные зоны класса II-III	Открытая	2.1. Кабелями в неметаллической и металлической оболочке — непосредственно по несгораемым конструкциям и поверхностям 2.2. Проводами АПВ, АПР и АПРВ — на изоляторах 2.3. Проводами АПРВ и кабелями в неметаллической и металлической оболочке — на лотках 2.4. Кабелями ААШв и ААГ — в коробах 2.5. Проводами АПРТО, АПВ, АПРВ — в стальных трубах. Проводка проводами на тросе и в коробах, а также проводом АПРТО на лотках запрещается 2.6. На эстакадах — небронированными кабелями в неметаллической защитной оболочке — на металлоконструкциях, в лотках, трубах и т. п.

Таблица 6.5. Габариты наружных проводов

Наименование	Минимальный размер, м
Расстояние между проводами по горизонтали и вертикали при пролетах до 6 м	0,1
То же, при пролете более 6 м	0,15
Расстояние от изолированных проводов до стен и опорных конструкций	0,05
Расстояние от горизонтально проложенных проводов над балконом или крыльцом	2,5
То же, над окном	0,5
То же, под окном или под балконом	1,0
Расстояние от проводов до окна при вертикальной прокладке	0,75
То же, до балкона	1,0
Расстояние от проводов до земли	2,75
Расстояние по горизонтали до балконов и окон при прокладке проводов на опорах	1,5

6.3. ДОПУСТИМЫЕ ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ПРОВОДА И КАБЕЛИ

Сечение проводников выбирают исходя из предельного допустимого нагрева жил, при котором не повреждается изоляция проводов. Допустимые длительные нагрузки на провода, шнуры и кабели приведены в таблицах 6.6—6.11.

Таблица 6.6. Допустимые нагрузки на медные провода и шнуры с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токковые нагрузки, А					
	провода, проложенные открыто	провода, проложенные в одной трубе				
		два одно- жильных	три одно- жильных	четыре одножиль- ных	один двух- жильный	один трех- жильный
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2,0	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3,0	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—

Примечания. 1. При определении числа проводов, проложенных в одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока в расчет не принимается. 2. Нагрузки, приведенные в таблице, действительны, независимо от числа труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

**Таблица 6.7. Допустимые нагрузки на алюминиевые
провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией**

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А					
	Провода, проложенные открыто	Провода, проложенные в одной трубе				
		два одно- жильных	три одно- жильных	четыре одно- жильных	один двух- жильный	один трех- жильный
2,0	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—

Примечания. 1. При определении числа проводов, проложенных в одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока в расчет не принимается. 2. Нагрузки, приведенные в таблице, действительны, независимо от числа труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

**Таблица 6.8. Допустимые нагрузки на медные провода
с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках
и кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией
в свинцовой, поливинилхлоридной, наиритовой или резиновой
оболочках, бронированные и небронированные**

Сечение токо- проводящей жилы, мм	Токовые нагрузки, А ¹					
	Провода и кабели					
	одножильные	двухжильные		трехжильные		
		при прокладке				
		в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6	
1,5	23	19	33	19	27	
2,5	30	27	44	25	38	
4	41	38	55	35	49	
6	50	50	70	42	60	

1	2	3	4	5	6
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—

¹ Токовые нагрузки относятся к проводам и кабелям как с заземляющей жилой, так и без нее.

Таблица 6.9. Допустимые нагрузки на шнуры переносные шланговые легкие и средние, кабели переносные шланговые тяжелые, кабели шахтные гибкие шланговые, прожекторные и провода переносные с медными жилами

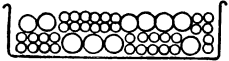
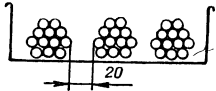
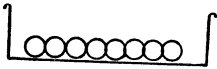
Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А ¹		
	шнуры, провода и кабели		
	одножильные	двухжильные	трехжильные
0,5	—	12	—
0,75	—	16	14
1,0	—	18	16
1,5	—	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

¹ Токсовые нагрузки относятся к шнурам, проводам и кабелям как с заземляющей жилой, так и без нее.

**Таблица 6.10. Допустимые нагрузки на кабели
с алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией
в алюминиевой, свинцовой, поливинилхлоридной
и резиновой оболочках, бронированные и небронированные**

Сечение то- копроводя- щей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А					
	одножильные	двухжильные		трехжильные		
		при прокладке				
		в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29	
4	31	29	42	27	38	
6	38	38	55	32	46	
10	60	55	80	42	70	
16	75	70	105	60	90	
25	105	90	135	75	115	
35	130	105	160	90	140	
50	165	135	205	110	175	
70	210	165	245	140	210	
95	250	200	295	170	255	
120	295	230	340	200	295	
150	340	270	390	235	335	
185	390	310	440	270	385	
240	465	—	—	—	—	

**Таблица 6.11. Коэффициенты снижения допустимых нагрузок
на провода и кабели, проложенные на лотках**

Способ прокладки проводов и кабелей в лотках	Число проводов и кабелей	Снижающий коэффициент, $K_{сн}$
	До 6	1
	7—8	0,90
	9—11	0,85
	12—15	0,70
	16—20	0,65
	21 и более	0,60
	Введение коэффициентов снижения не требуется	
	Между кабелями следует оставлять просвет 5 мм.	

Примечания. 1. Снижающие коэффициенты приняты для токовых нагрузок, указанных в табл. 1.3.4; 1.3.5; 1.3.6; 1.3.7; ПУЭ-76 (табл. 6.6; — 6.8 и 6.10 данного справочника). 2. Снижающие коэффициенты приняты для кабелей, питающих электроприемники с коэффициентом использования 0,7 и ниже. 3. При определении количества проводов и кабелей контрольные кабели и резервные (незагруженные цепи) не учитываются.

6. 4. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОВОДОВ

Открытые проводки в зависимости от условий окружающей среды — возможности механических повреждений, наличия влаги и агрессивных веществ, отрицательно воздействующих на токопроводящие жилы и изоляцию проводов и кабелей, имеют следующие конструктивные исполнения:

1. Прокладка проводов на изолирующих опорах (роliках, клицах, изоляторах).
2. Прокладка проводов и кабелей непосредственно по стенам, потолкам и строительным конструкциям.
3. Тросовые проводки.
4. Прокладка проводов и кабелей в лотках.
5. Прокладка проводов и кабелей в открывающихся и закрытых стальных или пластмассовых коробах.
6. Прокладка проводов в стальных или пластмассовых трубах, закрепленных на стенах и других строительных элементах зданий и сооружений.

Скрытые проводки выполняют:

1. Проводами в стальных трубах.
2. Проводами в неметаллических (пластмассовых) трубах.
3. Проводами и кабелями (сменяемая проводка) в пустотах и каналах строительных конструкций (плит, панелей и т. п.).
4. Защищенными и незащищенными проводами в строительных конструкциях при их изготовлении (замоноличивание) — несменяемая проводка. (Допускается только при невозможности выполнения сменяемой проводки.)
5. Проводами под штукатуркой без борозд.
6. Проводами и кабелями в специальных электротехнических плинтусах (напольная прокладка).

ПРОКЛАДКА ПРОВОДОВ НА ИЗОЛИРУЮЩИХ ОПОРАХ

Расстояние в свету от изолированных проводов и шнуров до стен, потолков и конструкций из сгораемых материалов должно быть не менее 10 мм.

На каждый из незащищенных проводов пересекающихся линий надевается неразрезанная изоляционная трубка, закрепленная так, чтобы исключить ее перемещения, или же одна из линий заделывается в борозду в изоляционных трубках.

Трубы отопления, водопровода и т. д. обходят путем утапливания проводки в борозду.

Предельные сближения проводов и расстояние между изоляторами при прокладке внутри зданий должны соответствовать нормам, указанным в таблице 6.12.

Одножильные провода должны быть привязаны мягкой вязальной проволокой ко всем роliкам или изоляторам (типы роliков приведены в таблице 6.13). В местах вязки для предохранения изоляции от повреждений необходимо подматывать провод изоляционной или плотной бумажной лентой. На концевых и угловых роliках крепление выполняется «крестом с хомутом», на промежу-

точных роликах — «крестом». Аллюминиевые провода крепятся только «крестом».

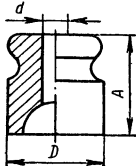
При креплении проводов к шейке изоляторов вязка выполняется «крестом» или «крестом с хомутом» (на угловых изоляторах). На промежуточных изоляторах при прокладке проводов на головке крепление делается «телефонной вязкой».

Шнуры закрепляются вязкой шпагатом или тесьмой на угловых и концевых роликах, на роликах, где выполняется сращивание или отпайка проводов, и на всех роликах в местах обхода препятствий (балки, карнизы и т. д.).

**Таблица 6.12. Нормативные размеры
при прокладке проводов на изолирующих опорах**

Нормируемый размер	Расстояние в мм при сечении					
	проводов					шнура
	1—2,5	4—10	16—25	35—70	95—120	1—2,5
Наименьшее расстояние между осями проводов одной или разных цепей при прокладке:						
а) на роликах,	35	35	50	—	—	35
б) на изоляторах	70	70	70	100	150	—
Наибольшее допустимое расстояние между изолирующими опорами при прокладке:						
а) на роликах,	800	800	1000	—	—	800
б) на изоляторах	1000	2000	2500	3000	6000	—

Таблица 6.13. Ролики электроизоляционные

Тип	Размеры, мм			Эскиз
	A	D	d	
РШ-4	24	20	6	
РП-2,5	25	25	6	
РП-6	31	31	7	
РС-10	56	56	7	
РС-25	64	64	9	

Примечания. 1. Допускается применение роликов из керамических материалов, стекла, пластмассы и других негорючих материалов. 2. Цифры в обозначении типа ролика показывают максимальное сечение провода.

Переходы через стены

Проходы проводов через стены и перегородки, в том числе деревянные, должны выполняться в неразрезанных трубках, оконцованных втулками (в сухих помещениях) или воронками (в сырых помещениях) (рис. 6.3).

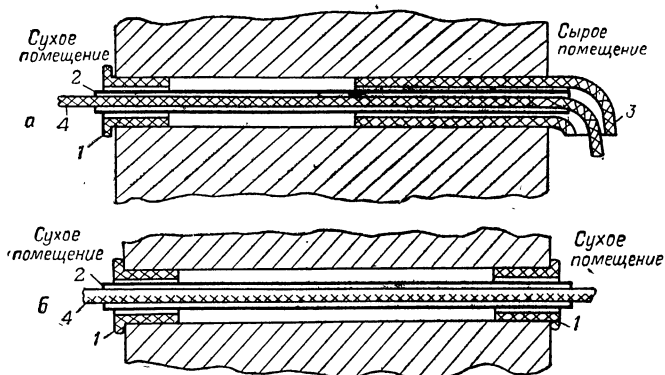


Рис. 6.3. Проход проводов через стену:

а — из сырого в сухое помещение; *б* — из сухого помещения в сухое;
1 — втулка; 2 — изоляционная трубка; 3 — воронка; 4 — провод

При переходе проводки в сырые помещения или помещения с другой температурой, влажностью, химической средой и т. п. воронки заливаются с обеих сторон изолирующим компаундом. Такие же требования предъявляются при выполнении вводов от наружных проводов внутрь помещений.

Типы и размеры втулок и воронок приведены в табл. 6.14, 6.15, 6.16.

При переходе проводов из сухого помещения в сырое, соединения проводов различных видов (например, шнуров с одножильными проводами) осуществляются в сухом помещении. В проходах через стены, перегородки и перекрытия изоляционная трубка должна быть надета отдельно на каждый одножильный провод.

Двухжильные шнуры и сложные провода могут прокладываться через стены в одной трубке. Переходы через перекрытия шнуром не допускаются.

Таблица 6.14. Втулки фарфоровые

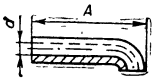
Тип	Размеры, мм			Эскиз
	A	D	d	
ВТК-9	20	13	9	
ВТК-11	25	15	11	
ВТК-13	25	17,5	13	
ВТК-16	30	21	16	
ВТК-18	30	23	18	
ВТК-20	35	26	20	
ВТК-23	40	29	23	
ВТК-30	50	37	30	

Таблица 6.15. Втулки пластмассовые

Тип	Условный проход, мм	Размеры, мм ¹		
		A	D	d
B17(Y142)	15	10	14	12
B22(Y143)	20	10	19,5	17,5
B28(Y144)	25	15	25,5	22,5
B42(Y145)	40	20	39	36

¹ Эскиз см. в табл. 14

Таблица 6.16. Воронки фарфоровые

Тип	Размеры, мм		Эскиз
	A	d	
B-2	70	9	
B-6	90	11	
B-16	105	16	
B-35	120	20	
B-70	130	23	
B-95	140	30	

ОТКРЫТАЯ ПРОКЛАДКА ПЛОСКИХ ПРОВОДОВ

Для электропроводок в осветительных установках и для питания мелких силовых электроприемников (до 2 кВт) в сетях до 380 В в жилых и административных зданиях, в том числе в кухнях, подвалах, лестничных клетках, в учебных, лечебных и детских учреждениях, а также в производственных помещениях, допускается применять двух- и трехжильные плоские алюминиевые провода марки АППВ, АППР, АППВС и аналогичные медные провода. Нельзя использовать указанные провода для зарядки светильников.

