

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
Мичуринский филиал

**Гончаров Н. И.**

# **Электрооборудование**

Учебное пособие

Брянск, 2018

УДК 621.31 (07)  
ББК 31.26  
Г 65

Гончаров, Н. И. **Электрооборудование**: учебное пособие / Н. И. Гончаров.  
- Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 146 с.

Учебное пособие « Электрооборудование» разработано как дополнительное пособие по дисциплине «Электротехника и электронная техника». Лекции направлены на формирование и закрепление знаний обучающихся при организации аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы.

Рецензент:

преподаватель Мичуринского филиала Брянского ГАУ Демьянов А.В.

*Печатается по решению методического совета Мичуринского филиала,  
протокол № 3 от 10.01.2018 г.*

© Мичуринский филиал ФГБОУ  
ВО «Брянский ГАУ», 2018  
© Гончаров Н.И., 2018

## Оглавление

<b>Глава 1. Электрический привод</b>	
1.1 Общие сведения	4
1.2 Уравнение движения	5
1.3 Основные характеристики электродвигателей	7
1.4 Регулирование частоты вращения электродвигателей	12
1.5 Уменьшение пускового тока.	16
1.6 Увеличение пускового вращающего момента	19
1.7 Однофазные двигатели	20
1.8 Нагрев и режимы работы электродвигателей	25
1.9 Выбор двигателей	27
<b>Глава 2. Пускорегулирующие и защитные электрические аппараты</b>	
2.1 Общие сведения	32
2.2 Электрический контакт и переходное сопротивление	33
2.3 Аппараты непосредственного ручного управления	37
2.4 Плавкие предохранители	41
2.5 Электромагниты. Клапаны электромагнитные	47
2.6 Автоматические выключатели	51
2.7 Аппараты дистанционного управления	56
<b>Глава 3. Электрические схемы</b>	
3.1 Общие сведения	62
3.2 Принципиальные электрические схемы	64
3.3 Схемы регулирования нагрева	72
<b>Глава 4. Электрическое освещение</b>	
4.1 Общие сведения	78
4.2 Электрические источники света	79
4.3 Светильники	85
4.4 Проектирование и расчет освещения	87
<b>Глава 5. Электроснабжение предприятий торговли и общественного питания</b>	
5.1 Общие сведения	91
5.2 Схемы электрических сетей предприятий	95
5.3 Установочные провода, кабели и способы их прокладки	96
5.4 Расчет проводов	98
<b>Глава 6. Электромонтажные работы</b>	
6.1 Монтаж и эксплуатация электропроводки	102
<b>Глава 7. Электрическая безопасность</b>	
7.1 Общие сведения	123
7.2 Действие электрического тока на организм человека	132
7.3 Квалификационные группы по электробезопасности персонала.	133
7.4 Требования к персоналу для получения квалификационной группы 1 по электробезопасности.	135
<b>Глава 8. Эксплуатация электрооборудования</b>	<b>140</b>
<b>Вопросы для самоконтроля</b>	<b>143</b>

## Глава 1. Электрический привод

### 1.1 Общие сведения.

Преобразование электрической энергии в механическую при электрификации и автоматизации рабочих процессов происходит в электромеханическом устройстве, **называемом электроприводом.**

Электропривод состоит из преобразовательного, электродвигательного, передаточного и управляющего устройств. Отдельные устройства (преобразовательное и передаточное) в некоторых случаях могут отсутствовать в электроприводе.

В **преобразовательном** устройстве происходит изменение или напряжения, или частоты тока. Например, переменный ток преобразуется в постоянный или переменный ток частотой 50 Гц преобразуется в переменный ток частотой 200 Гц.

**Передаточное** устройство служит для изменения угловой скорости. При непосредственной передаче движения от двигателя к машине (насос, вентилятор) скорость не изменяется и передаточное устройство не применяется.

**Типы приводов.** Электропривод может быть: групповым, одиночным и многодвигательным.

Электропривод, в котором исполнительные органы нескольких энергетических машинных устройств приводятся в движение одним электродвигателем, называется **групповым.**

Электропривод, в котором исполнительные органы одного энергетического машинного устройства приводятся в движение одним электродвигателем, называется **одиночным.**

Электропривод, в котором каждый исполнительный орган энергетического машинного устройства приводится в движение одним или несколькими электродвигателями, называется **многодвигательным.**

В настоящее время наибольшее распространение имеют одиночные и многодвигательные электроприводы. Например, в хлеборезке исполнительные органы подачи и резки хлеба приводятся в движение одним двигателем, а в посудомоечной машине насосы и конвейер — разными двигателями. В хлеборезке применяется одиночный электропривод, а в конвейерной посудомоечной машине ММУ-2000 — многодвигательный.

Групповой электропривод на предприятиях торговли и общественного питания не применяется. На этих предприятиях, нашел применение универсальный редукторный электропривод. **Редукторным** он называется потому, что электродвигатель передает движение исполнительному органу энергетического машинного устройства посредством понижающей механической передачи.

**Универсальным** — потому, что он может поочередно приводить в движение исполнительные органы нескольких разных энергетических машинных устройств. Универсальный редукторный электропривод может приводить в движение шнек и ножи мясорубки, вал с лопатками фаршемешалки, диск картофелечистки и исполнительные органы других машинных устройств.

**Токи утечки.** Стандарты для электрооборудования с нагревательными элементами регламентируют не сопротивление изоляции, а ток утечки в мА. Ток утечки электротеплового оборудования предприятий общественного питания класса I должен быть не более 1,0 В,0) мА на 1 кВт его номинальной мощности. В скобках указана величина, допускаемая для холодного состояния.

Измеряется ток утечки оборудования во время работы, т.е. сразу после включения и при рабочей температуре электронагревательных элементов. В однофазных аппаратах миллиамперметр подсоединяется к корпусу (заземляющему зажиму) и поочередно к проводам сети. Наибольший из полученных токов утечки не должен превышать допустимой величины. Корпус аппарата во время измерения тока утечки не должен быть соединен с проводом заземления, в том числе и с нулевым проводом в системе с наглухо заземленной нейтралью. Можно производить измерение тока утечки аппарата, который заземлен, но в этом случае напряжение на его вводные клеммы должно подаваться через разделительный трансформатор, у которого вторичная обмотка имеет усиленную изоляцию относительно первичной обмотки. Эта изоляция должна проверяться на пробой напряжением 3750 В.

## 1.2 Уравнение движения электропривода

Для приведения в движение исполнительного органа машинного устройства к нему нужно приложить движущую силу. В электроприводе эту силу получают путем преобразования электрической энергии в механическую. Преобразование энергии происходит в электродвигателе.

Создаваемый на валу электродвигателя вращающий момент зависит от угловой скорости и мощности

$$M = P / 0,33\omega$$

где  $M$  — вращающий момент, Н • м;  $P$  — мощность, Вт;  $\omega$  — угловая скорость, с<sup>-1</sup>.

Во время работы машинного устройства силы сопротивления движению создают статический и динамический моменты сопротивления движению:

$$M_{сопр} = M_c + M_d,$$

где  $M_{сопр}$  — момент сопротивления, Н • м;  $M_c$  — статический момент сопротивления, Н • м;  $M_d$  — динамический момент сопротивления, Н • м.

Статический момент сопротивления создается постоянно во время движения машинного устройства силами трения, массы. Статический момент, создаваемый силами сопротивления резанию, например ножами мяса в мясорубке, относится к полезному. К полезному относится и статический момент, создаваемый силами сопротивления вдавливанию мяса в отверстие решеток. Статический же момент сопротивления, создаваемый силами трения как в подшипниках мясорубки, так и всеми трущимися узлами редуктора и электродвигателя

привода мясорубки, является вредным.

Таким образом, статический момент сопротивления определяется по формуле

$$M_c = \pm M_{\text{пол}} + M_{\text{тр}},$$

где  $M_{\text{пол}}$  - полезный момент сопротивления, Н • м;  $M_{\text{тр}}$  - момент трения, Н • м.

Полезный момент сопротивления может быть положительным или отрицательным, т.е. иметь различные направления. Например, в подъемнике при опускании груза полезный момент сопротивления имеет знак минус, так как он не препятствует движению, а помогает ему. При подъеме же груза этот момент сопротивления будет положительным. В этом случае он создает сопротивление движению.

Статический момент у одних машинных устройств не зависит от скорости, например в смесителях молочных коктейлей и взбивалках при работе с жидкими продуктами. В мясорубке, тестомесильной машине статический момент зависит от скорости в значительной степени.

Динамический момент сопротивления создается силами инерции всех движущихся масс электропривода и машинного устройства. Динамический момент сопротивления возникает только во время изменения скорости движения. Он может быть положительным или отрицательным в зависимости от характера изменения скорости. При увеличении скорости динамический момент сопротивления положительный, а при уменьшении — отрицательный.

Если момент инерции электропривода и машинного устройства является постоянной величиной, то динамический момент сопротивления определяется по формуле

$$M_d = j \cdot \frac{d\omega}{dt},$$

где  $j$  — приведенный к валу двигателя момент инерции системы Н-м/с<sup>2</sup> ;  
 $d\omega / dt$  --- угловое ускорение двигателя, 1/с-2.

Вращающий момент двигателя преодолевает момент сопротивления, поэтому он равен

$$M = M_{\text{сопр}} = M_c + M_d,$$

где  $M$  — вращающий момент двигателя на валу, Н • м.

Во время пуска двигателя все движущиеся части электропривода и машинного устройства под действием вращающего момента из состояния покоя переходят в состояние движения, причем скорость движения возрастает ( $\frac{d\omega}{dt} > 0$  и  $M_d > 0$ ). Вращающий момент двигателя во время пуска преодолевает и статический и динамический моменты сопротивления

$$M_{п} = M_{с} + M_{д},$$

где  $M_{п}$  — пусковой вращающий момент двигателя, Н • м.

После того как скорость движения достигает установившейся величины ( $dc\omega / dt = 0$ ;  $M_{д} = 0$ ), вращающий момент двигателя преодолевает только статический момент сопротивления ( $M = M_{с}$ ).

В таких машинах, как дисковая картофелечистка, мясорубка, рекомендуется пуск электродвигателя осуществлять без предварительной загрузки продуктом, т.е. вхолостую. Вызвано это тем, что полный момент сопротивления может оказаться больше пускового вращающего момента, развиваемого на валу двигателя. После того как скорость ротора электродвигателя и других движущихся частей достигнет установившегося значения, картофелечистку или мясорубку загружают продуктами. При этом момент сопротивления оказывается больше вращающего момента двигателя  $M_{сопр} > M$ .

Скорость движения уменьшается ( $dc\omega / dt < 0$ ;  $M_{д} < 0$ ), а вращающий момент двигателя возрастает до тех пор, пока не станет равным моменту сопротивления.

При отключении электродвигателя от сети вращающий момент оказывается равным нулю, но движущиеся части электропривода и машинного устройства еще некоторое время вращаются по инерции за счет энергии, накопленной в маховых массах двигателя, передаточного и машинного устройства. В этом случае  $M_{с} = M_{д}$ , т.е. статический момент сопротивления преодолевается за счет динамического момента сопротивления. Последний в этом случае имеет отрицательное значение.

### 1.3 Основные характеристики электродвигателей

В оборудовании предприятий торговли и общественного питания применяются в основном асинхронные двигатели трехфазного и однофазного тока с короткозамкнутыми роторами. Зависимости одних параметров электродвигателей от других называются характеристиками.

К основным параметрам электрического двигателя относятся номинальные величины: напряжение, ток, мощность, частота вращения, коэффициент мощности, коэффициент полезного действия. Они приводятся на заводском щитке электродвигателя. **Например, двиг. 3 ~ 50 Гц; 0,55 кВт;  $\cos\varphi=0,7$ ; 1370 об/мин; 22,8 с;  $\Delta/Y$ ; 220/ 380 В; 2,9/1,7 А; КПД 70,5%.**

Параметры расшифровываются следующим образом: двигатель трехфазного тока с короткозамкнутым ротором предназначен для работы при напряжениях сети 220 и 380 В частотой 50 Гц. Номинальная мощность данного двигателя 0,55 кВт. При моменте сопротивления на валу двигателя, соответствующем мощности 0,55 кВт, ток в подводящих проводах сети составляет 2,9 А при напряжении сети 3 ~ 220 В и 1,7 А при 3 ~ 380 В. Эти величины токов являются номинальными при соответствующих номинальных напряжениях. При частоте трехфазного переменного тока 50 Гц и номинальной нагрузке на валу 0,55 кВт частота вращения двигателя соответствует 1370 об/мин (22,8 с), коэффи-

циент полезного действия равен 70,5 %, а коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ ) — 0,7. Все эти величины также являются номинальными.

С изменением величины напряжения, частоты или нагрузки на валу все остальные параметры двигателя изменяются.

Вращающий момент двигателя зависит от напряжения в квадрате, поэтому изменение напряжения сети на клеммах двигателя при неизменной номинальной нагрузке на валу вызывает изменение тока в его обмотках. Потребляемая двигателем мощность из сети в этом случае почти не изменяется, поэтому при уменьшении напряжения его скорость уменьшается, а сила тока увеличивается. Если напряжение на клеммах двигателя оказывается меньше номинального на 15—30 %, то при номинальной нагрузке на валу ток двигателя достигает опасной величины. При длительном прохождении такого тока двигатель перегреется и изоляция обмоток разрушится.

Превышение тока над номинальным наблюдается также и при работе двигателя при напряжении выше номинальной величины. При значительном (на 15% и более) превышении напряжения над номинальным и при работе двигателя с номинальной нагрузкой температура двигателя может повышаться выше допустимой величины.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором могут преодолевать значительные перегрузки на валу. Но при увеличении нагрузки (момента сопротивления) на валу двигателя возрастает ток в его обмотках, и при длительных перегрузках температура их может повыситься до критической величины. От величины перегрузки зависит время работы двигателя без опасности перегрева его обмоток. При незначительных перегрузках двигатель может дольше работать без перегрева, чем при больших перегрузках.

Зависимости подводимой мощности  $P_1$ , тока в обмотках  $I$ , вращающего момента  $M$ , КПД  $\eta$ , коэффициента мощности  $\cos\varphi$  и частоты вращения  $n$  двигателя от полезной мощности (мощности на валу)  $P_2$  называются **рабочими характеристиками**. Для асинхронного двигателя рабочие характеристики при номинальных значениях напряжения и частоты изображены на рис. 1.2, а. Во время холостого хода двигателя, когда нагрузка на его валу отсутствует ( $P_2 = 0$ ), подводимая из сети мощность равна  $P_{1хх}$ , а ток в обмотках —  $I_{хх}$ . Коэффициент полезного действия при холостом ходе равен 0, коэффициент мощности  $\cos\varphi$  имеет небольшую величину, частота вращения — максимальную величину.

По мере увеличения нагрузки на валу (при увеличении  $P_2$ ) ток обмоток  $I$ , подводимая из сети мощность  $P_1$ , коэффициенты мощности  $\cos\varphi$  и полезного действия  $\eta$  увеличиваются, а частота вращения  $n$  ротора уменьшается.

Номинальной нагрузке на валу ( $P_1 = P_{2н}$ ) соответствуют номинальные значения тока обмоток ( $I = I_n$ ), подводимой из сети мощности ( $P_1 = P_{1н}$ ), коэффициентов мощности ( $\cos\varphi = \cos\varphi_1$ ), полезного действия ( $\eta = \eta_n$ ), частоты вращения ротора в минуту ( $n = n_n$ )

Как видно из рабочих характеристик, работа двигателя с нагрузкой на валу меньше номинальной ( $P_2 < P_{2н}$ ) влечет за собой уменьшение таких основных параметров, как коэффициенты мощности  $\cos\varphi$  и полезного действия  $\eta$ .

Поэтому применять двигатель большей мощности, чем та, которая требу-



ется для машинного устройства, не рекомендуется.

В тех машинах (картофелечистки, мясорубки), в которых согласно технологическому процессу в течение определенного времени происходит работа вхолостую (без загрузки продуктов), нужно сократить это время до минимума-

Применять двигатель для работы при нагрузках  $P_2$  на валу больше номинальной  $P_{2н}$  также не разрешается. Ток  $I$  в обмотках двигателя и подводимая мощность  $P_1$  из сети в этом случае превышают номинальные величины  $I_n, P_{1н}$ , и двигатель при длительной работе нагревается до температуры выше допустимой, что влечет за собой разрушение электрической изоляции обмоток и выход двигателя из строя. Допускается работа двигателя с перегрузкой на валу ( $P_2 > P_{2н}$ ) в течение небольшого отрезка времени. Допустимая длительность работы его тем меньше, чем больше перегрузка.

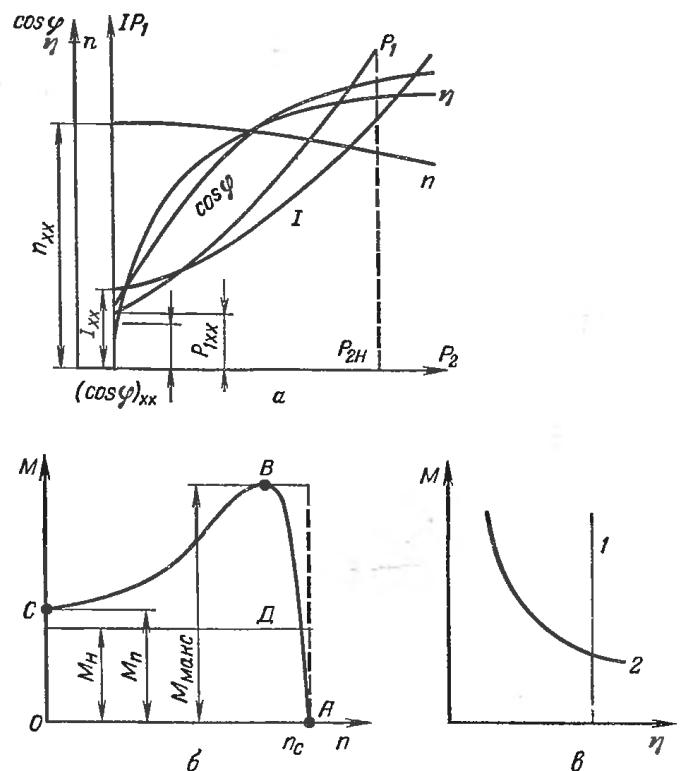


Рис. 1.2. Характеристики:  
 а — рабочие асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором; б — механическая асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором; в — механическая синхронного двигателя (1), двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (2)

Если в процессе работы машинного устройства с постоянной скоростью двигатель преодолевает только статический момент сопротивления, то при изменении скорости — еще и динамический момент сопротивления. Во время пуска двигателя скорость изменяется (возрастает) от нуля до номинальной величины. При этом двигатель преодолевает и статический и динамический моменты сопротивления. Для того чтобы скорость двигателя увеличивалась, вращающий момент, развиваемый им, должен быть больше суммарного момента сопротивления ( $M_c + M_d$ ).

Зависимость между вращающим моментом  $M$  электродвигателя и его частотой вращения  $n$  при неизменных напряжении и частоте питающей сети

называется **механической характеристикой**. Механическая характеристика  $M = f(n)$  асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором изображена на рис. 1.2, б.

После подключения двигателя к сети в начальное мгновение ротор еще не вращается и в обмотке его наводится большая ЭДС с частотой 50 Гц (как во вторичной обмотке трансформатора). Индуктивное сопротивление ротора зависит от частоты ( $X_L = 2\pi fL$ ); в начальный момент оно будет наибольшим.

Угол сдвига фаз между током и ЭДС в начальное мгновение наибольший, а  $\cos\varphi$  — наименьший. При большом пусковом токе активная составляющая его незначительна. Вращающий момент двигателя зависит не от полного тока ротора, а от его активной составляющей. Поэтому при большом пусковом токе, в 3,5...7,5 раза превышающем номинальный, пусковой вращающий момент двигателей общего назначения незначительно отличается от номинального ( $M_n = 1...1.6 M_n$ ). Ток и вращающий момент в начальное мгновение пуска двигателя не зависят от нагрузки на его валу; они одинаковы и при пуске двигателя вхолостую, и при пуске его под нагрузкой.

Если нагрузка на валу двигателя (статический и динамический моменты сопротивления) в начальное мгновение пуска меньше величины пускового момента, то двигатель начинает вращаться. Частота и величина ЭДС, наводимой в роторе, и его индуктивное сопротивление по мере увеличения частоты вращения будут уменьшаться. Величины тока ротора и статора, угла сдвига фаз также будут уменьшаться, а коэффициент мощности и активная составляющая тока ротора — увеличиваться. Однако активная составляющая тока ротора и вращающий момент увеличиваются до определенной величины, а затем уменьшаются. Частота вращения двигателя прекращает увеличиваться, когда вращающий момент уменьшится до величины момента сопротивления на валу двигателя. В дальнейшем двигатель будет работать при постоянной частоте вращения.

Изменение нагрузки на валу  $M_{сопр}$  вызывает изменение вращающего момента двигателя до наступления равновесия между ними. Одновременно изменяется и частота вращения. Если нагрузка на валу увеличивается, увеличивается и вращающий момент двигателя, при этом частота вращения несколько уменьшается.

Участок АВ кривой (рис. 1.2, б) называется рабочим, ВС — разгонным (пусковым). При рассмотрении рабочего участка кривой видно, что значительное изменение вращающего момента происходит при небольшом изменении частоты вращения двигателя. Поэтому характеристика называется **жесткой**. Двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением имеют **мягкую** характеристику. Изменение вращающего момента у них происходит при значительном изменении частоты вращения (рис. 1.2, в). Механическая характеристика синхронного двигателя является абсолютно жесткой, потому что изменение вращающего момента происходит без изменения частоты вращения. Механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, как и асинхронного двигателя, является жесткой.

Асинхронный трехфазный двигатель может работать при моментах сопро-

тивления, превышающих номинальное значение. Перегрузку во время работы в пределах участка кривой ДВ двигатель преодолевает. При перегрузке, превышающей максимальный момент ( $M_{max}$ ), двигатель останавливается. Допустимая продолжительность работы двигателя зависит от величины перегрузки. При больших перегрузках двигатель может работать менее продолжительное время, чем при малых, так как быстро нагревается до температуры, при которой электрическая изоляция его начинает разрушаться. Для двигателей общего применения (серии АИ и 4А) максимальный вращающий момент превышает номинальный в 1,7...2,2 раза.

Если на валу двигателя возникла перегрузка, превышающая  $M_{смах}$  (в мясорубку попала кость), то при уменьшении скорости вращающий момент не достигает величины  $M_{сопр}$ , в результате чего двигатель остановится, и по его обмоткам будет проходить ток, равный по величине пусковому. Этот ток быстро нагревает двигатель до температуры, при которой изоляция начнет разрушаться и даже может воспламениться.

При перегрузках (длительных, но небольших по величине или кратковременных, но значительных по величине) двигатели отключаются специальными аппаратами защиты.

Если при включении двигателя величина момента сопротивления на его валу превышает величину пускового момента, то ротор остается неподвижным. Для уменьшения величины момента сопротивления во время пуска многие машины включают без нагрузки или при малой нагрузке. Загружают такие машины после того, как двигатель наберет полное число оборотов (мясорубка, дисковая картофелечистка).

Электродвигатели изготавливаются с тремя выводами обмотки статора для работы при напряжении 220 В и шестью выводами обмотки — для работы при напряжениях 3 ~ 220 В и 3 ~ 380 В или 3 ~ 380 В и 3 ~ 660 В. Когда двигатель на 220/380 В подключается в сеть под меньшее напряжение (3 ~ 220 В), то его обмотку соединяют в треугольник ( $\Delta$ ), а когда под большее напряжение (3 ~ 380 В) — в звезду ( $Y$ ). При этом на каждой фазе (обмотке) статора напряжение оказывается одним и тем же — 220В.

Выводы обмоток трехфазного двигателя новой разработки маркируются буквами и цифрами: U1, VI, W1, U2, V2, W2, а старой разработки — буквой С- и цифрами. Начало первой обмотки принято обозначать U1 (C1), начало второй — VI (C2), третьей — W1 (C3); конец первой обмотки — U2 (C4), второй — V2 (C5) и третьей W2 (C6). Наличие маркировки облегчает соединение обмоток в звезду и треугольник. Если выводы обмоток подключены к клеммному щитку (рис. 1.3, а, в), то к одному ряду клемм подводят начала обмоток, к другому — концы. Для получения соединения в звезду объединяют верхний ряд клемм, а к нижнему подводят провода сети. Можно объединять также нижние клеммы, а к верхним подводить провода сети. Соединение в треугольник получают, объединяя попарно клеммы верхнего и нижнего рядов и подводя к ним провода сети.

Выводы обмоток могут и не подключаться к клеммному щитку (см. рис. 1.3, б, г), тогда маркировку их осуществляют на бирках. Из одного отверстия в корпусе двигателя принято выводить провода от начала обмоток, из другого —

от концов. Соединение обмоток в треугольник получают, объединяя U1 и W2, V1 и U2, W1 и V2 (C1 и C6, C2 и C4, C3 и C5). Для получения соединения в звезду объединяют U1, V1, W1 (C1, C2, C3), а к остальным выводам подводят провода сети или, наоборот, объединяют U2, V2, W2 (C4, C5, C6), а к U1, V1, W1 (C1, C2, C3) подводят провода сети.

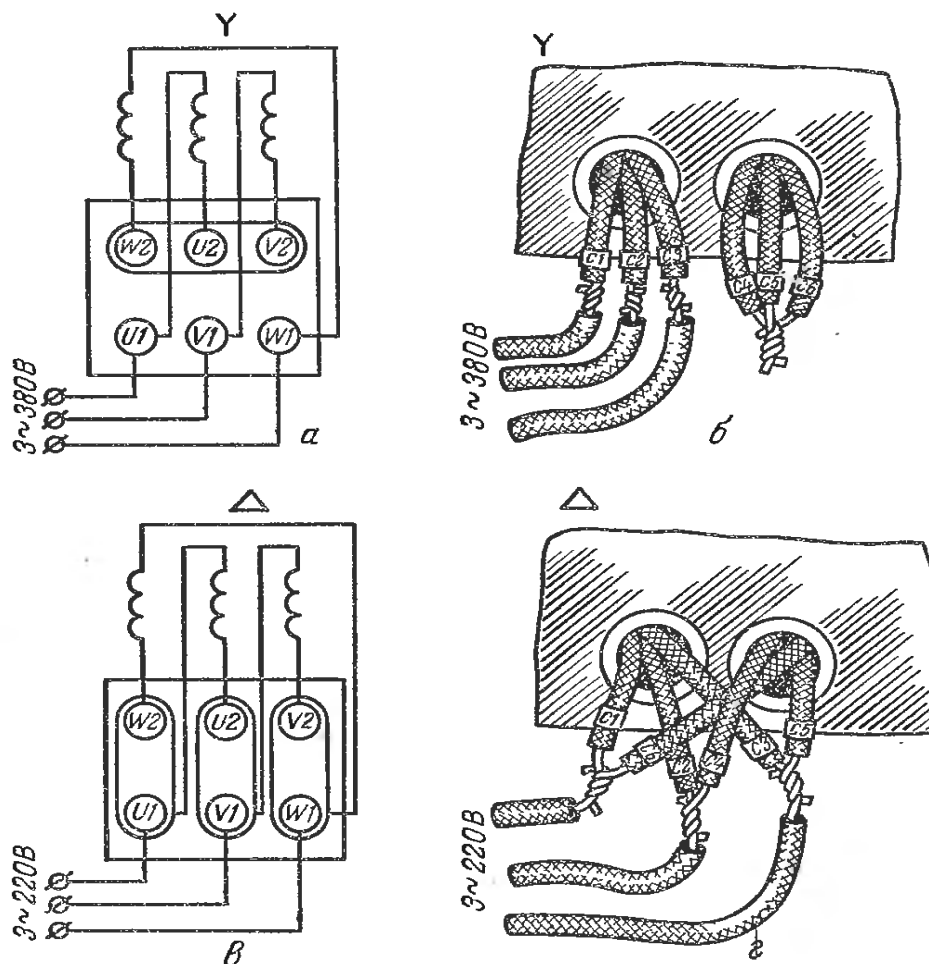


Рис. 1.3. Маркировка выводов обмотки трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и способы соединения их в треугольник ( $\Delta$ ) и звезду ( $\lambda$ ):  
 а, б — соединение в звезду; в, г — соединение в треугольник

#### 1.4 Регулирование частоты вращения электродвигателей

Частота вращения ротора асинхронных трехфазных и однофазных двигателей с короткозамкнутым ротором в основном зависит от частоты вращения магнитного поля статора. Вращающееся магнитное поле создается в статоре при прохождении по его обмотке трехфазного тока. Частота вращения магнитного поля статора  $n_{мп}$  зависит от частоты переменного тока  $f$  и числа пар полюсов  $p$ , создаваемых в статоре:

$$n_{мп} = \frac{60f}{p} \text{ (об/мин)}, \text{ или } n_{мп} = \frac{f}{p} \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Плавного изменения частоты вращения магнитного поля можно добиться изменением частоты трехфазного тока. Однако получение трехфазного тока различной частоты связано с большими трудностями, так как нужен специальный генератор. Этот способ регулирования скорости вращения двигателя применяется очень редко.

При частоте 50 Гц максимально возможная частота вращения вращающегося магнитного поля при одной паре полюсов составит

$$n_{мп} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин } (50 \text{ с}^{-1}).$$

Уменьшение частоты вращения магнитного поля статора можно получить увеличением числа пар полюсов. При двух парах полюсов ( $p = 2$ ) получают частоту вращения магнитного поля 1500 об/мин, при трех — 1000 об/мин и при четырех — 750 об/мин. Переключением обмотки статора двигателя можно получить различное число пар полюсов магнитного поля. При этом достигается ступенчатое регулирование частоты вращения магнитного поля статора. На рис. 1.4 изображена обмотка статора двигателя, при соединении которой в треугольник ( $\Delta$ ) получают две пары полюсов, а при соединении в двойную звезду ( $YY$ ) — одну.

В 12 пазах статора имеется 6 витков (катушек); первый виток находится в пазах 1 и 4, второй — 3 и 6, третий — 5 и 8, четвертый — 7 и 10, пятый — 9 и 12 и шестой — 11 и 2.

Первую фазу (обмотку) статора двигателя получают из двух последовательно соединенных витков (катушек) — первого и четвертого, вторую — из второго и пятого, третью — из третьего и шестого (рис. 1.4, а, в). Для получения соединения обмотки в треугольник к концу первой обмотки 10 подсоединяют начало второй 3 и к концу второй 12 начало третьей 5, к концу третьей 2 начало первой 1. От этих соединений отводят провода I, II, III, которыми статор подсоединяется к сети.

После подсоединения к сети по проводникам витков проходит ток и создается вращающееся магнитное поле. Когда обмотки соединены в треугольник, создается магнитное поле с двумя парами полюсов. В этом можно убедиться, если рассмотреть прохождение тока по проводникам статора в мгновение  $t_1$ , когда ток в проводе I положительный, в проводе II отрицательный, а в проводе III отсутствует (рис. 1.4, д).

За положительное направление тока принято направление от генератора к статору двигателя, за отрицательное — обратное. Для рассматриваемого мгновения направление тока показано стрелками. Ток из провода I попадает в проводник 2 и с обратной стороны статора проходит в проводник 11. По проводнику 2 ток проходит «от нас», а по проводнику 11 — «к нам». Далее ток проходит через проводники 8, 5, 12, 9, 6, 3 в провод II сети. Направление тока в проводниках показано на рис. 1.4, а, в.

Кроме этих проводников, ток проходит также по другим проводникам.

Из провода I ток по перемычке, соединяющей обмотки в треугольник, проходит в проводник 1 и далее через проводники 4, 7, 10 в провод II сети.

По направлению тока в проводниках статора можно определить направление магнитного поля и расположение четырех образующихся полюсов. Частота вращения магнитного поля, создаваемого в статоре при частоте тока 50 Гц, — 1500 об/мин.

На рис. 1.4, б, г изображен статор с той же обмоткой, но соединенный в двойную звезду (YY). Для получения этого соединения выводные концы C1, C2, C3 соединяют между собой, а провода сети подводят к клеммам C4, C5, C6.

Рассмотрим прохождение тока по проводникам статора для того же мгновения  $t_1$  при условии, что в проводе I ток положительный, в проводе II — отрицательный, в проводе III — отсутствует. Магнитное поле, создаваемое токами этих проводников, имеет одну пару полюсов и вращается с частотой 3000 об/мин при частоте тока 50 Гц.

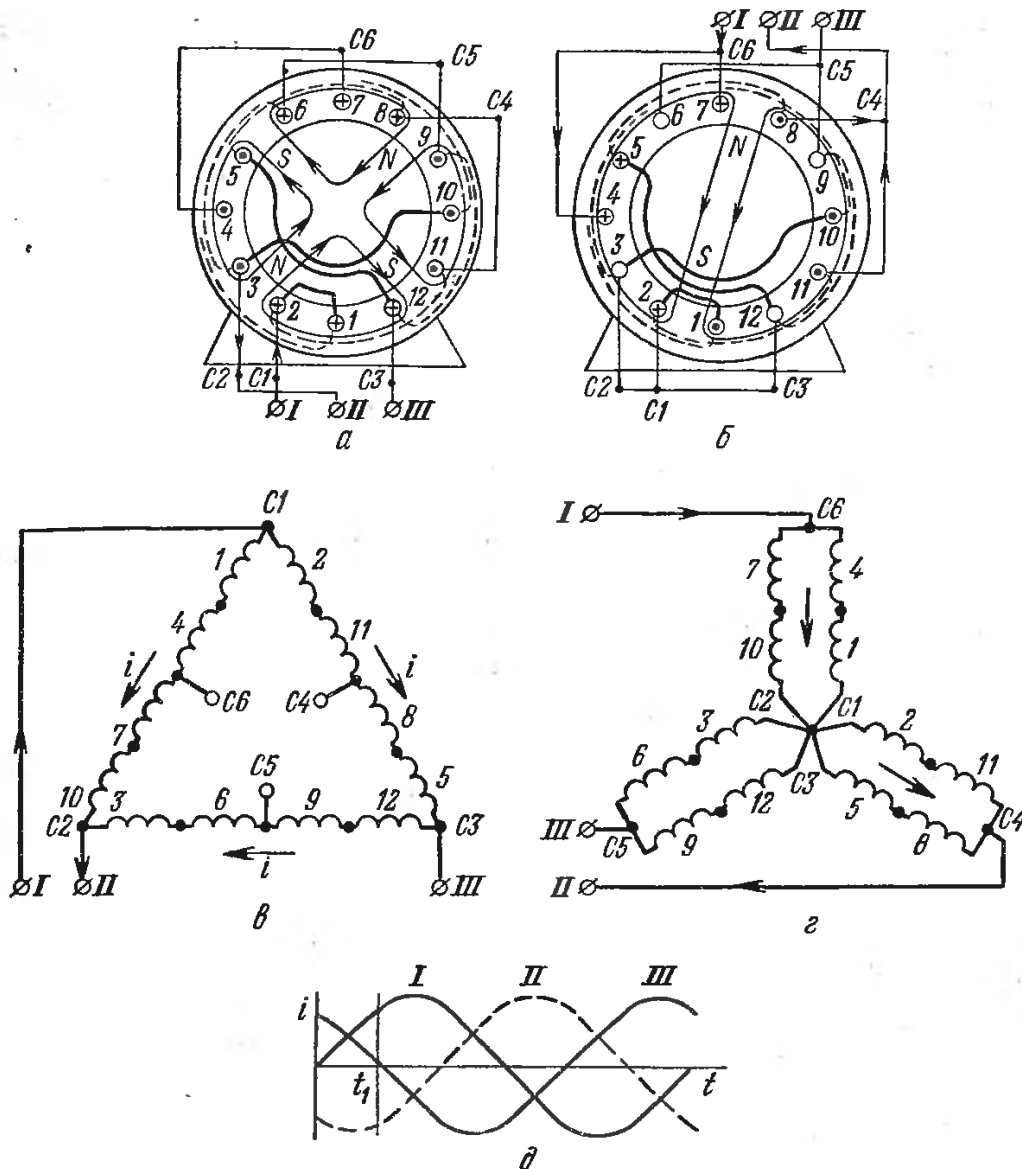


Рис. 1.4. Изменение числа пар полюсов обмотки статора: а, б — обмотка статора и схема соединения ее в треугольник для получения двух пар полюсов; в, г — обмотка статора и схема соединений ее в двойную звезду для получения одной пары полюсов; д — синусоиды трехфазного тока

Если мощности двигателя при соединении обмотки статора в треугольник обозначить  $P_{\Delta}$ , а при соединении в двойную звезду  $P_{Y\bar{Y}}$ , то при допустимом токе обмотки (проводников)  $I_n$ , одинаковых коэффициентах мощности и полезного действия и неизменном напряжении получим

$$P_{\Delta} = 3P_{\phi} = 3I_n U \cdot \cos\varphi \cdot \eta;$$

$$P_{\lambda\lambda} = 3P_{\phi} = 3 \cdot 2I_n \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta.$$

При соединении в двойную звезду фазный ток  $I_{\phi} = 2I_n$ , потому что два витка катушки соединены параллельно, а напряжение фазное

$$U_{\phi} = \frac{U}{\sqrt{3}}.$$

Отношение мощностей  $P_{\Delta}$  и  $P_{Y\bar{Y}}$  будет равно

$$\frac{P_{\Delta}}{P_{\lambda\lambda}} = \frac{3I_n U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}{3 \cdot 2I_n \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{3}{3 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,86.$$

При регулировании частоты вращения двигателя переключением обмотки статора с треугольника на двойную звезду мощность его изменяется незначительно (примерно на 14%). Эту схему регулирования применяют для машин, требующих неизменной мощности при различной частоте вращения.