В пожароопасных помещениях, на чердаках, в особо сырых помещениях, для проводки по деревянным основаниям в детских и лечебных учреждениях, в зрелищных предприятиях, во дворцах культуры, клубах, школах и школах-интернатах применение этих проводов не разрешается.

Открытая прокладка плоских проводов может производиться непосредственно по стенам и перекрытиям, покрытым обычной или сухой штукатуркой. При несгораемых стенах эти провода разрешается прокладывать поверх обоев и под ними. По нештукатуренным сгораемым стенам и потолкам открытую прокладку плоских проводов допускать нельзя. Как исключение, можно применять такие провода при условии, что они прокладываются по слою асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающему по обе стороны провода на 5 мм.

При пересечении плоских проводов изоляцию нужно усиливать подмоткой 3—4 слоев прорезиненной или полихлорвиниловой изоляционной ленты.

Проходы через стены и перекрытия выполняются в резиновых

или полихлорвиниловых трубках и с обеих сторон оконцовываются втулками.

Провода крепятся к плоскости стен и перекрытий с помощью клея или прибиваются гвоздями диаметром 1,5—2 мм со шляпкой до 3 мм. Гвозди забиваются посредине пленки между жилами через 200 мм. При забивании гвоздей необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить изоляцию провода.

Плоские провода без разделительного основания АППВС крепятся к несгораемым поверхностям клеем или с помощью скобок. При использовании металлических скобок провод должен быть подмотан дополнительной изоляцией. Расстояние между скобами не должно превышать 400 мм.

Соединения и ответвления проводов производятся в ответственных коробках аналогично проводам АПР, АВРГ и т. п. Места вводов в коробки из неизолирующего материала дополнительно защищаются намоткой нескольких слоев изоляционной ленты или изоляционными втулками.

При присоединении к аппаратам пленка между жилами разрезается, а концы проводов дополнительно изолируются лентой.

В местах изгиба провода на ребро (спуски к выключателям или розеткам) пленка между жилами разрезается и жилы разводятся: внутренняя жила отгибается в виде полупетли.

Допустимые нагрузки на плоские провода определяются по таблицам для проводов АПР и ПР (см. табл. 6.6, 6.7).

ПРОКЛАДКА ПРОВОДОВ НА ТРОСЕ

Тросовые проводки рекомендуются преимущественно для осветительных установок. Тросовая проводка выполняется специальными проводами АРТ, АВТ, АВТС, а также изолированными проводами и кабелями в защитной болочке.

В пожароопасных помещениях могут применяться только кабели АВВГ, АНРГ, АВРГ. Провода и кабели крепят к несущему тросу или проволоке бандажами или клицами, установленными на расстоянии не более 0,5 м друг от друга.

Переход кабелей и проводов с троса на стену должен осуществляться свободной петлей, без натяжения.

В качестве несущих тросов следует применять стальные тросы-канаты диаметром 5 мм или катанку диаметром не менее 6 мм. Концевые крепления тросов выполняют с помощью анкерных устройств со сквозными болтами и натяжными муфтами. Сращивание тросов в пролете не допускается.

Стрела провеса троса может быть в пределах $\frac{1}{40} \div \frac{1}{60}$ от длины пролета.

Для разгрузки троса и строительных конструкций, к которым он крепится, рекомендуется применять вертикальные подвески из стальной проволоки диаметром 1,5—2 мм (рис. 6.4).

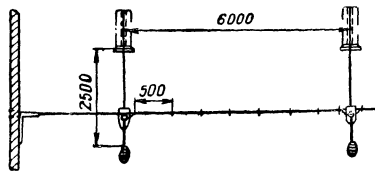


Рис. 6.4. Проводка на тросе

Подвески располагают обычно в местах установки ответвительных коробок или светильников. Ответвления от специальных тросовых проводов выполняют в коробках с помощью ответвительных сжимов без разрезания магистрали.

Несущий трос и подвески должны быть защищены от коррозии (например, краской ПХВО) и занулены.

ОТКРЫТАЯ ПРОКЛАДКА ЗАЩИЩЕННЫХ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Защищенные провода и кабели типа АПРН, АПРВ, АВРГ, АПРГ, АВВГ, АПВГ, АВВ и т. п. разрешается прокладывать непосредственно по поверхности стен, потолков, на полосах и лентах шириной 16—30 мм и толщиной 0,8—1,5 мм, а также на струнах из стальной оцинкованной проволоки диаметром 2—4 мм.

Струна натягивается вплотную к основанию и крепится через каждый метр для проводов сечением 2,5 мм² и через каждые 1,5 м для проводов и кабелей сечением 4 мм² и более. При применении натяжного устройства расстояние между точками крепления струны может быть удвоено.

Провода и кабели крепят к полосе, ленте или струне металлическими или пластмассовыми бандажными полосками через каждые 500 мм. Подкладка дополнительной изоляции под металлические полоски не требуется.

Провода и кабели допускается прокладывать вплотную друг к другу скрепленными пучками. При этом нагрузка на провода снижается (см. табл. 6.11).

Проходы защищенных проводов и кабелей сквозь негорючие стены и междуэтажные перекрытия выполняют в отрезках пластмассовых труб, а через горючие — в отрезках стальных труб. При переходе из помещений с разными условиями среды трубы после затяжки проводов должны уплотняться минеральной ватой или шлаковатой.

Радиус изгиба проводов и кабелей с резиновой, пластмассовой оболочкой должен быть не менее 6-кратного наружного диаметра провода.

Соединение кабелей с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией производится в коробках. В сырых и пыльных помещениях коробки должны быть уплотненными.

ПРОКЛАДКА НА ЛОТКАХ И В КОРОБКАХ

Провода в лотках можно укладывать вплотную в один ряд или пучками до 12 проводов в пучке. При этом допустимая нагрузка на провода снижается (см. табл. 6.11).

Пучки скрепляют бандажными не реже, чем через 4,5 м на горизонтальных и через 1 м — на вертикальных участках трассы.

Кабели, как правило, укладывают в один ряд с зазором 5 мм. При этом снижение нагрузки не требуется.

Крепление кабелей и проводов к лотку на горизонтальных участках не требуется. В местах поворота трассы провода и кабели должны быть закреплены на расстоянии не более 0,5 м по обе стороны поворота или ответвления. На вертикальных участках расстояние между точками крепления допускается не более 1 м.

В коробках провода и кабели можно прокладывать многослойно и россыпью — «внавал».

На горизонтальных участках трассы при расположении крышки короба сверху провода и кабели не закрепляются. При расположении крышки сбоку провода крепятся к коробу через каждые 3 м. При расположении крышки снизу расстояние между точками крепления проводов не должно превышать 1,5 м.

При вертикальной установке коробов расстояние между точками крепления проводов принимают 1 м.

Провода и кабели, прокладываемые на лотках и в коробах, должны иметь маркировку в начале, конце, на поворотах трассы и ответвлениях и в местах подключения к электрооборудованию.

Короба и лотки могут быть использованы в качестве зануляющих магистралей. При этом соединение секций коробов и лотков должно быть осуществлено сваркой или болтами с контргайками, пружинными шайбами и защищаться от коррозии тонким слоем вазелина. Короба устанавливают с небольшим наклоном, чтобы предотвратить скопление влаги.

ОТКРЫТАЯ ПРОВОДКА В ТРУБАХ

В сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой, в наружных установках, а также при возможности механических повреждений проводку выполняют в трубах.

Стальные трубы допускается применять только в пожароопасных установках, в горячих цехах и при возможности значительных механических воздействий, например, вблизи технологического оборудования и коммуникаций. Во всех остальных случаях следует применять винипластовые трубы.

Трубы необходимо прокладывать с небольшим наклоном, чтобы в них не могла скапливаться влага. Они не должны проходить по дымоходам и другим нагреваемым поверхностям.

В общей трубе прокладываются провода, относящиеся к одной цепи. Допускается прокладка в общей трубе проводов следующих цепей (за исключением взаиморезервируемых):

а) всех цепей (включая и цепи управления) одного агрегата;

б) цепей нескольких машин, связанных технологическим процессом;

в) цепей, питающих сложный светильник.

В осветительных установках совместная прокладка проводов цепей напряжением до 42 В с проводами цепей напряжения более 42 В, а также цепей рабочего и аварийного освещения не допускается.

Проводки в стальных трубах

В установках переменного тока при применении стальных труб все провода, принадлежащие к одной цепи, должны укладываться в одной трубе. Выбор размеров труб в зависимости от количества и сечения проводов приведен в табл. 6.17.

Стальные трубы для защиты от коррозии необходимо окрашивать изнутри и снаружи. До покраски трубы нужно очистить от ржавчины.

В зависимости от области применения рекомендуются различные лакокрасочные покрытия.

В помещениях с нормальной средой
В наружных установках

лак БТ-5100 или БТ-5101,
лак БТ-577
эмаль НЦ-1200, пентафтале-
вые эмали ПФ-68 и
ПФ-64; эмаль ВН-780

В сырых и особо сырых помещениях

пентафталевые эмали
ПФ-68 и ПФ-64; эмаль
ВН-780

В помещениях с химически активной средой (кислоты, щелочи)

Эмаль ВН-780

В аккумуляторных помещениях

эмаль КФ-252

Таблица 6.17. Выбор стальных и пластмассовых труб для прокладки изолированных проводов АПР, АПВ, АПРВ, АПРТО

Сечение жилы, мм ²	Число проводов в трубе								
	2			3			4		
	Водогазо-проводные, усл. проход, мм	Электропроводные, наруж. диам. X на толщ. стенки, мм	Винилласто-вые, наруж. диам., мм	Водогазо-проводные, усл. проход, мм	Электропроводные, наруж. диам. X на толщ. стенки, мм	Винилласто-вые, наруж. диам., мм	Водогазо-проводные, усл. проход, мм	Электропроводные, наруж. диам. X на толщ. стенки, мм	Винилласто-вые, наруж. диам., мм
1,5	15	26×1,8	20	15	26×1,8	20	15	26×1,8	20
2,5	15	26×1,8	20	15	26×1,8	20	20	26×1,8	25
4	15	26×1,8	20	15	26×1,8	20	20	26×1,8	25
6	15	26×1,8	20	20	26×1,8	25	20	26×1,8	25
10	20	26×1,8	25	25	32×2	32	25	32×2	32
16	25	32×2	32	32	47×2	40	32	47×2	40
25	32	32×2	40	32	47×2	40	40	47×2	50
35	32	47×2	40	40	47×2	50	40	47×2	50
50	40	47×2	50	50	59×2	63	50	59×2	63
70	50	59×2	63	50	59×2	63	70	—	90
95	70	—	90	70	—	90	70	—	90
120	70	—	90	70	—	90	70	—	90

Если длина сплошного трубопровода превышает 50 м — при наличии не более одного изгиба, 40 м — при наличии двух изгибов и 20 м — при наличии трех изгибов (углы 90° и более), то следует устанавливать промежуточные протяжные коробки и лишь в крайнем случае применять трубы большего диаметра.

Соединение стальных труб в помещениях, содержащих пары и газы, отрицательно воздействующих на изоляцию или оболочку проводов, в пыльных помещениях, в наружных установках и в местах, где возможно попадание масла, воды или эмульсии, должно выполняться с уплотнением.

Уплотняют соединения подмоткой на резьбу пенькового волокна, пропитанного суриком, разведённым на олифе, или намоткой 2—3 слоев фторопластового уплотнительного материала (лента ФУМ) толщиной 0,08—0,12 мм.

В помещениях, где уплотнение не требуется, соединение осуществляется манжетами, приваренными к трубам.

Для обеспечения надежного контакта цепи заземления при соединении труб с коробками, ящиками и корпусами электрооборудования используют специальные цапающие гайки, муфты на резьбе, а также манжеты и патрубки, привариваемые в 2—3 точках с каждой стороны.

Для протяжки и ответвления проводов применяют уплотненные коробки типа У994, У995, У996. В помещениях, где не требуется уплотнение, могут применяться коробки, изготавливаемые своими силами. Размеры коробок показаны на рис. 6.5. Радиус изгиба труб должен быть не меньше 4-кратного наружного диаметра труб.

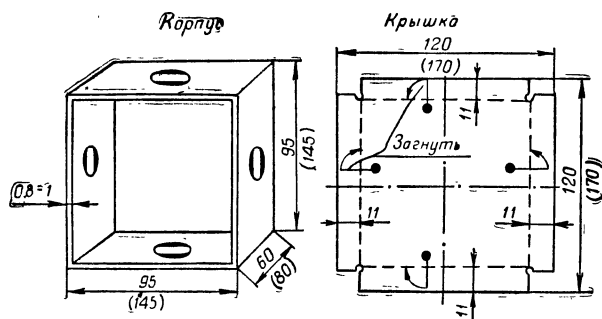


Рис. 6.5. Ответвительная коробка из листовой стали для проводки в трубах

Расстояния между точками крепления открыто проложенных труб приведены ниже.

Условный проход труб, мм	Наибольшие допустимые расстояния между точками крепления, м
15—20	2,5
25—32	3
40—80	3,5—4

Примечание. Крепление труб должно осуществляться скобами, хомутами и накладками. Приварка труб к строительным или технологическим конструкциям не допускается.

При параллельной прокладке труб расстояние между ними в свету принимается равным двум диаметрам более толстой трубы при наружных диаметрах до 30 мм и одному-полутора диаметрам — для труб диаметром 40 ÷ 70 мм.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ

Для открытой прокладки в сухих, влажных, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой и в наружных проводках, по негорячим и трудногорячим ос-

нованиям применяются винипластовые трубы типа Л, СЛ, С и Т. Во взрывоопасных и пожароопасных зонах, зрительных залах зрелищных предприятий и клубов, на сценах и в киноаппаратных, яслях, детсадах, больницах, пионерлагерях и на чердаках применение пластмассовых труб запрещается.

Крепление винипластовых труб рекомендуется выполнять с помощью пластмассовых клиц, обеспечивающих перемещение труб при температурных деформациях до 5 мм на 1 м трубы.

Допускается нежесткое крепление с помощью металлических скоб с прокладкой прессшпана. В качестве компенсаторов надо использовать углы поворота, «утки» и т. п. Расстояния между точками нежесткого крепления труб приведены в табл. 6.18.

Открыто прокладываемые винипластовые трубы не должны касаться поверхности строительных конструкций (за исключением мест жесткого крепления). Расстояние от поверхности стены до трубы (в свету) см. в табл. 6.18.

Таблица 6.18. Нормируемые размеры крепления неметаллических труб

Наружный диаметр труб, мм	Расстояние между точками крепления, мм	Расстояние от поверхности трубы до стены, мм
20	500	10
25	700	13
32	900	14
40	1100	15
50	1300	15
63	1500	19

Трубы соединяют между собой и со стальными трубами с помощью соединительных муфт на клею. Допускается выпрессовка раструбов на концах труб (см. стр. 272).

Для склеивания можно применять поливинилхлоридные составы № 1 и № 2 и клей БМК-5к. Хорошо зарекомендовал себя клей из 86 массовых частей хлористого метилена и 14 частей поливинилхлоридной смолы. Изгибают и выпрессовывают трубы, нагревая в печах и нагревательных шкафах до 110—130°C. Во избежание смятия в месте изгиба в трубу нужно вставить спиральную пружину или металлорукав.

СКРЫТАЯ ПРОВОДКА

Общие требования

Скрытая проводка внутри помещений выполняется в стальных водогазопроводных трубах (только во взрывоопасных зонах), тонкостенных и электросварных трубах (в пожароопасных помещениях), в гибких металлорукавах, коробах, в пластмассовых (полиэтиленовых, полипропиленовых и винипластовых), также в резинобитумных трубах.

В жилых и общественных зданиях допускается несменяемая скрытая прокладка проводов АППВ, АПН, АППВС непосредственно по панелям несгораемых конструкций — под штукатуркой, в бороздах стен, в швах между панелями перекрытий и т. п.

Трасса скрытой проводки не должна проходить по нагреваемым поверхностям.

Горизонтальная прокладка ведется на расстоянии 100—200 мм от потолка. Спуски выполняются по вертикали. Трубы прокладывают с небольшим уклоном, чтобы в них не могла скапливаться сконденсировавшаяся влага. Обход ответвительных коробок выполняют поверху.

Соединения труб между собой, с коробками и с электрооборудованием выполняются с уплотнениями. В сухих непыльных помещениях без агрессивной среды допускается соединение труб, металлорукавов и коробов без уплотнения.

Выбор размера трубы в зависимости от числа проводов производится, как и для открытой прокладки (см. табл. 6.17). Соединения и ответвления проводов выполняются в утопленных коробках, куда вводятся и концы труб.

На открытых концах труб должны быть установлены изолирующие втулки или оконцеватели, предохраняющие изоляцию проводов от повреждения в месте выхода из трубы.

Перед затяжкой проводов необходимо удалить из труб сор и влагу, продув их сжатым воздухом. Для облегчения протяжки трубы следует продуть тальком, а провода выровнять.

Скрытая проводка в стальных трубах

Для труб, закладываемых в стены и перекрытия, наружное антикоррозийное покрытие не требуется.

Радиус изгиба труб должен быть не менее 10-кратного наружного диаметра трубы.

Скрытая проводка в неметаллических трубах

Сортамент пластмассовых труб, применяемых для электропроводок, приведен в табл. 6.19.

На прямых участках трубы укладывают в борозды и закрепляют через 800—1000 мм алебастровым раствором.

Для электропроводок необходимо применять пластмассовые коробки и только как исключение можно использовать металлические коробки, применяемые для стальных труб.

Соединение пластмассовых труб и узлов осуществляется сваркой с применением специальных горелок, инструмента и приспособлений и требует высокой квалификации монтажников.

В условиях эксплуатации при выполнении небольших монтажных работ соединение и гибка пластмассовых труб может выполняться упрощенными методами (см. стр. 272).

Глубина залегания пластмассовых труб в полах принимается такой, чтобы толщина бетона над трубой была не менее 20 мм. Если при пересечениях невозможно обеспечить такую глубину заложения, на каждую из пересекающихся труб в местах пересечения надевают гильзы длиной 100—150 мм из стальной трубы большего диаметра. Выход труб из пола выполняют коленами из стальных труб. Места соединения должны быть уплотнены.

Обработка, заготовка и монтаж пластмассовых труб должны производиться только при положительных температурах.

Полиэтиленовые трубы

Радиус изгиба полиэтиленовых труб принимается не менее 6-кратного наружного диаметра трубы. Трубы нарезают до

100—105°C (полиэтилен низкой плотности) или до 120—130°C (полиэтилен высокой плотности) в электропечах, индукционных нагревательных устройствах или в глицерине.

Нагрев в горячем воздухе производится при температуре 130—150°C в течение 1,5 минуты для диаметров до 32 мм и в течение 2—3 минут для больших диаметров.

Вследствие упругих свойств полиэтилена труба после охлаждения стремится выпрямиться, поэтому при гибке труб необходимо увеличивать угол на 15—20° по сравнению с требуемым.

Чтобы стенки трубы не сминались при изгибании, внутрь ее закладывают пружину или металлорукав, диаметр которых на 1—2 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Нагретую трубу после изгибания охлаждают в холодной воде.

Трубы соединяют между собой с помощью литых соединительных муфт или муфт с раструбами (рис. 6.6). При толщине стенок более 2 мм вместо муфт можно выпрессовывать на трубе раструб с помощью оправки (рис. 6.7).

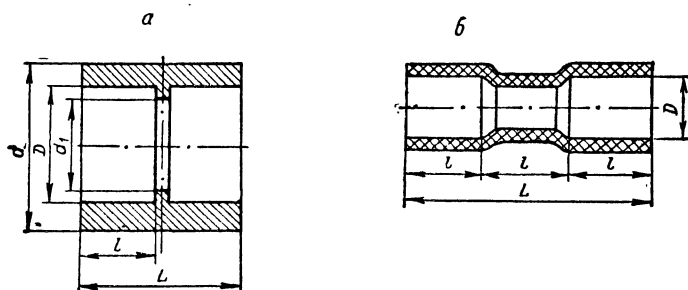


Рис. 6.6. Соединительные муфты для пластмассовых труб:

а — литая; б — с выпрессованными раструбами

Длина формируемой части трубы принимается равной ее диаметру. Длина нагреваемой части трубы под выпрессовку на 5—6 мм больше диаметра.

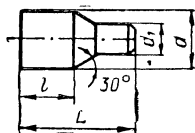


Рис. 6.7. Оправка для выпрессовки раструбов

Внутр. диам., мм	Размеры, мм*			
	d	d ₁	L	l
20	29/27	13/16	35/27	16/21
25	36/34	20/21	40/31	18,5/14

* В числителе для труб Т, в знаменателе — для труб С

Оправку вдвигают в разогретый конец трубы. Выпрессованный раструб охлаждают водой, после чего снимают с оправки. Таким же способом можно выпрессовывать раструбы на отрезках трубы для изготовления соединительных муфт. Температура нагрева трубы под выпрессовку раструба такая же, как при изгибании.

Для электропроводок в полиэтиленовых трубах необходимо применять пластмассовые коробки.

Таблица 6.19. Сортамент пластмассовых труб

Наружный диаметр, мм	Легкие Л				Средне-легкие СЛ				Средние С				Тяжелые Т			
	низкой плотн.	высокой плотн.	полипропиленовые	винипластовые	низкой плотн.	полиэтиленовые высокой плотн.	полипропиленовые	винипластовые	низкой плотн.	полиэтиленовые высокой плотн.	полипропиленовые	винипластовые	низкой плотн.	полиэтиленовые высокой плотн.	полипропиленовые	винипластовые
20	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	3,3	2	—	1,5
25	—	—	2	—	2	—	—	—	2,7	2	2	1,5	4,2	2,3	—	1,9
32	2	—	2	—	2,4	—	—	—	3,4	2	2	1,8	5,3	2,9	—	2,4
40	2	—	2	—	3	2	—	1,8	4,3	2,3	2,3	2	6,7	3,6	—	3
50	2,4	—	2	—	3,7	2	—	1,8	5,4	2,8	2,8	2,4	8,3	4,5	—	3,7
63	3	2	2	—	4,7	2,5	—	1,9	6,7	3,6	3,6	3	10,5	5,7	—	4,7

Во избежание пожара на расстоянии ближе 2 м от незащищенных полиэтиленовых труб не разрешается вести сварочные работы и работы с открытым пламенем.

Полипропиленовые трубы

Проводка в полипропиленовых трубах выполняется аналогично полиэтиленовым. Температура нагрева для гибочных и высечных работ 150—160°C. Нагрев осуществляется в глицерине или в электрических индукционных печах и шкафах, в которых поддерживается температура 185—210°C. Длительность нагрева 1,5—3 минуты.

Винипластовые трубы

Гибку и выпрессовку винипластовых труб выполняют так же, как и полиэтиленовых. Температура нагрева 110—130°C. Ориентировочная длительность нагрева принимается на 5—10 секунд больше, чем наружный диаметр трубы в миллиметрах.

Запрещается нагрев винипластовых труб открытым пламенем. Так как у винипласта отсутствуют упругие деформации после изгиба, изгиб следует выполнять без запаса — точно по заданному углу.

Основной вид соединения винипластовых труб между собой и со стальными трубами — склеивание. Поверхность труб, подлежащих склеиванию, предварительно обрабатывают наждачной бумагой до исчезновения глянца и обезжиривают тампоном, смоченным в ацетоне. Применяемые клеевые составы см. стр. 270. После склеивания детали должны находиться в покое не менее 2 часов. Транспортировка склеенных изделий разрешается только через сутки.

На винипластовых трубах не допускаются надрезы, резко снижающие прочность труб при ударах и изгибах.

Для проводов разрешается применять пластмассовые и металлические коробки.

Резинобитумные трубы

Для прокладки в резинобитумных трубках могут быть использованы только провода с резиновой или полиэтиленовой изоляцией (АПР, АПП, АПРТО и т. п.). Прокладка проводов с поливинилхлоридной изоляцией или оболочкой в резинобитумных трубах или в соприкосновении с ними не допускается.

Выбор труб для разных сечений проводов приведен в табл. 6.20.

В местах выхода труб из полов или фундаментов к ним необходимо присоединить колена или отрезки из стальных труб. Радиус изгиба допускается не менее 10-кратного диаметра трубы.

При повороте трассы на угол больше 60° резинобитумные трубы защищают от смятия навивкой спирали из проволоки диаметром 1,5 мм по слою изоляционной ленты.

Шаг между витками спирали 8—10 мм.

Соединяют резинобитумные трубы при помощи соединительной муфты из трубы большего диаметра или металлической манжеты на разогретой кабельной мастике, асфальтобитумном лаке или резиновом клее. Аналогичным способом уплотняют наружные швы соединения и поверх муфты накладывается проволоочный бандаж.

**Таблица 6.20. Выбор резинокбитуемых труб
для прокладки проводов**

Сечение проводов мм ²	Внутренний диаметр трубы, мм		
	2 провода в трубе	3 провода в трубе	4 провода в трубе
2,5	20	26	26
4	26	26	26
6	26	26	26
10	32	32	32
16	32	32	32
25	32	32	32
35	32	32	47

Допускается соединять резинокбитуемые трубы, надев их на отрезок тонкостенной стальной трубы длиной 100—120 мм с раззенкованными внутренними кромками. Место соединения уплотняют.

Резинокбитуемые трубы присоединяют к коробкам, надевая их на стальные патрубки, предварительно приваренные к коробкам.

Допускается вводить трубки в коробку, уплотняя место ввода подмоткой смоляной лентой.

Трубки укладываются в один ряд. Прокладка в несколько слоев не допускается.