Отношение вращающего момента такого двигателя при соединении обмотки статора в треугольник  $M_{\Delta}$  к вращающему моменту при соединении ее в двойную звезду  $M_{Y\bar{Y}}$  равно

$$\frac{M_{\Delta}}{M_{\lambda\lambda}} = \frac{960 \cdot \frac{P_{\Delta}}{n_{\Delta}}}{960 \cdot \frac{P_{\lambda\lambda}}{n_{\lambda\lambda}}} = \frac{P_{\Delta} n_{\lambda\lambda}}{P_{\lambda\lambda} n_{\Delta}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2} = \sqrt{3} = 1,73.$$

Вращающий момент двигателя при соединении обмотки статора в треугольник в 1,73 раза больше, чем при соединении обмотки в двойную звезду.

Если при ступенчатом регулировании частоты вращения нужно получить незначительное изменение вращающего момента (в подъемных механизмах, компрессорах), то применяется двигатель с переключением его обмотки со звезды на двойную звезду.

Переключение обмоток с одного соединения на другое осуществляется переключателями или магнитными пускателями.

Кроме двухскоростных выпускаются также трехскоростные двигатели, у которых на статоре имеется вторая обмотка, с помощью которой можно получить третью скорость. Если же вторая обмотка сделана переключаемой, то по-

лучают четырехскоростной двигатель, например с частотами вращения магнитного поля статора 3000/ 1500/1000/750 об/мин .

Частоту вращения асинхронного двигателя можно регулировать и изменением скольжения. Такой способ регулирования применяется в электродвигателях с фазным ротором. Он осуществляется последовательным подключением к ротору регулировочного реостата. Этим достигается снижение частоты вращения при больших потерях энергии в регулировочном реостате. Регулирование скорости двигателя с фазным ротором находит применение в механизмах, работающих на пониженной скорости небольшой промежуток времени, например в подъемно-транспортных машинах.

### **1.5 Уменьшение пускового тока**

У трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором начальный пусковой ток в 5...7 раз превышает номинальный. При нормальном запуске, когда двигатель набирает номинальное число оборотов за несколько секунд, этот ток не опасен для двигателя. Время прохождения большого пускового тока настолько незначительно, что температура двигателя и проводов сети почти не повышается.

Однако большой пусковой ток отрицательно влияет на электрическую сеть: он вызывает значительное падение напряжения в ней (особенно в не очень развитой) при включении двигателя большой мощности. В этом случае может произойти кратковременная перегрузка питающего трансформатора или генератора и отключение их автоматическими выключателями. Резкое падение напряжения отрицательно скажется и на работе приемников, включенных параллельно запускаемому двигателю: лампы накаливания на короткое время уменьшат световой поток, люминесцентные лампы могут погаснуть, а электромагнитные аппараты отпустят якоря.

Для уменьшения начального пускового тока применяют специальные схемы включения асинхронного трехфазного двигателя с короткозамкнутым ротором. Все схемы предусматривают включение двигателя при напряжении на его обмотках (фазах) меньшем, чем номинальное. Такое напряжение на обмотках статора вызывает меньшую величину ЭДС в роторе (как в трансформаторе). При неизменном сопротивлении обмотки ротора уменьшается величина ее тока. Меньшему току ротора соответствует и меньший ток в обмотке статора (как в трансформаторе).

Недостатком пуска двигателя при пониженном напряжении на его обмотках является получение меньшего пускового вращающего момента. Пропорционально уменьшению полного тока ротора уменьшается и его активная составляющая. При пониженном напряжении можно включать только двигатель с малой нагрузкой на его валу или без нагрузки.

После того как двигатель наберет обороты, производят переключение его на работу при полном напряжении и увеличивают нагрузку до номинальной величины.

Для уменьшения напряжения на обмотках (фазах) трехфазного асинхронного двигателя короткозамкнутым ротором применяют различные схемы.



Наибольшее распространение получили следующие из них.

1. Пуск двигателя при соединении обмоток (фаз) в звезду с последующим переключением их на нормальную работу при соединении в треугольник.

2. Пуск двигателя при пониженном напряжении, которое подается с трансформатора или автотрансформатора.

3. Пуск двигателя с последовательно включенными сопротивлениями.

Первая схема пуска (рис. 1.5, а) возможна только для двигателей, обмотки (фазы) которых при номинальном напряжении сети соединяют в треугольник. На время пуска обмотки (фазы) соединяют в звезду, поэтому на каждую из них поступает напряжение, которое в 1,73 раза меньше напряжения сети. Соединяют обмотки (фазы) двигателя после его пуска в треугольник с помощью трехножевого переключателя, ножи которого соединяются как с верхними неподвижными контактами, так и с нижними.

Ножи переключателя располагают в среднем (выключенном) положении. Провода сети подсоединяют к неподвижным контактам рубильника Q1. К подвижным контактам (ножам) рубильника подсоединяют начала обмоток двигателя U1, V1, W1, а к подвижным контактам (ножам) переключателя Q2—концы обмоток двигателя U2, V2, W2. Один ряд неподвижных контактов переключателя соединяют между собой, а к другому ряду контактов переключателя подсоединяют начала обмоток (фаз) двигателя.

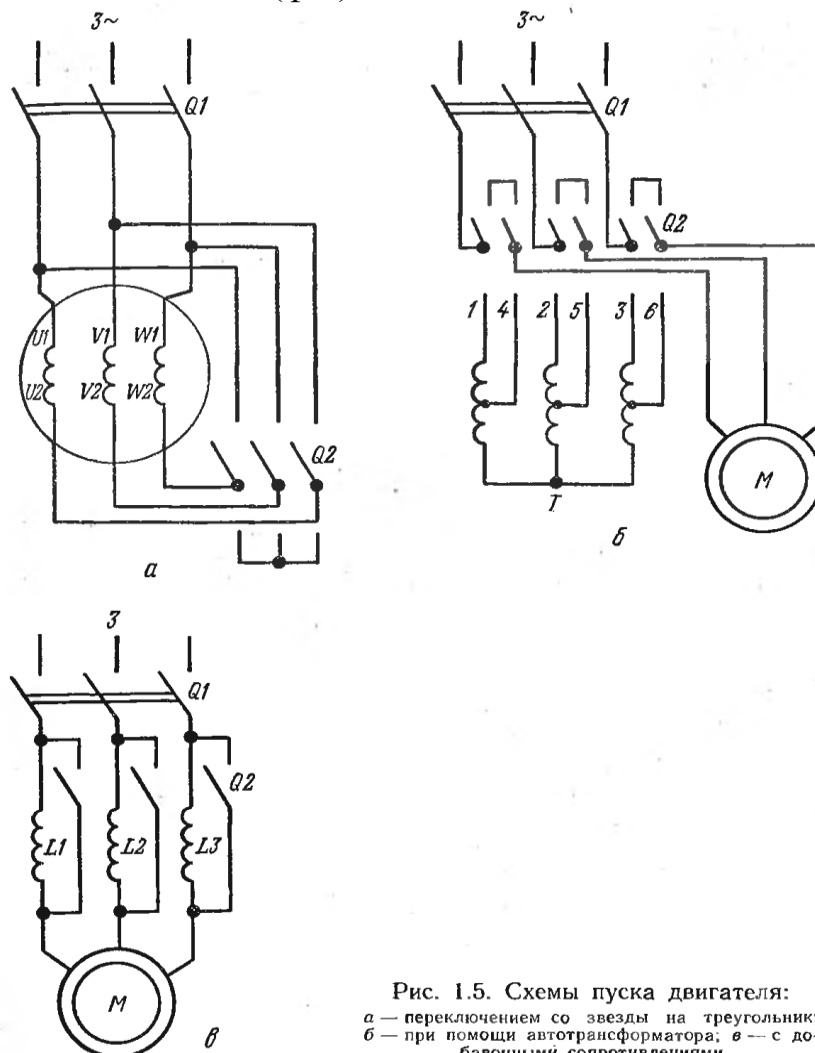


Рис. 1.5. Схемы пуска двигателя:  
а — переключением со звезды на треугольник;  
б — при помощи автотрансформатора; в — с добавочными сопротивлениями

При этом необходимо, чтобы подвижные контакты (ножи) переключателя в верхнем положении соединяли обмотки в треугольник. Поэтому нож, к которому подсоединен конец первой обмотки  $U_2$ , должен замыкаться с неподвижным контактом, соединенным с началом второй обмотки  $V_1$ . Ножи, к которым подсоединены концы обмоток  $V_2$  и  $W_2$ , соответственно должны соединяться с неподвижными контактами, к которым подходят начала обмоток  $W_1$  и  $U_1$ .

Перед включением двигателя рубильником  $Q_1$  подвижные контакты переключателя  $Q_2$  устанавливаются в нижнее положение, так, чтобы концы обмоток соединились друг с другом. Замыканием контактов рубильника  $Q_1$  подают напряжение на двигатель, обмотки которого соединены в звезду. При небольшой нагрузке на валу или при холостом ходе двигатель начинает вращаться. По мере увеличения скорости двигателя ток его уменьшается. Как только увеличение скорости прекращается, подвижные контакты (ножи) переключателя  $Q_2$  из нижнего положения должны быть быстро переведены в верхнее. Обмотки двигателя при этом соединяются в треугольник. За время переключения двигатель не успевает остановиться, поэтому в нем не будет пускового тока. В дальнейшем двигатель продолжает работать при номинальном напряжении на обмотках.

Схема пуска двигателя  $M$  с помощью автотрансформатора изображена на рис. 1.5, б. Трехфазный автотрансформатор имеет выводы 4, 5, 6 от части витков обмоток и 1, 2, 3 — от всех витков. На выводные клеммы 1, 2, 3 обмоток подают напряжение сети, а с клемм 4, 5, 6 снимают напряжение меньшей величины, которое поступает на двигатель. Для включения двигателя при пониженном напряжении и переключения его на полное напряжение можно воспользоваться шестиножевым переключателем  $Q_2$ . К трем ножам переключателя, которые замыкаются с клеммами 1, 2, 3 автотрансформатора, от рубильника  $Q_1$  подводят провода сети, а к трем другим ножам подключают электродвигатель.

Для включения двигателя переключатель ставят в нижнее положение и замыкают рубильник  $Q_1$ . Двигатель начинает работать при пониженном напряжении. Как только двигатель достигнет постоянной скорости с помощью рукоятки, все шесть ножей переключателя  $Q_2$  переводят из нижнего положения в верхнее.

Верхние неподвижные контакты переключателя попарно соединены между собой. На один из них после переключения подается напряжение сети, а с других оно снимается на двигатель. Двигатель после этого работает при номинальном напряжении.

После включения данного двигателя автотрансформатор можно использовать для запуска других двигателей, так как он оказывается отключенным.

С помощью автотрансформатора можно включать двигатели, нормально работающие при соединении обмоток в треугольник или звезду.

Схема пуска двигателя с последовательно включенными индуктивными сопротивлениями изображена на рис. 1.5, в. Три дросселя  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  включены последовательно двигателю  $M$ . При замкнутом рубильнике  $Q_1$  и разомкнутом  $Q_2$  ток проходит по обмоткам двигателя через последовательно включенные сопротивления дросселей и на них поступает часть напряжения сети. Другая часть теряется в дросселе. Величина потери напряжения зависит от полного со-

противления дросселя.

Дроссель (катушка с сердечником или без него) обладает большим индуктивным сопротивлением и незначительным активным. В схеме могут применяться и реостаты с активным сопротивлением.

После разгона двигателя до постоянной скорости вращения включают рубильник Q2. Сопротивления дросселей замыкаются накоротко, и двигатель продолжает работать под напряжением сети. Эту схему можно применять при любом соединении обмоток двигателя.

### 1.6 Увеличение пускового вращающего момента

Вращающий момент  $M_{\text{пуск}}$  трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в начальный момент пуска невелик даже при включении на полное напряжение сети. Он близок к величине номинального вращающего момента

Большинство рабочих машин включается при их полной нагрузке (компрессоры, насосы). Момент сопротивления при пуске таких машин значительно превышает его величину во время работы.

При пуске действует суммарный момент сопротивления — статический и динамический, при равномерном движении — только статический.

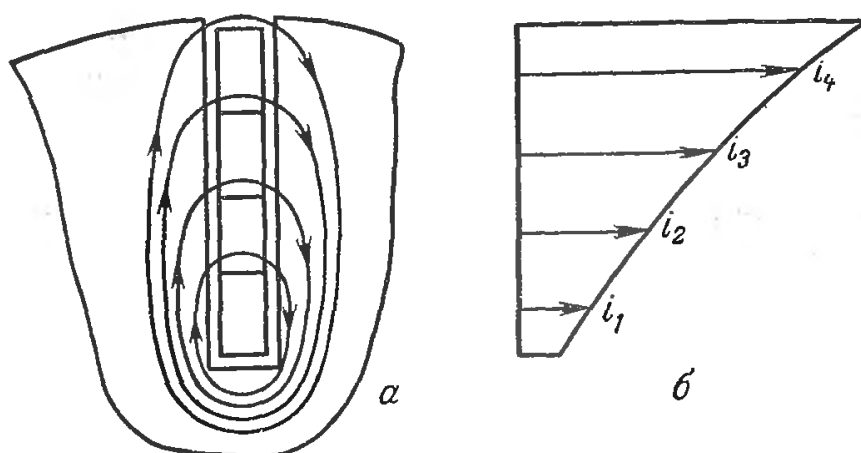


Рис. 1.6. Проводник в глубоком пазу ротора:  
а — магнитное поле вокруг внутренних и наружных частей; б — величина тока при пуске двигателя в различных частях проводника

При пуске рабочей машины вращающий момент двигателя должен превышать момент сопротивления.

Для увеличения пускового вращающего момента асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором используют обмотки ротора с удлиненными стержнями (рис. 1.6). В начальный момент пуска в роторе наводится ЭДС с частотой 50 Гц, а плотность тока в стержне получается разной. Внутренние и наружные части однородного стержня обладают одинаковым активным, но разным индуктивным сопротивлением. Внутренняя часть стержня в большей степени окружена сталью, поэтому индуктивное сопротивление ее значительно больше, чем у наружной части. При одинаковом активном сопротивлении этих

частей стержня полное сопротивление внутренних частей будет значительно больше, чем наружных. В начальный момент пуска при частоте ЭДС ротора 50 Гц величина индуктивного сопротивления ( $X_L = 2\pi fL$ ) большая, и от нее в значительной степени зависит величина полного сопротивления.

Ток в наружных частях стержня намного больше, чем во внутренних, что соответствует прохождению его только по части сечения стержня. Активное сопротивление части сечения стержня больше, чем всего сечения. С увеличением активной составляющей сопротивления стержней увеличивается активная составляющая тока ротора, что влечет за собой увеличение вращающего момента.

По мере увеличения числа оборотов ротора частота наводимой в нем ЭДС уменьшается, соответственно уменьшаются индуктивное сопротивление и влияние его на величину полного сопротивления. Разница между полными сопротивлениями наружных и внутренних частей стержня также уменьшается. Ток проходит по сечению стержня все более и более равномерно. При номинальном числе оборотов частота наводимой в роторе ЭДС незначительная (1...2 Гц), а плотность тока в различных частях стержня почти одинаковая. Активное сопротивление стержня при нормальной работе оказывается небольшим.

### 1.7 Однофазные двигатели

Однофазные асинхронные двигатели. Среди этой группы двигателей наиболее широкое применение получили асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Известно, что однофазный ток создает пульсирующее магнитное поле. В проводниках ротора этим полем наводятся ЭДС и токи, при взаимодействии которых с магнитным полем статора не создается пускового вращающего момента. Если ротор принудительно раскрутить, то его вращение будет поддерживаться взаимодействием магнитных полей ротора и статора. При этом величина вращающего момента будет обеспечивать работу двигателя с нагрузкой.

В этом легко убедиться на примере трехфазного асинхронного двигателя. Если от двигателя, работающего в режиме холостого хода, отсоединить один провод сети, то двигатель будет продолжать работать как однофазный. Если отсоединить один провод сети перед пуском этого двигателя, то после замыкания контактов рубильника он не будет вращаться (однофазный ток не создает пускового вращающего момента).

Таким образом, для пуска однофазного двигателя нужно создать вращающееся магнитное поле, т. е. применять две обмотки в статоре двигателя — основную (рабочую) и дополнительную (вспомогательную). Их располагают в статоре под углом друг к другу. При этом токи, проходящие по этим обмоткам, не должны совпадать по фазе. Сдвиг токов по фазе получают подключением к вспомогательной обмотке фазосмещающего элемента — конденсатора или резистора.

На рис. 1.8, а изображена схема однофазного двигателя М с двумя обмотками РО и ВО без фазосмещающего элемента. Обмотки имеют одинаковое отношение активного сопротивления к полному, поэтому их точки  $I_P$ ,  $I_P$  отстают от

напряжения на одинаковый угол  $\varphi$ . Эти токи создают пульсирующее магнитное поле, которое не обеспечивает получения пускового вращающего момента.

На рис. 1.8, б изображена схема двигателя, к вспомогательной (пусковой) обмотке ВО которого последовательно подключен резистор (активное сопротивление). Ток  $I_n$  в этой обмотке сдвинут относительно напряжения на меньший угол, чем ток  $I_r$  в рабочей обмотке. Фазосмещающий элемент может быть выполнен отдельно или заключен в обмотке. В этом случае вспомогательная обмотка выполняется с большим активным сопротивлением.

На рис. 1.8, в изображена схема двигателя, к вспомогательной обмотке которого последовательно подключен конденсатор. В зависимости от величины емкости конденсатора в этой обмотке получают ток с отставанием от напряжения на меньший угол, чем в рабочей обмотке, или даже с опережением.

Электродвигатель М (см. рис. 1.8, а, б, в) включается рубильником Q1 при замкнутых контактах выключателя Q2. Ток в первое мгновение проходит и по рабочей обмотке РО, и вспомогательной ВО. После того как частота вращения ротора достигнет номинальной величины, контакт выключателя Q2 размыкают (вспомогательную обмотку отключают), и двигатель продолжает работать на одной рабочей обмотке.

Наиболее широкое применение нашли асинхронные двигатели с пусковым сопротивлением и конденсаторные двигатели. В двигателях с пусковым сопротивлением вспомогательная обмотка имеет повышенное активное сопротивление по сравнению с рабочей обмоткой и она включается в сеть только на время пуска. В конденсаторном двигателе последовательно к вспомогательной обмотке ВО подключен конденсатор (рис. 1.8, г, д). Наряду с основным конденсатором  $C_r$ , который подключен к вспомогательной обмотке во время пуска и работы, может подключаться дополнительный конденсатор  $C_p$  (только на время пуска). Дополнительный конденсатор подсоединяется параллельно основному для получения большего сдвига фаз между токами в обмотках РО и ВО и для получения большего пускового вращающего момента.

Конденсаторный двигатель М (рис. 1.8, г) включается рубильником Q, а конденсаторный двигатель (рис. 1.8, д) — рубильником Q1 при замкнутых контактах выключателя Q2. После того как ротор наберет обороты, контакт последнего размыкается.

Однофазные асинхронные двигатели серии 4А выпускаются в следующем исполнении: **Е** — с пусковым сопротивлением (рис. 1.8, б); **У** — с пусковым конденсатором (рис. 1.8, в); **Т** — с рабочим конденсатором (рис. 1.8, г); **УТ** — с рабочим и пусковым конденсаторами (рис. 1.8, д)

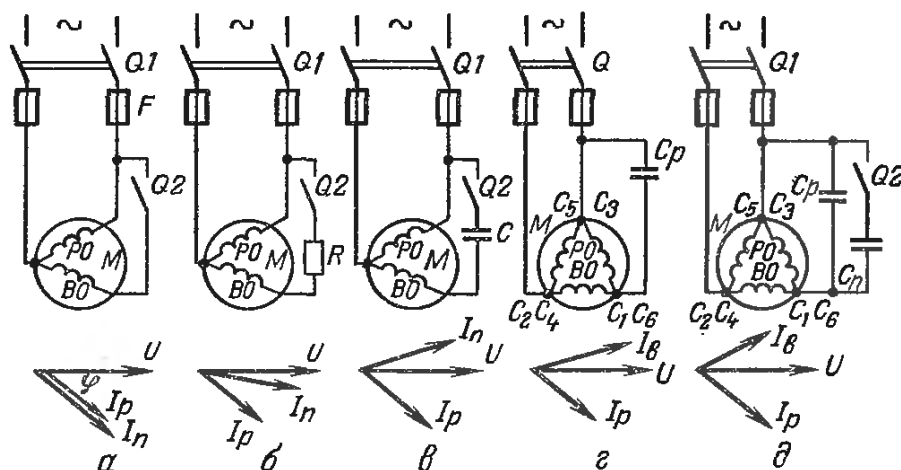


Рис. 1.8. Схемы однофазных двигателей с пусковыми (а, б, в) и вспомогательными (з, д) обмотками:

а — без фазосмещающего элемента; б — с резистором; в — с пусковым конденсатором; з — с рабочим конденсатором; д — с рабочим и пусковым конденсаторами

Для отключения вспомогательной обмотки ВО у двигателя с пусковым сопротивлением после того, как он наберет частоту вращения, близкую к номинальной, применяются различные устройства. У некоторых двигателей на вал ротора укрепляется подвижная часть центробежного выключателя, контакт которого размыкается под действием раздвигающихся грузиков при определенной частоте вращения.

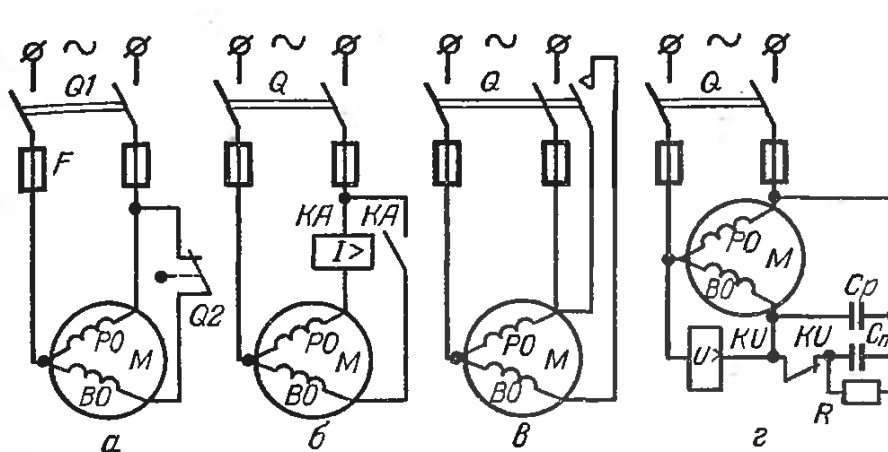


Рис. 1.9. Электрические схемы включения однофазных двигателей:

а, б, в — с пусковым сопротивлением; з — конденсаторного двигателя

Контакт центробежного выключателя Q2 (рис. 1.9, а) при неподвижном роторе замкнут, поэтому после подключения рубильника двигателя М рубильником Q1 к электрической сети ток в первое мгновение проходит и по рабочей обмотке РО, и по вспомогательной ВО. Токами двух обмоток создается вращающееся магнитное поле, и ротор начинает вращаться. Когда частота вращения увеличится до величины, близкой к номинальной, грузики центробежного выключателя разойдутся и разомкнут контакт Q2. После этого двигатель М

продолжает работать на одной рабочей обмотке РО.

На рис. 1.9, б изображена схема двигателя с пусковым токовым реле КА.

Обмотка этого реле подключается последовательно к рабочей обмотке РО двигателя, а его замыкающий контакт находится в цепи вспомогательной обмотки ВО. При включении двигателя выключателем Q по цепи рабочей обмотки проходит большой пусковой ток. В этой цепи находится обмотка пускового реле, которое срабатывает (подтягивается якорь), и контактом КА замыкается. Через замкнувшийся контакт КА к сети подключается вспомогательная обмотка. Ротор двигателя начинает вращаться, в результате чего ток в цепи рабочей обмотки уменьшается. Якорь реле отпадает, контакт КА размыкается и отключает вспомогательную обмотку. Двигатель продолжает работать на одной рабочей обмотке.

Рассмотренные способы отключения пусковой обмотки могут применяться при ручном и автоматическом управлении двигателем. При ручном управлении для включения электродвигателя можно применять кнопочный выключатель с тремя контактами, один из которых (правый контакт выключателя Q на рис. 1.9, в) с самовозвратом. Этот контакт в отличие от двух других размыкается после прекращения нажатия на кнопку включения. Таким образом, при нажатии на кнопку включения замыкаются все три контакта и к сети присоединяются рабочая РО и вспомогательная ВО обмотки двигателя М. После прекращения нажатия на кнопку включения два контакта остаются замкнутыми, а один (правый) размыкается. Размыкающийся правый контакт отключает вспомогательную обмотку ВО от электросети. Момент инерции однофазного двигателя и машины, приводимой им в движение, незначителен, поэтому время, за которое достигается частота вращения, близкая к номинальной, не более 1 с. Время нажатия на кнопку включения выключателя Q должно быть немного больше времени разгона двигателя.

Для отключения двигателя (рис. 1.9, в) нужно нажать на кнопку отключения кнопочного выключателя Q. После этого два контакта выключателя Q размыкаются и отключают двигатель М.

На рис. 1.9, г изображена схема включения конденсаторного двигателя холодильного агрегата, для увеличения пускового вращающего момента которого на время пуска подсоединяется дополнительный конденсатор Сп. Основной конденсатор Ср постоянно подключен последовательно к вспомогательной обмотке ВО двигателя. Конденсатор Сп подсоединяется параллельно конденсатору Ср размыкающим контактом пускового реле напряжения КУ. Это реле срабатывает при напряжении не менее определенной величины. Обмотка реле КУ подключена к выводам вспомогательной обмотки ВО двигателя. Когда напряжение на выводах этой обмотки возрастет до определенной величины, реле КУ срабатывает, и контакт его в цепи конденсатора Сп и резистора R разомкнется. После этого конденсатор Сп разрядится на сопротивление резистора R.

В начальное мгновение пуска двигателя (после замыкания контактов рубильника Q) при неподвижном роторе полное сопротивление вспомогательной обмотки ВО значительно меньше сопротивления ее при номинальной частоте

вращения. Поэтому большая часть напряжения сети приходится на последовательно подключенные к ней цепи конденсаторов  $C_p$  и  $C_n$ . Напряжение на вспомогательной обмотке ВО двигателя М оказывается меньше той величины, при которой срабатывает пусковое реле КУ. Ток в обмотке ВО при двух конденсаторах имеет большой угол сдвига относительно тока рабочей обмотки РО. При прохождении этих токов по обмотке в статоре двигателя создается вращающееся магнитное поле и ротор начинает вращаться, полное сопротивление вспомогательной и рабочей обмотки увеличивается и ток в них уменьшается. Потеря напряжения на конденсаторах уменьшается, потому что емкостное сопротивление их не изменяется. Напряжение на вспомогательной обмотке при этом возрастает и достигает величины срабатывания пускового реле КУ. Цепь конденсатора  $C_n$  и резистора R контактом КУ отключается, а двигатель [продолжает работать при прохождении токов по рабочей и вспомогательной обмоткам. Последовательно к вспомогательной обмотке при этом подключен конденсатор  $C_p$ . Аналогичная схема может применяться и для однофазного двигателя 4А исполнения УТ (с пусковым и рабочим конденсаторами).

Наряду с рассмотренными однофазными двигателями (конденсаторными и с пусковым сопротивлением) в оборудовании предприятий торговли и общественного питания широко применяются двигатели с экранированными полюсами. Асинхронный двигатель с экранированными полюсами является наиболее простым по конструкции, а следовательно, и наиболее дешевым однофазным двигателем. В этом асинхронном двигателе (рис. 1.10) статор 3 имеет явно выраженные полюса; набирается он из листов электротехнической стали. Рабочая обмотка выполнена в виде катушки 4. Вспомогательная обмотка выполнена в виде короткозамкнутых витков 1, охватывающих половину сечения каждого полюса. Между полюсами статора в подшипниках находится короткозамкнутый статор 2.

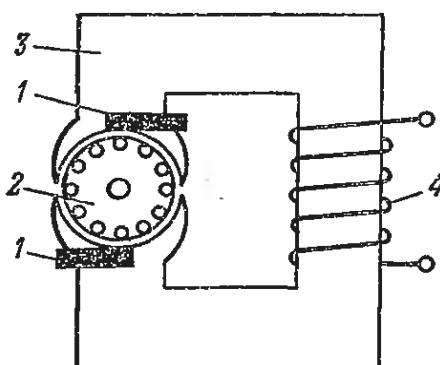


Рис. 1.10. Асинхронный однофазный двигатель с экранированными полюсами

Электрические двигатели с экранированными полюсами изготавливают только небольшой мощности (до нескольких десятков ватт) и широко используют в торговых автоматах. Эти двигатели применяются в командоаппаратах, а



также для приведения в движение основных и вспомогательных механизмов. В электромеханических реле времени также применяются двигатели с экранированными полюсами.

### **1.8 Нагрев и режимы работы электродвигателей**

Во время работы электродвигателя часть электрической энергии преобразуется в тепловую. Это связано с потерями энергии на трение в подшипниках, на вихревые токи и перемагничивание в стали статора и ротора, а также в активных сопротивлениях обмоток статора и ротора.

Потери энергии в обмотках статора и ротора пропорциональны квадрату величины их токов. Ток статора и ротора пропорционален нагрузке на валу. Остальные потери в двигателе почти не зависят от нагрузки.

При неизменной нагрузке на валу в двигателе выделяется определенное количество теплоты в единицу времени. Повышение температуры двигателя происходит неравномерно. Вначале она возрастает быстро: почти вся теплота идет на повышение температуры и лишь малое количество ее уходит в окружающую среду. Перепад температур (разница между температурой двигателя и температурой окружающего воздуха) пока еще невелик. Однако по мере увеличения температуры двигателя перепад возрастает и теплоотдача в окружающую среду увеличивается. Рост температуры двигателя замедляется. Температура двигателя прекращает возрастать, когда вся вновь выделяемая теплота будет полностью рассеиваться в окружающую среду. Такая температура двигателя называется **установившейся**.

Величина установившейся температуры двигателя зависит от нагрузки на его валу. При большой нагрузке выделяется большое количество теплоты в единицу времени, значит, выше установившаяся температура двигателя.

После отключения двигатель охлаждается. Температура его вначале понижается быстро, так как перепад ее большой, а затем по мере уменьшения перепада — медленно.

Величина допустимой установившейся температуры двигателя обуславливается свойствами изоляции обмоток.

У большинства двигателей общего применения для изоляции обмотки используются эмали, синтетические пленки, пропитанные картоны, хлопчатобумажная пряжа. Предельно допустимая температура нагрева этих материалов 105 °С. Температура обмотки двигателя при номинальной нагрузке должна быть на 20...25 °С ниже предельно допустимой величины.

Значительно более низкая температура двигателя соответствует работе его с малой нагрузкой на валу. При этом коэффициент полезного действия двигателя и коэффициент его мощности невелики.

**Режимы работы электродвигателей.** Различают три основных режима работы двигателей: **продолжительный, повторно-кратковременный и кратковременный**. Продолжительным называется режим работы двигателя при постоянной нагрузке продолжительностью не менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры при неизменной температуре окружающего воздуха.

Повторно-кратковременным называется такой режим работы, при котором кратковременная неизменная нагрузка чередуется с отключениями двигателя, причем во время нагрузки температура двигателя не достигает установившегося значения, а во время паузы двигатель не успевает охладиться до температуры окружающего воздуха. Кратковременным называется такой режим, при котором за время нагрузки двигателя температура его не достигает установившегося значения, а за время паузы успевает охладиться до температуры окружающего воздуха.