6.5. СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ ПРОВОДОВ

Медные провода

Соединение и ответвление медных проводов сечением до 10 мм² рекомендуется выполнять скруткой с последующей пропайкой.

При сечениях от 16 до 240 мм² соединение следует осуществлять опрессовкой с применением гильз ГОСТ 7388—70 или пайкой в гильзах ГОСТ 5676—76.

Ответвление медных проводов сечением 16 ÷ 240 мм² следует выполнять пайкой с применением гильз ГОСТ 6107—77 или с помощью сжимов (рис. 6.8).

Для соединения медных проводов сечением до 10 мм² с алюминиевыми применяется сварка.

Оконцевание проводов с однопроволочной жилой осуществляют изгибанием в кольцо. Многопроволочные жилы сечением до

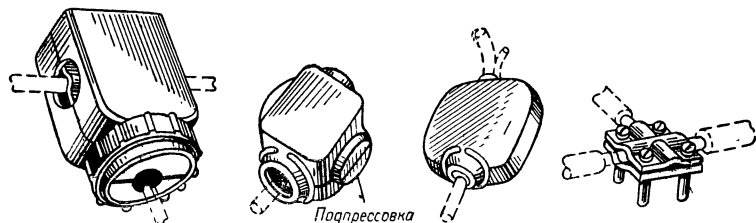


Рис. 6.8. Сжимы для ответвления проводов

2,5 мм² изгибают в кольцо и пропаивают. Следует также применять оконцевание в кольцевом наконечнике (пистоне).

При сечениях от 4 мм² и более следует применять опрессовку в наконечниках по ГОСТ 7386—70 или пайку с применением наконечников серии П.

Алюминиевые провода

Алюминий обладает свойством очень быстро окисляться на воздухе. На его поверхности образуется прочная тугоплавкая окись, очень плохо проводящая электрический ток. Поэтому в месте присоединения алюминиевого проводника к зажиму аппарата или при механическом соединении двух алюминиевых проводников между собой контакт обладает повышенным сопротивлением. При протекании электрического тока это вызывает опасный местный нагрев.

Для обеспечения надежного контакта между соединяемыми алюминиевыми проводами и между жилой алюминиевого провода и наконечником, а также при соединении алюминиевых жил с медными жилами малого сечения (до 10 мм²) применяется сварка или пайка специальными припоями.

При соединении алюминиевых проводов возникают трудности, связанные с их хорошей теплопроводностью и высокой температурой плавления, что создает опасность перегрева изоляции в процессе пайки или сварки. Кроме того, при некоторых условиях (например, наличие влаги) контакт алюминия с медью и сталью дает гальваническую пару, разрушающую место соединения.

Для обеспечения высокого качества соединений последние должны выполняться в соответствии с «Инструкцией по оконцеванию и соединению алюминиевых и медных жил изолированных проводов и кабелей» Главэлектромонтажа Минмонтажспецстроя СССР МСН 139—67

ММСС СССР. Область применения различных способов соединения и оконцевания алюминиевых проводов указана в табл. 6.21.

Соединения и оконцевания проводов и кабелей после сварки или пайки для защиты от коррозии необходимо покрыть глифта-левым, изоляционным асфальтовым, полихлорвиниловым или другим влагостойким лаком.

Таблица 6.21. Область применения различных способов оконцевания, соединения и ответвления алюминиевых жил изолированных проводов и кабелей напряжением до 1 кВ

Операция	Диапазон сечений, мм ²	Указания по применению
1	2	3
Оконцевание		
Оформление конца жил в кольцо с применением при соединении шайбы-звездочки и пружинной шайбы	2,5—10	Следует применять ¹
Опрессовка с применением трубчатых наконечников по ГОСТ 9581—80	16—240	Следует применять

1	2	3
Электросварка контактным разогревом с применением литых наконечников по ГОСТ 7387—77	16—240	Допускается ¹
Газовая сварка (пропано-кислородная, ацетиленокислородная) с применением литых наконечников по ГОСТ 7387—77	16—240	Допускается
Пайка с применением наконечников со ступенчатой разделкой концов жил и непосредственным сплавлением припоя	16—240	Допускается
Соединение		
Соединение при помощи люстровых зажимов	2,5	Следует применять
Опрессовка с применением гильз ГАО	2,5—10	Следует применять
Электросварка контактным разогревом угольным электродом	2,5—10	Следует применять
Электросварка контактным разогревом в клещах	2,5—10	Рекомендуется ¹
То же, с применением обоймы, без флюса	2,5—10	Допускается
Электросварка контактным разогревом в открытых формах (сварка в стык)	16—240	Допускается
То же, сплавлением в общий монокристаллический стержень (сварка по торцам)	Суммарное сечение жил 35—240	Допускается
Термитная сварка в стык ² (с применением патронов типа А)	16—800	Следует применять
То же, по торцам (с применением патронов типа АТО)	2,5—10	Допускается
Опрессовка с применением гильз по ГОСТ 23469.2—79	16—240	Рекомендуется
Пайка способом двойной скрутки с желобком	2,5—10	Допускается
Пайка способом полива	16—240	Рекомендуется
Ответвление		
Опрессовка с применением гильз типа ГАО	2,5—10	Следует применять

1	2	3
Ответвление от магистрали сжимами в изолированном корпусе	Магистраль 4—150 Ответвление 2,5—95 2,5—10	Следует применять
Электросварка контактным разогревом угольным электродом		Следует применять
То же, в клещах	2,5—10	Рекомендуется
То же, с применением обоймы (без флюса)	2,5—10	Допускается
Электросварка сплавлением в общий монокристаллический стержень (сварка по торцам)	Суммарное сечение жил 35—240	Допускается
Термитная сварка по торцам (с применением патронов типа АТ)	Суммарное сечение жил 50—240	Следует применять
То же (с применением патронов типа АТО)	2,5—10	Допускается

¹ «Следует применять» — способ наилучший, должен применяться в большинстве случаев. «Рекомендуется» — способ один из лучших. «Допускается» — способ удовлетворительный.

² Работа с термитными патронами требует специального обучения, и ее должны выполнять только высококвалифицированные монтажники.

СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ СВАРКОЙ

Оборудование для сварки алюминиевых жил

1. Сварочный трансформатор мощностью 1 кВА с первичным напряжением 220 В и вторичной обмоткой с отводами на 6, 9 и 12 В (рис. 6.9). Для электросварки многопроволочных жил сечением более 16 мм² необходимо иметь трансформатор мощностью 2,5 кВА или соединить в параллель два трансформатора по 1 кВА.

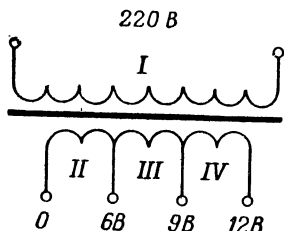


Рис. 6.9. Сварочный трансформатор:

I — первичная обмотка; II, III, IV — вторичная обмотка с отводами 6, 9, 12 В

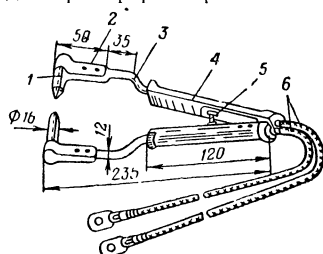


Рис. 6.10. Сварочные клещи:

1 — угольный электрод; 2 — зажим для электрода; 3 — токоподвод; 4 — изолирующая ручка; 5 — пружина; 6 — соединительные провода

Можно применить обычный сварочный трансформатор, выполнив отпайки от вторичной обмотки на 6; 9; 12 В.

2. Электросварочные клещи для двух угольных электродов любой конструкции с изолированными друг от друга электрододержателями (рис. 6.10) с гибкими проводами сечением 25 мм^2 длиной 5—10 м для присоединения к трансформатору.

3. Одиночный электрододержатель для угольного электрода с гибким проводом 50 мм^2 длиной 5 м (рис. 6.11).

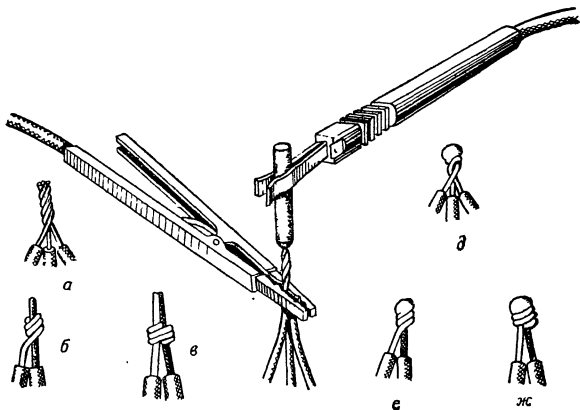


Рис. 6.11. Сварка жил с помощью угольного электрода: а — алюминиевые жилы, подготовленные к соединению; б, в — алюминиевая и медная жилы, подготовленные к соединению; г — положение жил и электродов при сварке; д, е, ж — сваренные жилы

4. Угольные электроды стандартные диаметром 8—20 мм или квадратного сечения от $12 \times 12 \text{ мм}$ до $20 \times 20 \text{ мм}$ длиной 60 мм, заточенные на конус. Их можно изготовить из угольно-графитовых электродов для электропечей.

5. Набор охладителей со сменными втулками и с контактами для присоединения провода от трансформатора.

6. Набор цилиндрических разъемных формочек (рис. 6.12).

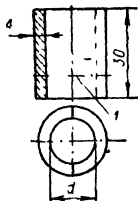


Рис. 6.12. Разъемная формочка для сплавления проводов:

1 — место наложения стягивающего хомутика

Флюсы

При всех способах сварки для удаления пленки окиси алюминия и защиты алюминия от окисления в процессе сварки нужно обязательно применять флюсы. Не требуется флюс только при

сварке жил сечением 2,5—10 мм² контактным разогревом в клещах, так как пленка окиси удаляется механическим путем.

Флюсы выпускаются в герметически закрытых банках. Можно изготовить их своими силами, смешав мелкоизмельченные и просеянные составные части. Флюс употребляется в виде пасты, которую получают, размешав 100 вес. частей порошка с 30—40 частями воды до консистенции густой сметаны. Паста может храниться 1—2 дня. Непосредственно перед сваркой флюс наносится волосяной кисточкой тонким слоем на свариваемые жилы и присадочные алюминиевые прутки. Избыток флюса не нужен, так как увеличивает опасность коррозии.

Наибольшее применение в электромонтажной практике получил флюс ВАМИ (Всесоюзного института алюминия и магния). Состав и свойства этого флюса приведены ниже.

Состав флюса

Флюс ВАМИ:

хлористый калий — 50%,
хлористый натрий — 30%,
криолит марки К-1 — 20%

Свойства флюса

Температура плавления 630°C. В меньшей степени, чем другие флюсы, опасен в отношении коррозии алюминия. Быстро плавится и в первой фазе сварки покрывает поверхность металла жидкой пленкой, образуя в дальнейшем твердую корку шлака. Место сварки требует защиты изоляционными лентами или влагостойкими лаками.

ЭЛЕКТРОСВАРКА КОНТАКТНЫМ РАЗОГРЕВОМ

Сплавление одним угольным электродом

Сплавление угольным электродом (см. рис. 6.11) применяется для соединения между собой и ответвления алюминиевых жил сечением 2,5—10 мм² и медных сечением 2,5—4 мм². Для сварки применяется угольный электрод в электрододержателе и держатель, в котором зажимаются скрученные жилы. Мощность трансформатора не менее 0,5 кВА.

Для соединения нужно:

снять изоляцию с жил на длине 25—30 мм;

зачистить жилы до блеска наждачной бумагой или металлической щеткой;

скрутить жилы между собой или навернуть на сложенные параллельно жилы 3—4 витка алюминиевой проволоки (см. рис. 6.11, а, б, в);

покрыть скрученные жилы тонким слоем флюса на длине 5—6 мм;

зажать жилы в держатель вертикально и прижать к ним угольный электрод (см. рис. 6.11, г);

после расплавления электрод отвести, а жилы сплавить в молибденный шарик (см. рис. 6.11, д, е, ж);

очистить щеткой или наждачной бумагой место соединения от флюса и шлаков и покрыть его изоляционным лаком;

заизолировать место соединения.

Соединение в клещах с двумя угольными электродами

Применяется для соединения между собой жил сечением 2,5—10 мм² (рис. 6.13). Мощность трансформатора не менее 0,5 кВА.

Для соединения нужно:

снять с жил изоляцию на длине 20—25 мм;

зачистить жилы до блеска наждачной бумагой или щеткой из кардоленты;

скрутить жилы (рис. 6.13, а);

покрыть скрученные жилы флюсом на длине 5—6 мм;

расположить жилы вертикально, скруткой вниз и зажать между электродами (рис. 6.13, б).

Угольные электроды необходимо перед сваркой раскалить зажимая их на несколько секунд.

Прижатые к торцам жил электроды нужно удерживать до расплавления жил и образования шарика, после чего отвести.

После остывания очистить место сварки от шлака и остатков флюса, покрыть изоляционным лаком и заизолировать место соединения.

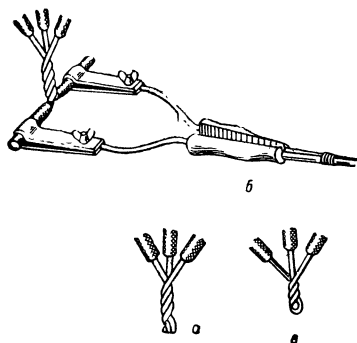


Рис. 6.13. Сварка в клещах с двумя угольными электродами:

а — жилы, подготовленные к соединению; б — положение жил и электродов при сварке; в — готовое соединение

Соединение в клещах с применением обойм

Применяется для соединения между собой однопроволочных жил сечением 2,5—10 мм² (рис. 6.14). Сварка выполняется без флюса. Мощность трансформатора не менее 0,5 кВА.

Для соединения нужно:

снять с жил изоляцию на длине 35 ÷ 40 мм;

зачистить жилы до блеска наждачной бумагой или кардолентой;

уложить подготовленные жилы и обернуть их обоймой, изготовленной из жестяных полосок толщиной 0,3—0,5 мм размером 15×150 мм и зажать обойму плоскогубцами (торцы жил должны выступать из обоймы на 2—3 мм);

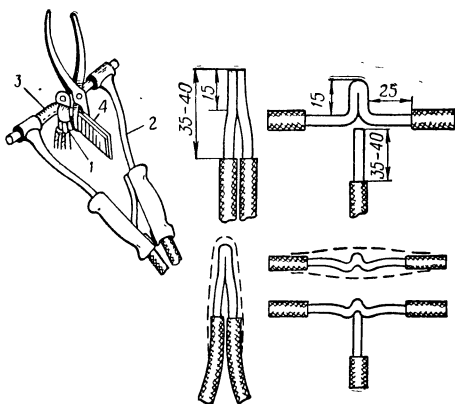
обойму сжимают плоскогубцами, держа их в левой руке;

зажать верхнюю часть обоймы с введенными в нее проводами между углями клещей;

довести до расплавления концы проводов, после чего разжать клещи и осадить углем верхние концы жил, выступающие из обоймы;

Рис. 6.14. Сварка в клещах с применением обойм:

1 — концы жил со снятой изоляцией; 2 — сварочные клещи; 3 — угольный электрод; 4 — обойма



снять обойму после остывания металла и зачистить место соединения щеткой из кардоленты; покрыть лаком и заизолировать место соединения.

Сварка встык

Применяется для соединения жил сечением 16—240 мм².

Сварка встык осуществляется в две операции. При первой операции конец каждой жилы сплавляется в монолитный стержень (рис. 6.15), при второй — стержни соединяются в стык в открытой форме.

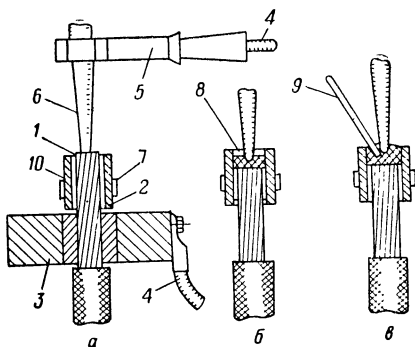


Рис. 6.15. Сплавление конца провода в монолитный стержень:

1 — многопроволочная жила; 2 — разъемная формочка; 3 — охладитель; 4 — провода к трансформатору; 5 — электрододержатель; 6 — угольный электрод; 7 — хомут или бандаж для скрепления формочки; 8 — расплавленный металл; 9 — присадочный пруток; 10 — асбестовая подмотка

Для жил сечением 16—50 мм² применяется один трансформатор мощностью 1 кВА. При больших сечениях применяют трансформатор 2,5 кВА или соединяют параллельно два трансформатора по 1 кВА (трансформаторы нужно сфазировать!).

При подготовке к сварке концы провода зачищают от изоляции на длине 70 мм, и на них надевается формочка, выбираемая по сечению жил (см. рис. 6.12). Под нее подматывается на 1,5—2 мм слой асбеста, препятствующий вытеканию расплавленного металла. Половинки формочки скрепляются хомутиком или проволоочным бандажом.

Чтобы защитить жилу от перегрева, на нее надевается и плотно затягивается винтом охладитель, выполненный в виде зажима со сменными бронзовыми втулками для проводов разных сечений (рис. 6.16). Торец жилы обмазывается тонким слоем флюса,

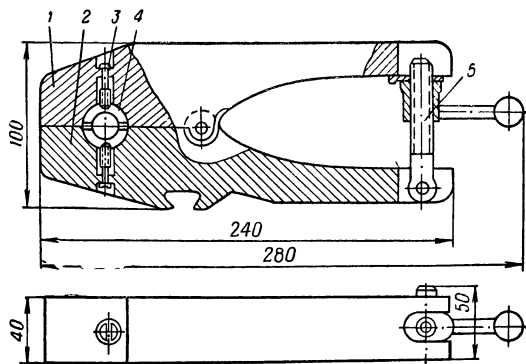


Рис. 6.16. Охладитель:

1; 2 — половинки зажима; 3 — стопор; 4 — бронзовая втулка; 5 — винтовая стяжка

Сварку осуществляют пламенем газовой горелки или с помощью угольного электрода, питающегося от сварочного трансформатора. Для расплавления жилы электрод плотно прижимается к ее концу и задерживается на одном месте до появления очага плавления. После этого он медленно перемещается по торцу жилы, расплавляя все проволоочки. После образования сплошной жидкой ванночки в форму дается присадка алюминия. Для этого пруток, покрытый флюсом, погружается в расплавленный металл под конец электрода (см. рис. 6.15, в). Металл перемешивают концом электрода.

Присадочные прутки изготовляют из алюминиевого провода сечением 2,5—4 мм². Для жил сечением выше 50 мм² прутки свивают из двух проволок. Проволоку тщательно зачищают наждачной бумагой и обезжиривают ткань, смоченной в бензине. Непосредственно перед сваркой прутки покрывают тонким слоем флюса.

Диаметр угольных электродов 8÷15 мм. Ток при сварке — 150—300 А. Продолжительность сварки 0,5—2 сек.

После остывания жилы охладитель и формочку снимают, поверхность жилы очищают от шлака проволочной щеткой и приступают ко второй операции — сварке встык сплавленных концов жил (рис. 6.17).

Соединяемые концы покрывают тонким слоем флюса и кладут их горизонтально в открытую желобчатую стальную форму (рис. 6.18), предварительно обмотав концы жил асбестом, чтобы не протекал металл и не расплавились боковые поверхности жил. Асбест должен покрывать поверхность жилы в пределах формы, оставляя свободной половину сваренного в монолит стержня. Между концами стержней оставляется зазор, равный половине диаметра стержня. На оголенные от изоляции участки жил надеваются охладители, подключенные к одному концу обмотки сварочного

трансформатора. Затем угольным электродом поочередно прикасаются к концам монолитных стержней, и они расплавляются. При этом электрод должен плотно прижиматься к поверхности алюминия и задерживаться на конце каждой жилы на 5—10 секунд. Часто отрывать электрод от концов жил не следует, чтобы не образовывалась дуга. Когда на дне формочки получится жидкая ванночка алюминия, сплавляют присадочный пруток, погружив его конец в расплавленный алюминий под электрод (см. рис. 6.17, б). Одновременно продолжается дальнейшее расплавление монолитных стержней путем кратковременного прикосновения к ним электродом. После проплавки концов стержней на всю глубину плавку тщательно перемешивают концом электрода и дополнительно расплавляют в ней немного присадочного стержня для образования утолщенного напыля. В случае образования усадочной раковины это место вновь расплавляют концом электрода и заправляют алюминием из присадочного прутка.

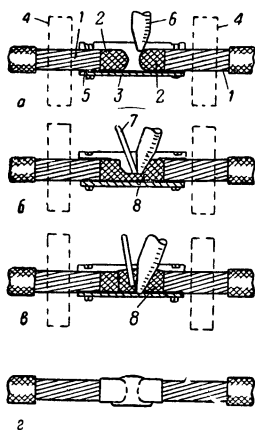
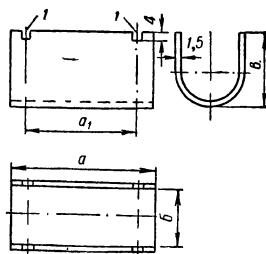


Рис. 6.17. Соединения жил встык:

1 — жилы; 2 — концы жил, предварительно оплавленные в монолитный стержень; 3 — открытая стальная формочка; 4 — охладители; 5 — асбестовая подмотка; 6 — угольный электрод; 7 — присадочная проволока; 8 — расплавленный металл



Сечение жил, мм ²	Размеры, мм			
	а	а ₁	б	в
16—25	32	29	8	10
35—50	40	33	10,5	14
70—95	40	33	14,5	17
120—150	50	45	18,5	21

Рис. 6.18. Желобчатая стальная форма:

1 — прорезь для наложения проволоочного бандажа; 2 — материал — листовая сталь.

После сварки места соединений очищают от остатков флюса и шлаков, неровности зашлифовывают напильником и промывают бензином. Промывка водой запрещается во избежание коррозии.

Соединение и ответвление жил в общий стержень

Концы жил зачищаются от изоляции на длине 70—75 мм и с помощью пассатижей объединяются в общий пучок, который покрывается тонким слоем флюса и заводится в цилиндрическую фор-

мочку, как это указывалось для одного провода (см. рис. 6.14, б), формочку выбирают для суммарного сечения жил. После сплавления концы жил представляют собой монолитные стержни (рис. 6.19). Сварка производится с торца в вертикальном положении.

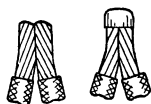


Рис. 6.19. Сплавление двух и более жил в монолитный стержень

После охлаждения образовавшийся монолитный стержень очищают от флюса и шлака проволоочной щеткой, опиливают, промывают бензином, покрывают асфальтовым лаком и изолируют так же, как при соединении встык.

Наварка наконечников

Типы литых наконечников для оконцевания алюминиевых жил сваркой приведены в табл. 6.22.

Подготовительные операции производятся так же, как при сплавлении жилы в монолитный стержень.

Для оконцевания жил кабелей бумажная изоляция в месте обреза закрепляется биндажом, а с жилы удаляют пропиточный состав протиркой тканью, смоченной в бензине. Внутренняя поверхность наконечника очищается от окиси проволочным ершом или наждачной бумагой и надевается на жилу так, чтобы конец ее выступал на 2—3 мм. Под наконечник подматывается асбест и устанавливается охладитель. Жила располагается вертикально, и конец ее расплавляется с торца угольным электродом. Для заполнения усадки металла дается присадка из прутка до заполнения гильзы. После этого прикосновением электрода расплавляется выступающая часть наконечника (венчик) (рис. 6.20) и добавляется присадка прутком для образования сферического наплыва. Режим сварки см. табл. 6.23.

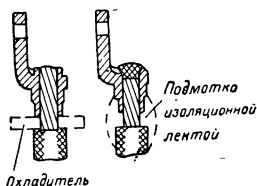
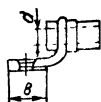


Рис. 6.20. Наварка кабельного наконечника

После остывания наконечника охладитель снимается, наконечник тщательно очищается от шлака и протирается тканью, смоченной бензином. Затем поверхность жилы покрывается влагостойким лаком (глифталевым, асфальтовым, полихлорвиниловым и т. д.) и изолируется лентой, которую покрывают тем же лаком. Лента должна закрывать всю жилу и на $3/4$ длину гильзы кабельного наконечника. Весь наконечник, кроме его контактной части, также покрывается лаком.

**Таблица 6.22. Наконечники кабельные
алюминиевые, литые (ГОСТ 7387—77)**



В обозначении типоразмеров наконечников буквы означают: Л — литой, А — сплав алюминиевый; числа до букв указывают сечение жилы кабеля в квадратных миллиметрах; числа после букв — диаметр или ширину зажимной части наконечника; числа после тире — диаметр отверстия под крепежный болт. Последняя цифра — число отверстий в зажимной части.