На рис. 1.12 изображены кривые нагрева и охлаждения двигателя и подводимые мощности  $P$  для трех режимов работы. Для продолжительного режима работы изображены три кривые нагрева и охлаждения 1, 2, 3 (рис. 1.12, а), соответствующие трем различным нагрузкам на его валу. Кривая 3 соответствует наибольшей нагрузке на валу; при этом подводимая мощность  $P_3 > P_2 > P_1$ . При повторно-кратковременном режиме двигателя (рис. 1.12, б) температура его за время нагрузки не достигает установившейся. Температура двигателя повышалась бы по пунктирной кривой, если бы время нагрузки было более длительным. Продолжительность включения двигателя ограничивается 15, 25, 40 и 60 % времени цикла. Продолжительность одного цикла  $t_{ц}$ , принимается равной 10 мин и определяется суммой времени нагрузки  $N$  и времени паузы  $R$ , т. е.  $t_{ц} = N + R$

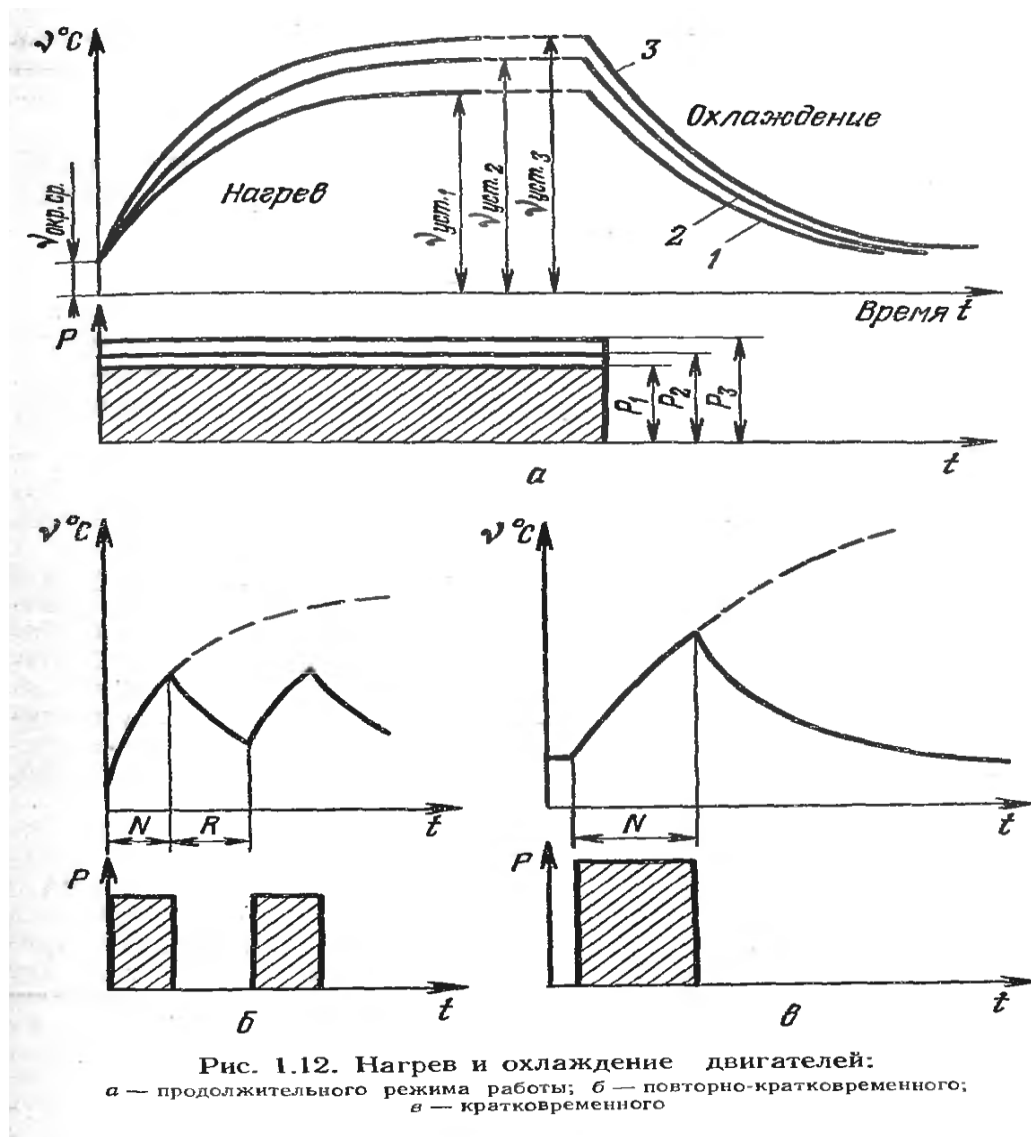
Для повторно-кратковременного режима работы выпускаются двигатели с продолжительностью работы ПВ 15, 25, 40 и 60%:

$$ПВ = \frac{N}{N + R} \cdot 100 \%$$

На рис. 1.12, в изображены кривые нагрева и охлаждения двигателя при кратковременном режиме работы. Для этого режима изготавливаются двигатели с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 15, 30, 60, 90 мин.

Теплоемкость двигателя — величина значительная, поэтому нагрев его до установившейся температуры может продолжаться несколько часов. Двигатель кратковременного режима за время нагрузки не успевает нагреться до установившейся температуры, поэтому он работает с большей нагрузкой на валу и большей подводимой мощностью, чем такой же двигатель продолжительного режима работы. Двигатель повторно-кратковременного режима работы также работает с большей нагрузкой на валу, чем такой же двигатель продолжительного режима работы. Чем меньше продолжительность включения двигателя, тем больше допустимая нагрузка на его валу.

Для большинства машин (компрессоры, вентиляторы, картофелечистки и др.) применяются асинхронные двигатели общего применения продолжительного режима работы. Для подъемников, кранов, кассовых аппаратов применяются двигатели повторно-кратковременного режима работы. Двигатели кратковременного режима работы используются для машин, применяемых во время ремонтных работ, например электрических талей и кранов.



## 1.9 Выбор двигателей

### Выбор рода тока, напряжения и частоты вращения.

Большинство предприятий торговли и общественного питания снабжаются электроэнергией от сетей трехфазного тока общего назначения. Поэтому производственные механизмы и машины имеют электропривод с асинхронным двигателем трехфазного или однофазного тока.

Лишь незначительная часть предприятий, например вагоны-рестораны, снабжается электроэнергией постоянного тока. Здесь применяются двигатели постоянного тока с последовательным и параллельным возбуждением.

Основная часть машин мощностью до 600 Вт, работающих непродолжительное время в течение дня, комплектуется однофазными двигателями. Они не требуют трехфазной проводки, так как могут включаться в однофазные штепсельные розетки. Это особенно важно для переносных и передвижных машин и механизмов. В данном случае в различных местах подключения требуются только однофазные штепсельные розетки, подсоединенные иногда даже к осветительным групповым щиткам.

Коэффициенты полезного действия и мощности ( $\cos \varphi$ ) однофазных двигателей меньше, чем трехфазных, но применение их незначительно влияет на увеличение эксплуатационных расходов предприятий, так как мощность этих двигателей невелика, а время их работы непродолжительно.

Для рабочих машин мощностью свыше 600 Вт применяются двигатели трехфазного тока, в основном асинхронные с короткозамкнутым ротором. Они могут работать от сетей трехфазного тока с напряжением 3 ~ 220 и 3~380 В. В первом случае обмотки двигателей соединяют в треугольник, во втором — в звезду.

Однофазные двигатели напряжением 220 В для включения в трехфазную сеть 3—220 В подключаются к двум линейным проводам, для включения в трехфазную сеть 3~380 В — к линейному и нулевому.

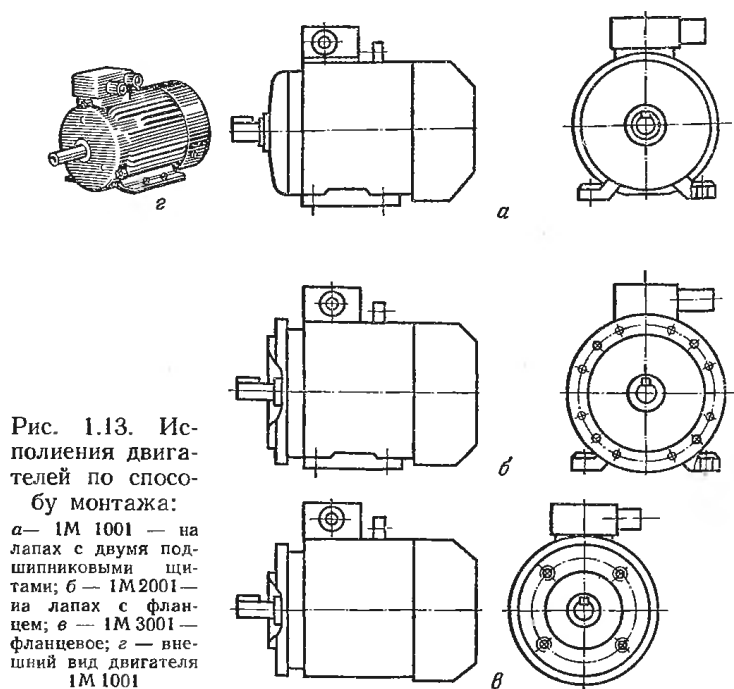
Трехфазные и однофазные асинхронные двигатели промышленной частоты 50 Гц имеют частоту вращения не более 3000 об/мин (50 с). Частота вращения магнитного поля при одной паре полюсов — 3000 об/мин (50 с'), при двух парах полюсов—1500 об/мин (25 с), при трех— 1000 об/мин (16,6 с). Чем выше частота вращения двигателя, тем меньше его габариты и масса. Двигатели с большой частотой вращения имеют КПД и  $\cos \varphi$  выше, чем двигатели той же мощности с меньшей частотой вращения.

В большинстве случаев меньшую частоту вращения рабочей машины получают от двигателя большей скорости посредством редуктора. Для рабочих машин, требующих более 3000 об/мин (50 с') при небольшой мощности (до 60 Вт), применяют однофазные коллекторные двигатели.

**Выбор типа электродвигателей.** При выборе электродвигателя общего применения нужно учитывать исполнение его по способу монтажа, по способу охлаждения и защиты от воздействия окружающей среды и по защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током, т. е. степени защиты оболочки.

По способу монтажа наиболее широкое применение в оборудовании предприятий торговли и общественного питания получили следующие исполнения двигателей (рис. 1.13): 1М 1001 — на лапах и с двумя подшипниками, 1М 3001 — фланцевое с большим фланцем и 1М 2001 — на лапах с фланцем со стороны конца вала.

Двигатели исполнения 1М 1001 устанавливают в машинах, когда движение передается через зубчатую ременную или цепную передачу. Двигатели исполнения 1М 001 применяют в редукторном электроприводе, когда их укрепляют на стенку редуктора (универсальные приводы, мясорубки, картофелечистки). Двигатели исполнения 1М 2001 используются в редукторных приводах, когда редуктор укрепляется на двигателе с помощью фланца.



Двигатели исполнения с фланцем применяются и для горизонтального и для вертикального расположения. В двигателях для вертикального расположения используются подшипники, воспринимающие не только радиальные, но и осевые усилия.

**По степени защиты** оболочки двигателя могут быть IP00 (открытые), IP23 (защищенные) и IP44 (закрытые). В оборудовании предприятий торговли и общественного питания применяются двигатели с оболочками IP23 и IP44 (защищенные и закрытые).

**По способу охлаждения двигателей и защиты от воздействия окружающей среды** в оборудовании предприятий торговли и общественного питания выпускают в основном двигатели с оболочкой IP44 (закрытые), оснащенные наружным вентилятором, расположенным на валу двигателя (рис. 1.14, а). Корпус статора выполнен с наружными ребрами 1, расположенными вдоль образующей. Вал ротора выступает и с одной, и с другой стороны. На правом конце вала укреплен вентилятор 2, закрытый кожухом 3. При вращении ротора через отверстия 4 в кожухе 3 вентилятор 2 засасывает воздух и направляет его вдоль ребер 1. При этом воздух не омывает обмотку статора и не попадает в пространство между статором и ротором. Такие двигатели могут применяться во влажных и пыльных помещениях.

Для машин, устанавливаемых в невлажных и непыльных помещениях, могут применяться защищенные двигатели с самовентиляцией, оболочка которых имеет степень защиты IP23 (рис. 1.4, б). Вентилятор 5 этого двигателя укреплен на валу ротора 3 и при вращении его засасывает воздух через отверстия 1 подшипникового щита. После того, как воздух пройдет между ротором 3 и статором 2, он удаляется через отверстия 4 второго подшипникового щита или через отверстия в корпусе статора. Обмотка б статора защищенного двигателя более интенсивно охлаждается, чем обмотка закрытого двигателя.

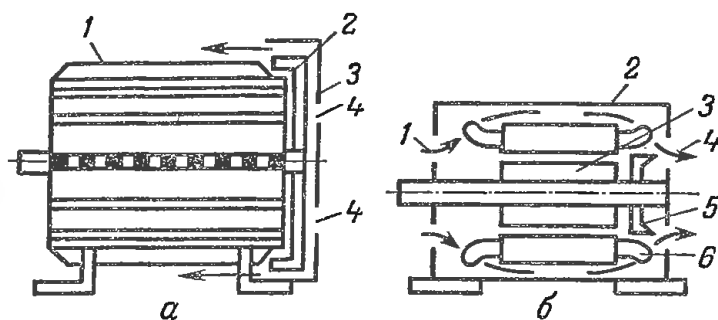


Рис. 1.14. Исполнение двигателей по степени защиты оболочки:

*a* — 1P44 — закрытое с обдуванием наружным вентилятором, расположенным на валу; *b* — 1P23 — защищенное с самовентиляцией, вентилятор расположен на валу внутри оболочки

В настоящее время промышленностью выпускаются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии АИ и 4А. Они предназначены для широкого применения в различных машинах и выпускаются в закрытом и защищенном исполнении (1P44 и 1P23). В условное обозначение двигателей введена высота оси вращения, которая равна 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132 мм и более, а также число полюсов (2, 4, 6, 8, 10, 12).

Условные обозначения трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей серии 4А и АИ в защищенном исполнении, со станиной и щитками из алюминия, с высотой оси вращения 50 мм, с установочным размером по длине станины А, двухполюсных климатического исполнения (умеренный климат), категории 3 будут следующими — двигатель 4АА50А2УЗ и двигатель АИ50А2УЗ.

Станина и подшипниковые щиты двигателей изготавливаются из алюминия для уменьшения их массы. Масса таких двигателей в среднем на 25 % меньше массы двигателей того же типоразмера со станиной и щитами из чугуна.

Помимо двигателей общего применения, выпускаются двигатели с повышенным пусковым вращающим моментом, с повышенным скольжением, малощумные с подшипниками скольжения, встраиваемые и др.

**Выбор мощности электродвигателя.** Для продолжительного режима работы при нагрузке  $P_n$  производственного механизма и коэффициенте полезного действия передаточного механизма  $\eta_n$  потребная мощность двигателей  $P$  определяется по формуле  $P = P_n / \eta_n$

По каталогу подбирают электродвигатель, номинальная мощность которого равна или больше потребной мощности  $P$ .

Для вентилятора, работающего в продолжительном режиме, мощность двигателя определяют по формуле

$$P = \frac{QH}{102\eta_n},$$

где  $Q$  - производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/с;  $H$  - суммарный напор, мм вод. ст.

(9,8 Па);  $\eta$  — КПД вентилятора;  $\eta_n$  — КПД передачи от двигателя к вентилятору; 102 — переводной коэффициент.

Для насоса, работающего в продолжительном режиме, мощность двигателя определяется по формуле

$$P = \frac{Q\gamma H}{102\eta\eta_n},$$

где  $P$  — мощность двигателя, кВт;  $Q$  — производительность насоса, м<sup>3</sup>/с;

$H$  — суммарный напор, равный сумме высот всасывания и нагнетания с учетом падения напора в магистрали, м;  $\eta$  — коэффициент полезного действия насоса;

$\eta_n$  — коэффициент полезного действия передачи от двигателя к насосу;

$\gamma$  — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Для подъемника мощность двигателя определяется по формуле

$$P = \frac{(G + G_0) \cdot v}{102\eta\eta_n},$$

где  $G$  — масса (номинальная) поднимаемого груза, кг;

$G_0$  — масса приспособления (платформы) для подъема груза, кг;

$v$  — скорость подъема груза, м/с;

$\eta$  — КПД подъемного механизма;  $\eta_n$  — КПД передачи.

Для транспортера мощность двигателя определяется по формуле

$$P = \frac{QH}{367,2} \cdot \sqrt{Q} \cdot [0,029(1,3 + X) + 0,0058 \cdot \sqrt[3]{Q} \times \\ \times (0,07L + 0,03L_1)],$$

где  $P$  — мощность, кВт;  $Q$  — производительность транспортера или элеватора, т;  $H$  — полная высота подъема, м;  $X$  — число направляющих барабанов (без приводной станции);  $L$  — длина транспортера между конечными барабанами, м;

$L_1$  — длина пути перемещаемого материала, м.

## Глава 2. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАЩИТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

### 2.1 Общие сведения

Замыкание и размыкание цепей различных электрических приемников (двигателей, нагревателей) осуществляются аппаратами непосредственного ручного, дистанционного или автоматического управления. Защита цепей от повреждений, вызываемых токами перегрузки и короткого замыкания, осуществляется аппаратами защиты (плавкими предохранителями, автоматическими выключателями).

**К аппаратам ручного управления** относятся рубильники, пакетные, кнопочные, кулачковые и барабанные выключатели и переключатели, штепсельные разъемы. Непосредственным воздействием руки на рукоятку или кнопку этих аппаратов подвижные контакты их вводятся в соприкосновение с неподвижными, и электрическая цепь замыкается. Размыкание цепи также происходит при непосредственном воздействии руки на рукоятку или кнопку аппарата. С помощью переключателей осуществляются не только замыкание и размыкание цепи электроприемника, но и изменение схемы его включения.

**К аппаратам дистанционного управления** относятся магнитные пускатели и контакторы, контакты которых замыкаются и размыкаются не от непосредственного воздействия руки, а через промежуточный элемент — электромагнит или электропривод.

Магнитные пускатели и контакторы могут использоваться и при автоматическом управлении электрическими приемниками. В этом случае замыкание и размыкание их цепей управления (электромагнита и электропривода) осуществляются не рукой, а приборами автоматики, например датчиками реле температуры и др.

**К электрическим аппаратам автоматического управления** относятся конечные и путевые выключатели и переключатели (микрпереключатели), контакты которых замыкаются и размыкаются под действием тех или иных органов машины. Эти контакты могут замыкать и размыкать цепи электроприемников или непосредственно, или после воздействия на цепи управления магнитных пускателей (контакторов).

К основным параметрам электрических аппаратов относятся номинальные величины тока и напряжения. Произведение этих величин дает номинальную (максимальную) мощность электрического приемника, для включения и отключения которого может применяться данный аппарат. Например, номинальный ток трехфазного штепсельного разъема (с заземляющим контактом) равен 25 А при номинальном напряжении 220 В. Этим разъемом можно подключить к сети электроприемник с активным сопротивлением ( $\cos \varphi = 1$ ), максимальной мощностью  $P = I_n U_n \cos \varphi = 25 \cdot 220 \cdot 1 = 5500 \text{ Вт} = 5,5 \text{ кВт}$ .

Одни и те же аппараты часто могут быть использованы в цепях с различным напряжением. Например, выключатели и переключатели — в цепях с напряжением 380 и 220 В, но номинальный ток их при этом будет различным. Например, при напряжении 380 В — 16 А, а при 220 В — 25 А. Номинальный



ток магнитных пускателей и при напряжении 380 В, и при напряжении 220 В принимается одним и тем же, например 25 А для ПМЕ-211 и ТМЛ-2100.

Очень важным параметром для многих аппаратов, особенно автоматического управления, является электрическая и механическая износостойкость — количество циклов (включение и отключение), которое аппарат выдерживает без повреждения. В настоящее время электрическая износостойкость магнитных пускателей и электромагнитных реле достигает 1...3 млн. циклов.

Большинство электрических аппаратов предназначено для работы при температуре окружающей среды (воздуха) от  $-40$  до  $40$  °С. Наряду с этим выпускаются и теплостойкие аппараты, например для работы при температуре окружающей среды до  $120$  °С. К таким аппаратам относится теплостойкий кулачковый переключатель для кухонных плит типа ТПКП.

## 2.2 Электрический контакт и переходное сопротивление

Электрическим контактом называют место перехода тока из одной токоведущей части в другую. Контактom электрического аппарата называют и конструктивный узел, с помощью которого производится замыкание или размыкание электрической цепи. Контакт электрического аппарата состоит из двух элементов — подвижного и неподвижного. Оба элемента также называются контактами. Подвижной контакт перемещается вместе с подвижной частью аппарата.

В дальнейшем под контактом в основном будет подразумеваться конструктивный узел аппарата, служащий для замыкания и размыкания электрических цепей.

По конструктивному оформлению контакты подразделяются на **точечные, линейные и плоскостные (рис. 2.1)**.

В точечных контактах соприкосновение теоретически происходит в одной точке, так как соприкасающиеся поверхности контактов имеют сферическую форму. Один из контактов может быть выполнен в виде диска с плоской контактирующей поверхностью, а другой — в виде диска со сферической контактирующей поверхностью. Практически соприкосновение контактов вследствие смятия их поверхностей под действием контактного давления (подвижного контакта на неподвижный) происходит на небольшой площадке. Диаметр контактных дисков зависит от номинального тока контактов. Для небольших токов он равен 2...3 мм, а для токов 25... 1000 А возрастает до 6... 15 мм.

В линейных контактах соприкосновение происходит по линии, в плоскостных — по плоскости.

В маломощных аппаратах в основном применяется точечный контакт. Для малых мощностей управления он надежно замыкает цепь при небольших силах нажатия одного контакта на другой. Контакты укрепляются на плоских пружинах, которые обеспечивают им свободу пере-

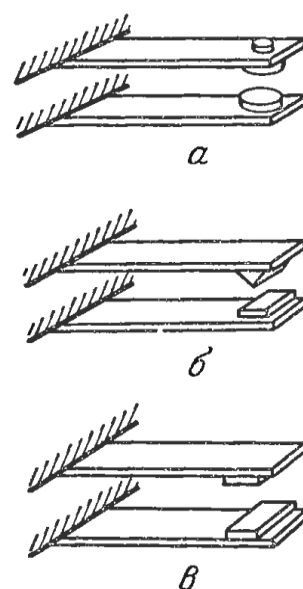


Рис. 2.1. Типы контактов:  
а — точечный; б — линейный;  
в — плоскостный

мещения. Пружина неподвижного контакта смягчает удары при резком замыкании контактов и создает некоторое скольжение одного контакта о другой. При скольжении контактов происходит очищение (соскабливание) пленки окислов на контактных поверхностях.

В аппаратах, предназначенных для больших токов, применяются линейные и плоскостные контакты.

Контакты во время работы могут находиться: в разомкнутом состоянии, в процессе замыкания, в замкнутом состоянии, в процессе размыкания. В разомкнутом состоянии расстояние между контактами зависит от напряжения сети и вида применяемого диэлектрика.

В процессе замыкания необходимо обеспечить быстрое сближение контактов, чтобы перед их соприкосновением не могла возникнуть дуга.

В замкнутом состоянии через контакт проходит ток приемника. В контакте выделяется теплота, количество которой зависит от величины тока и переходного сопротивления контакта. Сопротивление контакта зависит от формы, размеров, материала подвижного и неподвижного элементов и состояния контактных поверхностей. Контакты изготавливаются из меди, серебра, золота, вольфрама и других металлов и их сплавов. Все эти материалы обладают большой механической прочностью, имеют высокие температуры плавления, теплопроводность, электропроводность и сопротивляемость к окислению. Медь — наиболее дешевый из перечисленных металлов, но и наиболее окисляемый. Применяется медь для контактов рубильников и разъединителей большой мощности. Наиболее распространенными материалами для контактов являются серебро или сплавы серебра.

В цепях переменного тока гашение дуги при размыкании контактов осуществляется значительно проще, чем в цепях постоянного тока. Гашение дуги при переменном токе облегчается его нулевыми значениями. В тот момент, когда ток принимает нулевое значение, дуга легко может погаснуть и больше не зажечься. Для зажигания дуги требуется значительно большее напряжение, чем для поддержания ее горения. При прочих равных условиях для контакта в цепи переменного тока величина последнего допускается в 2 раза большей, чем в цепи постоянного тока.

Для ускорения гашения дуги применяются различные устройства (рис. 2.2).

На рис. 2.2, а изображен контакт с упругими плоскими пружинами. Пружины 1 прижимают подвижной контакт 2 к неподвижному контакту 3. Размыкание контактов происходит при воздействии на подвижной контакт силы размыкания определенной величины. При этом размыкание контакта происходит очень быстро. Во многих контактах применяют не плоские, а спиральные пружины. Прикладываемая сила заводит пружину, и только после увеличения ее до определенной величины контакты размыкаются.

На рис. 2.2, б изображен контакт, на скорость замыкания и размыкания которого влияет постоянный магнит 1. При постепенном возрастании силы  $F$  без участия магнита происходило бы медленное размыкание контакта с устойчивым горением дуги. Постоянный магнит удерживает ферромагнитную пластину 2, пружинную пластину 3 и подвижной контакт 4 в неподвижном состоянии

до тех пор, пока сила  $F$  не достигнет определенной величины. После этого подвижной контакт 4 с большой скоростью отходит от неподвижного контакта 5, и возникающая при этом дуга быстро гаснет; поверхности контактов почти не изнашиваются.

Если контакт замыкается, то при небольшом зазоре сила притяжения постоянного магнита обеспечивает быстрое сближение подвижного контакта с неподвижным.

Для уменьшения износа основных контактов (при их размыкании) применяются дополнительные контакты. Последние размыкаются несколько позже основных, поэтому искра (дуга) возникает между дополнительными контактами. Некоторые контакты устроены так, что размыкание и замыкание их происходят между одними частями их поверхностей, в то время как в замкнутом состоянии они соприкасаются другими частями поверхностей.

Кроме устройств, увеличивающих скорость размыкания контакта, широко применяются и устройства для ускорения гашения дуги.

На рис. 2.2, в изображен контакт с деионной решеткой. Над рабочими контактами 1 и 5 располагается ряд металлических пластин 2, укрепленных в стенках дугогасительной камеры 3. При размыкании контактов электрическая дуга 4 под действием нагретого воздуха поднимается кверху и попадает на металлические пластины, которые разбивают дугу на части и, отбирая теплоту, охлаждают ее. И то и другое ускоряет гашение дуги. Деионные решетки применяются для контактов цепей постоянного и переменного тока.

На рис. 2.2, г изображен контакт с дугогасительной обмоткой. Обмотка 2, состоящая из нескольких витков проволоки большого сечения, расположена на ферромагнитном сердечнике. По виткам обмотки проходит рабочий ток, и между полюсами магнитопровода создается магнитное поле, направление которого зависит от направления тока в витках обмотки. Контакты 5 расположены между полюсами внутри дугогасительной камеры 4, выполненной из керамики или асбоцемента. При размыкании контактов между ними возникает дуга 3. На дугу, как и на проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует выталкивающая сила  $F$ . Направление ее определяется по правилу левой руки. Величина действующей силы зависит от магнитной индукции поля полюсов, а также длины и тока дуги. Под действием силы  $F$  дуга удлиняется и быстро гаснет.

Дугогашение в магнитном поле применяется для контактов, размыкающих цепи постоянного и переменного тока большой мощности. Когда размыкается цепь переменного тока, направление действия силы тока на дугу при изменении направления тока остается постоянным, так как одновременно с изменением направления тока дуги изменяется и направление магнитного поля обмотки.

Очень часто для увеличения скорости гашения дуги применяют контакты мостикового типа с двойным разрывом цепи (рис. 2.2, д). Подвижной контакт 2 при воздействии силы снизу входит в соприкосновение с двумя неподвижными контактами 1, 3 и замыкает электрическую цепь. Пружина 4 снизу упирается в изоляционную пластину 5, а сверху — в подвижной контакт 2. После того, как контакт 2 войдет в соприкосновение с контактами 1, 3, изоляционная пла-

стина 5 переместится еще на некоторую высоту. При этом пружина 4 сожмется и обеспечит контактное давление. При размыкании контактов электрическая цепь разорвется в двух местах — между подвижным контактом 2 и неподвижными 1, 3, что способствует ускорению гашения дуги.

Все рассмотренные способы ускорения гашения дуги применяются в силовых контактах при большой разрывной мощности цепи.

Образованию и поддержанию горения электрической дуги способствует индуктивность отключаемой цепи. Под действием тока создается магнитное поле, величина которого пропорциональна индуктивности приемника.

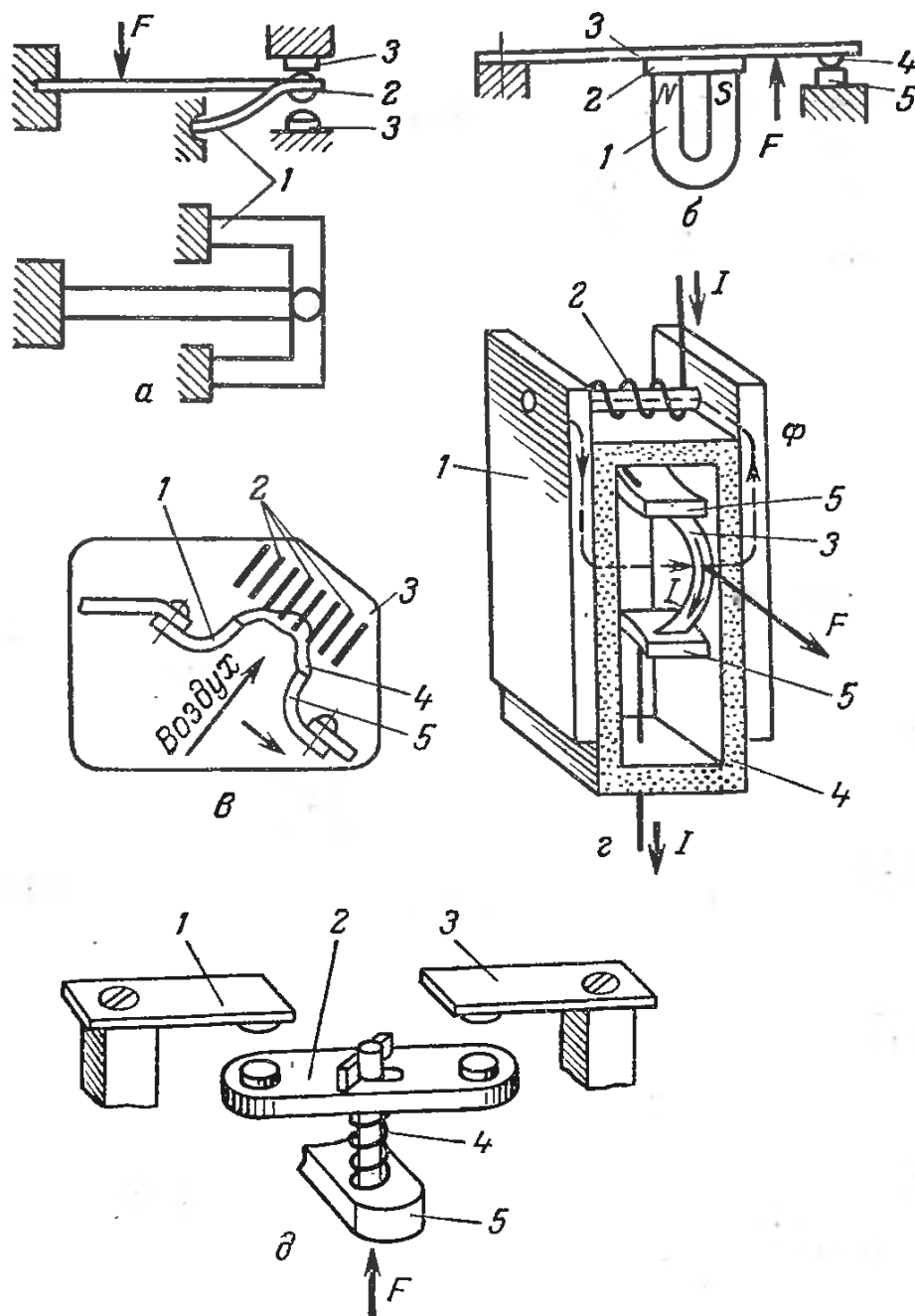


Рис. 2.2. Контакты с различным способом дугогашения:   
 а — быстрым размыканием при помощи плоских пружин; б — при помощи магнита; в — посредством деионной решетки; г — магнитным дутьем; д — применением контакта мостикового типа с двойным разрывом цепи

При размыкании такой цепи энергия магнитного поля превращается в электрическую энергию. Возникает электродвижущая сила самоиндукции, величина которой может превышать величину напряжения данной цепи.

Износ контактов значительно уменьшается при работе их в вакууме или в инертном газе.

На рис. 2.3 изображены контакты, заключенные в стеклянную оболочку 2, — герконы (герметичные контакты) и ВРМ (выключатели ртутные магнитные).

Подвижные контакты 4 перемещаются от неподвижных 1 под воздействием магнитного поля магнита 5. В выключателе ВРМ неподвижный контакт 1 находится в ртути 3, через которую он контактирует (замыкается) с подвижным контактом 4 при отсутствии взаимодействия с магнитным полем. Пружина 6 обеспечивает контактное давление и возвращение неподвижного контакта после прекращения воздействия магнитного поля.

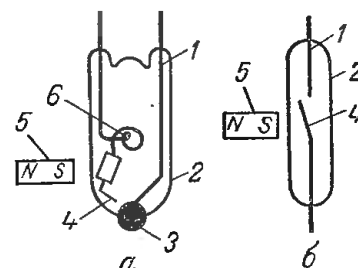


Рис. 2.3. Выключатель ртутный магнитный (а) и герметичный контакт (б)

### 2.3 Аппараты непосредственного ручного управления

На предприятиях торговли и общественного питания широко применяются аппараты непосредственного ручного управления: рубильники, пакетные, кнопочные, барабанные выключатели и переключатели.

**Рубильники.** Рубильники применяются в основном в качестве разъединителей для размыкания и замыкания электрической цепи, по которой не проходит ток, и лишь изредка для включения и отключения различных приемников. Устанавливаются они на силовых щитах или на стене. В последнем случае рубильник обязательно должен иметь защитный кожух. На рис. 2.4, а изображен рубильник с боковой рукояткой, что позволяет полностью закрывать его кожухом 7.

Провода от сети присоединяют к клеммам 2 контактных стоек (губок) 3 рубильника. Провода от электрического приемника присоединяют к клеммам 6 ножей 4. Такое присоединение уменьшает возможность случайного соприкосновения с клеммами, находящимися под напряжением, когда контакты рубильника разомкнуты.

Неподвижные контакты 3 и подвижные 4 укреплены на плите 1, изготовленной из изоляционного материала. При размыкании контактов рукоятка 5 передает усилие на подвижные контакты (ножи) 4 через пружины. Размыкание контактов начинается только при определенном усилии. Пружины в это время находятся в растянутом положении и после начала размыкания обеспечивают быстрое движение подвижных контактов (ножей) независимо от дальнейшего увеличения усилия размыкания на рукоятку 5.

Применяются трехполюсные рубильники с боковым и центральным приводами на токи 60, 100, 200 А и более и напряжение 220 и 380 В. Часто рубильники монтируются в одном кожухе с плавкими предохранителями.

**Пакетные выключатели.** Данные аппараты значительно компактнее ру-

бильников. Пакетные выключатели монтируются с выводом на панель только рукоятки, что обеспечивает безопасность работы обслуживающего персонала.

Пакетный выключатель состоит из переключающего механизма и контактной группы; клеммы 2, 7 неподвижных контактов выступают из корпуса.

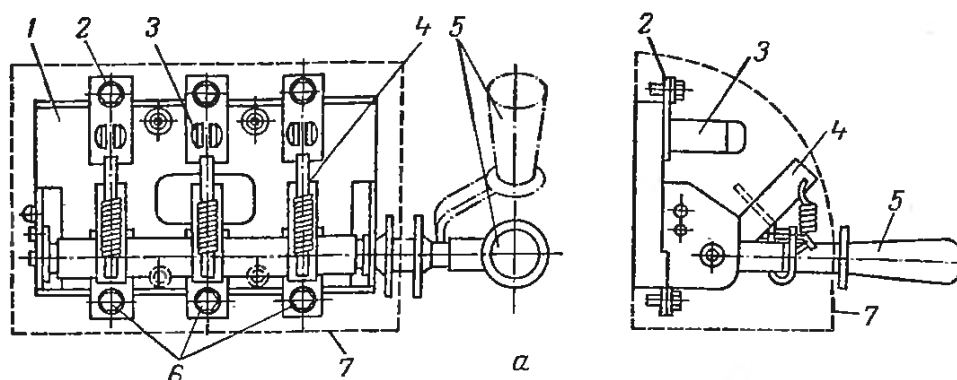
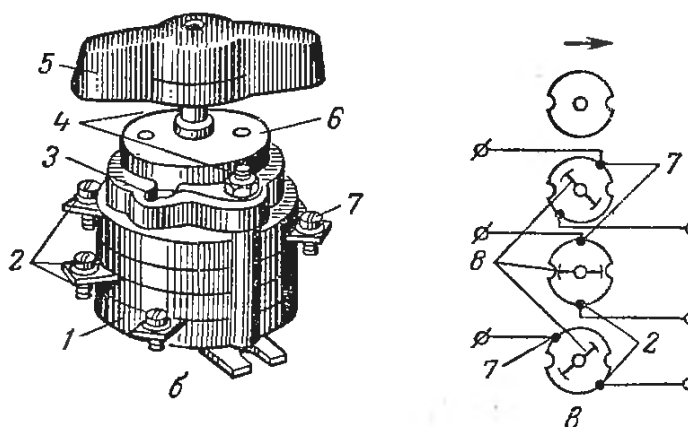


Рис. 2.4. Аппараты ручного управления:  
*а* — рубильник; *б* — пакетный выключатель; *в* — электро-схема трехполюсного выключателя



Подвижные контакты 8 находятся внутри корпуса на втулке квадратного сечения, выполненной из изоляционного материала. Корпус набирается из изоляционных шайб 1, соединенных между собой стягивающими шпильками 4. Подвижные контакты поворачиваются рукояткой через пружинный механизм быстрого переключения 6. При повороте рукоятки 5 вначале заводится пружина механизма быстрого переключения. Когда усилие, действующее от рукоятки на фигурную шайбу, возрастает до определенной величины, шайба очень быстро поворачивается на четверть оборота до следующего упора 3 в верхней крышке. Упоры в крышке расположены под углом 90°. Втулка квадратного сечения, на которой укреплены подвижные контакты, соединена с фигурной шайбой. Одновременно с быстрым поворотом фигурной шайбы происходит поворот подвижных контактов 8. Последние укреплены в пластинах из фибры, которые выполняют роль направляющих и обеспечивают быстрое гашение возникающей дуги. Фибра под воздействием высокой температуры выделяет большое количество газов. Давление их увеличивается, в результате чего происходит движение газов через щели пакета. Свежий, неионизированный воздух, поступающий внутрь выключателя, способствует быстрому гашению дуги.

Пакетные выключатели выпускаются на токи 10 и 25 А при напряжении

220 В в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях. Последние применяются для включения трехфазных асинхронных двигателей (например, в универсальных приводах). В трехполюсном пакетном выключателе три подвижных контакта расположены между четырьмя изоляционными шайбами. Эти же пакетные выключатели могут применяться и при напряжении 380 В, но допустимая величина тока для них снижается соответственно до 6 и 15 А. При номинальных величинах тока и напряжения и коэффициенте мощности 0,8 пакетные выключатели выдерживают 20 000 переключений. Частота переключений не должна превышать 300 в час.

Для удобства подключения проводов неподвижные контакты расположены не по образующей, а сдвинуты относительно друг друга. Клеммы одного контакта расположены между одними и теми же шайбами диаметрально противоположно. Провода от приемника принято подключать к клеммам, расположенным по одну сторону шпилек, например к клеммам 2, а провода сети — по другую (к клеммам 7).

Поворачивая рукоятку пакетного выключателя на  $90^\circ$ , можно включать и отключать приемник. Из четырех положений рукоятки пакетного выключателя два соответствуют включенному и два отключенному состоянию приемника.

Кроме пакетных выключателей, широко применяются и пакетные переключатели. В пакетном переключателе только одно положение соответствует отключенному состоянию приемника, а три остальных — включенному различными способами.

**Трехполюсный переключатель.** От трехполюсного рубильника он отличается тем, что подвижные контакты (ножи) имеют не одно, а два замкнутых положения. Ножи могут замыкаться с тремя левыми и тремя правыми неподвижными контактами. Такие переключатели применяются для включения трехфазных двигателей и изменения направления их вращения (реверсирования).

Изменения направления вращения трехфазного двигателя достигают переключением двух токоподводящих проводов. Электрический двигатель М (рис. 2.6) подключают к подвижным контактам (ножам) переключателя Q. Провода сети подсоединяют к клеммам неподвижных контактов. Клеммы неподвижных контактов соединяют так, чтобы была обеспечена переброска двух проводов. Например, при замыкании подвижных контактов с правыми неподвижными провод А по-прежнему подсоединяется к левой клемме двигателя, но провод В теперь подсоединяется к правой, а провод С — к средней клеммам двигателя. Этим и обеспечивается изменение направления вращения (реверсирование) двигателя. Для защиты цепи предусмотрены плавкие предохранители F.

**Кулачковые переключатели.** Для коммутации силовых цепей и цепей управления широкое применение нашли универсальные кулачковые переключатели типов ПКУ-2 и ПКУ-3, а также переключатели ПКП.

Отличаются эти переключатели друг от друга в основном размерами и номинальным током контактов. Так, номинальный ток контактов ПКУ-2—6 А, ПКУ-3—10, а ПКП—25, 40, 63, 100 и 160 А. Номинальный ток контактов переключателя ПКП записывается непосредственно после его сокращенного буквенного обозначения, например ПКП-25, ПКП-40, ПКП-63 и т. д.

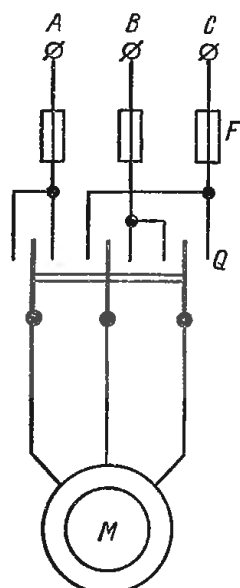


Рис. 2.6. Электрическая схема включения двигателя трехполюсным переключателем

Кулачковый переключатель (рис. 2.7) состоит из двух электрокоммутиционных секций 5, 6, секции механизма фиксации 4, рукоятки 1 и фронтальной панели 2.

При установке на стенке 3 электрического шкафа провода сети подсоединяют к зажимам 8, а провод заземления или защитный нулевой проводник к зажиму 7.

Рукоятка переключателя крепится на валу винтом 9, вворачиваемым в электроизоляционный клин.

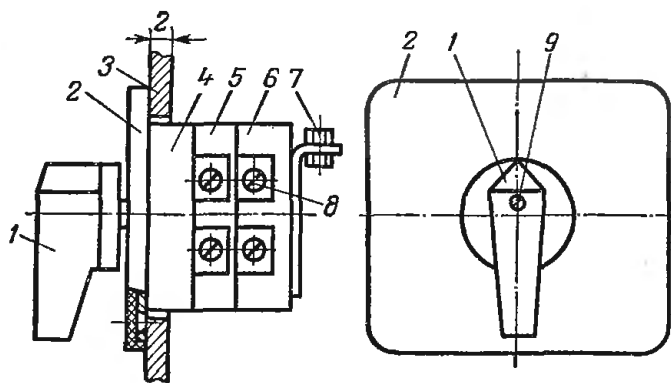


Рис. 2.7. Универсальный кулачковый переключатель

56

**Штепсельные разъемы.** Для подключения к сети переносных и передвижных трехфазных электрических машин и электротепловых аппаратов применяются штепсельные разъемы. Розетки 1 устанавливают в различных помещениях и подключают их к сети. К трем гнездам 6 подводят линейные провода, а гнездо 8 соединяют с заземленной шиной или нулевым проводом. К контактам 4 вилки 2 подключают обмотки двигателя или спирали электротеплового

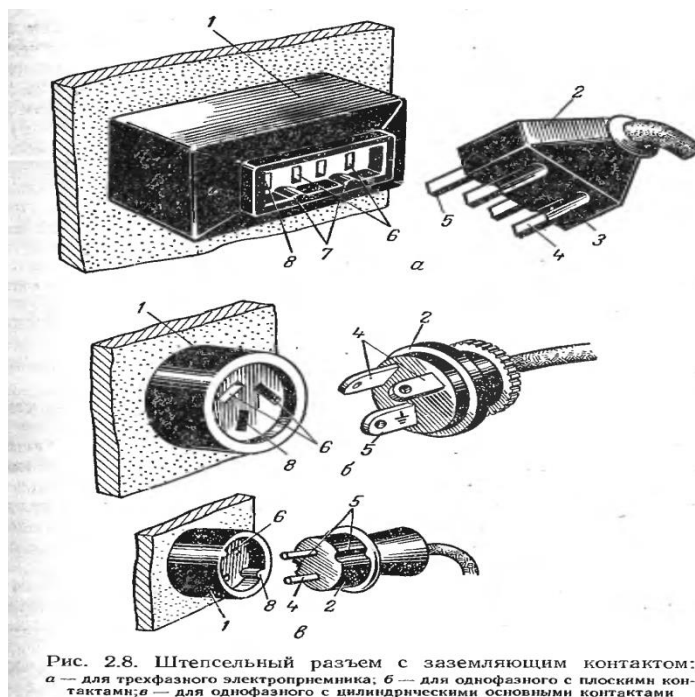


аппарата. К более длинному контакту 5 подсоединяют корпус машины или аппарата.

При замыкании контактов вилки с контактами розетки прежде всего замыкаются контакты 5 и 8. Благодаря этому корпус заземляется раньше, чем напряжение попадает на рабочие клеммы электроприемника. Вилку 2 можно вставить в розетку 1 только впадинами 3 вдоль выступов 7. Таким образом, если в приемнике нарушается изоляция, опасности поражения человека электрическим током в момент подключения к сети не возникает.

Штепсельные разъемы применяются также для подключения к сети однофазных электрических приемников с одновременным их заземлением. В этих разъемах (рис. 2.8, б, в) имеются два основных контакта и один заземляющий. Конструктивное устройство их подобно рассмотренным выше. При включении приемника заземляющий контакт 5 вилки 2 входит в соприкосновение с контактом 8 розетки 1 раньше, чем основные контакты 4 войдут в соприкосновение с контактами 6. При включении приемника раньше размыкаются основные контакты 4, 6, чем заземляющие 5, 8. Наряду с разъемами, в которых используются плоские контакты, выпускаются и разъемы с цилиндрическими контактами (рис. 2.8, в)

Для однофазных приемников наибольшее распространение получили штепсельные разъемы, изображенные на рис. 2.8, б. Подключение однофазных приемников (термостатов, передвижных мармитов, сосисковарок) с помощью разъемов без наличия заземляющих контактов не допускается.



## 2.4 Плавкие предохранители

Для защиты электрических сетей электрооборудования и при перегрузках и коротких замыканиях применяются плавкие предохранители, автоматические выключатели и защитные реле. Чрезмерные токи перегрузки и короткого замыкания в основном возникают в цепи, когда сопротивление ее оказывается значи-

тельно меньше номинального сопротивления. Причинами этого могут быть повреждение электроизоляции, перегрузка двигателя. Под действием этих больших токов за короткое время может, выделиться такое количество теплоты, которое перегреет провода и электрооборудование выше критической для изоляции температуры. Если не обеспечить своевременное отключение электрической цепи, то произойдет воспламенение изоляции проводов и электрооборудования.

Плавкие предохранители устанавливаются в рассечку проводов, соединяющих электрическое оборудование с источником питания, т.е. последовательно с электрическим приемником. Плавкий предохранитель состоит из основания и плавкой вставки. Основание предохранителя — несменная его часть, предназначенная для установки плавкой вставки. В основании имеются выводы для присоединения внешних проводков электрической цепи.

Плавкая вставка предохранителя — часть предохранителя, отключающая ток электрической цепи и подлежащая замене после срабатывания предохранителя для восстановления его работоспособности. В основном плавкая вставка состоит из держателя и плавкого элемента. Она может иметь указатель срабатывания предохранителя и боек, который механически воздействует на свободные контакты предохранителя или расцепляющее устройство другого аппарата.

Основания предохранителей выпускают на токи 10; 16; 31,5; 63; 80; 100; 125; 160; 200 А и выше, а плавкие вставки — на токи 2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 120; 160; 200 А.

Плавкий элемент предохранителя представляет собой проволоку или пластину, изготовленную чаще всего из меди и значительно меньшего сечения, чем сечение проводов цепи. При увеличении тока цепи до величины, превышающей номинальный ток предохранителя в несколько раз, плавкий элемент через некоторое время нагревается до температуры плавления. Расплавляясь, он разрывает электрическую цепь, в результате чего прохождение тока прекращается.

Конструктивно предохранители подразделяются на **резьбовые и трубчатые**. Резьбовые выпускаются на токи до 25 А и напряжение до 380 В с двумя исполнениями плавких вставок: без индикатора срабатывания и с индикатором срабатывания.

**Резьбовой предохранитель Е-27** (рис. 2.9, а) состоит из трех основных частей: основания 12, головки 1 и плавкой вставки 3 (16, 18, 19). На основании 12 укреплены контакты 8, 10 с выводами 7. Провод сети 6 подсоединяется к центральному контакту 10, а провод 13 от электрооборудования — к резьбовой гильзе 8. Этим обеспечивается безопасность при вывернутой головке предохранителя. Под напряжением остается наиболее удаленный центральный контакт 10, до которого очень трудно дотронуться.

Для плавких вставок 16 с индикатором срабатывания 14 применяется головка 1 со стеклом 2 (рис. 2.9, г). Внутри корпуса 16 этой плавкой вставки (рис. 2.9, е) имеется плавкий элемент 15, электрически соединенный с контактом 17 и индикатором срабатывания 14. При срабатывании предохранителя индикатор 14 смещается. Смещение его можно увидеть через окно 2 головки 1. Когда основание предохранителя изготавливается на ток 6,3; 10 и 16 А, то на центральный контакт 10 устанавливается контрольная фарфоровая гильза 11 с различ-

ным диаметром внутреннего отверстия (рис. 2.9, з). Для предохранителя на 6,3 А диаметром отверстия 6,5 мм.

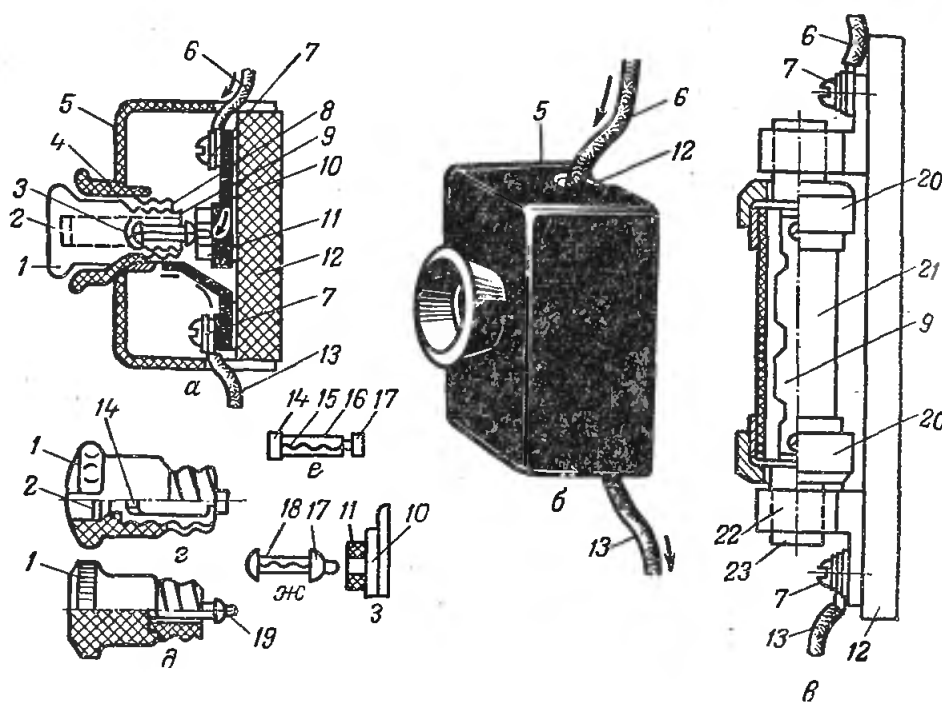


Рис. 2.9. Плавкие предохранители:

*а, б* — резьбовой Е-27, *в* — трубчатый ПР-2; *г, е* — головка и плавкая вставка Е-27 исполнения 2 (с индикатором срабатывания); *д, ж* — головка и плавкая вставка Е-27 исполнения 1 на ток 6,3 А без индикатора срабатывания; *з* — элемент основания с контрольной гильзой 11 и контактом 10

на 10 А — 8,5 и на 16 А — 10,5 мм. Такая гильза не позволяет применять плавкую вставку на больший ток в основании предохранителя и в цепи, рассчитанных на меньший ток. Так, в основание предохранителя на 6,3 А не ввернется (не обеспечится замыкание контактов 10 и 17) головка с плавкой вставкой на 10 А и более. Диаметр контакта 17 плавкой вставки на 10 А — 8 мм, а отверстие в контрольной гильзе — 6,5 мм. Индикатор срабатывания и контрольная гильза окрашены в одинаковый цвет. Для плавкой вставки на 6,3 А применяется зеленый цвет, на 10 А — красный и на 16 А — серый. Индикатор срабатывания плавкой вставки на 20 А окрашен в синий цвет, на 25 А — в желтый цвет.

Внутреннее пространство плавкой вставки, в котором расположен плавкий элемент, заполнено кварцевым песком или другим дугогасящим наполнителем.

Головка и плавкая вставка 19 без индикатора срабатывания изображены на рис. 2.9, д, ж. Плавкая вставка состоит из фарфорового корпуса 18 и двух контактов 17, к которым присоединен плавкий элемент. В предохранителе Е-27 применяется квадратное или прямоугольное исполнение оснований 12 с пластмассовой или фарфоровой крышкой 5. Плавкая вставка 3 контактирует с резьбовой гильзой 4 головки 1.

Трубчатый плавкий предохранитель (рис. 2.9, в) состоит из основания 12 (с выводами 7 и контактами 22) и плавкой вставки 21 с пластинчатым плавким элементом 9. Плавкий элемент 9 закреплен на двух ножевых контактах 23, которые вставляются в неподвижные пружинящие губки — контакт 22 основания 12. При перегорании (расплавлении) плавкого элемента 9 его можно заменить. Для этого плавкая вставка вынимается из губок основания предохранителя и

разбирается путем отворачивания гаек 20. В держатель плавкой вставки ПР-2 можно устанавливать плавкие элементы на различные токи. Например, в держатель на номинальный ток 60 А можно установить плавкие элементы на 16 (15), 20, 25, 40 и 60 А. Выпускаются трубчатые предохранители типа ПН-2 и НПН-2, у которых в качестве контактов плавкой вставки используются не ножи, а гайки 20. Корпус плавкой вставки ПН-2 заполнен кварцевым песком, который облегчает гашение дуги при срабатывании предохранителя, т.е. при расплавлении плавкого элемента.

Можно построить график зависимости времени срабатывания плавкого элемента от относительного превышения тока цепи над номинальным током вставки  $I/I_{вст}$ .

Из этого графика будет видно, что плавкие предохранители срабатывают при больших токах в цепи, чем номинальный ток плавкой вставки. Предохранитель с плавкой вставкой на 10 А не срабатывает при токах до 15...18 А, т.е. в 1,5...1,8 раза больше номинального. Предохранитель с плавкой вставкой на 25 А не срабатывает при токах 32...45 А. Предохранитель с плавкой вставкой на 10 А срабатывает через 1...5 мин при токе 20 А, через 5...40 с — при токе 30 А. При больших токах он срабатывает через меньший отрезок времени. Так, при токе, в 4 раза превышающем номинальный ток плавкой вставки предохранителя, он срабатывает примерно через 1...10 с, в 7 раз — через 0,05...0,5 с.

#### **Расчет и подбор плавких предохранителей.**

Для осветительной сети номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по максимальному номинальному току подключенных к сети ламп:

$$I_{вст} \geq I_{мах}.$$

При этом должен быть принят предохранитель с плавкой вставкой, номинальный ток которой превышает ток  $I_{мах}$  на наименьшую из возможных величин.

Для групповой осветительной сети, в которой предусматривается одновременное включение группы ламп накаливания мощностью каждая 500 Вт и более, плавкая вставка определяется с учетом их пускового тока:

$$I_{вст} \geq \frac{I_{пуск}}{2,7...3}$$

где  $I_{пуск}$  — ток включения ламп, А (принимается по технической характеристике этих ламп).

Для силовой сети с электротепловым оборудованием, оснащенным резистивными электронагревателями, номинальный ток плавкой вставки определяется по максимальному номинальному току подключенных к сети электроприемников:

$$I_{вст} \geq I_{мах}$$

где  $I_{\max}$  — номинальный ток электротеплового оборудования, А (для электротеплового оборудования с регулируемой мощностью нагрева принимается номинальный ток высшей ступени нагрева).

Номинальный ток в однофазной сети с осветительной и силовой электротепловой резистивной нагрузкой определяется по формуле

$$I_n = I_{\max} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

где  $P$  — мощность электроприемников, подключенных к сети, Вт (для электротеплового оборудования с регулируемой мощностью нагрева принимается мощность высшей ступени нагрева);  $\cos \varphi$  — коэффициент мощности (для сети с лампами накаливания и сети с электротепловым оборудованием с резистивными электронагревателями  $\cos \varphi = 1$ ; для сети с люминесцентными лампами  $\cos \varphi = 0,9$ ).

Номинальный (максимальный) ток в трехфазной сети с осветительной и силовой электротепловой резистивной нагрузкой определяется по формуле

$$I_n = I_{\max} = \frac{P \cdot K_{\text{нер}}}{U \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}}$$

где  $P$  — мощность электроприемника, Вт (для электротеплового оборудования с регулированием нагрева принимается мощность высшей ступени нагрева);  $K_{\text{нер}}$  — коэффициент неравномерности нагрузки фаз (для плит ПЭ-0.51М, котлов, кипятильников  $K_{\text{нер}}$  равен 1, для шкафов ШЖЭ-0.51М—1,3);  $U$  — напряжение (линейное) сети, В;  $\cos \varphi$  — коэффициент мощности (для сети с лампами накаливания и электротепловым резистивным оборудованием  $\cos \varphi = 1$ , для сети с люминесцентными лампами  $\cos \varphi = 0,9$ ).

В основном каждый электротепловой аппарат должен подсоединяться к отдельной группе щита, т.е. к предохранителям, предназначенным только для данного аппарата. Допускается подключение к одной группе щита не более четырех электротепловых аппаратов мощностью до 3 кВт или двух мощностью до 5 кВт. Допускается также подключать к одной группе щита несколько силовых розеток с заземляющими зажимами.

После определения номинального тока плавкой вставки выбирается тип и номинальный ток предохранителя, пользуясь приложением 2. При этом номинальное напряжение предохранителя должно соответствовать напряжению сети. Оно должно быть равным или больше напряжения сети.

Для сети с одним электрическим двигателем предохранители выбирают с учетом пускового тока, так как иначе плавкая вставка может расплавиться во время пуска, когда величина пускового тока превысит величину номинального тока в 5—7 раз.

Для двигателей с небольшим числом включений и легкими условиями

пуска(продолжительность пуска не более 5 с) ток плавкой вставки определяется по формуле:

$$I_{вст} \geq I_{пуск} / 2,5$$

В начальный момент пуска двигателя величина тока цепи будет превышать величину тока плавкой вставки примерно в 2,5 раза. При этом плавкая вставка не расплавится, так как она обладает тепловой инерцией, а ток двигателя очень быстро уменьшается. При тяжелых условиях пуска (продолжительность пуска более 5 с) ток плавкой вставки рассчитывается по формуле :

$$I_{вст} = I_{пуск} / 1,6...2$$

По этой же формуле можно определить ток плавкой вставки для сети с одним электродвигателем с большой частотой включений и легкими условиями пуска.

Пусковой ток определяется по формуле

$$I_{пус} = I_n \cdot K$$

где  $I_n$  — номинальный ток электродвигателя, А;  $K$  — кратность пускового тока двигателя.

Номинальный ток и кратность пускового двигателя даются в его паспортных данных. Кроме того, номинальный ток двигателя может быть определен по формуле

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3}}$$

где  $P$  — мощность двигателя, кВт;  $U$  — номинальное напряжение, В;  
 $\cos \varphi$  — коэффициент мощности двигателя;  $\eta$  — коэффициент полезного действия.

Предохранители устанавливаются и для группы электрических приемников, работающих в одной машине, например посудомоечной, или в одной линии, выполняющей один технологический процесс, например линии переработки и расфасовки лука. Плавкие вставки для таких предохранителей выбираются из условия работы наибольшего количества приемников при пуске двигателя с максимальным пусковым током:

$$I_{вст} \geq I'_{раб} + \frac{I'_{пуск}}{\alpha},$$

где  $I'_{раб}$  — длительный ток группы приемников без учета включаемого двигателя;  $I'_{пуск}$  — пусковой ток двигателя, включаемого во время работы других

приемников, который является наибольшим для этой группы приемников;  $\alpha$  — коэффициент, равный 2,5 для двигателя с легкими условиями пуска и 1,6...2 — для двигателей с тяжелыми условиями пуска или большим числом включений.

Все девять силовых приемников, для которых выбраны предохранители, подключены к одному электрическому распределительному пункту РП (рис. 2.10). Этот пункт подсоединен к вводному электрическому щиту ЩВ предприятия, на котором также имеются защитные аппараты — предохранители. При расчете плавких вставок предохранителей на вводном щите принимается не вся установленная мощность распределительного пункта РП, а расчетная мощность. Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_{расч} = K_c \cdot P_{ус}$$

где  $K_c$  — коэффициент спроса,  $K_c \leq 1$ . При числе электрических приемников  $n \leq 10$   $K_c$  принимается равным 1.

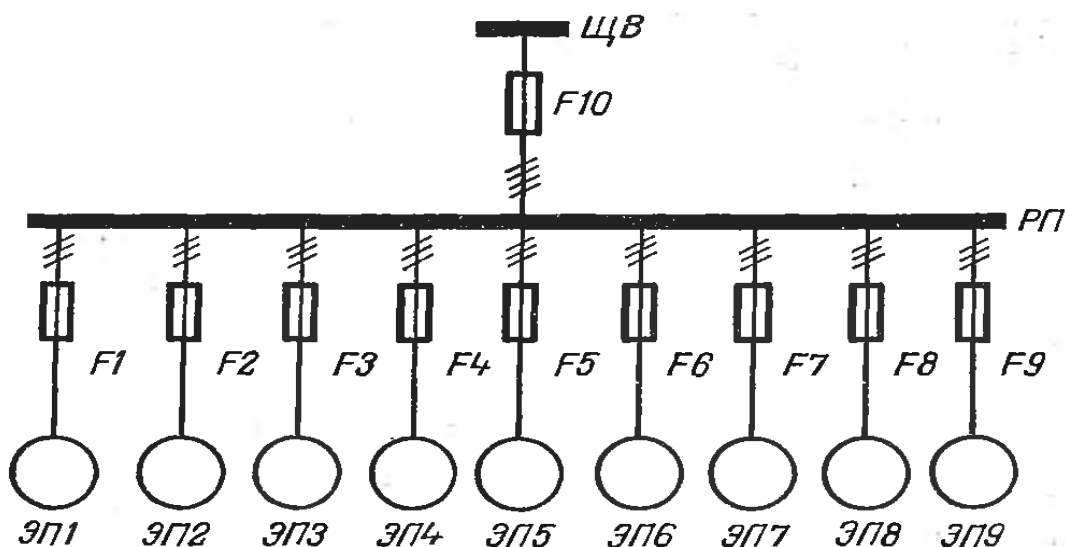


Рис. 2.10. Электрическая схема силового распределительного пункта с плавкими предохранителями

## 2.5 Электромагниты. Клапаны электромагнитные

Основными элементами электромагнита являются обмотка и магнитопровод. Последний изготавливается из ферромагнитного материала и состоит из неподвижной части — сердечника и подвижной — якоря. Электромагниты применяются в магнитных пускателях, реле, для перемещения подвижных элементов дозаторов, клапанов, тормозов и других исполнительных механизмов.

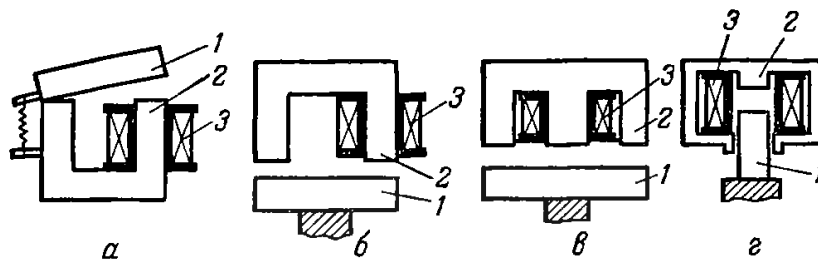


Рис. 2.11. Электромагниты:  
*a* — с угловым перемещением якоря; *б, в, г* — с линейным перемещением якоря

По роду тока, питающего обмотку, электромагниты могут быть постоянного и переменного тока, по характеру движения подвижной части 1(якоря) — угловыми (рис. 2.11,а) и линейными (рис. 2.11,б,в,г).

Между якорем 1и сердечником 2 электромагнитов постоянного тока устанавливают неферромагнитную пластину, предотвращая тем самым возможность залипания якоря под действием остаточного магнетизма после отключения обмотки 3 от сети.

В электромагнитах переменного тока сердечник и якорь набирают из листов электротехнической стали, изолированных один от другого для уменьшения потерь на вихревые токи. Применяют также сплошные сердечники и якоря из кремнистой стали, обладающей большим удельным сопротивлением.

Тяговое усилие электромагнитов находится в обратной зависимости от величины воздушного зазора между якорем и сердечником.

У электромагнитов переменного тока создается переменное магнитное поле, которое за период изменения тока дважды изменяется от нулевой величины до максимальной. При нулевых и малых значениях магнитного потока якорь может быть оттянут от сердечника, а затем при возрастании тока и потока — вновь подтянут.

Вибрацию якоря ликвидируют путем применения двух магнитных потоков, сдвинутых по фазе на несколько десятков градусов. Сдвиг между двумя магнитными потоками получают с помощью короткозамкнутого витка (рис. 2.12,а). Этот виток охватывает только половину течения магнитопровода, поэтому можно рассматривать отдельно его внутреннюю и наружную части.

По каждой из этих частей проходит половина магнитного потока катушки  $\phi_0/2$ . В наружной части магнитопровода переменный магнитный поток  $\phi_0/2$  наводит электродвижущую силу в короткозамкнутом витке. Под действием ЭДС по витку проходит ток, который в этой части сердечника создает свой магнитный поток  $\phi_{кз}$ .

Направление ЭДС тока и магнитного потока короткозамкнутого витка определяется по правилу Ленца: направление наведенной ЭДС всегда таково, что вызванный ею ток препятствует причине наведения. Причиной наведения ЭДС является изменение магнитного потока  $\phi_0/2$ , поэтому наведенная ЭДС имеет такое направление, при котором ток в короткозамкнутом витке создает магнитный поток  $\phi_{кз}$ , препятствующий возрастанию или убыванию магнитного потока  $\phi_0/2$ .



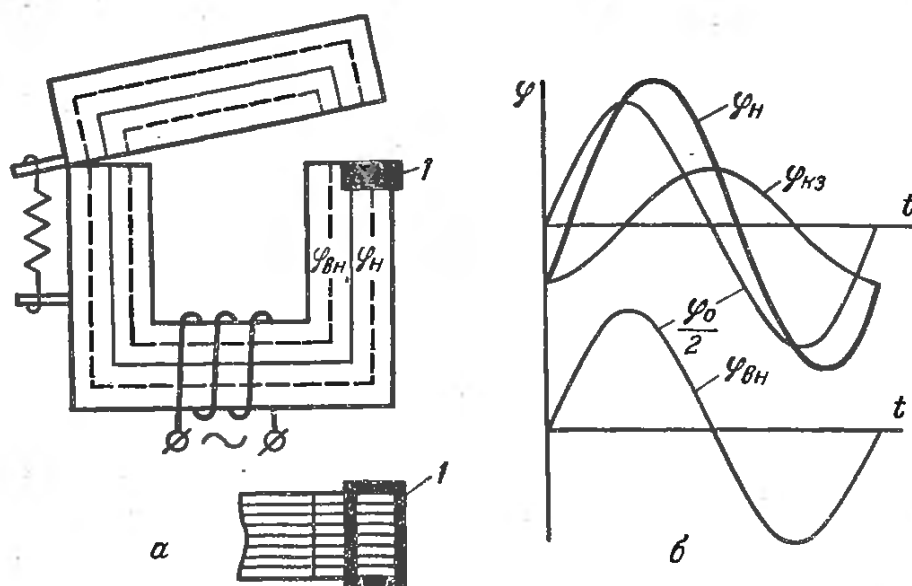


Рис. 2.12. Электромагнит переменного тока:  
 а — устройство; б — синусоиды изменения величины магнитного потока во внутренней и наружной частях магнитопровода

В первую четверть периода магнитный поток  $\phi_0/2$  (рис. 2.12,б) возрастает и имеет положительное направление. Магнитный поток короткозамкнутого витка препятствует увеличению потока  $\phi_0/2$  и направлен в противоположную сторону (имеет отрицательное значение).

Во вторую четверть периода магнитный поток  $\phi_0/2$  убывает, а магнитный поток короткозамкнутого витка препятствует его убыванию (направлен в ту же сторону).

Поток витка отстает от потока катушки на четверть периода.

Вычертив синусоиду  $\phi_{кз}$  и сложив ее с синусоидой  $\phi_0/2$ , получим суммарную синусоиду магнитного потока в наружной части магнитопровода  $\phi_n$

Во внутренней части магнитопровода магнитный поток создается только катушкой  $\phi_{вн} = \phi_0/2$ .

Сравнивая синусоиды  $\phi_n$  с  $\phi_{вн}$ , можно сделать вывод, что нулевые значения они имеют в разное время.

Когда  $\phi_{вн} = 0$  и сила притяжения якоря потоком внутренней части магнитопровода отсутствует,  $\phi_n \neq 0$  (якорь удерживается магнитным потоком наружной части сердечника). Когда  $\phi_n = 0$ , то  $\phi_{вн} \neq 0$ .

При этом якорь электромагнита не будет вибрировать (отскакивать и притягиваться 100 раз в секунду при частоте 50 Гц), а будет постоянно притянут к сердечнику.

Особое место среди электромагнитных устройств занимает соленоидный клапан — исполнительный механизм, у которого втягивающийся якорь (плунжер) при срабатывании открывает проход жидкости или газу.

Закрывание прохода в соленоидных клапанах происходит под действием массы якоря и пружины после отключения обмотки электромагнита от электрической сети. На рис. 2.13 изображен соленоидный клапан СКН-1, в корпусе 10 которого находится плунжер (якорь) 6. Пружиной 9, упирающейся

сверху в направляющую втулку 8, плунжер 6 прижимается к седловине клапана. Между корпусом 10 и ввернутой в него втулкой 8 находится уплотнительное кольцо 1. Верхняя часть втулки 8 изготовлена из ферромагнитной стали, а нижняя — из неферромагнитной.

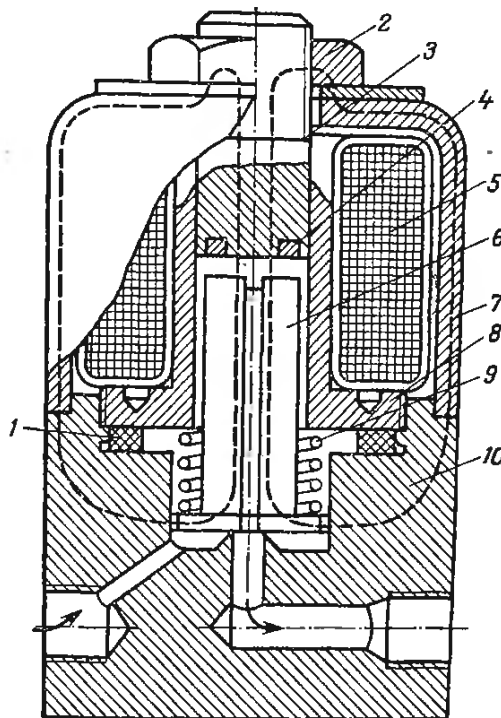


Рис. 2.13. Соленоидный клапан СКН-1

Для нормальной работы электромагнита переменного тока в сердечнике (в верхней части втулки 8) находится короткозамкнутый виток 4, охватывающий половину сечения магнитопровода.

Обмотка 5 электромагнита находится на втулке 8, защищающей ее от воздействия рабочей среды — жидкости или газа. Снаружи обмотка закрывается кожухом 7, плотно прижимаемым к корпусу 10 с помощью гайки 2 и шайбы 3. При этом обеспечивается замыкание внешней части магнитопровода электромагнита. При включении обмотки 5 электромагнита в электрическую сеть создается магнитное поле, замыкающееся по цепи: плунжер 6, корпус 10, кожух 7, шайба 3, гайка 2, верхняя часть втулки 8, воздушный зазор между плунжером 6 и верхней частью втулки 8. Под действием тягового усилия плунжер (якорь) перемещается в крайнее верхнее положение, и проход для жидкости (газа) открывается.