Типоразмеры наконечников	Сечение жил, мм ²	d, мм	s, мм
16 ЛА 10-5,5-1	16	5,5	10
16 ЛА 15-6,6-1		6,6	15
16 ЛА 20-9-1		9,0	20
25—35 ЛА 12-5,5-1	25—35	5,5	12
23—35 ЛА 15-6,6-1		6,6	15
25—35 ЛА 20-9-1		9,0	20
25—35 ЛА 25-11-1		11,0	25
25—35 ЛА 35-13-1		13,0	35
50—70 ЛА 15-6,6-1	50—70	6,6	15
50—70 ЛА 20-9-1		9,0	20
50—70 ЛА 25-11-1		11,0	25
50—70 ЛА 35-13-1		13,0	35
95—120 ЛА 20-9-1	95—120	9,0	20
95—120 ЛА 25-11-1		11,0	25
95—120 ЛА 35-13-1		13,0	35
95—120 ЛА 50-17-1		17,0	50
150—185 ЛА 20-9-1	150—185	9,0	20
150—185 ЛА 25-11-1		11,0	25
150—185 ЛА 35-13-1		13,0	35

**Таблица 6.23. Режим сварки для оконцевания
стандартными кабельными наконечниками
алюминиевых жил проводов и кабелей**

Сечение жилы, мм ²	Длина участ- ка жи- лы, очи- щенной от изо- ляции, мм	Размеры угольного электрода, мм	Диа- метр приса- дочно- го прут- ка, мм	Кол-во свароч- ных транс- форма- торов по 1000 ВА	Напря- жение, В	Свароч- ный ток, А	Продол- жи- тель- ность свар- ки, с.
16—25	50	12×12	3	1	9	150	40
35—50	55	12×12	4	1	12	200	60
70—95	55	16×16	5	2	12	400	60
120—150	70	20×20	6	2	12	450	90
185—240	75	20×20	6	2	12	470	120

Меры безопасности

При выполнении соединений и ответвлений жил электросваркой контактным разогревом необходимо:

выполнять правила безопасности, относящиеся к работе с электрифицированным инструментом;

работать в защитных очках и брезентовых рукавицах;

придерживать плоскогубцами обоймы и формы во время сварки;

как можно реже отрывать электрод от металла, чтобы не возникала дуга, разбрызгивающая металл и вредно влияющая на зрение;

снимать с проводов обоймы и формы только после их охлаждения;

не производить сварку вблизи сгораемых материалов и конструкций.

СОЕДИНЕНИЕ, ОТВЕТВЛЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ ОПРЕССОВКОЙ

Для оконцевания и соединения медных и алюминиевых проводов и кабелей опрессовывают жилы в трубчатой части наконечника или в соединительной гильзе с помощью ручных клещей, механических и гидравлических прессов.

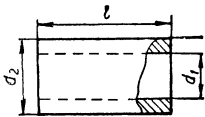
В зависимости от сечения и материала жил опрессовка производится одним, двумя или четырьмя вдавливаниями.

Для разрушения оксидной пленки на алюминиевых жилах применяется кварцевазелиновая паста.

Соединение и ответвление однопроволочных алюминиевых жил сечением 2,5—10 мм² с применением гильз ГАО

Размеры гильз показаны в табл. 6.24.

Таблица 6.24. Соединительные гильзы ГАО

Тип гильз ¹	Размеры, мм			Эскиз
	d_1	d_2	l	
ГАО-4-1 ГАО-4-2	4	7	11 22	
ГАО-5-1 ГАО-5-2	5	9	14 28	
ГАО-6-1 ГАО-6-2	6	10	18 36	
ГАО-8-1 ГАО-8-2	8	14	18 36	

¹ Расшифровка обозначения ГАО-5-2: гильза алюминиевая для опрессовки; 5 — внутренний диаметр, мм; 2 — двойная длина для двустороннего заполнения гильзы (1 — короткая, для одностороннего заполнения).

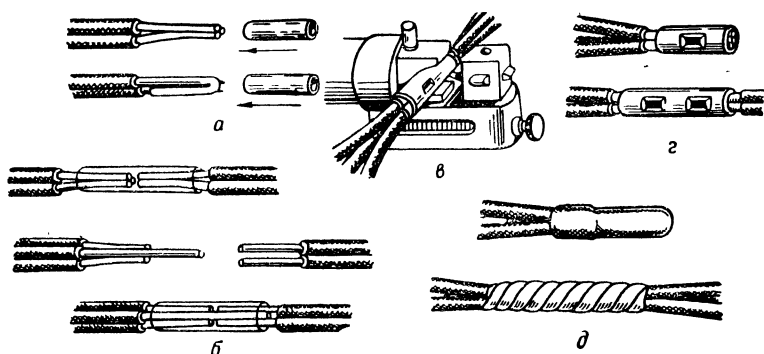


Рис. 6.21. Опрессовка алюминиевых проводов в гильзах ГАО:

а — подготовка проводов для односторонней опрессовки; *б* — подготовка проводов для двухсторонней опрессовки; *в* — опрессовка соединений в гильзе; *г* — опрессованные соединения в гильзе; *д* — готовые заизолированные соединения

Для соединения или ответвления выбирают гильзу в соответствии с сечением и количеством жил по табл. 6.25. Если суммарное сечение жил меньше номинального, в гильзы вводят дополнительный отрезок провода (рис. 6.21, а и б).

По табл. 6.25 выбирают механизм и инструмент для опрессовки, затем зачищают до металлического блеска концы жил и внутреннюю поверхность гильзы и немедленно смазывают их кварцевазелиновой пастой, после чего вставляют жилы в гильзу и производят опрессовку (см. рис. 6.21). Место опрессовки изолируют полиэтиленовыми колпачками К-1 и К-2 или изоляционной лентой.

Соединение и оконцевание жил сечением 16—240 мм²

Соединение алюминиевых многопроволочных жил сечением 16—240 мм² и однопроволочных жил сечением 25—120 мм² производят методом опрессовки в алюминиевых гильзах типа ГА, а оконцевание — опрессовкой алюминиевых или медноалюминиевых наконечников типов ТА и ТАМ.

Гильзы опрессовывают четырьмя местными вдавливаниями, наконечники — двумя вдавливаниями с помощью гидропресса или клещей РПМ-7м, ПК-1М, ПК-3 и двузубых пуансонов и матриц. Выбор наконечников, гильз и инструмента приведен в табл. 6.26.

Порядок работы:

зачистить внутреннюю поверхность наконечников или гильз до металлического блеска, протереть их тканью, смоченной в бензине, и немедленно смазать кварцевазелиновой пастой;

снять изоляцию с жил на длину, равной длине кабельного наконечника или половине длины гильзы. Зачистить концы жил до металлического блеска и немедленно смазать кварцевазелиновой пастой (секторные жилы предварительно округляют плоскогубцами, а одножильные — специальным инструментом в прессе);

надеть наконечники или гильзы на жилы до упора в изоляцию и опрессовать их в механизме до упора шайбы пуансона в то-

рец матрицы, чем обеспечивается нужная остаточная толщина в месте вдавливания, указанная в табл. 6.26;
изолировать готовое соединение.

Примечание. При опрессовке запрещается применять наконечники и гильзы, не соответствующие типу и сечению жил, а также выкусывать отдельные проволоки из жилы для облегчения ввода в наконечник или гильзу. Не допускается опрессовка без кварцевазелиновой пасты. После опрессовки необходимо измерить остаточную толщину места вдавливания.

Таблица 6.25. Выбор гильз ГАО, матриц, пуансонов и механизмов для опрессовки алюминиевых жил сечением 2,5—10 мм²

Сум- марное сече- ние жил, мм ²	Тип гильзы	Марка инструмента в зависимости от применяемого механизма						Оста- точная тол- щина места опрес- сова- ния, мм
		ГКМ; РПМ-7м		ПК-1М		ПК-2М; ПК-3		
		матрица	пуансон	матрица	пуансон	матри- ца	пуан- сон	
7,5	ГАО-4-1	A4	A4	—	—	A4	A4	3,5
15	ГАО-4-2							
13	ГАО-5-1	A5	A5	1A5,4; 6	A5	A5	A5	4,5
26	ГАО-5-2							
20,5	ГАО-6-1	1A5,4; 6	1A5,4; A6	1A5,4; 6	1A5,4; 6; 7	—	—	4,5
41	ГАО-6-2							
32,5	ГАО-8-1	—	—	1A8	1A5,4; 6; 7; 8	—	—	6,3
65	ГАО-8-2							

Таблица 6.26. Выбор наконечников, гильз и инструмента для оконцевания и соединения изолированных проводов

Сечение, мм ² и тип жилы	Тип наконечников		Размеры, мм		Тип гильзы	Размеры, мм	Марка инструмента		Остаточная толщина при опрессовке, мм
	алюминиевых	медно-алюминиевых	d ₁	D		d ₁	пуансон	матрица	
16Н	ТА-5,4	ТАМ-5,4	5,4	8,5	ГА-5,4	5,4	A5,4; 7; 8	1A5,4	4,5
25Н; 25СО	ТА-7	ТАМ-7	7	8,5	ГА-7	7		A7	6
35Н; 35СО	ТА-8	ТАМ-8	8	10,5	ГА-8	8		A8	7
50Н; 50СО	ТА-9	ТАМ-9	9	10,5	ГА-9	9	A9	A9	8
70Н; 95СО	ТА-11	ТАМ-11	11	12,5	ГА-11	11	A11; 12	A11	9
70С	ТА-12	ТАМ-12	12	12,5	ГА-12	12		A12	
95Н; 120СО	ТА-13	ТАМ-13	13	12,5	ГА-13	13	A13	A13	10
95С; 120Н	ТА-14	ТАМ-14	14	12,5	ГА-14	14	A14	A14	11
120С; 150Н	ТА-16	ТАМ-16	16	17	ГА-16	16	A16	A16	12

Обозначения: Н — круглая, многопроволочная (нормальная) жила; С — секторная многопроволочная; СО — секторная однопроволочная.

Оконцевание медных жил сечением до 2,5 мм²

Для монтажа в аппаратах, устанавливаемых на воздухе, многожильные медные провода сечением 1 и 1,5 мм² оконцовываются кольцевыми медными наконечниками (пистонами) К1, а сечением 2,5 мм² — наконечниками К2. Для монтажа в закрытых и сухих помещениях применяют соответственно латунные наконечники П1 и П2. Наконечники К1 и П1 выпускаются с размерами отверстий, соответствующими контактными болтам диаметром 3,4 или 5 мм, а наконечники К2 и П2 — болтами диаметром 3, 4, 5 или 6 мм.

Наконечники закрепляются на предварительно зачищенных и плотно скрученных жилах обжатием в пресс-клещах типа ПК-3 с помощью специальных пуансонов и матриц.

Соединение и ответвление медных жил сечением 2,5 мм²

Операция выполняется в следующем порядке:

снимают изоляцию с жил на длине 20—22 мм и зачищают поверхность жил;

укладывают жилы внахлестку или параллельно. Взаимная скрутка не требуется (рис. 6.22, а);

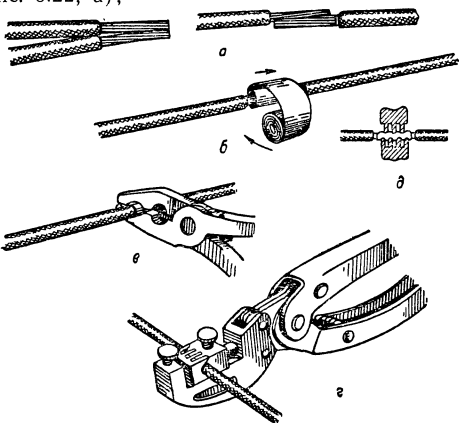


Рис. 6.22. Соединение и ответвление медных жил сечением 2,5 мм² обжатием гребенчатым пуансоном и матрицей

а — расположение жил при соединении; б — обертывание места соединения медной или латунной лентой; в — затяжка ленты плоскогубцами; г — опрессовка в клещах ПК-3; д — готовое соединение

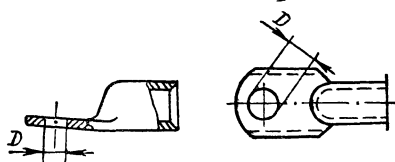
оборачивают в 2 слоя место соединения медной или латунной фольгой толщиной 0,2 мм, шириной 18—20 мм, уплотняя повив плоскогубцами (рис. 6.22, б, в);

обжимают место соединения клещами ПК-3 с гребенчатыми пуансоном и матрицей (рис. 6.22, г, д).

Оконцевание медных жил трубчатыми кабельными наконечниками типа Т, закрепляемыми опрессовкой

Многопроволочные жилы типа Н (нормальные), Г (гибкие), ОГ (особо гибкие) оконцовывают трубчатыми медными наконечниками типа Т с помощью клещей ПК-2М аналогично оконцеванию алюминиевых жил, но покрытия кварцевазелиновой пастой не требуется. Инструмент для опрессовки и наконечники приведены в табл. 6.27.

Таблица 6.27. Выбор наконечников и инструмента для оконцевания медных проводов методом опрессовки



Сечение, мм ² и тип жил	Тип наконечника	Диаметр контактных винтов D , мм	Марка инструмента		Остаточная толщина в месте опрессовки, мм
			пуансон	матрица	
4Н; 4Г; 40Г; 6Н	T-3	4; 5; 6	M3; 4	M3	2,5
6Г; 60Г; 10Н	T-4	4; 5; 6	M3; 4	M4	3
10Г; 100Г	T-5	5; 6; 8	M5	M5	3,5
16Н; 16Г; 160Г	T-6	6; 8	M6; 7	M6; 7	4,5
25Н	T-7	6; 8	M8; 9	M8	6,1
25Г; 250Г; 35Н	T-8	6; 8; 10	M10	M8	6,1

ПАЙКА АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ

Для пайки алюминиевых проводов необходимо применять мягкие припои, состав которых приведен в табл. 6.28.