Когда обмотка 5 электромагнита отключается от электрической сети, плунжер 6 под действием массы и сжатой пружины 9 перемещается вниз, и проход для жидкости (газа) закрывается.

Величина тока обмотки 5 соленоидного клапана переменного тока в значительной степени зависит от положения кожуха 7. При снятом кожухе индуктивное сопротивление обмотки уменьшится, поэтому ток в ней при том же

напряжении возрастает. Возрастает ток и при установленном кожухе, если гайка 2 плохо прижимает его к корпусу 10.

Клапаны СКН-1 работают от переменного тока напряжением 220 В. Потребляемая мощность при включении 60 В•А, в процессе работы 10 В•А.

## 2.6 Автоматические выключатели

В настоящее время для защиты сетей и электрических приемников от повреждений, вызываемых током, превышающим допустимую величину, все шире применяются автоматические выключатели. Они выпускаются с тепловыми, электромагнитными и комбинированными (тепловыми и электромагнитными) расцепителями с различным числом полюсов — одним, двумя и тремя. В однофазных цепях применяют одно- и двухполюсные, а в трехфазных — трехполюсные.

Автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями применяются для защиты сети и электрического приемника от повреждений, вызываемых током короткого замыкания, действующим даже кратковременно. Принципиальная схема такого выключателя изображена на рис. 2.14,а.

Контакт главной цепи замыкается нажатием на кнопку или поворотом рукоятки. При этом преодолевается усилие размыкающей пружины и контакт удерживается в замкнутом положении защелкой 3. Как только ток в защищаемой цепи превысит определенную величину, сердечник 6 втянется в катушку 5 и через рычаг 4 свободит защелку 3. Под действием пружины 1 контакт 2 разомкнется. На схеме изображен один контакт главной цепи, а практически их может быть два или три, столько же может быть и катушек 5 с сердечниками 6. Все сердечники при втягивании действуют на одну и ту же защелку 3. Увеличение тока в любом проводе (катушке) до величины, превышающей величину установки тока срабатывания, влечет за собой размыкание всех главных контактов.

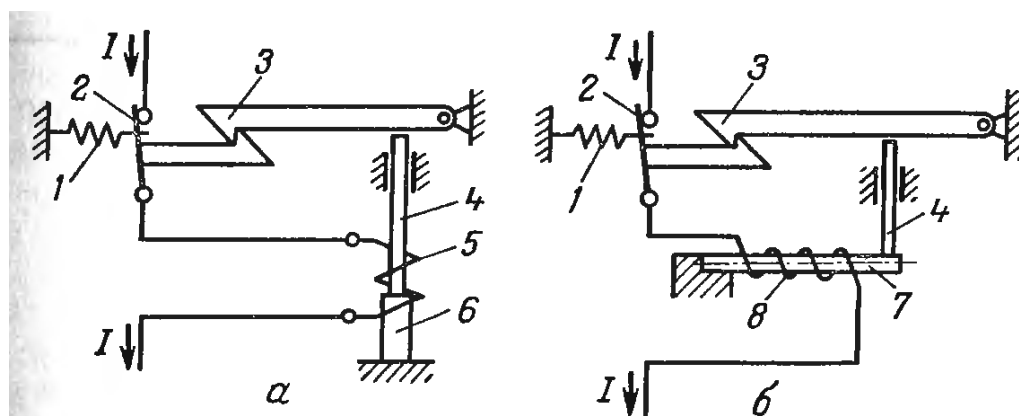


Рис. 2.14. Схема автоматического выключателя:  
а — с электромагнитным расцепителем; б — с тепловым расцепителем

Электромагнит с механизмом отключения называется **электромагнитным расцепителем**. Время отключения автоматических выключателей с электромагнитными расцепителями незначительное (доли секунды), поэтому они относятся к аппаратам максимальной защиты мгновенного действия.

Преимущество автоматических выключателей перед плавкими предохранителями состоит в том, что они обладают многократностью действия. После срабатывания плавкого предохранителя требуется замена плавкой вставки. Автоматический же выключатель после устранения причины срабатывания можно подготовить для повторной работы нажатием на кнопку или поворотом рукоятки.

Автоматические выключатели применяются не только для отключения приемников при токах короткого замыкания, но и для нечастых включений и отключений их вручную при нормальной работе. Возникающая при размыкании цепи электрическая дуга гасится в воздухе или масле. В зависимости от этого автоматические выключатели называются воздушными или масляными. В цепях с напряжением до 500 В применяются в основном воздушные выключатели.

Автоматические выключатели с тепловыми расцепителями. Металлы имеют разные коэффициенты линейного расширения и поэтому при нагревании удлиняются неодинаково. Если две металлические пластины с различными коэффициентами расширения наложить одну на другую и прочно соединить вместе, получится биметаллическая пластина. При нагревании она деформируется выпуклостью в сторону активного слоя металла. Активным называется слой металла, обладающий большим коэффициентом расширения. Другой слой называют пассивным. Активный слой делают из стали, а пассивный — из инвара (сплав, состоящий из 64 % железа и 36 % никеля). Коэффициент линейного расширения инвара в 12 раз меньше стали.

Если один конец биметаллической пластины закрепить, то другой при нагревании будет изгибаться в сторону пассивного слоя. Это свойство пластины используется для освобождения защелки автоматического выключателя. Степень деформации пластины зависит от температуры ее нагрева.

Применяются два способа нагревания пластины: непосредственный и косвенный. При первом ток проходит непосредственно через пластину. При этом количество теплоты, которое выделяется в ней, пропорционально квадрату величины тока, времени его прохождения и сопротивлению пластины. При втором способе ток проходит по нагревательному элементу (небольшой спирали), выполненному из нихрома или другого сплава. Спираль располагают рядом с пластиной или наматывают на нее. Выделяющаяся в этой спирали теплота и нагревает биметаллическую пластину. Перед намоткой спирали биметаллическая пластина покрывается электроизоляцией, например слюдой.

На рис. 2.14,б изображена схема автоматического выключателя с тепловым расцепителем. Контакт 2 главой цепи замыкают вручную кнопкой или рукояткой, в замкнутом положении он удерживается защелкой 3. При прохождении по сети тока, величина которого меньше определенного значения, биметаллическая пластина 7 нагревается незначительно, и ее изгиб вверх недостаточно для того, чтобы передать усилие на защелку 3. Если же по спирали 8 будет проходить ток, величина которого превысит это определенное значение, то через некоторое время правый конец пластины 7 изогнется вверх настолько, что через толкатель 4 поднимет рычаг защелки 3. Под действием пружины 1 разомкнется контакт 2. Время, через которое произойдет размыкание контакта, зависит от

степени перегрузки сети. Тепловые расцепители не могут срабатывать мгновенно, особенно при косвенном нагреве биметаллической пластины. Нагрев и деформация ее не происходят мгновенно даже при очень большом выделении теплоты в спирали.

Автоматические выключатели с тепловыми расцепителями отключают сеть с выдержкой времени в обратной зависимости от величины тока перегрузки. При больших перегрузках отключение происходит быстрее. На схеме изображен один контакт выключателя, а их может быть два или три.

**Автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.** В этих выключателях устанавливают как электромагнитные, так и тепловые расцепители. Обмотки электромагнитов и нагревательные элементы тепловых расцепителей включают последовательно электрическому приемнику. Электромагнитные расцепители мгновенно отключают электроприемник при токе короткого замыкания хотя бы в одном проводе сети. Тепловые же расцепители отключают электроприемник при незначительных, но длительных токах перегрузки. Последние превышают номинальный ток приемника, но значительно меньше токов короткого замыкания.

Автоматические выключатели с комбинированным расцепителем получили широкое применение в сетях с различными электроприемниками. В сетях с электродвигателями они незаменимы.

Величина тока электродвигателя зависит от нагрузки на его валу и колебания напряжения сети. Она увеличивается при обрыве провода в процессе работы трехфазного электродвигателя. Во время холостого хода двигателя потребляемая им мощность и ток наименьшие. С возрастанием нагрузки на валу до номинальной величины  $P_{2н}$  ток  $I$  и подводимая мощность  $P_1$  увеличиваются до номинальной величины.

Если нагрузка на валу выше номинальной, то потребляемая мощность и ток также превышают номинальную величину. В этом случае обмотки электродвигателя через некоторое время перегреваются, и изоляция начинает разрушаться и может даже воспламениться. Тепловые расцепители должны предотвратить это, несколько ранее отключив двигатель от сети. При кратковременных небольших перегрузках, которые неопасны для двигателя, тепловые расцепители не успевают срабатывать и отключить его.

Если нагрузка остается неизменной, но произошел обрыв одного провода, то по двум проводам будет проходить ток, значительно превышающий номинальную величину. При этом обмотки двигателя быстро перегреваются. Отключение двигателя в этом случае должны производить тепловые расцепители.

Уменьшение напряжения на двигателе также влечет за собой увеличение тока в его обмотках.

Для защиты двигателя от перегрева при пониженном напряжении кроме автоматических выключателей с тепловыми расцепителями применяются выключатели с расцепителями минимального напряжения. При значительном снижении или исчезновении напряжения якорь расцепителя минимального напряжения отпадает и, воздействуя на защелку, размыкает главные контакты автоматического выключателя. При нормальном напряжении якорь втянут, а

контакты выключателя замкнуты.

Промышленностью выпускаются различные серии автоматических выключателей. На предприятиях торговли и общественного питания наиболее широко применяются автоматические выключатели серий АБ25М, АП50Б, АЕ20, АЗ100. Кроме того, в последнее время стали поступать в эксплуатацию автоматические выключатели серий ВА14-26, ВА16-25, ВА51-25, ВА51-29, ВА51-31, ВА51-33. Масса выключателей новых серий меньше, чем старых.

Автоматический выключатель серии АП50Б предназначен для нечастых включений и отключений электрических приемников вручную. Если в нем установлены тепловые или электромагнитные расцепители либо те и другие, то будет происходить также автоматическое отключение приемников при превышении установленной величины тока.

В цепях электродвигателей широко применяются автоматические выключатели типа АП50БЗМТ с установленным в них комбинированным расцепителем (три электромагнитными и три тепловыми расцепителями).

При срабатывании любого из них происходит размыкание всех контактов и полное отключение двигателя. При значительных превышениях тока цепи (тока короткого замыкания) срабатывают электромагнитные расцепители, а при небольших, но длительных токах перегрузки — тепловые.

Наряду с автоматическими выключателями серии АП50Б на предприятиях торговли и общественного питания применяются новые автоматические выключатели серии АЕ20, устройство и принцип действия которых те же, что и АП50Б. В этих автоматических выключателях буквы характеризуют условное обозначение серии, а первые две цифры (20) — порядковый номер разработки. Следующая цифра обозначает номинальный ток (цифра 3—25 А, 4—63 А и 5—100 А). Четвертая цифра обозначает число полюсов и максимальную токовую защиту; цифры 1, 2, 3 соответствуют электромагнитным расцепителям; 4, 5, 6 — комбинированным (электромагнитным и тепловым) расцепителям; 7, 8, 9 — отсутствию расцепителей. При этом цифры 1, 4, 7 обозначают однополюсное исполнение, цифры 2, 5, 8 — двухполюсное и 3, 6, 9 — трехполюсное исполнение. Пятая цифра обозначает наличие или отсутствие контактов вспомогательной цепи. При этом цифра 1 показывает отсутствие контактов, цифра 2 — наличие одного замыкающего, 3 — одного размыкающего и 4 — одного замыкающего и одного размыкающего контактов.

Шестая цифра обозначает наличие или отсутствие дополнительных расцепителей. При этом цифра 0 показывает на отсутствие дополнительного расцепителя.

Цифра 1 — на наличие расцепителя минимального напряжения, а 2 — независимого расцепителя.

Буквы, следующие за шестой цифрой, обозначают: К — наличие температурной компенсации; Р — наличие температурной компенсации и регулирования тока срабатывания тепловых расцепителей.

Условное обозначение автоматического выключателя АЕ203610Р на 2,5 А расшифровывается: серия АЕ, номер разработки — 20, номинальный ток выключателя 25 А (3) с тремя полюсами и комбинированными расцепителями (6),

без контактов вспомогательной цепи (1) без дополнительных расцепителей (0)), с температурной компенсацией и регулированием тепловых расцепителей (Р), номинальный ток расцепителей 2,5 А. Регулировать тепловой расцепитель этого выключателя можно от 2,0 до 2,5 А.

Автоматический выключатель АЕ20 (на 25 А) выпускается на номинальные токи расцепителей 0,6; 0,8; 1,0 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 12,5; 16,0; 20; 25,0 А.

Если автоматические выключатели серий АП50Б и АЕ20 в основном устанавливают в электрошкафах оборудования, например холодильных прилавках, то в групповых и распределительных щитах цехов и предприятий устанавливают автоматические выключатели серии АЗ100. Они выпускаются одно-, двух- и трехполюсными с тепловыми, электромагнитными и комбинированными расцепителями. Автоматические выключатели АЗ161 (однополюсные), АЗ162 (двухполюсные) и АЗ163 (трехполюсные) на номинальный ток 50 А имеют тепловые расцепители на 15, 20, 25, 30, 40, 50 А, которые срабатывают при токах, в 1,25...1,35 раза превышающих номинальный ток расцепителей. Автоматические выключатели АЗ113, АЗП4, АЗ123, АЗ124 на ток 100 А выпускаются двух- и трехполюсными с электромагнитными и комбинированными расцепителями на различные номинальные токи. Выключатели с последней цифрой 3 — двухполюсные, с цифрой 4 — трехполюсные. Первые два автоматических выключателя отличаются от двух других различным превышением тока срабатывания относительно номинального тока расцепителя.

Одно- и двухполюсные автоматические выключатели применяются в однофазных цепях, трехполюсные в трехфазных.

**Выбор автоматических выключателей.** Для всех видов электрических приемников номинальный ток расцепителя должен быть

$$I_{н.р} \geq I_{\max},$$

где  $I_{н.р}$  — номинальный ток расцепителя, А;

$I_{\max}$  — максимальный номинальный ток цепи (электроприемника), А.

Для сетей с осветительной нагрузкой и электротепловыми аппаратами, защищаемых от повреждений при токах короткого замыкания, рекомендуется применять автоматические выключатели с токами уставки расцепителей, не превышающими 4,5-кратного значения максимально допустимого значения тока провода. Этим требованиям удовлетворяют автоматические выключатели с тепловыми или комбинированными расцепителями, а также выключатели с электромагнитными расцепителями, ток уставки которых в 3—4 раза превышает номинальный.

Поскольку пусковой ток электрических двигателей в 5...7 раз превышает номинальное значение, то выбор автоматического выключателя производится с учетом этих токов. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя  $I_{эп}$  должен быть не менее 1,25 пускового тока двигателя  $I_{эп} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}}$

Для защиты цепи двигателя от перегрузки, т. е. от повреждений, вызываемых длительным превышением величины тока, допустимой по нагреву, применяют тепловые расцепители. Для цепей с одиночным двигателем используют в основном автоматические выключатели с комбинированными расцепителями. Номинальный ток расцепителя определяется по формуле

$$I_{нр} > \beta \cdot I_n$$

где  $\beta$  — коэффициент, принимаемый равным 1,2...1,25 при тяжелых условиях пуска и равным 1 при легких условиях пуска.

Для цепей с группой двигателей используют в основном автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями. При этом величина тока срабатывания расцепителей должна превышать максимальную величину кратковременного тока, который определяется суммой номинальных токов наибольшего количества включенных двигателей (приемников) при условии пуска двигателя с максимальным пусковым током:

$$I_{э.р} \geq I_{кр}; I_{кр} = K_{одн} \sum_{i=1}^{n=1} I_{раб} + I_{пуск.мах},$$

где  $I_{кр}$  — максимальный кратковременный ток, А;  $n$  — всех электроприемников (двигателей);  $K_{одн}$  — коэффициент одновременной работы электрических приемников (двигателей).

При установке автоматических выключателей с тепловыми или комбинированными расцепителями в закрытом шкафу ток расцепителя должен быть

$$I_{нр} \geq 1,15 \cdot I_{мах}$$

## 2.7 Аппараты дистанционного управления

К аппаратам дистанционного управления относятся магнитные пускатели, контакторы и реле. Переключение контактов в них происходит под действием электромагнитов.

Магнитные пускатели применяются для включения и отключения электрических приемников различной мощности. Располагаются они недалеко от этих приемников.

Кнопки управления, с помощью которых замыкаются или размыкаются цепи электромагнитов, могут быть удалены на большое расстояние. Очень часто кнопки управления магнитных пускателей различных электроприемников устанавливают на одном пульте управления.

**Магнитный пускатель.** Магнитный пускатель состоит из электромагнита и контактной группы. В магнитном пускателе могут быть установлены тепловые реле защиты.



Магнитопровод магнитного пускателя обычно состоит из якоря и сердечника, имеющих одинаковые размеры. Набираются они из Ш-образных листов стали. На рис. 2.16 изображен магнитный пускатель типа ПМЕ-211. На внутренний выступ магнитопровода 5 пускателя устанавливается катушка с зажимами 3. Сечение этого выступа в 2 раза больше, чем у каждого из боковых. Магнитный поток проходит через внутренний выступ и поровну разветвляется в боковые выступы.

Для устранения вибрации якоря магнитного пускателя, как и в других электромагнитах переменного тока, устанавливаются короткозамкнутые витки, охватывающие половину сечения левого и правого выступов.

В магнитном пускателе применяются контакты мостикового типа: во время включения электромагнита каждый подвижный контакт замыкает два неподвижных.

Клеммы 1 неподвижных контактов, к которым подводят провода сети, маркируются буквами Л (линия) с цифрами 1, 2, 3. Клеммы неподвижных контактов, к которым подводят провода от приемника, маркируют буквами С с цифрами 1, 2, 3. Помимо основных (главных) замыкающих контактов, в магнитном пускателе могут быть один или несколько вспомогательных 2, 4. Они бывают как замыкающими 4, так и размыкающими 2.

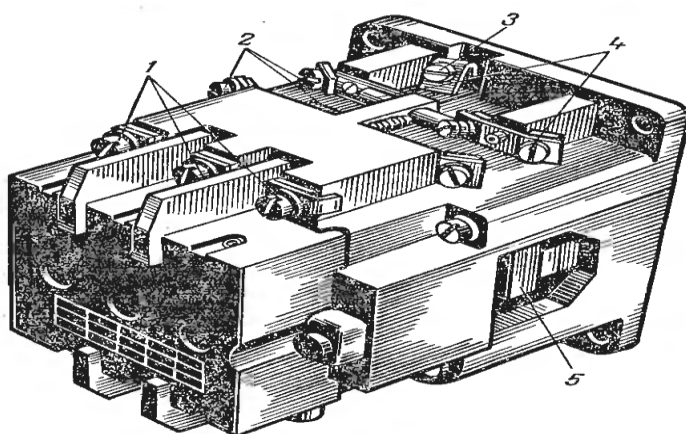


Рис. 2.16. Магнитный пускатель типа ПМЕ-211

В настоящее время выпускаются магнитные пускатели серий ПМЕ и ПМЛ с тепловыми реле защиты и без них, открытые (незащищенные) и в оболочках (различай степени защищенности). Магнитные пускатели ПМЕ выпускаются трех габаритов: нулевого (0) на ток 3А и максимальную мощность  $P_{\max}$  трехфазного двигателя при 3—220 В — 0,6 кВт, при 3—380 В — 1,1 кВт; первого (1) на ток 10 А и  $P_{\max}$  двигателя при 3 ~ 220 В — 2 2 кВт, при 3 —380 В — 4 кВт; второго (2) на ток 25 А и  $P_{\max}$  при 3—220 В — 5,5 кВт; при 3—380 В — 10 кВт.

Магнитные пускатели серии ПМЛ выпускаются семи габаритов: первого (1) на ток 10 А, второго (2) — на ток 25 А, третьего (3) — на ток 40 А, четвертого (4) — на ток 63 А, пятого (5) — на ток 80 А, шестого (6) — на ток 125 А и седьмого (7) — на ток 200 А. Габарит магнитного пускателя указывается пер-

вой цифрой в условном обозначении. Магнитные пускатели серии ПМЛ отличаются от пускателей ПМЕ в основном меньшей массой и размерами, а также большей надежностью.

Магнитные пускатели ПМЕ маркируются буквами ПМЕ и цифрами. При этом первая цифра означает габарит, вторая — исполнение, третья — наличие теплового реле и назначение. Если вторая цифра 1 — исполнение открытое, 2 — защищенное, 3 — пылеводонепроницаемое. Если третья цифра 1, то пускатель нереверсивный без теплового реле защиты; если 2 — нереверсивный с тепловым реле; если 3 — реверсивный без теплового реле; если 4 — реверсивный с тепловым реле.

Так, магнитный пускатель ПМЕ-214 расшифровывается следующим образом: габарит второй (первая цифра 2) на ток 25 А и  $P_{\max}$  двигателя при 3—220 В — 5,5 кВт, при 3—380 В — 10 кВт; вторая цифра 1 указывает на открытое исполнение (1Р00) и третья цифра 4 — на наличие теплового реле и реверсивное исполнение.

Если магнитный пускатель применяют для включения двигателей, то его снабжают тепловым реле защиты.

В магнитных пускателях серии ПМЛ от первого до четвертого габарита могут устанавливаться дополнительные контактные группы в виде приставок контактных ПКЛ, приводимых в действие от якоря электромагнита пускателя. В приставках четыре контакта (замыкающие и размыкающие).

**Тепловые реле защиты.** Тепловые реле защиты работают по тому же принципу, что и автоматические выключатели с тепловыми расцепителями. Отличаются они тем, что биметаллическая пластинка воздействует не на главные контакты, а на контакты, находящиеся в цепи обмотки магнитного пускателя. В магнитном пускателе различают две цепи: силовую — цепь электрического приемника и управления — цепь обмотки (катушки) пускателя. В схемах силовая цепь часто изображается контурными линиями, а цепь управления — вспомогательными.

В двухфазном тепловом реле типа ТРН (рис. 2.17), применяемом совместно с магнитным пускателем ПМЕ, два нагревательных элемента 2 включаются последовательно трехфазному асинхронному двигателю. Количество теплоты, выделяющейся в нагревательных элементах, пропорционально квадрату тока двигателя. Теплота нагревательного элемента передается находящейся рядом биметаллической пластине 3. Один конец этой пластины закреплен, а другой при нагревании изгибается так, что нажимает на толкатель 4, который через пластину 5 передает усилие на защелку 11. Последняя может выйти из зацепления с выступом эксцентрикового регулятора 1; тогда пружина 6 отведет подвижной контакт 8 от неподвижных 7. Размыкание контакта происходит при нагревании биметаллической пластины 3 до большой температуры, т. е. в том случае, когда ток двигателя превышает номинальную величину. Чем больше ток двигателя, тем быстрее размыкается контакт теплового реле.

Второй нагревательный элемент воздействует на свою биметаллическую пластину 3, которая, изгибаясь, нажимает на тот же толкатель 4. Пластина 5 является температурным компенсатором и обеспечивает правильное срабаты-

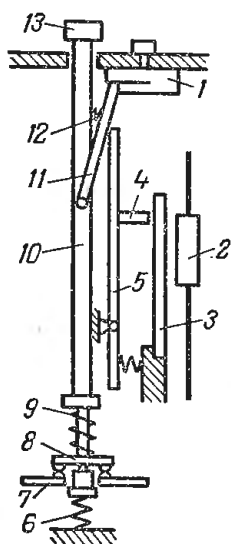


Рис. 2.17. Схема теплового реле защиты ТРН

вание теплового реле независимо от температуры окружающего воздуха.

При нагревании пластина 5 изгибается в сторону, противоположную пластине 3. После срабатывания (размыкания контакта) теплового реле для замыкания контакта нужно нажать на кнопку возврата 13. При этом усилие через стержень 10 и контактную пружину 9 передается подвижному контакту 8 и защелка 11 пружиной 12 введется в зацепление с регулятором 1. С помощью эксцентрика регулятора 1 можно увеличить или уменьшить ток срабатывания на 5%.

Выпускаются двухфазные тепловые реле ТРН-10А на ток до 3,2 А; ТРН-10 — на 10 А; ТРН-25 — на 25 А; ТРН-40 — на 40 А, а нагревательные элементы — на токи 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 0,25; 1,6; 2,0; 2,5; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 А.

Выбираются нагревательные элементы по номинальному току двигателя

**Микропереключатели.** Микропереключатели применяются для включения и отключения электрических приемников под воздействием механических усилий машины или ее элементов (например, для отключения или переключения машины при подходе ее рабочего элемента к определенному месту).

Контактами микропереключателя производят включение и отключение не самого приемника, а катушки его магнитного пускателя.

Так, если в посудомоечной машине непрерывного действия посуда подойдет к концу стола, нужно отключить машину, в противном случае посуда упадет. Чтобы избежать этого, в конце стола устанавливают конечный выключатель, при нажатии на который отключается обмотка магнитного пускателя. Очень часто в качестве конечного выключателя применяют микропереключатель.

Микропереключатель типа МИ-3А (рис. 2.18) состоит из пластмассового корпуса 8, внутри которого расположены два неподвижных контакта 6 и один подвижной 7.

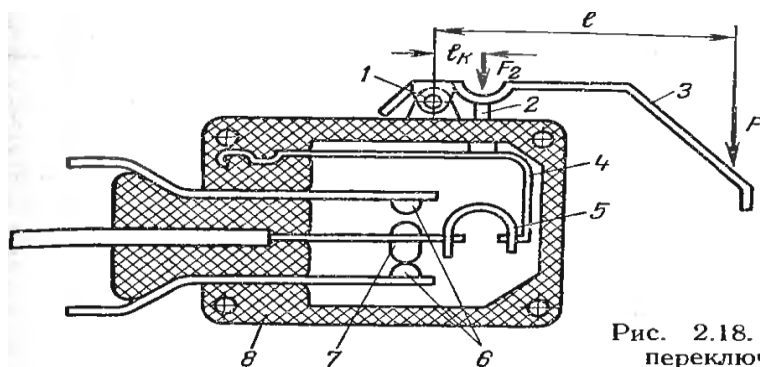


Рис. 2.18. Микропереключатель

Усилие от кнопки 2 передается на подвижный контакт 7 через пружины 4 и 5. Последняя обеспечивает быстрый переход подвижного контакта 7 в верхнее положение только при усилиях на кнопку 2, превышающих определенную величину. После прекращения нажатия на кнопку 2 пружина 5 возвращает

контакт 7 в исходное положение. Переключение контактов в микропереключателе МИ-3А происходит при небольших усилиях нажатия на кнопку 2 (30...50 г). Для того чтобы произвести переключение при еще меньших усилиях, применяют рычаг 3, закрепленный на корпусе осью 1. Величина силы, действующей на кнопку, определяется по формуле :

$$F_k l_k = Fl; \quad F_k = \frac{Fl}{l_k} = F \frac{L}{l_k}.$$

Чем больше отношение  $l / l_k$  —, тем при меньших усилиях происходит переключение контактов микропереключателя. Микропереключатель МИ-3А нашел широкое применение в монетных механизмах торговых автоматов. Контакты его легко переключаются под воздействием массы монет от 2 коп. и выше. Применяются они и в других устройствах автоматов, например на сатураторе, в датчике-реле давления РД-5М и др.

**Электромагнитное реле.** Электромагнитное реле применяется для включения и отключения приемников малой мощности и в качестве промежуточного элемента для усиления и размножения электрического сигнала. Оно так же, как и магнитный пускатель, состоит из электромагнита и контактной группы. Размеры электромагнита и контактной группы реле меньше, чем у магнитных пускателей.

На сердечнике 1 электромагнита реле (рис. 2.19, а) укреплен катушка с обмоткой 7. Якорь 3 с подвижными контактами 4 в изображенном на рисунке положении находится под действием пружины 2. Ток по обмотке реле не проходит, и верхний контакт 5 замкнут, а нижний 6 разомкнут. Как только к обмотке 7 будет приложено номинальное напряжение, по ней пройдет ток, достаточный для срабатывания реле. В результате якорь 3 притянется к сердечнику 1, контакт 5 разомкнется, а контакт 6 замкнется. Контакт 5 называется размыкающим, а контакт 6 — замыкающим. Названия даны в соответствии с действиями, совершаемыми контактами в цепях при возбуждении реле (прохождении тока по обмотке).

На рис. 2.19,б изображены условные обозначения контактов и обмотки реле. На схемах контакты реле всегда изображаются для момента, когда ток не проходит по обмотке (реле находится в невозбужденном состоянии).

На рисунке изображено реле с двумя контактами — размыкающим и замыкающим. Количество тех и других контактов может быть различным. Контакты одного реле могут производить переключения в цепях как постоянного, так и переменного тока.

Электромагнитные реле могут быть постоянного или переменного тока. Выбираются они в зависимости от работы обмотки. Так, если обмотка должна работать от сети постоянного тока, то и реле принимают постоянного тока. Контакты такого реле могут производить переключения как в цепях постоянного тока, так и в цепях переменного тока.

Реле постоянного и переменного тока отличаются параметрами обмотки и

конструкцией магнитопровода. В реле постоянного тока обмотка обладает большим активным сопротивлением, чем в аналогичном реле переменного тока, рассчитанном на такое же напряжение. Стальной магнитопровод реле постоянного тока не следует набирать из листов, так как постоянный ток не наводит в магнитопроводе ЭДС и не создает в нем вихревых токов. После отключения обмотки в магнитопроводе реле действует остаточный магнетизм. Чтобы якорь при этом обязательно оттягивался пружиной от сердечника, между ними устанавливают тонкую неферромагнитную пластину.

В реле переменного тока сердечник и якорь набивают из листов электро-технической стали, изолированных один от другого. Этим уменьшают их вихревые токи магнитопровода и его нагрев.

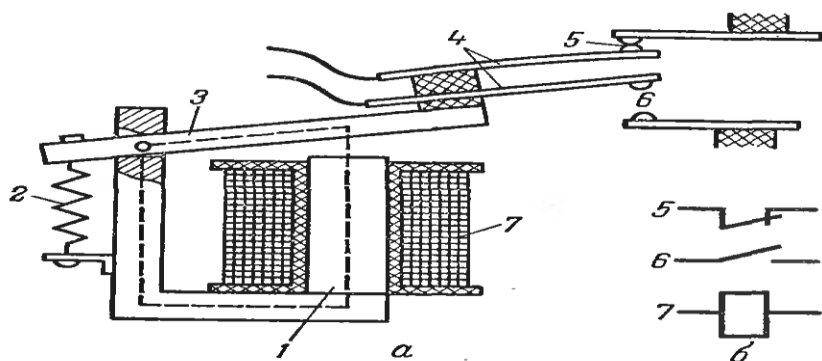


Рис. 2.19. Электромагнитное реле:  
*a* — схема; *б* — условные обозначения контактов и обмотки

## Глава 3. Электрические схемы

### 3.1 Общие сведения

По виду элементов, входящих в состав изделия, схемы подразделяются на электрические, гидравлические, пневматические, кинематические, оптические и комбинированные.

В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на структурные, функциональные, принципиальные (полные), соединений (монтажные), подключения, общие, расположения и совмещенные. Полные и монтажные схемы устанавливаются для электрических схем энергетических сооружений.

Схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи, называется структурной. Разрабатывается эта схема при проектировании изделия (установки) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и используется при эксплуатации для общего ознакомления с изделием (установкой).

На рис. 2.20, а приведена структурная схема электрической сковороды СЭ-0,45М, чаша которой опрокидывается с помощью электропривода. Площадь чаши 0,45 м<sup>2</sup>, обогревается она трубчатыми электронагревателями, расположенными под дном чаши. От распределительного пункта 1 электропитание подается на блок управления 2 сковороды и далее через один магнитный пускатель на электронагреватели 5 чаши 3 сковороды, а через два других магнитных пускателя на электропривод 6. О включении электрического нагревателя и выходе на режим от блока управления подается сигнал в блок сигнализации 4. Блок сигнализации оповещает обслуживающий персонал о том, что температура чаши достигла заданной величины и можно начинать технологический процесс тепловой обработки продуктов. В сковороде предусмотрен один блок — блок конечных выключателей, который не дает возможности опрокидывать чашу при закрытой крышке, отключает электропривод при опрокидывании чаши для разгрузки в крайнем допустимом положении. Блок конечных выключателей дает возможность включить электрический нагрев чаши только при горизонтальном ее положении.

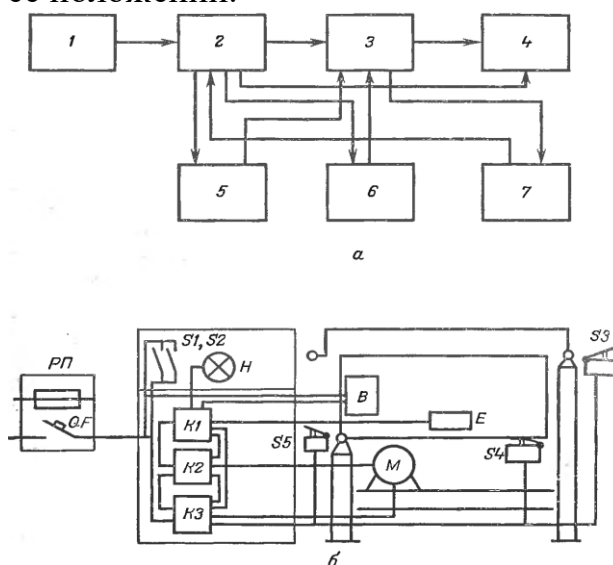


Рис. 2.20. Структурная (а) и функциональная (б) схемы электрической сковороды СЭ-0,45 М

Схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии в целом, называется функциональной.

Функциональными схемами пользуются для изучения принципа работы изделия (установки), а также при его наладке, регулировании, контроле и ремонте.

На рис. 2.20, б приведена функциональная схема электрической сковороды СЭ-0.45М. От автоматического выключателя QF или предохранителей распределительного пункта РП цеха подается напряжение на вводные клеммы магнитных пускателей К1—К3, выключателей S1, S2 и датчика-реле температуры В.

При замкнутом контакте датчика-реле температуры В и горизонтальном положении чаши сковороды (контакт S4 замкнут) срабатывает пускатель К1 и включаются электрические нагревательные элементы Е. Одновременно включается и сигнальная лампа Н, оповещающая обслуживающий персонал о работе электронагревателей. Когда температура чаши сковороды достигнет заданной величины, контакт датчика-реле температуры В разомкнется и отключит магнитный пускатель К1. Якорь пускателя пружиной возвратится в исходное положение и контакты его отключат нагревательные элементы. Отключится сигнальная лампа Н и оповестит обслуживающий персонал о том, что можно начинать технологический процесс тепловой обработки продуктов. При загрузке продуктов температура чаши понижается, датчик-реле температуры В срабатывает, контакты его замыкаются и включают магнитный пускатель К1. Пускатель К1 срабатывает и включает электронагревательные элементы Е и сигнальную лампу Н. В дальнейшем температура чаши поддерживается в заданных пределах путем включения и отключения электронагревателей.

Когда требуется разгрузить чашу сковороды, то нужно отключить электрический нагрев ее, открыть крышку и нажатием на кнопку S1 включить магнитный пускатель К2. Пускатель К2 срабатывает и включает электродвигатель М. Движение от него через редуктор передаётся чаше, и она опрокидывается. Содержимое чаши сливается в подставленную тару. Опрокидывание чаши должно происходить в присутствии обслуживающего персонала, поэтому предусматривается работа магнитного пускателя и двигателя только при нажатой кнопке S1. Если прекращается нажатие, то пускатель и двигатель отключаются и опрокидывание чаши прекращается. Для возвращения чаши в исходное положение нужно нажать на другую кнопку S2, контактом которой включится магнитный пускатель К3. Пускатель К3 срабатывает и включает двигатель для вращения в другую сторону. Движение от двигателя через редуктор передается чаше и она возвращается в исходное горизонтальное положение. В конце пути она нажимает на конечный выключатель S4 нижнего уровня, контакт которого переключается и отключает магнитный пускатель К3. Одновременно подготавливается электрическая цепь включения обмотки магнитного пускателя К1.