Таблица 6.28. Состав и температура плавления припоев

Название или обозначение припоя	Температура плавления, °С	Состав припоев, %			
		цинк	олово	медь	алюминий
Припой А	400—425	58—58,5	40	1,5—2	—
ЦО-12 Мосэнерго	500—550	73	12	—	15

Для пайки применяется пропан-бутановая горелка или бензиновая паяльная лампа. Пайка однопроволочных жил сечением 2,5—10 мм² может быть выполнена также паяльником припоем А. Припой А устойчив против коррозии, удобен при пайке и при обслуживании жил, ввиду чего его следует применять для соединения жил, кабелей, изолированных проводов и при оконцевании наконечниками жил проводов и кабелей.

Припой Мосэнерго, из-за большого содержания цинка (73%), не обладает достаточной коррозионной стойкостью, особенно в помещениях с большой влажностью.

Соединение и ответвление проводов с однопроволочными жилами сечением $2,5-10 \text{ мм}^2$ пайкой

Для пайки соединений и ответвлений однопроволочных жил с применением припоя А необходимо:

с концов соединяемых проводов снять изоляцию, после чего оголенные жилы зачистить до металлического блеска и соединить внахлестку двойной скруткой с образованием желобка в месте касания жил. Длина желобка для соединения и ответвления при различных сечениях жил указана на рис. 6.23;

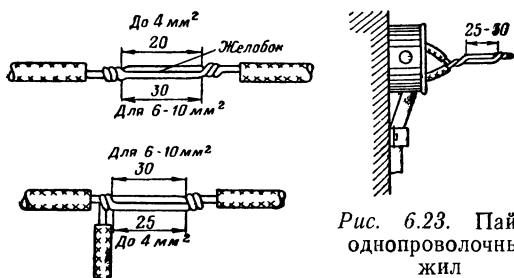


Рис. 6.23. Пайка однопроволочных жил

соединенные скруткой провода нагреть пламенем пропан-бутановой горелки или бензиновой паяльной лампы до температуры, близкой к температуре плавления припоя. После этого желобок протереть (с нажимом) с одной стороны соединения палочкой припоя, введенной предварительно в пламя лампы. В результате трения оксидная пленка сдвигается, желобок начинает облуживаться и заполняться припоем по мере прогрева места соединения. Флюса при этом не требуется. Затем облуживают желобок с другой стороны соединения. Одновременно протереть и облудить припоем внешние поверхности и места скрутки жил соединяемого участка; места пайки соединяемых проводов подчистить, протереть тканью, смоченной бензином, покрыть влагонепроницаемым (асфальтовым) лаком и изоляционной лентой.

Соединение и оконцевание проводов и кабелей с многопроволочными жилами сечением $16-150 \text{ мм}^2$ непосредственным сплавом припоя

Соединение и оконцевание жил проводов и кабелей сечением $16-150 \text{ мм}^2$ пайкой выполняются с применением припоя А.

Все указанные операции должны быть выполнены с предварительным облуживанием концов проводов, подготовленных ступенями по повивам.

Подготовка концов жил

С концов соединяемых жил проводов или кабелей удалить изоляцию на длине, указанной в табл. 6.29 и на рис. 6.24;

с помощью бокорезов вырезать часть повивов проволоки ступенями, как указано на рис. 6.24;

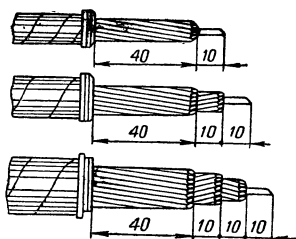


Рис. 6.24. Ступенчатая разделка жил при пайке

Таблица 6.29. Размеры ступенчатой разделки жил при пайке

Сечение жил, мм	Количество ступеней	Длина участка жилы, очищенного от изоляции, мм
16—35	1	50
50—95	2	60
120—150	3	70

оголенные жилы изолированных проводов зачистить металлической щеткой до блеска. Секторным жилам придать круглую форму с помощью плоскогубцев:

края изоляции жилы обмотать несколькими витками асбестового шнура, затем жилы прогреть на пламени горелки или лампы до температуры, близкой к температуре плавления припоя. Далее палочкой припоя А, вводимой в пламя, натереть (с нажимом) всю ступенчатую поверхность повивов проволок и их торцы (припой, расплавляясь, облуживает ступенчатый конец жилы).

Более полного удаления оксидной пленки и повышения качества облужки концов жил можно достигнуть применением металлической кисточки. После протирки и разглаживания кисточкой поверхности облуженного конца жилы нагрев прекращают.

Соединение или ответвление жил

Для соединения или ответвления облуженных жил следует:

концы жил ввести в форму из кровельной стали в виде гильзы с литниковым отверстием. Эскиз и размеры форм для различных сечений соединяемых жил приведены в табл. 6.30. Жилы в форме установить встык, как показано на рис. 6.25;

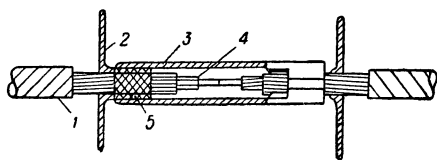
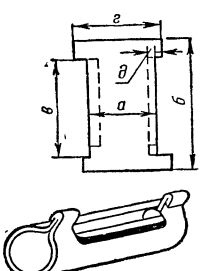


Рис. 6.25. Пайка многожильных проводов:

1 — изоляция; 2 — защитный экран; 3 — форма; 4 — ступенчатая разделка жил; 5 — асбестовая подмотка

у концов формы на жилы намотать асбестовый шнур (или кольцо из асбестовой ленты) для уплотнения, препятствующего вытеканию припоя из формы. Затем форму закрепить на жилах специальными замками или проволокой. На жилы надеть защитные экраны (для предохранения изоляции соединяемых жил от действия пламени) и охладители;

Таблица 6.30. Размеры форм для соединения жил пайкой

Сече- ния жил, мм ²	а	б	в	г	д	
10	30	60	40	45	3	
16	33	60	40	48	3	
25	39	60	40	54	3	
35	41	60	40	56	3	
50	47	80	60	62	5	
70	52	80	60	67	5	
95	58	80	60	73	5	
120	71	100	80	86	5	
150	78	100	80	93	5	

подготовленную таким способом форму с введенными в нее жилами нагреть пламенем горелки или паяльной лампы, начиная со средней части, до температуры, близкой температуре плавления припоя. Одновременно в пламя ввести пруток припоя, который, расплавляясь, заполнит через литниковое отверстие форму до верха. Расплавленный припой перемешивают специальным крючком с деревянной ручкой и удаляют шлак. После этого нужно прекратить нагревание формы и легким постукиванием по ней произвести усадку припоя;

когда соединение остынет, снять экраны и форму, опилить шероховатости на месте пайки и протереть тканью, смоченной бензином. Если соединяют провода, нужно для защиты от коррозии покрыть место пайки быстросохнущим лаком с последующей обмоткой этого места изоляционной лентой, которую также покрыть лаком.

Ответвление жил выполняют аналогично соединению, но вместо цилиндрической формы применяют Т-образную.

6.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

После окончания монтажа при приемке проводки в эксплуатацию необходимо провести внешний осмотр всей сети с точки зрения соответствия проекту, соблюдения расстояний, качества соединений и т. д. и провести приемочные испытания.

При осмотре проверяют надежность крепления труб к строительным основаниям, наличие на концах труб втулок или оконцевателей, наличие и качество зануления, надежность соединения и оконцевания проводов и сопротивление изоляции цепей.

Сопротивление изоляции силовых и осветительных электропроводов проверяется мегомметром на 1000 В. Сопротивление изоляции между проводами и на землю должно быть не менее 0,5 МОм. При измерении сопротивления изоляции электроприемники, аппараты и приборы необходимо отключить, а лампы вывернуть.

В процессе эксплуатации производственных электропроводок должна осуществляться система планово-предупредительного ремонта, предусматривающая осмотры, текущий ремонт, средний ре-

монт и капитальный ремонт. Периодичность ремонтов устанавливает лицо, ответственное за эксплуатацию электрооборудования с учетом условий окружающей среды.

Дежурный персонал обязан систематически осматривать проводки, обращая внимание на состояние наружной изоляции проводов, наличие влаги и загрязненности, надежность и целостность зачистки труб и оборудования.

В сырых, пыльных, пожароопасных и взрывоопасных установках и зонах частота осмотров должна устанавливаться инструкцией, утвержденной лицом, ответственным за эксплуатацию электроустановок. Для цехов и помещений с нормальными условиями среды рекомендуется периодичность текущих ремонтов 1 раз в год, средних — 1 раз в 3 года и капитальных — 1 раз в 10—15 лет. В помещениях особоопасных текущие ремонты проводят 1 раз в 6 месяцев.

ТИПОВОЙ ОБЪЕМ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ДЛЯ ВНУТРИЦЕХОВЫХ СИЛОВЫХ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Текущий ремонт

Проверка состояния механической защиты проводов, особенно в местах выхода из труб, вводов в аппараты и щитки, проходов сквозь стены и перекрытия.

Проверка состояния конструкций, по которым проложена проводка.

Проверка натяжения проводов, устранение чрезмерного провисания, касания стен и конструкций.

Осмотр состояния изоляции.

Протирка загрязненных изоляторов и смена разбитых роликов.

Восстановление нарушенной или утраченной маркировки.

Осмотр щитков.

Ремонт или замена поврежденных штепсельных розеток, выключателей, предохранителей.

Проверка целостности и плотности контактов зануления стальных труб электропроводки.

Проверка наличия местных перегревов проводов.

Испытание изоляции мегомметром на напряжение 1000 В в сроки, установленные местной инструкцией. Сопротивление изоляции между проводами и между каждым проводом и землей не должно быть меньше 0,5 МОм.

Текущий ремонт осуществляется эксплуатационным персоналом в процессе работы оборудования и с использованием перерывов, нерабочих дней и смен для работ, связанных с необходимостью отключения проводки.

Средний ремонт

В объем среднего ремонта входят все операции малого ремонта и кроме того:

перетяжка или упорядочение раскладки отдельных участков проводки;

смена или ремонт износившихся участков проводки с ветхой или поврежденной изоляцией;
выборочная проверка соединительных и ответвительных коробок;
перепайка отдельных наконечников;
измерение нагрузок на наиболее загруженных участках и величины напряжения в наиболее удаленных точках;
измерение сопротивления изоляции мегомметром на 1000 В;
испытание изоляции напряжением переменного тока 1000 В промышленной частоты в течение 1 минуты.
При отсутствии испытательной установки допускается испытание мегомметром на напряжение 2500 В.

Капитальный ремонт

В объем капитального ремонта входят все операции текущего и среднего ремонтов и кроме того:
смена выше 35% участков сети;
окраска труб и конструкций;
ремонт или замена щитков и групповых распределительных пунктов;
испытание и измерение изоляции проводов и заземляющих устройств.

Глава 7

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Рациональное и экономное расходование электроэнергии имеет важное народнохозяйственное значение. ЦК КПСС и Совет Министров СССР 30 июня 1981 г. приняли Постановление «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов», в котором отмечено общегосударственное значение экономии электроэнергии и ставится задача борьбы с бесхозяйственным, нерациональным расходованием энергетических ресурсов.

На каждом промышленном, сельскохозяйственном предприятии, во всех организациях, потребляющих электроэнергию, наряду с борьбой с очевидным расточительным расходованием электроэнергии — холостой работой электропечей, электродвигателей и других агрегатов, бесцельным горением ламп в светлое время и т. п. — должны разрабатываться планы организационно-технических мероприятий, способствующих экономии энергетических ресурсов. В плане должна указываться реальная эффективность каждого мероприятия. Методика подсчета эффективности приведена ниже.

УЧЕТ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Для возможности контроля расходования электроэнергии, повышения эффективности энергоиспользования и стимулирования работников, непосредственно обеспечивающих экономию электроэнергии, нужно на всех мощных электроприемниках с длительным режимом работы (электрические печи, компрессорные, котельные, холодильные станции, насосные и т. п.) устанавливать электрические счетчики внутрипроизводственного (т. наз. технического или контрольного) учета (см. гл. 2).

Для контрольного учета энергии, потребляемой трехфазными электроприемниками с симметричной нагрузкой фаз (электродвигатели, преобразователи), следует устанавливать однофазные счетчики на 5А с одним трансформатором тока, что упростит установку, обеспечивая достаточную точность учета. Желательно устанавливать счетчик на каждый двигатель компрессора, насоса, преобразователя и т. д. Это позволит в процессе работы выбирать наиболее экономичный и производительный агрегат.

Для электропечей, где возможна неравномерная нагрузка по фазам, следует устанавливать трехфазные четырехпроводные счетчики (например, типа СА4У-И672М), включая их через три трансформатора тока.

Для учета расхода электроэнергии котельными, в которых работа электродвигателей взаимосвязана (дымосос, вентилятор, питательный насос и др. агрегаты), достаточно устанавливать один общий однофазный или трехфазный счетчик на вводе в силовой пункт котельной.

По опыту эксплуатации разных предприятий один только регулярный учет расхода энергии при установке счетчиков обеспечивает экономию электроэнергии 3—5%, так как персонал, эксплуатирующий агрегаты, получает возможность следить за режимом и не допускает холостого хода установки.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

По опыту передовых предприятий оправдали себя следующие основные мероприятия:

1. На всех участках и, в первую очередь, где имеются электроемкие агрегаты, необходимо вывесить плакаты, разъясняющие значимость экономии электроэнергии. Плакаты должны иметь не общий декларативный характер «Экономьте энергию», а конкретный, применительно к данному рабочему месту.