Последовательность работы элементов функциональной схемы та же, что и структурной. Эти две схемы создаются в основном для наиболее сложных изделий (установок).

### 3.2 Принципиальные электрические схемы

Для всех изделий (установок) вычерчивается принципиальная схема, которая определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия (установки). Этой схемой пользуются для изучения принципов работы изделия (установки), а также при его наладке, регулировке, контроле и ремонте. Принципиальная схема служит основанием для разработки схемы соединений и чертежей на изделие. Схема изображается для изделия, находящегося в отключенном положении. Как исключение, допускается отдельные элементы показывать в рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

Элементы на схеме изображаются условными графическими обозначениями, которые в основном выполняются линиями той же толщины, что и линии электрических связей.

В принципиальных, схемах в основном элементы и устройства изображают разнесенным способом, т. е. в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были показаны наиболее наглядно при минимальном количестве пересечений. Каждый элемент схемы имеет буквенное обозначение. Если в схеме несколько элементов, которые должны обозначаться одинаковой буквой, то их обозначают буквой и цифрой. Например, при наличии в схеме двух магнитных пускателей один из них обозначается К1, а другой К2. Элементы пускателя, контакты и обмотка имеют одинаковое буквенно-цифровое обозначение, например К1. По этому обозначению и определяют принадлежность их к одному и тому же устройству (аппарату).

При выполнении схемы условные графические обозначения элементов и их составных частей, входящих в одну цепь, наносят последовательно друг за другом по прямой. Отдельные цепи изображают друг за другом так, что они образуют параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки. Силовая цепь может быть изображена вертикальными строками, а управления — горизонтальными.

Строки допускается нумеровать цифрами для облегчения описания схемы и нахождения в ней элементов. Порядковые номера элементам и строкам схемы присваиваются в соответствии с последовательностью расположения строк элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

При изображении на схеме различных функциональных цепей допускается различать их по толщине, например силовую цепь изображать линиями большей толщины, чем цепь управления.

На принципиальной схеме приводятся все элементы, входящие в изделие. Данные об элементах записываются в перечень, который помещают на схеме или оформляют как самостоятельный документ. В перечне элементы обозначаются теми же буквами и цифрами, что и на схеме. В нем указывают количество элементов и их наименование. При необходимости в графе «Примечание» приводятся основные технические данные.

Клеммы катушек, контактов, ламп и других элементов схемы маркируют-



ся буквами, цифрами или буквами и шифрами. Так, вводные клеммы на схемах оборудования маркируют буквами А, В, С или U, V, W в соответствии с названиями фаз проводов трехфазной системы. Клеммы магнитных пускателей, которые соединены с вводными клеммами, маркируются также этими буквами. Другие клеммы контактов магнитных пускателей маркируются этими же буквами и цифрой 1 (А1, В1, С1). Клеммы одинаковой маркировки соединяются друг с другом электрическими проводами.

На рис. 2.21, а изображена принципиальная схема включения электронагревательных элементов Е магнитным пускателем К. Схема состоит из двух частей — силовой цепи и цепи управления. В силовой цепи, изображенной более толстыми линиями, находятся плавкие предохранители F, силовые (главные) контакты К магнитного пускателя и нагревательные элементы Е. В цепи управления имеются кнопки управления: S1 (Стоп) с размыкающим контактом и S2 (Пуск) с замыкающим контактом. Контакт кнопки S2 (Пуск) замыкается, а кнопки S1 (Стоп) размыкается под действием усилия руки человека.

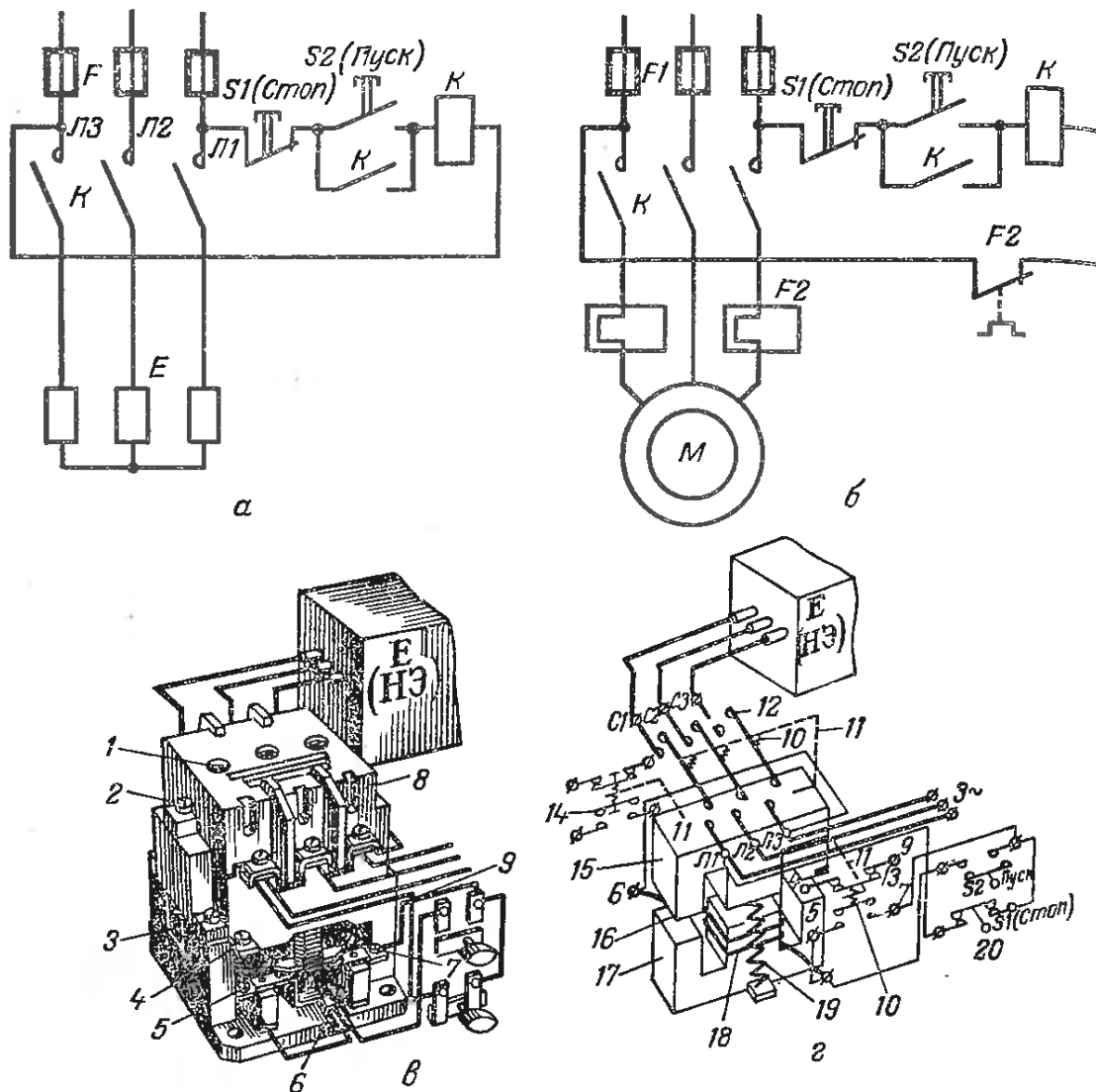


Рис. 2.21. Схемы включения магнитным пускателем:  
а, в, г — нагревательных элементов; б — двигателя

После прекращения нажатия контакты кнопок возвращаются в исходное положение — контакт кнопки S2 размыкается, а кнопки S1 (Стоп) замыкается. Электрическим приемником цепи управления является обмотка К магнитного пускателя. При нажатии на кнопку S2 (Пуск) замыкается цепь обмотки К магнитного пускателя. По виткам обмотки проходит ток, и создается магнитное поле, под действием которого якорь электромагнита пускателя подтягивается к сердечнику. Усилие от якоря передается подвижным контактам пускателя. Они перемещаются и входят в соприкосновение с неподвижными.

Три главных контакта пускателя замыкаются и подсоединяют к электрической сети нагревательные элементы Е. Замыкается также и вспомогательный контакт К пускателя, зажимы которого присоединены к зажимам контакта S2 (Пуск). Сделано это для того, чтобы после прекращения нажатия на кнопку S2 (Пуск) и размыкания ее контакта обмотка К пускателя не отключалась.

При срабатывании пускателя, а происходит это через доли секунды после замыкания контакта кнопки S2 (Пуск), замыкается вспомогательный контакт К пускателя и шунтирует контакт кнопки S2 (Пуск). Ток по обмотке К проходит и через контакт К, и через контакт кнопки S2 (Пуск). Размыкание контакта S2 (Пуск) не влечет за собой разрыва цепи обмотки К пускателя.

Отключаются нагревательные элементы Е нажатием на кнопку S1 (Стоп). При этом контакт кнопки S1 (Стоп) размыкается и отключает обмотку К пускателя.

Прекращается прохождение тока по виткам обмотки К пускателя. Усилением пружин якорь электромагнита пускателя возвращается в исходное положение, и контакты его размыкаются. Главные (силовые) контакты отключают нагревательные элементы Е, а вспомогательный контакт размыкает цепь обмотки К пускателя. При замыкании контакта кнопки S1 (Стоп) после прекращения нажатия на нее включение обмотки К пускателя не происходит, так как разомкнут вспомогательный контакт.

Для защиты от токов короткого замыкания силовой цепи и цепи управления в схеме предусмотрены плавкие предохранители F. Если ток нагревательных элементов во много раз отличается от тока цепи управления, то для цепи управления предусматривается один или два предохранителя на меньший ток (на рисунке они не показаны).

На рис. 2.21,6 изображена принципиальная электросхема включения двигателя М магнитным пускателем К. Эта схема отличается от схемы, изображенной на рис. 2.22, а, не только видом электрического приемника. В ней наряду с плавкими предохранителями для защиты цепи двигателя предусматривается тепловое реле защиты F2. Два нагревательных элемента теплового реле защиты F2 подсоединяются последовательно к обмоткам двигателя, а контакт F2 — последовательно к обмотке пускателя К.

Тепловое реле защиты F2 срабатывает при механической перегрузке двигателя, при большом отклонении напряжения сети от номинального и при обрыве одного провода во время работы. Во всех этих случаях возрастает ток в цепи обмоток двигателя, и в нагревательных элементах теплового реле защиты выделяется большее количество теплоты. Происходит деформация биметаллической пластины, и контакт F2 теплового реле размыкается. Он отключает

обмотку К магнитного пускателя, контакты К пускателя размыкаются и отключают электродвигатель.

С помощью кнопок S2 (Пуск) и S1 (Стоп) производится включение и отключение двигателя, а также исключается возможность самопроизвольного включения его после кратковременного снятия напряжения с цепи двигателя. Для включения нужно обязательно нажать на кнопку S2 (Пуск). Если же взамен кнопок поставить выключатель, то после снятия напряжения и повторной его подачи будет происходить самопроизвольное включение двигателя, что во многих случаях может привести к аварийной ситуации.

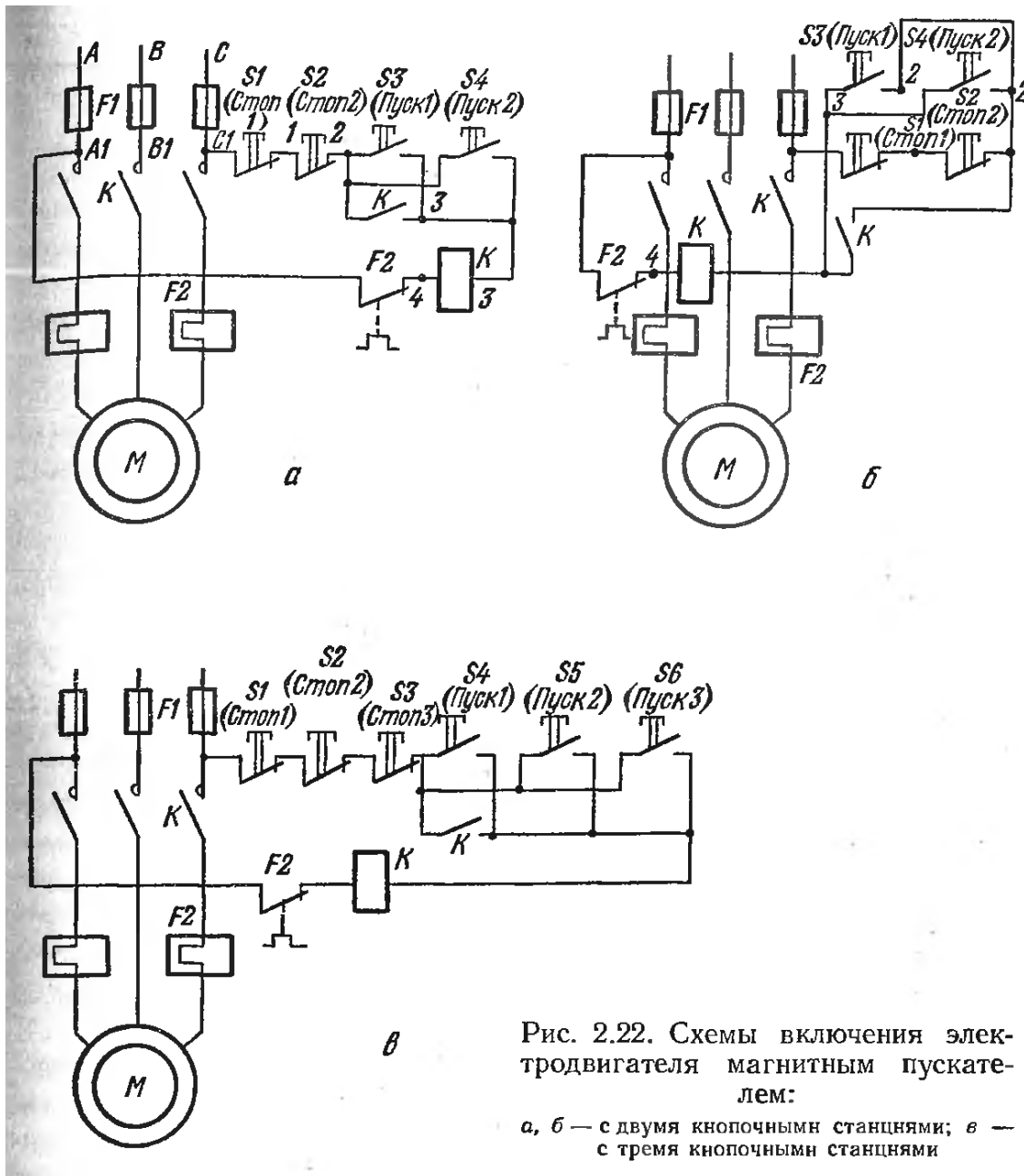


Рис. 2.22. Схемы включения электродвигателя магнитным пускателем:  
а, б — с двумя кнопочными станциями; в — с тремя кнопочными станциями

На рис. 2.22, а, в изображены принципиальные электрические схемы включения двигателя магнитным пускателем, в цепи управления которого имеются две и три кнопочные станции. Каждая кнопочная станция состоит из кнопок «Пуск» и «Стоп». Устанавливаются кнопочные станции в различных

местах, например для двигателя вентилятора вытяжной вентиляции кнопочные станции установлены на нескольких этажах. Вентилятор с двигателем и магнитным пускателем расположен в чердачном помещении. Для включения вентилятора не нужно подниматься в это помещение, так как кнопочная станция имеется в помещении данного этажа.

Силовая цепь схем рис. 2.22, а, в ничем не отличается от силовой цепи схемы рис. 2.21,б. В цепи управления схем рис. 2.22, а, в применяются по две пары кнопок (Пуск и Стоп). Кнопки Стоп соединяются между собой последовательно, и при размыкании контакта любой из них разрывается цепь обмотки магнитного пускателя К. Кнопки Пуск соединяются параллельно друг к другу, и при замыкании контакта любой из них включается обмотка магнитного пускателя К. После срабатывания пускателя К его вспомогательный контакт К шунтирует кнопки Пуск. Контакт теплового реле защиты, так же как и в схеме рис. 2.21,б, находится в цепи обмотки К пускателя, поэтому при размыкании его цепь управления разрывается.

На рис. 2.23, а изображена принципиальная схема включения двигателя М реверсивным магнитным пускателем. С помощью этого пускателя электродвигатель включается для вращения как в одну, так и в обратную сторону, т. е. можно получить движение машины вперед (вверх) и назад (вниз). Реверсивный магнитный пускатель состоит из двух простых пускателей, подвижные части которых обычно механически связаны друг с другом. Устройство в виде коромысла (рис. 2.23,б), механически связывающее подвижные части двух пускателей К1 и К2, называется механической блокировкой, не позволяющей контактам одного пускателя К1 замыкаться одновременно с контактами другого К2. При одновременном замыкании контактов пускателей К1 и К2 произойдет короткое замыкание фаз В и С (среднего и правого проводов силовой цепи). Эти две фазы (два провода) на двигателе М меняются местами с помощью пускателей К1 и К2, в результате чего и получается различное направление его вращения.

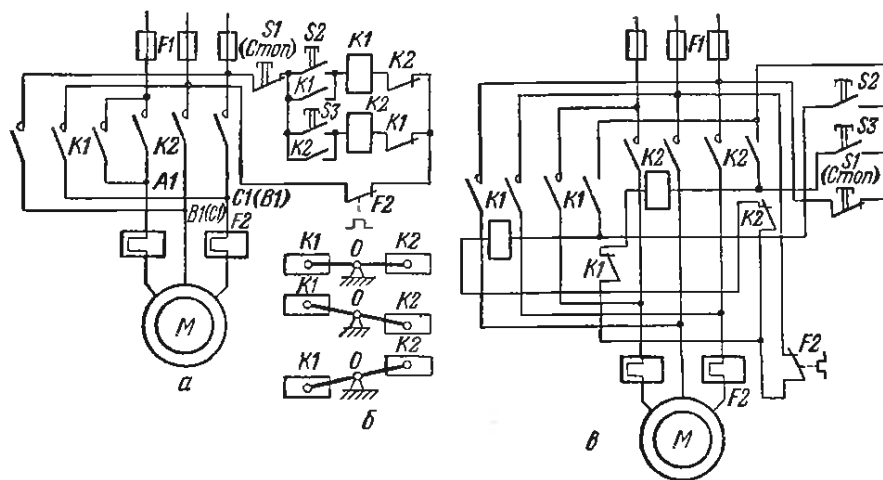


Рис. 2.23. Включение двигателя реверсивным магнитным пускателем:

а — принципиальная электросхема; б — схема механической блокировки; в — схема соединений

В силовой цепи имеются предохранители F1, два нагревательных элемента теплового реле защиты F2 и шесть замыкающих контактов, три из которых K1 замыкаются при срабатывании пускателя K1, а три других K2 — при срабатывании пускателя K2. Контакты K1 замыкаются при включении обмотки K1 после замыкания контакта кнопки S2, а контакты K2 — при включении обмотки K2 после замыкания контакта кнопки S3. Если при замыкании контактов K2 фаза C1 подсоединится к правой клемме двигателя, а фаза B1 — к средней клемме, то при замыкании контактов K1 фаза B1 подсоединяется к правой клемме двигателя, а фаза C1 — к средней клемме двигателя. Происходит изменение чередования фаз, поэтому образующееся в статоре двигателя M магнитное поле вращается в первом случае в одну сторону, а во втором — в обратную. Соответственно изменяется и направление вращения ротора.

Для включения обмотки K1 нажимают на кнопку S2. При этом ток проходит через контакты кнопок S1 (Стоп) и S2, обмотку K1, размыкающие контакты K2 и F2. После срабатывания пускателя K1 замыкающими контактами K1 силовой цепи включается двигатель M, замыкающим контактом K1 цепи управления шунтируется контакт кнопки S2, размыкающим контактом K1 разрывается цепь обмотки K2. С помощью размыкающего контакта K1 осуществляется электрическая блокировка — невозможность включения обмотки K2 при включенной обмотке K1. Для включения обмотки K2 нужно вначале отключить обмотку K1 с помощью кнопки S1 (Стоп). После этого при нажатии на кнопку S3 замкнется цепь обмотки K2 и произойдет срабатывание магнитного пускателя K2. Двигатель M при этом будет вращаться в другую сторону, чем при включении его контактами K1.

Реверсивные магнитные пускатели широко применяются в подъемниках, лифтах, тельферах. В электрической схеме тельфера отсутствуют контакты пускателей, шунтирующие контакты кнопок Пуск (S2 и S3). Двигатель тельфера работает только при постоянно нажатой одной из кнопок Пуск (S2 и S3). Этим обеспечивается подъем и опускание, движение вперед или назад в определенных пределах. В схеме предусматриваются контакты конечных выключателей. Эти контакты размыкаются под действием крюка с грузом при подъеме его до верхнего допустимого предела, и находятся они в цепи обмотки того пускателя, которым включается двигатель для подъема груза.

В силовой цепи к вводным клеммам двигателя подсоединен электромагнит тормоза. При включении двигателя включается и электромагнит тормоза. Колодки тормоза отходят от тормозного шкива, и двигатель вращает лебедку. Когда двигатель отключается, то одновременно отключается и электромагнит тормоза. Пружины тормоза прижимают колодки к шкиву, и лебедка останавливается.

На рис. 2.24 приведена принципиальная электрическая схема скороводы СЭ-0,45М. В силовой цепи, изображенной линиями большей толщины, имеются контакты магнитного пускателя K1 и нагревательные элементы E1...E9. Схема изображена для работы от сети 3N~380 В, поэтому тэны соединены в три звезды. Каждый из тэнов предназначен для работы при напряжении 220 В. При напряжении сети 3 ~ 220 В тэны соединяют в три треугольника.

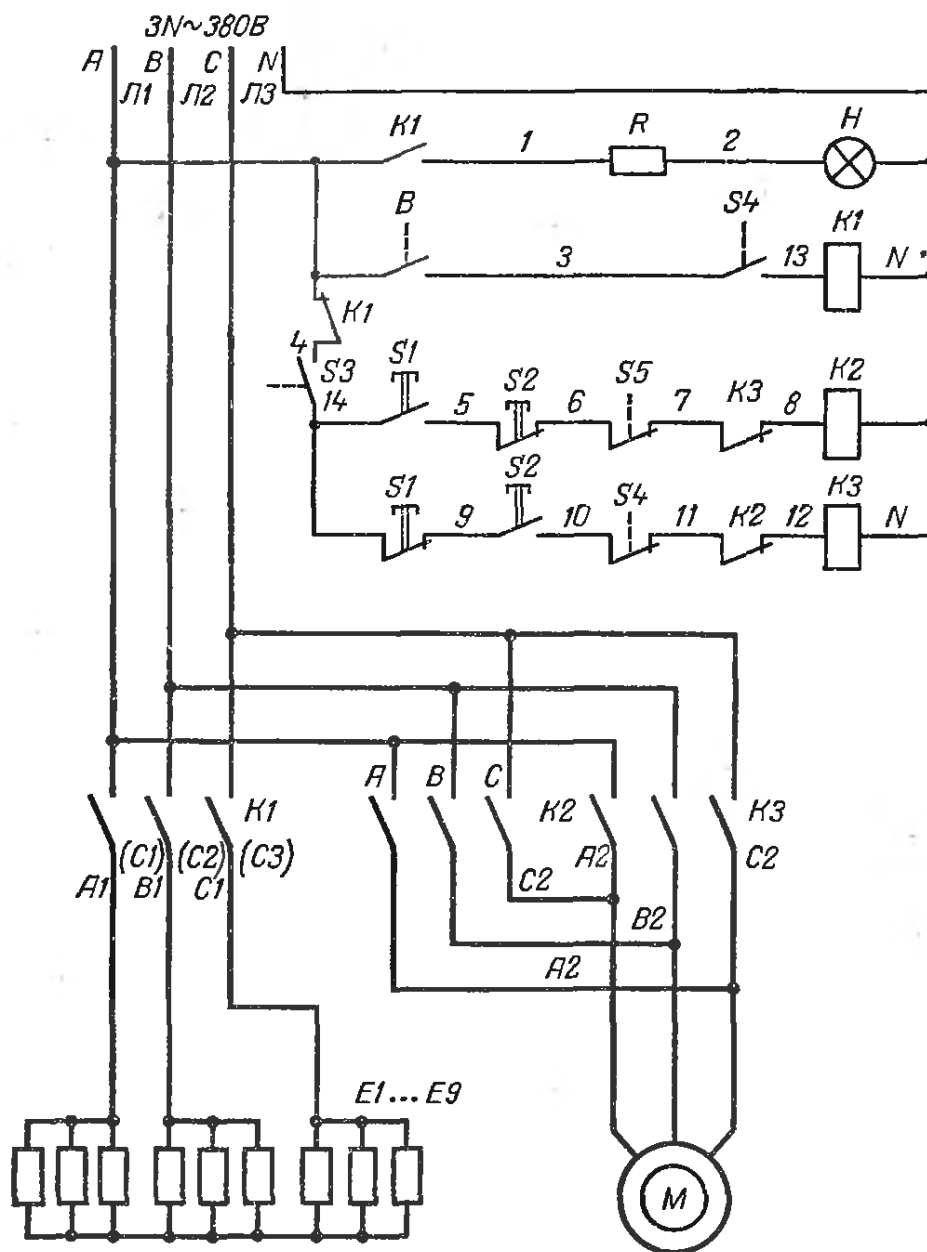


Рис. 2.24. Принципиальная электрическая схема сковороды СЭ-0,45 М

Вводные клеммы силовой цепи промаркированы буквами А, В, С, клеммы после контактов магнитного пускателя — А1, В1, С1. Наряду с этим приведена маркировка, имеющаяся на зажимах магнитного пускателя, — Л1, Л2, Л3 и С1, С2, С3. Эта маркировка, приведенная в скобках, поясняет о том, что маркировка относится к аппарату — магнитному пускателю. В силовой цепи имеются также контакты еще двух магнитных пускателей К2, К3 и двигатель М.

Цепь управления при напряжении сети 3N~380 В подсоединяется к проводам С и N сети на напряжение 220 В. Когда напряжение сети 3 ~ 220 В, цепь управления подсоединяется к проводам С и А сети на напряжение 220 В.

В цепи управления имеются кнопочные выключатели S1, S2, конечные выключатели S3, S4, S5, обмотки пускателя К1, К2, К3, датчик-реле температуры В и сигнальная лампа Н. При замыкании контакта В напряжение (220 В)

подается на обмотку пускателя К1, если замкнут контакт S4. Этот контакт замкнут, когда чаша сковороды находится в горизонтальном положении

При срабатывании магнитного пускателя К1 замыкающие контакты его К1 замыкаются, и в силовой цепи ток через них проходит по девяти трубчатым электронагревателям Е1...Е9, соединенным в три звезды. Одновременно через замыкающий контакт К1 в цепи управления ток проходит по сигнальной лампе Н и последовательно соединенному с ней резистору R. В светосигнальной арматуре типа АМЕ, используемой в электросковороде, применяется коммутаторная лампа накаливания на 24 В, и для работы ее в цепи с напряжением 220 В последовательно с ней включен резистор с сопротивлением 2400 Ом. В этом случае большая часть напряжения сети, примерно 200 В, приходится на сопротивление резистора и около 20 В — на лампу накаливания.

Одновременно с замыканием контакта В ручку датчика-реле температуры поворачивают на такой угол, который соответствует требуемой температуре нагрева чаши сковороды. Ручка имеет оцифровку от 100 до 300 °С, а на облицовке сковороды находится знак в виде треугольника, рядом с которым и устанавливается цифра требуемой температуры. При повороте ручки в такое положение, когда рядом с этим знаком окажется надпись «Откл», происходит принудительное размыкание контакта датчика-реле температуры.

Когда температура чаши достигнет заданной величины, контакт датчика-реле температуры В разомкнется и отключит обмотку магнитного пускателя К1. Контакты К1 в силовой цепи разомкнутся и отключат трубчатые электронагреватели Е1... Е9, контакт К1 в цепи управления отключит сигнальную лампу Н и оповестит обслуживающий персонал о выходе сковороды на режим. В цепи управления магнитными пускателями К2 и К3 имеется размыкающий контакт К1, который замкнут, когда ток не проходит по обмотке пускателя К1, т.е. в случае отключения трубчатых электронагревателей Е1...Е9. Кроме этого, имеется еще замыкающий контакт конечного выключателя S3, который при нормальном закрытом положении крышки разомкнут. Для того чтобы он замкнулся, нужно крышку открыть на 90 °С, и она не будет мешать повороту чаши.

При нажатии на кнопку S1 замыкается цепь обмотки К2 и ток проходит из провода А через размыкающий контакт К1, замыкающие контакты S3, S1, замыкающие контакты S2, S5, К3 по обмотке К2 в провод N. Пускатель К2 срабатывает и замыкающими контактами К2 включает в силовой цепи двигатель М, а размыкающими контактами К2 разрывает цепь обмотки пускателя К3. Двигатель начинает вращаться и поворачивать чашу сковороды. Включить магнитный пускатель К3 и замкнуть контакты К3 в силовой цепи при замкнутых контактах К2 нельзя. Ток по обмотке К3 не может пройти даже при нажатии на кнопку S2. Цепь обмотки К3 разомкнута размыкающими контактами S1 и К2. Если прекращается нажатие на кнопку S1, то прохождение тока по обмотке К2 сразу же прекращается и двигатель М отключается. Такой режим работы предусмотрен потому, что опрокидывание чаши должно производиться только в присутствии обслуживающего персонала, который может принять экстренные меры при переливе разогретого жира или каких-либо других случаях. Если на кнопку S1 нажимают и после того, как чаша повернулась на 90 °С,

то она нажмет на конечный выключатель S5. Контакт этого выключателя разомкнётся и отключит обмотку магнитного пускателя K2.

Для возврата чаши в исходное горизонтальное положение нужно нажать на кнопку S2, замыкающим контактом которого включается обмотка пускателя K3. Ток по обмотке K3 проходит из провода C через размыкающий контакт K1, замыкающий контакт S3, размыкающий контакт S2 и размыкающие контакты S4 и K2 в провод N сети. Когда чаша займет горизонтальное положение, то нажмет на конечный выключатель нижнего уровня S4. При этом размыкающий контакт S4 отключит обмотку пускателя K3, а замыкающий контакт S4 замыкается и подготавливает цепь обмотки K1 к работе.

Двигатель M изменяет направление вращения, когда меняются местами две из трех подводящих фаз, т. е. два провода. В данной схеме при замыкании контактов K2 провод A2 подводится к правой клемме двигателя M, провод — B2 — к средней и провод C2 — к левой клемме. При замыкании контактов K3 провод A2 подводится к левой клемме двигателя M, провод B2 — опять к средней клемме и провод C2 — к правой клемме двигателя. При замыкании контактов K2, а затем K3 меняются местами провода A2, C2, проводимые к правой и левой клеммам двигателя M.

### 3.3 Схемы регулирования нагрева

Во время приготовления пищи в электротепловых аппаратах требуется вначале подводить большее количество теплоты в единицу времени, а затем меньшее, т.е. необходимо изменять мощность электронагревателя. В настоящее время применяется в основном ступенчатое регулирование (изменение) мощности электронагревателя. Осуществляется это с помощью приборов автоматики или вручную с помощью переключателей. При регулировании нагрева мощность аппарата изменяется включением различного количества электрических нагревательных элементов (тэнов или спиралей) или переключением их на другое соединение.

В однофазных электротепловых аппаратах (конфорках плит, секциях шкафов) электронагреватель состоит из двух секций с различными соединениями, которые изменяют полное электрическое сопротивление нагревателя. При неизменном напряжении сети мощность нагревателя обратно пропорциональна электрическому сопротивлению нагревателя ( $P = U^2/r$ ). В основном электрические сопротивления двух секций равны между собой.

Сильный нагрев получают при параллельном соединении секций нагревательного элемента.

Полное сопротивление определяют по формуле

$$\frac{1}{r_{\text{сил}}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{r}; \quad r_{\text{сил}} = \frac{r}{2},$$

где  $r$  — сопротивление одной секции, Ом.

Для получения среднего нагрева включают одну секцию, тогда полное со-



противление будет равно сопротивлению этой секции

$$r_{\text{сред}} = r$$

Для равномерного прогрева нагревательного элемента каждую секцию размещают на всей его поверхности.

Слабый нагрев получают последовательным соединением секций. Полное сопротивление при этом выражается зависимостью

$$r_{\text{слаб}} = r + r = 2r$$

При неизменном напряжении электрической сети потребляемая мощность нагревателя обратно пропорциональна величине его сопротивления и определяется по формуле

$$P = \frac{U^2}{r_n},$$

$P$  — мощность, Вт;  $U$  — напряжение сети, В;  $r_n$  — сопротивление нагревателя, Ом.

Мощность нагревателя при различных соединениях секций и включении на одно и то же напряжение будет равна:

$$\begin{aligned} P_{\text{сил}} &= \frac{U^2}{r_{\text{сил}}} = \frac{2U^2}{r}; \\ P_{\text{сред}} &= \frac{U^2}{r_{\text{сред}}} = \frac{U^2}{r}; \\ P_{\text{слаб}} &= \frac{U^2}{r_{\text{слаб}}} = \frac{U^2}{2r}. \end{aligned}$$

Соотношение потребляемой мощности при различных соединениях —  
 $P_{\text{сил}} : P_{\text{сред}} : P_{\text{слаб}} =$

Переключение секций на различный нагрев вручную осуществляется с помощью кулачковых теплостойких переключателей ТПКП или пакетных переключателей ПП-25/4П. Кулачковый переключатель ТПКП (рис. 2.26, а, б) состоит из металлического корпуса 11, на котором закреплены механизм быстрого переключения с кожухом 17, кулачковый вал 12 с ручкой 19 и электроконтактная группа в изоляционной плате 1. Профиль четырех кулачков 10 соответствует электрической схеме переключения контактов. Каждый из них воздействует на один из толкателей 4. На толкателях 4 находятся подвижные контакты, прижимающиеся к неподвижным контактам 5 под действием пружин 2. При этом нижние части пружин опираются на дно панели 1. Когда выступы кулачков нажимают на толкатели 4, то они вместе с подвижными контактами

перемещаются вниз и сжимают пружины 2. Когда над толкателями оказываются впадины кулачков, пружины перемещают подвижные контакты и толкатели вверх. Происходит замыкание неподвижных контактов. Контактное давление обеспечивают пружины 2. Если пластины подвижных и неподвижных контактов изготовлены из латуни, то контактирующие поверхности их имеют тонкий слой серебра (около 1 мм).

Провода сети подсоединяются к двум неподвижным контактам, расположенным слева, с помощью винтовых зажимов, состоящих из винтов 8, пружинных шайб 7 и П-образных шайб 6. Пружинная шайба обеспечивает постоянное прижатие проводника к неподвижному контакту.

П-образная шайба дает возможность подсоединять прямой отрезок медного провода без изготовления кольца и без полного вывертывания винта 8. Пластина 9 из электроизоляционного материала имеет четыре прореза, соответствующие профилю и размерам толкателей 4, и выполняет роль направляющих этих толкателей.

Для того чтобы при замыкании и особенно при размыкании контактов не возникла дуга или она быстро гасла, необходимо эти операции ускорить. В переключателе ТПКП механизм быстрого переключения состоит из звездочки 16 и четырех шариков 15, прижимающихся к звездочке пружинами 14. Когда ручкой 19 поворачивают кулачковый вал 12, то вместе с ним поворачивается и звездочка 16. Поворот на первые  $45^\circ$  происходит с большим усилием потому, что шарики, находившиеся во впадинах, отжимаются выступами звездочки 16, и пружины 14 сжимаются. Поворот на следующие  $45^\circ$  происходит очень легко и даже без усилий руки человека. Пружины 14 действуют на шарики 15 так, что они поворачивают звездочку 16 и оказываются во впадинах ее. В это время и происходит замыкание и размыкание контактов переключателя. Происходит оно быстро и практически независимо от скорости поворота ручки переключателя рукой человека. Профили кулачков полностью соответствуют профилю звездочки. Металлическая пластина 13 является ограждением для пружин и шариков, находящихся в кожухе 17. На четырех- или шестигранный вал 12 для нормального вращения его закрепляется подшипник 18.

Ручка 19 закреплена винтом или плоской пружиной. Цифры 0, 1, 2, 3 ступеней нагрева нанесены на кожухе 17 механизма быстрого переключения. В электротепловом оборудовании такие цифры наносятся на облицовке рядом с выступающей из нее ручкой переключателя. Наряду с такой ручкой в настоящее время выпускаются переключатели ТПКП с ручкой, на которой нанесены цифры 0, 1, 2, 3 под углом  $90^\circ$  относительно друг к другу. Закрепляется такая ручка с помощью электроизоляционного клина, вставляемого между валом и отверстием ручки. Перемещается этот клин вдоль вала при вворачивании в него винта. При использовании таких ручек на облицовках оборудования наносится знак в виде треугольника, относительно которого определяется выключение (о) или включение на ту или другую степень нагрева (1, 2, 3). При этом большей цифре соответствует большая величина мощности. В нашем случае слабый нагрев получают при положении 1 ручки переключателя, средний — при положении 2 и сильный — при положении 3.

*Принципиальная электрическая схема включения секций нагревателя кулачковым теплостойким переключателем ТПКП изображена на рис. 2.26, г. Каждая из двух секций с электрическим сопротивлением  $z$  подсоединена к трем клеммам переключателя  $Q$ . К двум другим клеммам переключателя подсоединены провода сети с напряжением 220 В. В нижней части схемы изображены четыре положения ручки переключателя (0, 1, 2, 3). Над каждой цифрой жирными линиями с точками показаны электрические соединения левых проводов сети с правыми проводами, которыми подсоединены секции  $г$  к переключателю. Над нулем жирные линии отсутствуют, потому что провода сети не подсоединяются контактами переключателя  $Q$  к проводам секции  $г$ . Над цифрой 1 изображены две жирные линии, одна из которых указывает на электрическое соединение верхнего провода сети с верхним проводом секции  $г$ , а другая — на электрическое соединение нижнего провода сети со средним проводом секций. Ток при этом проходит из верхнего провода сети через контакт  $Q$ , верхнюю секцию  $г$ , нижнюю секцию  $г$  и контакт  $Q$  в нижний провод сети. Две секции соединены последовательно и подключены на напряжение 220 В. Электронагреватель работает на слабом нагреве. В положении 2 ручки переключателя  $Q$  верхний провод сети соединен с верхним проводом секций, а нижний провод сети соединен с нижним проводом секций. „Ток проходит из верхнего провода сети через контакт  $Q$ , по верхней секции и далее через контакт  $Q$  в нижний провод сети. В положении 3 ручки переключателя  $Q$  верхний провод сети соединен с верхним и средним проводами секции  $г$ , а нижний провод сети соединен с нижним проводом секции  $г$ . Ток проходит из верхнего провода сети, через один контакт  $Q$  по верхней секции  $г$ , а через другой контакт  $Q$  — по нижней секции  $г$ , суммарный ток через третий контакт уходит в нижний провод сети. В положении 2 ручки переключателя включена одна верхняя секция  $г$  нагревателя, а в положении 3 включены две секции параллельно.*

*Принципиальная электрическая схема включения секций нагревателя кулачковым теплостойким переключателем ТПКП изображена на рис. 2.26, г. Каждая из двух секций с электрическим сопротивлением  $z$  подсоединена к трем клеммам переключателя  $Q$ . К двум другим клеммам переключателя подсоединены провода сети с напряжением 220 В. В нижней части схемы изображены четыре положения ручки переключателя (0, 1, 2, 3). Над каждой цифрой жирными линиями с точками показаны электрические соединения левых проводов сети с правыми проводами, которыми подсоединены секции  $г$  к переключателю. Над нулем жирные линии отсутствуют, потому что провода сети не подсоединяются контактами переключателя  $Q$  к проводам секции  $г$ . Над цифрой 1 изображены две жирные линии, одна из которых указывает на электрическое соединение верхнего провода сети с верхним проводом секции  $г$ , а другая — на электрическое соединение нижнего провода сети со средним проводом секций. Ток при этом проходит из верхнего провода сети через контакт  $Q$ , верхнюю секцию  $г$ , нижнюю секцию  $г$  и контакт  $Q$  в нижний провод сети. Две секции соединены последовательно и подключены на напряжение 220 В. Электронагреватель работает на слабом нагреве. В положении 2 ручки переключателя  $Q$  верхний провод сети соединен с верхним проводом секций, а*

нижний провод сети соединен с нижним проводом секций.

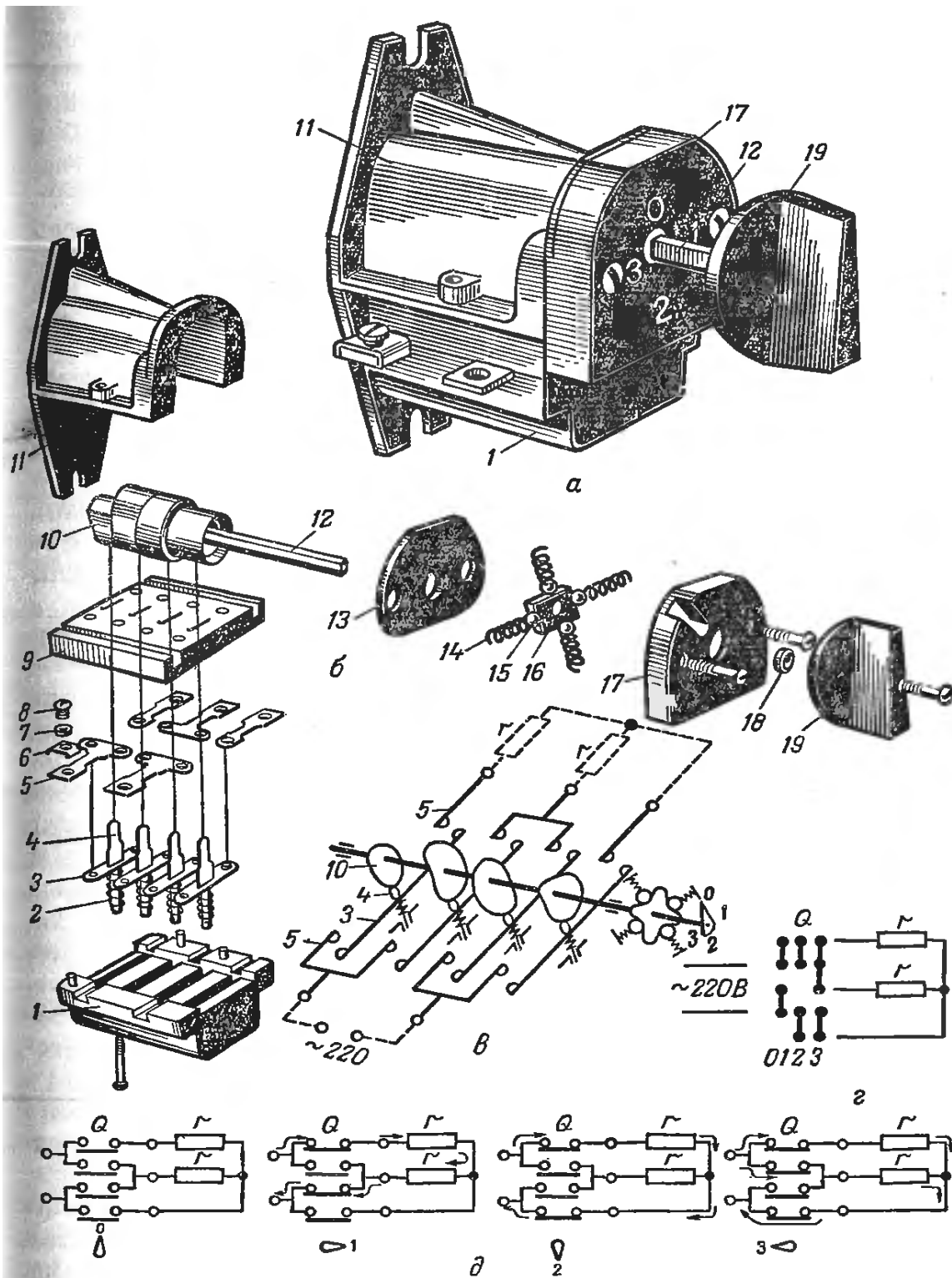


Рис. 2.26. Теплостойкий переключатель ТПКП:  
 а — внешний вид; б — детали переключателя; в — схемы; г — принципиальная электрическая схема регулирования нагрева

Ток проходит из верхнего провода сети через контакт Q, по верхней секции и далее через контакт Q в нижний провод сети. В положении 3 ручки переключателя Q верхний провод сети соединен с верхним и средним проводами секции г, а нижний провод сети соединен с нижним проводом секции г. Ток проходит из верхнего провода сети, через один контакт Q по верхней секции г, а через другой контакт Q — по нижней секции г, суммарный ток через третий контакт уходит в нижний провод сети. В положении 2 ручки переключателя включена одна верхняя секция г нагревателя, а в положении 3 включены две секции параллельно.

Электрическая мощность нагревателя при положении 1 в два раза меньше, чем при положении 2, и в четыре раза меньше, чем при положении 3 ручки переключателя.

На рис. 2.26, д изображена развернутая электрическая схема соединения и показаны состояния контактов h пути прохождения тока через них по секциям г -нагревателя для каждого из четырех положений ручки переключателя Q. На рис. 2.26, в изображены общие кинематическая и электрическая схемы включения секций г нагревателя переключателем. Схема изображена для положения 0 ручки переключателя, когда кулачки 10 через толкатели 4 отжали подвижные контакты 3 от неподвижных 5.

Наряду с теплостойким кулачковым переключателем для регулирования нагрева в однофазных электротепловых аппаратах применяют пакетные переключатели типа ПП-25/4П с подвижными контактами в виде губок, расположенных в изоляционных шайбах. Электрическая схема регулирования нагрева пакетным переключателем такая же, как и кулачковым переключателем.

В трехфазных электротепловых аппаратах применяются три или шесть нагревательных элементов с одинаковым электрическим сопротивлением. Для того чтобы каждый электрический аппарат мог работать и при напряжении сети  $3 \sim 220$  В и при напряжении  $3N \sim 380$  В, в них применяются нагревательные элементы на 220 В. При напряжении сети  $3 \sim 220$  В такие нагревательные элементы соединяются в треугольник, а при напряжении  $3N \sim 380$  В — в звезду. В обоих случаях напряжение на каждом нагревательном элементе будет **220 В**. Сильный нагрев получают включением каждого из трех нагревательных элементов под номинальное напряжение 220 В, а слабый нагрев — включением последовательного соединения трех нагревателей под напряжение 220 В.

При соединении трех нагревательных элементов в треугольник и включении в сеть  $3 \sim 220$  В мощность определяется по формуле

$$P_{\text{сил}} = P_{\Delta} = 3U_{\text{л}}^2 / r$$

где  $U_{\text{л}}$  — линейное напряжение сети, В;  $r$  — электрическое сопротивление нагревательного элемента, Ом

## Глава 4. Электрическое освещение

### 4.1 Общие сведения

**Световой поток** (мощность световой энергии) — это одна из основных величин, характеризующих источники света. Единица измерения светового потока — люмен (лм).

Точечный источник, сила света которого равна 1 канделе (кд) в телесном угле, равном 1 стерadianу (ср), испускает световой поток, равный 1 люмену:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega},$$

где  $I$  — сила света, кд;  $\Phi$  — световой поток, лм;  $\omega$  — телесный угол, ср.

**Сила света  $I$**  характеризует пространственную плотность излучаемого светового потока. Сила света, равная 1 канделе, испускается с площади  $1/600\,000$  м<sup>2</sup> сечения полного излучателя в перпендикулярном этому сечению направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па. Телесный угол в 1 ср соответствует части пространства, ограниченной конической поверхностью, с вершиной в центре сферы и вырезанным на ее поверхности участком, равным величине квадрата радиуса сферы:

$$d\omega = \frac{dS_{сф}}{r^2},$$

где  $S_{сф}$  — площадь участка сферы, вырезаемого телесным углом, м<sup>2</sup>;  $r$  — радиус сферы.

**Освещенность  $E$**  — поверхностная плотность падающего светового потока, определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Единица измерения освещенности — люкс (лк).

**Светимость** — поверхностная плотность излучаемого светового потока, определяется из соотношения

$$R = \frac{d\Phi}{dS_{и}},$$

где  $R$  — светимость, лм/м<sup>2</sup>;  $\Phi$  — световой поток, лм;  $S_{и}$  — площадь излучаемой поверхности, м<sup>2</sup>.

**Яркость** — поверхностная плотность силы света в заданном направлении:

$$L_{\alpha} = \frac{dI_{\alpha}}{dS \cdot \cos \alpha} = \frac{d^2\Phi}{d\omega \cdot dS \cdot \cos \alpha},$$

где  $I_{\alpha}$  — сила света по направлению  $\alpha$ , кд;  $S \cdot \cos \alpha$  — площадь проекции светящегося тела на плоскость, перпендикулярную направлению, отсчитываемому от нормали, к поверхности излучающего тела,  $m^2$ ;  $L_{\alpha}$  — яркость, кд/ $m^2$ .

## 4.2 Электрические источники света

По способу генерирования света все электрические источники делятся на температурные и люминесцентные (холодного свечения). К первой группе относятся лампы накаливания, ко второй — газоразрядные лампы, в том числе люминесцентные.

Основными характеристиками источников света являются следующие номинальные величины: напряжение, мощность, световой поток, световая отдача и средняя продолжительность работы (горения).

Световая отдача лампы определяется отношением ее излучаемого светового потока  $\Phi_l$  к потребляемой электрической мощности  $P_{эл}$ :  $\gamma = \Phi_l / P_{эл}$

Единица измерения световой отдачи — лм/Вт.

**Лампы накаливания.** Лампы накаливания состоят из цоколя и стеклянной колбы, внутри которых расположена вольфрамовая нить накала. Лампы подразделяются на вакуумные (В) мощностью 15, 25 Вт и газонаполненные (Б,Г) мощностью от 40 до 1000 Вт. Газонаполненные лампы после откачки воздуха заполняются аргоном с добавлением 12...16% азота. Выпускаются лампы и с криптоновым наполнением (БК) мощностью от 14 до 100 Вт. Буква Б обозначает биспиральное исполнение элемента свечения.

Светоотдача ламп с криптоновым наполнением на 10...20% больше ламп с аргоновым наполнением. Стоимость криптона выше стоимости аргона, поэтому лампы с криптоновым наполнением дороже ламп с аргоновым наполнением.

Вакуумирование ламп вызвано тем, что вольфрамовая нить накаливания нагревается до температуры 2000... 2500 °К, т.е. до такой температуры, при которой в присутствии кислорода вольфрам очень быстро окисляется. В вакуумных лампах происходит более интенсивное распыление нити накаливания. Лампы мощностью 40 Вт и более наполняются газом, который уменьшает интенсивность распыления нити накаливания даже при более высокой температуре. Температура нити накаливания ламп большой мощности выше, чем ламп малой мощности. Вольфрамовая нить накаливания может сворачиваться в спираль, биспираль (Б) и другие формы.

Большинство ламп накаливания изготавливают с баллонами из прозрачного стекла. Для создания более рассеянного света выпускают лампы с баллонами из матированного, опалового или молочного стекла. Светоотдача таких ламп меньше, чем ламп с прозрачным баллоном: у ламп с матированной колбой — на 3 %, с опаловой — на 10 и с молочной — на 20 %.

Лампы в светорассеивающих колбах имеют следующую буквенную индексацию: МТ — матированная; МЛ — молочная; О — опаловая.

Лампы накаливания дают непрерывный спектр, который отличается от

спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей. В лампах накаливания только около 2 % электрической энергии превращается в свет, а остальная часть выделяется в виде теплоты. Создающиеся внутри лампы ультрафиолетовые лучи также преобразуются в тепловую энергию, поскольку простое стекло колб их не пропускает.

В осветительных установках в основном применяют лампы напряжением 220 и 127 В. Световая отдача ламп напряжением 127 В на 10... 12 % выше, чем ламп напряжением 220 В (при одинаковой мощности). Световая отдача ламп большей мощности выше, чем ламп меньшей мощности.

Средняя продолжительность горения ламп накаливания при номинальном напряжении определяется в 1000 ч. Срок службы их резко сокращается в условиях повышенного напряжения и значительно увеличивается при работе в условиях пониженного напряжения.

В настоящее время выпускаются лампы на напряжение в определенных пределах, например 215...225, 220...230, 230...240 В. Это вызвано тем, что срок службы ламп зависит от напряжения, при котором они работают. При напряжении сети на 10 % больше расчетного продолжительность работы лампы уменьшается на 35 %, а при напряжении сети на 10 % меньше расчетного — она увеличивается в 4 раза. Лампы на 230...240, 235...245 В целесообразно применять на лестничных площадках, в коридорах для дежурного освещения, так как ночью и днем может быть повышенное напряжение. Но эти лампы нецелесообразно применять при стабильном напряжении 220 В из-за значительного уменьшения их светового потока.

**Люминесцентные лампы.** Они относятся к газоразрядным лампам, видимое излучение в которых происходит под действием электрического разряда в парах и газе, наряду с этим излучением в люминесцентных лампах используется также свечение люминофоров (солей кальция, цинка, бария) под действием невидимых ультрафиолетовых лучей, выделяющихся во время электрического разряда. Таким образом, видимое излучение люминесцентной лампы является совокупностью излучения света люминофором и разрядом в лампе.

Люминесцентная лампа (рис. 3.1, а) состоит из трубки 1 с электродами 4 на ее концах. На внутреннюю поверхность стеклянной трубки нанесен тонкий слой люминофора 2.

Каждый электрод состоит из вольфрамовой нити накала и двух никелевых усов 3. От электродов выведены наружу два контакта 5. Колба лампы заполнена аргоном под небольшим давлением. Для создания ртутных паров в нее введена небольшая капелька ртути 6.

Если лампу подключить к сети без предварительной подготовки, то электрический заряд между электродами не возникает. Для получения разряда необходимы дополнительные операции: ионизация паров ртути и газа внутри лампы или приложение повышенного напряжения.

Предварительная ионизация газа и паров ртути внутри лампы — основной способ подготовки ее к зажиганию.



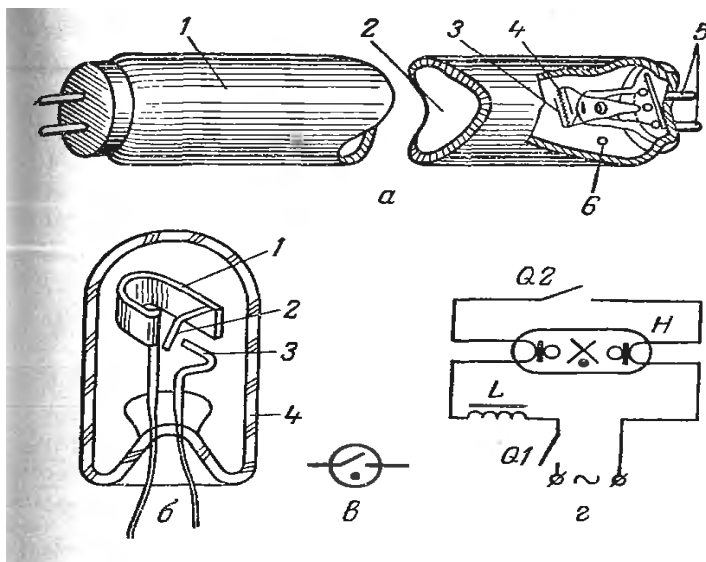


Рис. 3.1. Люминесцентная лампа:  
*a* — общий вид лампы в разрезе; *б* — стартер в разрезе; *в* — условное обозначение стартера; *г* — электрическая схема включения лампы

Для этого после замыкания контактов выключателя  $Q1$  замыкают также и контакт кнопки  $Q2$  (рис. 3.1, г) и последовательно соединяют электроды. При этом по ним проходит ток, и электроды нагреваются примерно до  $800^\circ\text{K}$ . Между концами нитей накаливания и усами возникают вспомогательные разряды, которые ионизируют газ и пары ртути.

Сопротивление нитей накаливания электродов невелико, поэтому величина тока, проходящего по ним, ограничивается балластным сопротивлением. В данной схеме для этого предусмотрен дроссель  $L$ , обладающий большим индуктивным сопротивлением. Дроссель состоит из катушки и магнитопровода, набранного из листов стали, для получения определенного сопротивления дросселя его магнитопровод обычно делают с воздушным зазором.

Если кнопку  $Q2$  разомкнуть через 2—3 с, то лампа зажжется. Между электродами в ионизированном газе произойдет электрический разряд. Зажиганию лампы способствует повышенное напряжение, возникающее в индуктивном сопротивлении дросселя при быстром размыкании цепи. В результате этого между электродами возникает электрический разряд и по лампе начинает проходить ток, величина которого ограничивается балластным сопротивлением.

Последовательное соединение электродов происходит не через ручную кнопку  $Q2$ , а через автоматическое спусковое устройство — стартер, условное обозначение которого изображено на рис. 3.1, в. Последний представляет собой небольшую неоновую лампу 4 тлеющего разряда (рис. 3.1, б) с никелевым 3 и биметаллическим 1 электродами. К концу электрода 1 приварен изогнутый контакт 2. Между этим контактом и электродом 3 при нерабочем состоянии стартера имеется зазор. Под действием напряжения сети (после замыкания контакта  $Q1$ ) между электродами 1 и 3 возникает тлеющий разряд, в результате чего электроды нагреваются. Биметаллический электрод выпрямляется, и контакт 2 входит в соприкосновение с электродом 3.

Через замкнутый контакт стартера ток проходит по спиральям электродов лампы и дросселю. Электроды лампы нагреваются, а биметаллическая пластинка стартера при отсутствии разряда охлаждается. Через 2.. 4 с контакт стартера размыкается, и лампа зажигается, т. е. между электродами лампы воз-

никает электрический разряд.

Под действием разряда газ и пары ртути светятся (электролюминесцируют). При этом выделяется большое количество ультрафиолетовых лучей. Нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянной трубки люминофор под действием ультрафиолетовых лучей также начинает светиться (фотолюминесцировать).

Во время работы лампы между электродами стартера не возникает разряда, так как половина напряжения теряется на дросселе.

Стремление создать искусственные источники «дневного света» вызвано тем, что человеческий глаз привык к восприятию соотношения цветов при естественном дневном свете. Однако дневной свет не всегда имеет одинаковый спектральный состав, а следовательно, и цветность, поэтому люминофоры люминесцентных ламп подбирают для обеспечения определенной цветопередачи.

Люминесцентные трубчатые лампы низкого давления по цветности излучения делятся на лампы белого света — ЛБ, холодно-белого света — ЛХБ, тепло-белого света — ЛТБ, дневного света — ЛД, для правильной цветопередачи — ЛДЦ. В лампах белого света (ЛБ) цветовая температура 3500 К, холодно-белого света — 4850, в лампах тепло-белого света — 2700 и в лампах дневного света — 6500 °К.

Наиболее широко применяются лампы белого света, светоотдача которых выше, чем у других ламп. Для правильной цветопередачи человеческого лица применяются лампы тепло-белого света (ЛТБ). Для правильной цветопередачи, обеспечивающей сохранение цвета объекта таким же, каким он был при естественном освещении, применяются лампы типа ЛДЦ.

Лампы выпускаются для работы в сети с напряжением 127 и 220 В мощность 15, 20, 30, 40, 80 Вт. Лампы мощностью 30, 40, 65, 80 Вт могут работать только в сети напряжением 220 В. Лампы предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от 5 до 50 °С.

При маркировке ламп их мощность указывают цифрой. Например, для лампы мощностью 40 Вт: ЛТБ40, ЛД40, ЛБ40, ЛДЦ40 и ЛХБ40.

Средняя продолжительность работы (горения) всех типов люминесцентных ламп не менее 12 000 ч, т. е. значительно больше, чем ламп накаливания. Световая отдача и КПД люминесцентных ламп также в несколько раз выше, чем ламп накаливания.

К недостаткам люминесцентного освещения относятся: возможность стробоскопического эффекта; длительность процесса зажигания (несколько секунд); коэффициент мощности меньше единицы; более высокие затраты на устройство люминесцентного освещения, чем на освещение лампами накаливания; резкое сокращение срока службы ламп при частых включениях.

Однако, несмотря на эти недостатки, люминесцентное освещение нашло широкое применение, так как люминесцентные лампы при меньшем расходе электроэнергии обеспечивают большую светоотдачу.

Стробоскопический эффект заключается в следующем: если включена одна люминесцентная лампа в сеть переменного тока, то может создаваться иллюзия, что освещаемый ею вращающийся предмет вращается в противополож-

ную сторону или находится в покое. Объясняется это тем, что ток в люминесцентной лампе при частоте 50 Гц меняет свое направление 100 раз в секунду, т. е. лампа 100 раз в секунду включается и выключается. Кроме того, в течение полупериода изменения тока световой поток лампы не остается постоянным. Он сначала возрастает от нулевого до максимального значения, а затем вновь уменьшается до нуля.

За счет инерции свечения люминофора эти пульсации светового потока сглаживаются, но незначительно. Глаз не может заметить пульсации света с такой большой частотой мелькания (100 раз в секунду), когда он смотрит на неподвижный предмет. Иное дело, если объект наблюдения вращается (движется). Тогда в каждый последующий момент изображение движущегося предмета проецируется на различные участки светочувствительной оболочки глаза, причем яркие и темные изображения непрерывно чередуются. В результате глаз фиксирует только яркие изображения, и движение предмета воспринимается скачкообразным.

Имеется несколько приемов устранения стробоскопического эффекта, заключающихся в сдвиге по фазе световых потоков ламп, освещающих одни и те же объекты.

В этом случае объекты будут освещаться постоянно незначительно изменяющимся световым потоком. В двухламповых светильниках последовательно с одной лампой включается конденсатор, благодаря которому ток в этой лампе оказывается сдвинутым по фазе относительно тока другой лампы. Сдвинуты по фазе и световые потоки этих ламп.

Еще лучшее сглаживание пульсации светового потока достигается включением трех ламп на разные фазы трехфазной сети. В этом случае получают световые потоки ламп, сдвинутые по фазе на  $1/3$  периода. Лампы, в которых достигнут сдвиг по фазе светового потока, должны освещать одни и те же объекты.

На рис. 3.2, а изображена электрическая схема люминесцентной лампы Н с пускорегулирующими аппаратами (ПРА), стартерного зажигания. Последовательно с лампой Н включается дроссель L, параллельно со стартером Q2 — конденсатор C2, параллельно со всей цепью лампы — конденсатор C1 и резистор R. Дроссель L, конденсатор C1 и резистор R расположены в одной коробке с четырьмя выводами. Они и являются пускорегулирующими аппаратами (ПРА). Условное обозначение данного ПРА — 1УБИ-40/220-ВП. Первая цифра 1 показывает количество ламп (одна), буквы УБ — тип зажигания (стартерное), буква И — индуктивное балластное сопротивление (дроссель), цифры 40/220 — мощность лампы и напряжение сети, буква В — встроен в сверильник и буква П — обеспечивается пониженный уровень шума.

Дроссель изготавливается с сердечником из стальных листов, поэтому при прохождении тока по его обмотке наблюдается шум (гудение). В приведенном выше ПРА предусмотрено снижение шума сердечника.

Конденсатор C2 предназначен для уменьшения радиопомех, возникающих при работе стартера. Этот конденсатор подсоединен к клеммам стартера и обычно находится в его кожухе. Конденсатор C1 и резистор R снижают уровень радиопомех, создаваемых при работе лампы, а также повышают, хотя и

незначительно, коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ).

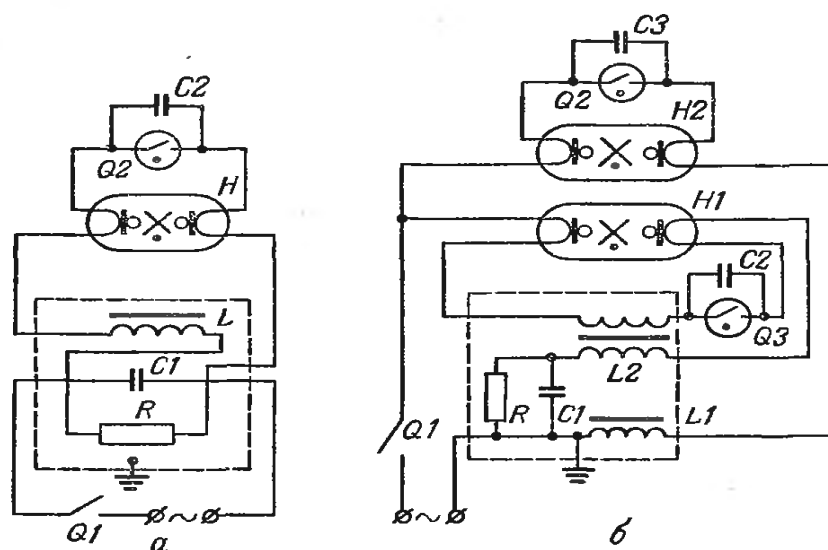


Рис. 3.2. Электрические схемы включения люминесцентных ламп пускорегулирующими аппаратами (ПРА) со стартерами:

*a* — одноламповая; *б* — двухламповая

На рис. 3.2, б изображена схема включения двух ламп с помощью ПРА типа 2УБК-40/220-АН. Буква К в этом обозначении указывает на наличие компенсации коэффициента мощности, буква А --на антистробоскопическое исполнение, т. е. на оснащение его устройством, снижающим пульсацию светового потока, и буква Н -на независимую (невстраиваемую) установку ПРА.

Последовательно лампе Н2 подсоединен дроссель L1. Включение этой лампы происходит так же, как описано ранее. После замыкания контакта выключателя Q1 под действием полного напряжения сети происходит разряд между контактами стартера Q2. Контакты стартера замыкаются, и ток проходит по цепи электродов лампы Н2. Через 1...2 с контакт стартера Q2 размыкается, и лампа Н2 зажигается, т. е. между ее электродами появляется электрический разряд.

Последовательно дросселю L2 и лампе Н1 включен конденсатор С1 для получения тока в цепи лампы Н1, сдвинутого по фазе относительно тока цепи лампы Н2. По цепи лампы Н2 проходит ток, отстающий по фазе (из-за индуктивности дросселя) от напряжения, а по цепи лампы Н1 — ток, опережающий по фазе напряжение. Кондесатор С1 при этом подбирается такой емкости, которая обеспечит превышение его емкостного сопротивления над индуктивным сопротивлением дросселя L2. Полное сопротивление цепи лампы Н1 в период зажигания (при замкнутом контакте стартера Q3) оказывается очень большим, а ток подогрева катодов лампы — недостаточной величины. Для того чтобы увеличить ток во время подогрева (при замкнутом контакте Q3), включают дополнительную (пусковую) обмотку ПО. При этом в большей степени компенсируется емкость, цепь приближается к параметрам резонанса напряжений, и ток в цепи возрастает. Electroды лампы прогреваются до нормальной температуры,

и после размыкания контакта стартера Q3 пусковая обмотка ПО отключается. Схема, приведенная на рис. 3.2, б обеспечивает работу ламп Н1 и Н2 со значительным снижением стробоскопического эффекта из-за сдвига по фазе световых потоков этих ламп.

### 4.3 Светильники

Осветительный прибор ближнего действия называется светильником. Стоит он из двух основных частей — источника света и устройства, перераспределяющего цветовой поток источника в пространстве (отражатель, рассеиватель и т.п.). Кроме того, в состав светильника входят провода, ламподержатели или патроны, детали крепления и пускорегулирующие устройства ПРА (для люминесцентных ламп). К основным параметрам светильников относятся: мощность источника, напряжение питающей сети и характер светораспределения.

По отношению световых потоков, направляемых светильником вверх и вниз, они делятся на светильники прямого, преимущественно прямого света. В светильниках прямого света не менее 80 % светового потока натравляется вниз, а в светильниках преимущественно прямого света вниз направляется от 60 до 80 % светового потока. В светильниках рассеянного света разница между частями светового потока, направленного вниз и вверх, не превышает 20 % всего потока. В светильниках отраженного света вверх направляется не менее 80 % светового потока, а в светильниках преимущественно отраженного света — от 60 до 80 % светового потока. Нить накаливания ламп обладает очень большой яркостью и светимостью и оказывает слепящее действие. Светильник предназначен также и для защиты глаз от слепящего действия ламп.

К светильникам прямого света с лампами накаливания относятся: НСП17 на 200, 500, 1000 Вт и НСПО2-500 для нормальных условий среды, а НСПО2-200, НСШ7-200, НСП17-103 для тяжелых условий среды; НСПОЗ с фарфоровым патроном (рис. 3.3). «Люцетта» и шар относятся к светильникам рассеянного света, а кольцевой НВО04 — к светильникам преимущественно отраженного света. Светильники ЛВПО5-4, ЛСПО2-2 с люминесцентными лампами относятся к светильникам прямого света.

К наиболее распространенным светильникам ламп накаливания, применяемым на предприятиях общественного питания, относятся: НСШ7, НСПО2-200 с затенителями, повышенной надежности, НСПОЗ с фарфоровым патроном, потолочный «Люцетта», шар.

Светильники НСП17-200, НСПО2-500 с затенителями (рис. 3.3, а) состоят из стального отражателя и стеклянного затенителя. Применяются для освещения помещений горячего, кондитерского и других цехов.

Светильники НСП 17-200-103, НСПО2-200 повышенной надежности (рис. 3.3, б) применяются в сырых, пыльных и во влажных помещениях (моечных посуды, котельных и холодильных камерах].

Светильник НСПОЗ с фарфоровым патроном (рис. 3.3, в) устанавливается во влажных помещениях (туалетных, душевых, холодильных помещениях). Он изготавливается для ламп накаливания мощностью до 60 Вт. Такой же светильник с металлическим корпусом называется светильником ПГ-75. Предназначен

он для ламп мощностью 75 Вт (96 Вт).

Светильник цельного молочного стекла «Люцетта» (рис. 3.3, г) применяется для освещения сухих непыльных производственных и культурно-бытовых помещений (холодильных цехов, гардеробов, залов небольших предприятий, коридоров, контор).

Светильник молочного стекла — шар (рис. 3.2, д) устанавливается в небольших залах, вестибюлях, служебных и конторских помещениях.

Светильник потолочный изготавливается на одну или две лампы мощностью по 60 Вт (рис. 3.3, е). Он устанавливается непосредственно на потолке или на стене и используется для освещения невысоких помещений, лестничных клеток, коридоров.

Светильник с кольцевыми металлическими затенителями НВО04 (рис. 3.3, ж) применяется для освещения общественных, торговых и служебных помещений.

Для люминесцентных ламп выпускают светильники ПСПО2-2, ЛВПО5-4 с диффузным отражателем без решетки снизу или же с решеткой (рис. 3.3, з). Изготавливаются они на 2 и 4 лампы и применяются в производственных и конторских помещениях (в цехах, коридорах, сухих кладовых, конторах).

Для помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью, превышающей 75 %, рекомендуется светильник ПВЛП-2-2Х40 (на 2 лампы по 40 Вт) (рис. 3.3, и).

Люминесцентный светильник потолочный имеет решетку из органического стекла (рис. 3.3, к). Выпускается он на 2, 4, 6 и 10 ламп для установки в торговых залах и вестибюлях.