Например, у электропечей: «Включай печь за минут до начала смены. Простой включенной печи без загрузки в течение 2 минут вызывает перерасход электроэнергии, равный месячному потреблению вашей квартиры». В машинном помещении компрессорной или холодильной установки: «Следи за температурой охлаждающей воды. При температуре 20—22°C отключи вентилятор градирни».

2. В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 30 июня 1981 г. должно быть разработано и утверждено вышестоящей организацией положение о премировании

за экономию электроэнергии с учетом поощрения в большей степени лиц, работающих на энергоемких установках. Положение нужно довести непосредственно до рабочих. На всех энергоемких участках необходимо вывесить плакаты, указывающие величину премии за экономию электроэнергии.

3. Установить опытным путем цеховые или технологические нормы расхода энергии по энергоемким агрегатам.

4. После установки счетчиков на агрегатах силами обслуживающих бригад должна вестись запись показаний счетчиков. Сопоставляя удельный расход по бригадам, нужно выплачивать ежеквартально премию за экономию. Одновременно вывешивать плакат: «Бригада ... сэкономила в ... квартале ... киловатт-часов электроэнергии. Выплачена премия ... рублей».

Выплату премии рабочим и мастерам проводить не позже, чем через две недели после окончания отчетного периода.

5. На всех участках — в первую очередь энергоемких, проводить короткие беседы, инструктажи по экономии энергоресурсов с конкретными примерами расточительного и экономного расходования в цехах предприятия.

6. Необходимо проводить регулярные рейды администрации и «Комсомольского прожектора» ночью и в дневное время для выявления расточительного расхода электроэнергии (холостой ход оборудования, бесцельное горение ламп).

7. Вменить в обязанность (приказом по предприятию, цеху) конкретным лицам в каждой смене следить и не допускать расточительного расхода энергии.

8. Для улучшения работы по экономии энергетических ресурсов и обмена опытом целесообразно командировать специалистов на передовые родственные предприятия, достигшие положительных результатов по снижению удельных расходов энергии за счет реальных апробированных мероприятий.

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Технические мероприятия по экономии электроэнергии разрабатываются в зависимости от вида производства и установленного на предприятии оборудования. Госэнергнадзором издан справочник по мероприятиям и методике определения эффективности для разных отраслей промышленности.* Ряд мероприятий по экономии электроэнергии в силовых установках указан в главе 4.

Ниже приведены эффективные и не требующие существенных затрат труда и материалов мероприятия для наиболее часто встречающегося производственного оборудования.

1. Для электронагревательных печей и шкафов обеспечение контроля и автоматического регулирования температуры. Экономия электроэнергии достигает 20—50%.

Расчет эффективности:

$$\Delta W = 0,2 KP_{\text{печ}} \tau_{\text{печ}},$$

* Копытов Ю. В., Чуланов Б. А. Экономия электроэнергии в промышленности. Справочник. М., Энергия, 1978.

где ΔW — экономия энергии, кВтч/год; $P_{\text{печ}}$ — мощность печей, кВт; $\tau_{\text{печ}}$ — число часов работы печей в год; K — коэффициент, учитывающий степень загрузки печей и время их включения. Для практических расчетов $K=0,6-0,7$.

2. Поддержание нормальной теплоизоляции печей и при необходимости — выполнение дополнительной теплоизоляции, обеспечивающей температуру поверхности кожуха не выше 30—35°C.

Расчет эффективности:

$$\Delta W = (\Delta P_1 - \Delta P_2) S \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где ΔP_1 — мощность, расходуемая на теплопотери с поверхности кожуха при фактической температуре кожуха печи, кВт/м²; ΔP_2 — то же, при доведении температуры кожуха до 30°C, 0,2 кВт/м²; S — поверхность кожуха печи, м²; τ — число часов работы печи в год.

Примечание. Мощность, расходуемая на теплопотери, зависит от температуры поверхности кожуха и от вида окраски кожуха. Эта мощность может быть определена по табл. 7.1.

Таблица 7.1

Мощность, расходуемая на теплопотери, кВт/м ²	Температура кожуха, °C							
	30	40	50	60	70	80	90	100
При окраске:								
темной краской	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
светлой или алюминиевой краской	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2

3. Окраска кожуха печей алюминиевой краской. Обеспечивается снижение расхода энергии на 3—5%.

4. Улучшение герметичности печей.

Устранение неплотностей печей в загрузочных проемах, отверстиях для термодар, сокращение работы печи с открытыми проемами снижает потери тепла на излучение.

Потери электрической мощности на излучение через неплотности составляют:

Температура печи, °C	250	600	700	800	900	1000
Потери на излучение с 1 м ² площади отверстия, кВт/м ²	5	17	27	39	57	78

Для снижения теплопотерь через проемы необходимо уплотнять все отверстия. Для печей с постоянно открытыми загрузочными или разгрузочными проемами и отверстиями для удаления паров (например, печи для выпечки хлебо-булочных и кондитерских изделий) необходимо закрывать эти проемы на время разогрева или кратковременной остановки фартучками из несгораемых материалов.

В зависимости от величины изделий и способа загрузки в ряде конструкций печей можно на период работы частично уменьшать величину открытого загрузочного проема, закрывая часть проема

легко снимаемыми или отворачиваемыми теплоизолирующими огнестойкими фартуками.

Расчет эффективности:

$$\Delta W = (S_1 - S_2) \Delta P \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где S_1 — площадь открытого проема до внедрения мероприятия, м^2 ; S_2 — то же, после внедрения мероприятия, м^2 ; ΔP — мощность, затрачиваемая на теплопотери с 1 м^2 при рабочей температуре, кВт/м^2 . Определяется по табл. 7.2; τ — число часов работы печи в год.

5. В ряде случаев при достаточной общей естественной освещенности производственных помещений вынужденно включается целая линия светильников, так как на отдельном участке освещенность недостаточна для выполнения работы.

Переделка всей группы освещения зачастую бывает затруднительной. В этих случаях целесообразно вместо переделки проводки выполнить 1—2 точки местного освещения для затемненного участка, что позволит отключать в светлые часы общее освещение.

Расчет эффективности:

$$\Delta W = \Delta P t, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где ΔP — отключаемая мощность, кВт ; t — число часов горения лампы в светлое время до выполнения местного освещения.

6. Выполнение блокировки на вентиляторах тепловых завес, отключающей двигатель вентилятора при закрытых воротах или загрузочном проеме.

Расчет эффективности:

$$\Delta W = 0,7 P \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где P — мощность двигателя вентилятора, кВт ; τ — снижение времени работы вентилятора, часов в год.

7. Использование естественного холода в периоды низких температур для охлаждения в холодильных камерах.

В небольших установках, не требующих особо точного регулирования температуры, для использования естественного холода можно в стене или потолке камеры выполнить отверстие с заслонкой, позволяющее холодному наружному воздуху попадать в камеру.

В местах, где воздух запылен, в камерах монтируют стальные короба, аналогичные вентиляционным, через которые небольшим вентилятором продувается воздух, забираемый извне. Холодильные компрессоры отключаются полностью или частично.

В крупных холодильных установках, требующих поддержания стабильной температуры, в магистраль охлаждающей жидкости (рассола) врезается батарея радиаторов, обдуваемая с помощью вентилятора холодным наружным воздухом.

Регулирование температуры осуществляется с помощью части холодильных агрегатов.

Расчет эффективности:

$$W = 0,7 \Delta P t, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где ΔP — снижаемая мощность холодильных машин; за вычетом мощности вентилятора; t — число часов в год, в течение которых используется естественный холод.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Основное и наиболее эффективное мероприятие — повышение загрузки и времени использования энергоемких агрегатов. Характерный пример — увеличение загрузки печей и электрошкафов на предприятиях пищевой промышленности.

При полном использовании площади печей на ряде предприятий достигнута экономия электроэнергии до 15—20%. При этом, наряду со снижением удельных расходов, достигается увеличение выпуска продукции и производительности труда.

Разработка технологических мероприятий должна выполняться технологами совместно с энергетиками.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Основные электротехнические сведения	3
1.1. Единицы измерения	3
1.2. Основные законы и формулы	4
1.3. Проводниковые материалы	7
1.4. Электроизоляционные материалы	7
1.5. Номинальные напряжения в электрических установках	9
1.6. Классификация помещений	10
1.7. Классификация электрооборудования по степени защиты от прикосновения, попадания внутрь посторонних тел и попадания воды	12
1.8. Буквенные обозначения общетехнических величин	15
1.9. Условные графические обозначения в электрических схемах согласно ЕСКД	17
1.10. Условные графические обозначения на планах (ГОСТ 2754—72)	26
Глава 2. Электрические измерения	28
2.1. Принцип действия и область применения наиболее распространенных измерительных приборов	28
2.2. Амперметры	31
2.3. Вольтметры	33
2.4. Ваттметры и счетчики	36
2.5. Учет реактивной энергии	42
2.6. Определение порядка чередования фаз	44
2.7. Частотомеры и фазометры	44
2.8. Измерительные трансформаторы	46
2.8.1. Трансформаторы тока	46
2.8.2. Трансформаторы напряжения	48
2.8.3. Эксплуатация измерительных трансформаторов	50
2.9. Основные требования к устройствам для учета энергии и электроизмерений	51
2.10. Переносные измерительные приборы	54
Глава 3. Электрическое освещение	58
3.1. Внутреннее освещение	58
3.2. Нормы и расчет освещенности	64
3.3. Газоразрядные лампы	74
3.4. Аварийное освещение	82

3.5. Местное освещение	83
3.6. Понижительные трансформаторы для местного освещения	84
3.7. Переносные светильники	86
3.8. Освещение небольших клубов и кинотеатров	86
3.9. Рекламное освещение	91
3.10. Наружное освещение	92
3.11. Схемы осветительных установок	95
3.12. Расчет осветительной проводки	100
3.13. Осветительные щиты	100
3.14. Электроустановочные изделия	106
Глава 4. Электросиловые установки	106
4.1. Электродвигатели	106
Выбор мощности двигателя	119
Применение трехфазных двигателей в двухпроводной сети	125
4.2. Пускорегулирующие и защитные аппараты	126
4.2.1. Магнитные пускатели	129
4.2.2. Тепловые реле	133
4.2.3. Рубильники. Блоки предохранитель-выключатель	136
Пакетные выключатели и переключатели	139
4.2.4. Предохранители	141
4.2.5. Автоматические выключатели	144
4.2.6. Путевые (конечные) выключатели	148
4.3. Эксплуатация и ремонт электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры	149
4.4. Электросварочные установки	170
4.5. Электронагревательные установки	178
4.6. Переносной (ручной) электрифицированный инструмент	192
4.7. Распределительные щиты, шкафы, ящики	196
Нагрузки на шины	209
4.8. Внутрицеховые силовые сети	211
Глава 5. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) и способы его повышения	211
5.1. Понятие о коэффициенте мощности	211
5.2. Методы повышения $\cos \varphi$	213
5.3. Формулы и таблицы для определения мощности конденсаторов	219
5.4. Конденсаторные установки для повышения коэффициента мощности	222
5.5. Основные требования к установке конденсаторов	230
5.6. Место установки и схемы включения конденсаторов	232
5.7. Эксплуатация конденсаторных установок	233
5.8. Скидки и надбавки к тарифу за компенсацию реактивной мощности	235
Глава 6. Проводки	237
6.1. Внутренние проводки	253
6.2. Наружные проводки и вводы	253
6.3. Допустимые токовые нагрузки на провода и кабели	257
6.4. Конструктивное выполнение проводок	261
6.5. Соединение и оконцевание проводов	275
6.6. Эксплуатация электропроводок	294
Глава 7. Мероприятия по экономии электроэнергии	296

Горенштейн М. Д.

Г68 Справочник электромонтера т. 1 — 2-е изд., перераб. и доп.— Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1983 — 304 с.

В справочнике даны конкретные сведения, необходимые для эксплуатации электроустановок, требования к монтажу электроосвещения, силовых установок и внутренних проводок, освещены вопросы экономии электроэнергии и повышения коэффициента мощности.

Г 30306—025
М43(03)—83 10—83.2302000000

6П2.14

Меер Давидович Горенштейн

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Том 1

□ □ □

Редактор *Н. Э. Воробьева*

Оформление художника *В. В. Подкопаева*

Художественный редактор *А. Н. Тобух*

Технический редактор *В. А. Лобкова*

Корректор *Л. В. Федан*

ИБ № 807

Сдано в набор 09.06.81. Подписано в печать 21.01.83. МН15504. Формат 84×108/32. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,96. Усл. кр.-отг. 16,17. Уч.-изд. л. 18,61. Тираж 40000. Заказ № 56. Цена 1 р. 10 к. Западно-Сибирское книжное издательство, 630099, Новосибирск, Красный проспект, 32. Полиграфкомбинат, 630007, Новосибирск, Красный проспект, 22.