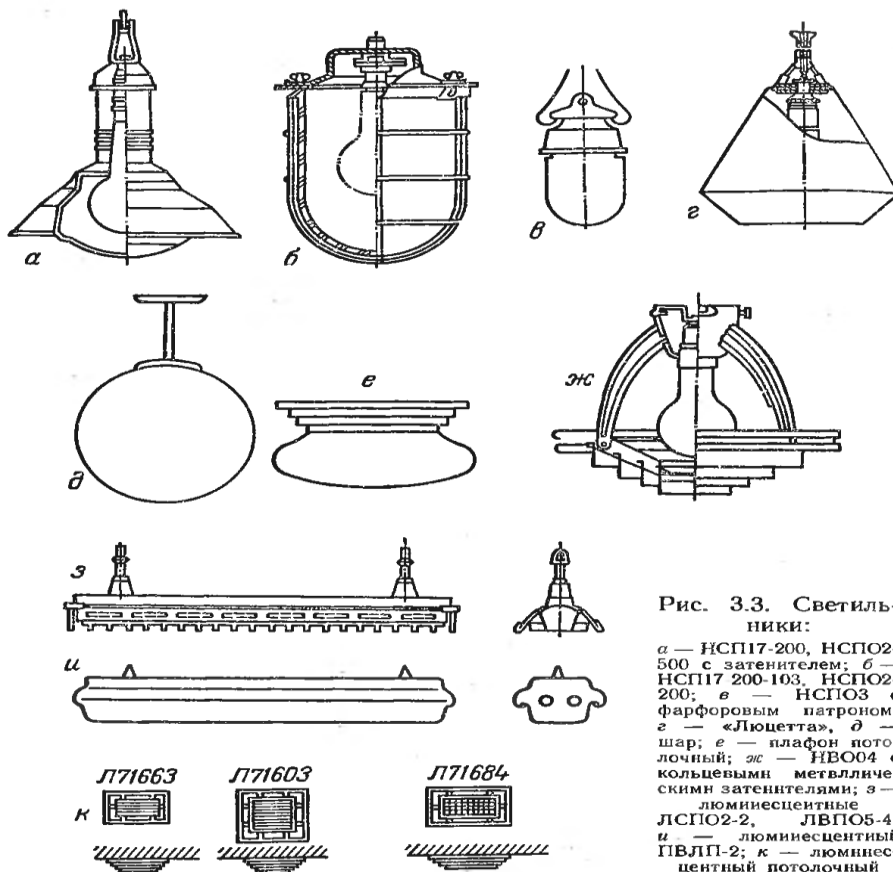


Рис. 3.3. Светильники:

а — НСП17-200, НСПО2-500 с затенителем; б — НСП17 200-103, НСПО2-200; в — НСПО3 с фарфоровым патроном; г — «Люцетта», д — шар; е — плафон потолочный; ж — НВО04 с кольцевыми металлическими затенителями; з — люминесцентные ЛСПО2-2, ЛВПО5-4; и — люминесцентный ПВЛП-2; к — люминесцентный потолочный

#### 4.4 Проектирование и расчет освещения

Электрической осветительной установкой обеспечивается определенная (нормируемая) освещенность на рабочих поверхностях и благоприятное распределение яркости стен и потолка в поле зрения. Рабочими поверхностями в цехах и торговых залах являются столы, в коридорах — пол, в складских помещениях — стеллажи.

Проектирование осветительной установки производится в такой последовательности: установление величины нормируемой освещенности для принимаемых источников света (ламп накаливания или люминесцентных ламп) и системы освещения, выбор типа светильников и их размещение, расчет мощности осветительной установки и мощности применяемого источника света, проверочный расчет на минимальную освещенность.

На основании общих норм для помещений предприятий торговли и общественного питания минимальная освещенность при высоте 0,8 м от пола принимается, лк: в торговых залах — 75...100 (200...300); в цехах — 75 (200); для коридоров, вестибюлей, кладовых — 15... 30 (50...75) (в скобках указаны нормы для люминесцентного освещения).

В помещениях применяется система общего или комбинированного освещения. Система комбинированного освещения включает общее и местное освещение рабочих мест. В помещениях предприятий торговли и общественного питания в основном применяется система общего равномерного освещения. Система комбинированного освещения применяется в конторских помещениях, кабинетах и мастерских.

В процессе эксплуатации осветительной установки освещенность рабочих мест снижается вследствие запыления и загрязнения светильников, а также из-за снижения светового потока ламп при их старении. В зависимости от пылевыделений и характера помещений принимается различной величины коэффициент запаса, который повышает расчетную освещенность по сравнению с нормируемой. В большинстве помещений предприятий торговли и общественного питания содержится менее 0,5 мг/м<sup>3</sup> пыли, дыма и копоти, поэтому коэффициент запаса осветительных установок принимается равным 1,3 при освещении лампами накаливания и 1,5 — люминесцентными лампами. Для горячих цехов этот коэффициент может приниматься соответственно 1,5 и 1,7.

**Выбор и размещение светильников.** Тип светильника выбирают исходя из условий среды помещений, а также требований к светораспределителю и экономичности осветительной установки в целом. Светильники прямого света следует применять для освещения производственных помещений; светильники рассеянного света (шар, «Люцетта») и светильники преимущественно отраженного света, с кольцевыми металлическими заменителями — в общественных и административных помещениях. При этом часть светового потока попадает на потолок и стены, окрашенные в светлые тона, и, отражаясь, равномерно освещает рабочие поверхности.

Различают два способа размещения светильников общего освещения — равномерное и локализованное. При локализованном хорошо освещается только часть помещения — рабочие места.

При равномерном размещении создается одинаковая освещенность всей площади помещения в целом. Расстояние между светильниками в каждом ряду, а также между рядами берется постоянным. Лучший вариант равномерного размещения светильников — расположение их в шахматном порядке или по вершинам квадрата. Расстояние между рядами и между светильниками принимают в зависимости от расчетной высоты  $h$  (высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью). Эту высоту определяют по формуле

$$h = H - h_p - h_{св},$$

где  $H$  — высота помещения, м;  $h_p$  — высота рабочей поверхности, м;  $h_{св}$  — свес светильника (расстояние от потолка до светильника), м.

Высота рабочей поверхности стола при работе сидя принимается равной 0,8 м, при работе стоя — 1 м. Высоту свеса светильника для помещений высотой 3...4 м принимают равной 0,3...0,5 м.

Расстояние между светильниками определяют по формуле  $L = (1,4...2,8)h$ , хотя для простейших расчетов  $L = 1,5h$  с последующим корректированием при расстановке светильников на плане. Расстояние от крайних светильников до стены принимают 0,5L. При расположении рабочих поверхностей непосредственно у стен это расстояние уменьшается до 0,3L.

Люминесцентные светильники располагают обычно рядами. Для светильников типа ЛСПО2-2 расстояние между ними принимается  $L = 1,2h$ . При больших нормах освещения люминесцентные светильники располагают непрерывными рядами, соединяя их торцами один с другим.

Светильники с лампами накаливания после определения расстояний между ними и между рядами наносятся на план помещений условными обозначениями.

Светильники с люминесцентными лампами наносятся на план после окончания расчета.

#### **Расчет освещения методом коэффициента использования.**

Коэффициент использования осветительной установки ( $U$ ) показывает, какая часть светового потока ламп падает на рабочую поверхность:

$$U = \frac{\Phi}{n\Phi_{л}},$$

где  $\Phi$  — световой поток, падающий на рабочую поверхность, лм;  $n$  — количество ламп;  $\Phi_{л}$  — световой поток одной лампы, лм.

Величина коэффициента использования зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка  $\rho_{п}$ , стен  $\rho_{ст}$  и индекса помещения  $\phi$ , учитывающего соотношение его размеров. Коэффициенты отражения чистых побеленных потолка и стен в сухих помещениях 70 %, во влажных — 50, бетонных потолков и стен, оклеенных обоями, — 30 %.



$$\varphi = \frac{AB}{h(A + B)},$$

где  $A, B$  — длина и ширина освещаемого помещения, м;  $h$  — расчетная высота, м.

Величину коэффициента использования определяют в процентах по приложению 4. В формулу расчета освещения коэффициент подставляется в долях единицы.

Расчет освещения лампами накаливания заключается в определении светового потока лампы  $\Phi_{л}$ , необходимого для обеспечения заданной минимальной освещенности:

$$\Phi_{л} = \frac{ESkz}{nU},$$

где  $E$  — нормируемая минимальная освещенность, лк;  $S$  — площадь помещения,  $m^2$ ;  $k$  — коэффициент запаса, связанный со старением лампы (снижением светового потока) и запылением светильников.

Для помещений с малыми выделениями пыли, дыма или копоти при лампах накаливания  $k = 1,3$ , при люминесцентных лампах  $k = 1,5$ ;  $z$  — коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности  $E_{ср}$  к нормированной минимальной  $E$ .

При отношении  $L / h = 1,5$  коэффициент  $z$  принимают равным 1,2;  $n$  — количество устанавливаемых светильников (ламп);  $U$  — коэффициент использования осветительной установки.

По найденной величине светового потока одной лампы  $\Phi_{л}$  по табл. 3.1 определяется мощность лампы накаливания принятого напряжения, у которой световой поток близок к  $\Phi_{л}$ .

Расчет освещения методом коэффициента использования (при освещении люминесцентными лампами) заключается в определении количества необходимых ламп для обеспечения нормируемой освещенности. Предварительно выбирают определенную мощность лампы, потому что ассортимент их невелик.

Расчетной формуле придают следующий вид:

$$n = \frac{ESkz}{U\Phi_{л}},$$

коэффициент  $z$  принимают равным 1,15.

Определив количество ламп, подбирают количество светильников и ламп в каждом из них с учетом архитектурных, монтажных и экономических соображений.

### Расчет освещения методом удельной мощности.

Определить мощность ламп общего освещения методом удельной мощности намного легче, чем методом коэффициента использования. Точность расчета при этом снижается незначительно.

Значения удельной мощности  $W$ , Вт/м<sup>2</sup>, (мощность ламп на каждый квадратный метр площади освещаемого помещения) приведены в приложениях 5, 6. Удельная мощность зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка и стен, площади освещаемого помещения и расчетной высоты.

Последовательность расчета методом удельной мощности при использовании ламп накаливания следующая:

1. Намечают тип и число светильников (ламп) в помещении исходя из расчетной высоты  $h$  и расстояния между светильниками и рядами  $L=1,5h$ .
2. По приложению 5 принимают значения удельной мощности  $W$ .
3. Определяют расчетную мощность одной лампы по формуле

$$P_{л} = \frac{WS}{n}.$$

4. По табл. 3.1 выбирают ближайшую по мощности лампу. Если мощность лампы значительно отличается от расчетной, то изменяют количество светильников (ламп)

В приложении 5 приведены удельные мощности для ламп на напряжение 220 В; для ламп на напряжение 127 В удельную мощность нужно умножить на коэффициент 0,85. Данные таблицы приведены для коэффициента запаса  $k=1,3$ ; при коэффициенте  $k=1,5$  данные таблицы умножают на 1,15, а при  $k=1,7$  — на 1,3.

Расчет освещения методом удельной мощности при освещении люминесцентными лампами производят в такой последовательности:

1. По приложению 6 в зависимости от  $n$ ,  $S$ ,  $E$  и типа светильника принимают значение удельной мощности  $W$  для ламп ЛБЗО, ЛБ40. Удельная мощность для других ламп определяется умножением табличных данных на коэффициент: для ламп ЛХБЗО, ЛТБЗО, ЛТБ40, ЛТБ80 — на 1,13; для ламп ЛДЗО, ЛД40, ЛД80, ЛТБ80 — на 1,29; для ламп ЛДЦЗО, ЛДЦ40, ЛДЦ80 — на 1,68. Удельная мощность в таблице приведена для коэффициента запаса  $k=1,5$ ; при  $k=1,8$  данные таблицы нужно умножить на 1,2, а при  $k=2,7$  — на 1,35.

2. Определяется количество люминесцентных ламп  $n$ .

Мощность одной лампы  $P_{л}$  принимается по табл. 3.2:

$$n = \frac{WS}{P_{л}}.$$

3. По количеству ламп, устанавливаемых в одном светильнике,  $n_1$  и полному расчетному количеству их  $n$  определяется количество светильников:

4. Намечаются места установки светильников с проверкой расстояния между светильниками и между рядами. Если расстояния оказываются больше расчетных

$L=1,5h$ , то производят перерасчет на светильники с меньшим количеством ламп.

## Глава 5. Электроснабжение предприятий торговли и общественного питания

### 5.1 Общие сведения

Питание электрических приемников на предприятиях торговли и общественного питания осуществляется внутренними электрическими сетями. Схемы сетей составляют в соответствии с размещением оборудования и условиями окружающей среды. Конструктивное исполнение сетей должно обеспечивать удобство и безопасность их обслуживания.

Основными напряжениями трехфазного тока для силовой сети в настоящее время являются 660 и 380 В. Напряжение 660 В по технико-экономическим показателям лучше, чем напряжение 380 и 220 В. Однако на предприятиях торговли и общественного питания, как и в жилых зданиях, в целях наибольшего обеспечения безопасности обслуживающего персонала принимается напряжение 380 В.

Для питания осветительных установок используется напряжение 220 В, которое получают от четырехпроводной системы трехфазного тока  $3N\sim 380$  В. Однофазные осветительные установки и розетки при этом подключают к линейному и нулевому проводам сети.

В стране остается очень небольшое количество предприятий, на которых для силовых приемников применяется напряжение 220 В. Осветительные приемники предприятий включаются или на напряжение 220 В к двум линейным проводам, или на напряжение 127 В к линейному и нулевому проводам.

Сети предприятий выполняются по схемам, изображенным на рис. 4.1, от трансформаторной подстанции предприятия, жилого дома или группы жилых домов. Крупные предприятия (и часть средних) имеют собственные трансформаторные подстанции, а остальные снабжаются электроэнергией от подстанций жилых домов или тех учреждений и цехов, в которых они расположены.

На рис. 4.1, а изображена схема электроснабжения от одного трансформатора Т4. Напряжение 6 или 10 кВ по кабелю поступает через разъединитель Q1 и предохранители F1 на первичную обмотку трансформатора Т4. Схема приведена в однолинейном изображении, при этом на линии электрической связи изображены три наклонные черточки, указывающие на наличие трех проводов.

Вторичные обмотки трехфазного трансформатора Т4, так же как и первичные, соединены в звезду. Нейтральная (общая) точка вторичных обмоток трансформатора заземлена, и от нее отводится четвертый (нулевой) провод. В разрыв линейных проводов вторичной цепи включены первичные обмотки измерительных трансформаторов тока Т2 и контакты выключателя Q2. Во вторичные обмотки этих трансформаторов включены амперметры и токовые обмотки трехфазного электросчетчика kWh. Вольтметр V подсоединяется непосредственно к проводам сети. Непосредственное включение амперметров и токовых обмоток счетчика недопустимо из-за слишком большого тока в проводах. Электрические счетчики в основном изготавливают на токи 5, 10, 15 А, а ток в проводах может достигать нескольких сотен ампер.

Напряжение  $3N\sim 400$  В с шин трансформаторной подстанции через выключатель Q3 и предохранитель F2 поступает к выключателю Q4 ввода предприятия. Этот выключатель вместе с предохранителями F3, трансформаторами тока ТЗ, амперметрами, вольтметрами и электросчетчиками установлен на вводном щите ЩВ предприятия. С шин этого щита через автоматические выключатели подается питание на щиты освещения ЩО1, ЩО2 и силовые распределительные пункты РП1, РП2, РП3. С шин щитов освещения через автоматические выключатели подается питание на осветительную нагрузку цехов, зала, коридоров и других помещений. С шин силовых распределительных пунктов через автоматические выключатели питание подается на механическое и электротепловое оборудование ЭП1...ЭП9 (плиты, шкафы, котел, посудомоечная машина и др.).

Щиты освещения устанавливаются на лестничных площадках и в коридорах на высоте 1,5 м, когда применяются автоматические выключатели, и на высоте 2.. 2,5 м, когда применяются плавкие предохранители. Силовые щиты устанавливаются в зависимости от конструкции на полу или на высоте 1,5 м в коридорах, в цехах недалеко от дверей помещения.

На рис. 4.1,6 изображена схема электроснабжения более крупного предприятия от двух трансформаторов Т1 и Т2 подстанции. Напряжение 6 или 10 кВ по кабелю через кабельную воронку, разъединитель и предохранители поступает на щиты и далее через выключатель и предохранители на трансформатор Т1 и через другой выключатель и предохранители на трансформатор Т2. Вторичные обмотки трансформаторов соединены в звезду с наглухо заземленной общей точкой, поэтому к шинам низкого напряжения подстанции подводятся четыре провода. В цепях низкого напряжения имеются первичные обмотки измерительных трансформаторов тока и выключатели. Шины низкого напряжения одного трансформатора выключателем Q6 могут соединяться с шинами другого трансформатора. Делается это, например, при ремонте одного из трансформаторов после отключения его со стороны высокого и низкого напряжения и после уменьшения нагрузки (отключения части электроприемников). В нормальных же условиях каждый из понижающих трансформаторов снабжает энергией определенную группу электрических приемников. В этом случае контакты выключателя Q6 разомкнуты.

Напряжение  $3N\sim 440$  В частотой 50 Гц с шин трансформаторной подстанции через выключатели и предохранители по кабелям направляется к вводным щитам предприятий.

Помимо счетчиков энергии активной нагрузки (kWh) могут быть установлены счетчики реактивной энергии (kVARh). По показаниям счетчиков в этом случае можно подсчитывать не только расход энергии, но и коэффициент мощности  $\cos\varphi$  за сутки, месяц, год. Делением показания счетчика реактивной энергии на показание счетчика активной энергии определяют тангенс угла сдвига фаз. По тангенсу определяют угол и косинус угла, т. е. коэффициент мощности.

Промышленность выпускает различные серии распределительных пунктов (СП58, СП62, ПР и др.), групповые щиты освещения серий СУ-9400, ЩО,

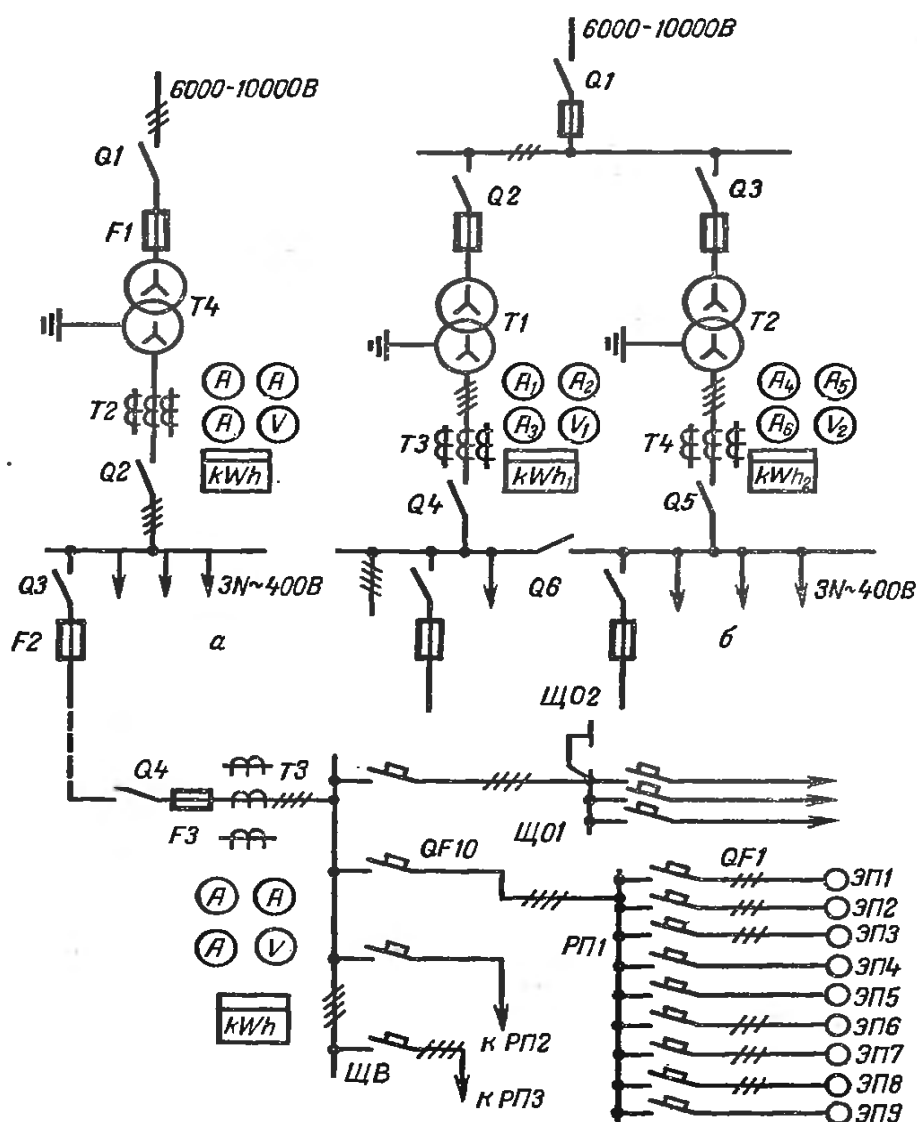


Рис. 4.1. Схема электроснабжения:  
 а — с одним трансформатором; б — с двумя трансформаторами

На рис. 4.2 изображен распределительный пункт СП58-8 с рубильником 6 на вводе и восемью группами плавких предохранителей типа НПН-2. В данном пункте установлено шесть предохранителей на 40 А, двенадцать на 100 А и шесть на 250 А. К нему можно подсоединить восемь групповых щитов или приемников трехфазного тока. Для размыкания контактов рубильника и снятия напряжения со всех предохранителей предусмотрена рукоятка 7, выведенная наружу. Шины 1, 3, 4 соединены с рубильником 6 и предохранителями 8. К зажимам 9 предохранителей подсоединяются провода групповых щитов или электрических приемников.

Шкаф 2 распределительного пункта СП устанавливается на пол. Закрывается он дверью 5 с замком, который можно открыть ключом или инструментом. Пункты серии СП, как и других серий, изготавливаются на различные токи и количество предохранителей.

На рис. 4.3 изображен групповой осветительный щиток серии СУ-9400 для

утопленной установки в стенах. В нем применяются автоматические выключатели с тепловыми расцепителями (однополюсные АЗ161 и трехполюсные АЗ163). Провода от распределительного пункта подводятся к трем верхним или нижним зажимам и к зажиму нулевого провода (изображен сверху на рис. 4.3, б). Провода однофазных приемников подсоединяются к зажиму одного из автоматических выключателей 1...14 и к зажиму нулевого провода N. К зажимам автоматических выключателей 15, 16 подсоединяются провода трехфазных приемников, например осветительная нагрузка большого торгового зала или горячего цеха.

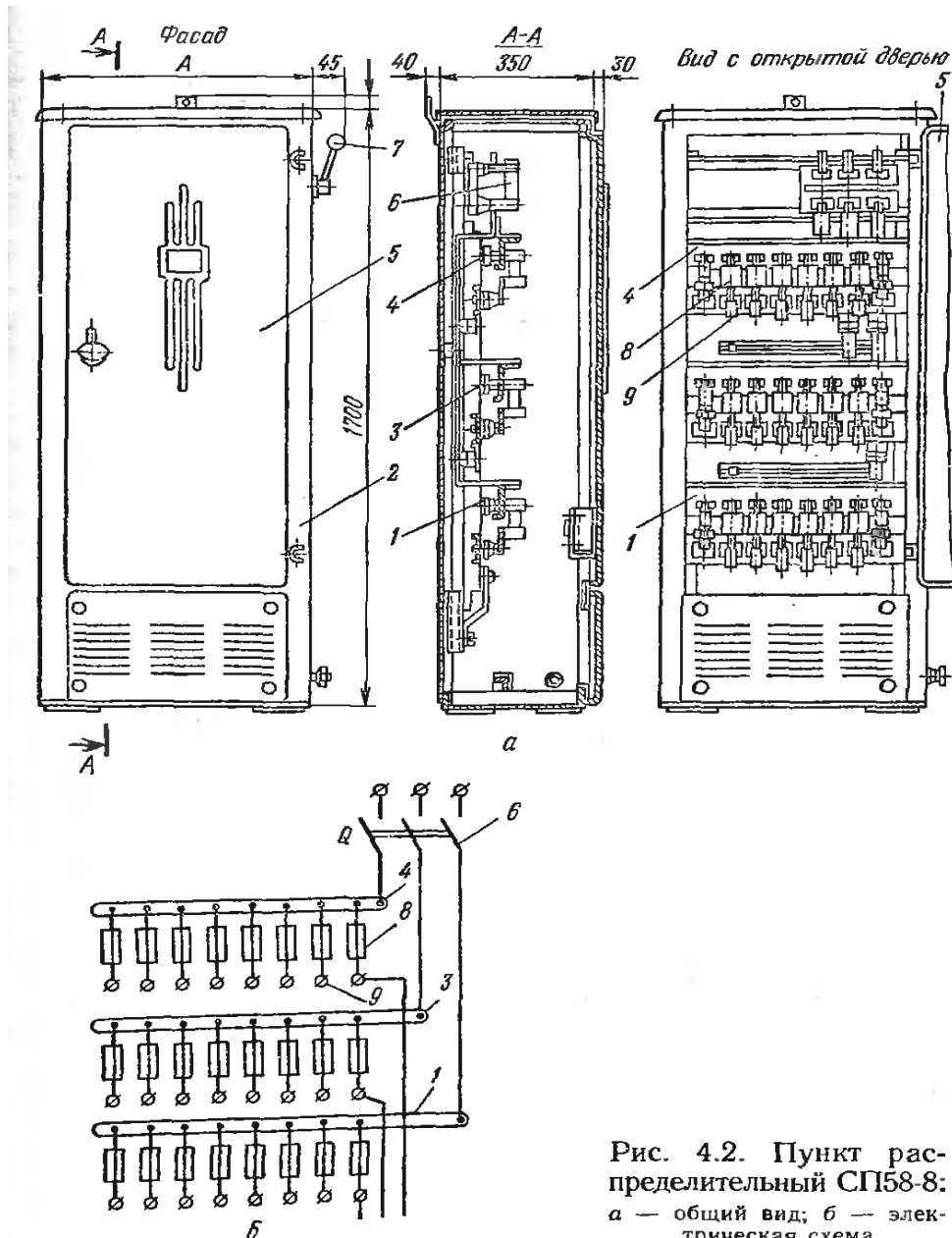


Рис. 4.2. Пункт распределительный СП58-8:  
а — общий вид; б — электрическая схема

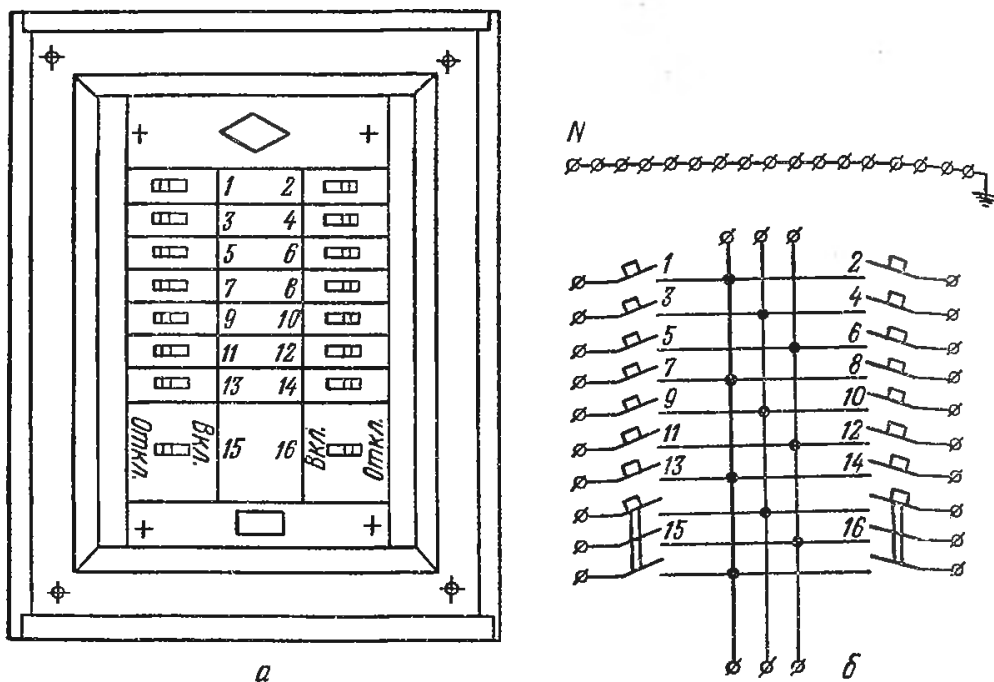


Рис. 4.3. Групповой осветительный щиток СУ-9400:  
а — общий вид; б — электрическая схема

## 5.2 Схемы электрических сетей предприятий

Сети предприятий выполняются по магистральным или радиальным схемам, изображенным на рис. 4.4. При радиальной схеме (рис. 4.4, а) на каждый силовой распределительный пункт РП1...РП3 подается питание непосредственно от вводного щита ЩВ предприятия. Такая схема применяется при значительной мощности силовых распределительных пунктов и небольшом расстоянии от них до вводного щита. При этом вводной щит расположен между распределительными пунктами (примерно на одинаковом расстоянии).

Если мощность пунктов невелика и расположены они недалеко один от другого в одном и том же направлении вводного щита, то применяется магистральная схема (рис. 4.4,б).

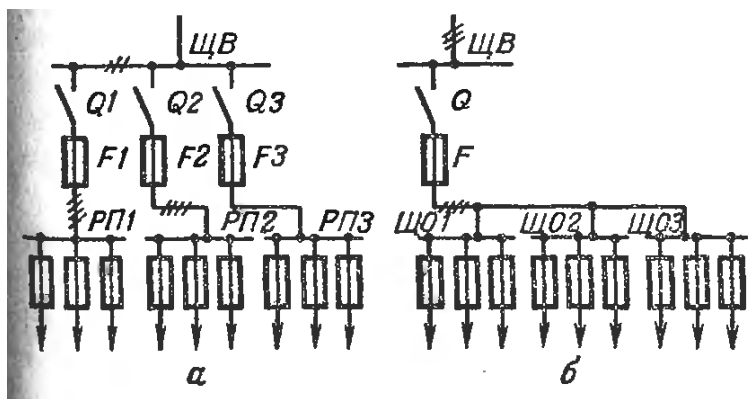


Рис. 4.4. Схемы электросетей:  
а — радиальная; б — магистральная

Большинство групповых щитов освещения ЩО соединяют по магистральной схеме. Групповые щиты для осветительной нагрузки располагают на некотором расстоянии один от другого на одном этаже или на разных этажах. Если устанавливают их на лестничных площадках разных этажей, то соединяют

по магистральной схеме проводами, поднимающимися от вводного щита до верхнего этажа.

Если же щиты освещения находятся на лестничной площадке и в коридорах одного этажа, то от вводного щита провода проводятся к ближайшему из щитов ЩО1. От щита ЩО1 провода подводятся к следующему щиту ЩО2. Силовые распределительные пункты РП в основном подсоединяются к распределительному вводному щиту ЩВ по магистральной схеме. На распределительном вводном щите предусмотрены выключатели Q1...Q3 и предохранители F1...F3 для каждого силового распределительного пункта РП1...РП3. На вводе распределительного пункта установлен выключатель щита, а для каждого электрического приемника — плавкие предохранители или автоматический выключатель. Если в распределительном пункте устанавливаются не плавкие предохранители, а автоматические выключатели, то на вводном щите применяется автоматический выключатель на суммарный рабочий ток всех приемников, питающихся от этого пункта.

К достоинству радиальных схем относится повышенная надежность электроснабжения: при повреждениях питающей сети прекращается питание ограниченной группы приемников. Недостаток радиальных схем — большие затраты на сооружение сети и потребность в выводных распределительных щитах на большое число рубильников и предохранителей.

К достоинствам магистральных схем относятся меньшая стоимость сооружения и возможность работы без распределительного щита или со щитом, рассчитанным на малое количество присоединений. Недостаток магистральных схем — пониженная надежность электроснабжения: при повреждениях магистрали прекращается питание большого количества электрических приемников.

### **5.3 Установочные провода, кабели и способы их прокладки**

Передача электроэнергии от трансформаторов к электрическим приемникам производится по проводам и кабелям.

В помещениях предприятий общественного питания применяются только изолированные провода и кабели, которые прокладываются скрыто в строительных конструкциях и под полом или открыто по стенам и потолку.

Прокладка незащищенных изолированных установочных проводов на роликах или других изоляторах производится на высоте не ниже 2,5 м. Спуски к выключателям, штепсельным розеткам и пусковым аппаратам в производственных цехах защищают при открытой проводке от механических повреждений на высоту до 1,5 м от пола.

В зависимости от характера помещения и места расположения электрических приемников применяется открытая или скрытая электропроводка. На предприятиях общественного питания и торговли в основном применяется скрытая проводка. Большинство помещений предприятий торговли и общественного питания относится к помещениям повышенной опасности в отношении поражения электрическим током (горячие и кондитерские цехи — из-за повышенной влажности и температуры; холодильные камеры, моечные посу-



ды, овощные цехи — из-за повышенной влажности).

**Электропроводкой** называют совокупность проводов и небронированных кабелей с относящимися к ним креплениями, а также с поддерживающими и защитными конструкциями.

Для силовой нагрузки — электродвигателей, электротепловых аппаратов — широко применяется скрытая проводка в стальных тонкостенных или пластмассовых трубах. Оборудование часто устанавливается на некотором расстоянии от стен, поэтому провода к нему подводят в трубе внутри пола.

Для осветительной нагрузки и оборудования, установленного на стенах или подключенного через штепсельные разъемы, применяется скрытая или открытая проводка. При открытой проводке в зависимости от используемых установочных проводов они укрепляются на роликах или прокладываются непосредственно по строительным конструкциям. При скрытой проводке провода заключаются в резиновые, стеклянные, пластмассовые или металлические трубы и прокладываются внутри строительных конструкций, под штукатуркой или непосредственно по стенам.

#### **Установочные провода, шнуры и кабели.**

Установочные провода имеют медные или алюминиевые токопроводящие жилы, заключенные в изолированную оболочку (резиновую, полихлорвиниловую). **Жилой** называется одна проволока или несколько скрученных между собой проволок, помещенных в общую изоляцию. Жила, состоящая из одной проволоки или нескольких проволок большого диаметра, выдерживает малое количество изгибов и применяется только для неподвижной прокладки.

В тех случаях, когда провод во время эксплуатации будет часто изгибаться, применяются многопроволочные медные жилы. Такие провода называются гибкими, в их маркировку входит буква Г.

Для подключения переносного и передвижного оборудования к штепсельным розеткам используют шнуры и кабели. **Шнуром** называется медный провод, состоящий из двух или более гибких изолированных жил, заключенных в общую оплетку или резиновый шланг. Кабели применяют для открытой проводки, когда ее прокладывают непосредственно по строительным конструкциям. **Кабелем** называют одну жилу или несколько изолированных жил, заключенных в металлическую (алюминиевую, свинцовую), резиновую или полихлорвиниловую оболочку.

В настоящее время помимо резиновой изоляции широкое применение получила полихлорвиниловая изоляция жил, которая для защиты от механических повреждений не требует хлопчатобумажной оплетки.

Для внутренних электрических сетей в основном применяются провода и кабели с алюминиевыми жилами. Широкое применение имеют провода марок: АПВ сечением от 2,5 до 95 мм<sup>2</sup> — провод с алюминиевой жилой в полихлорвиниловой изоляции; АПР сечением от 2,5 до 400 мм<sup>2</sup> — провод с алюминиевой жилой в резиновой и хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом; АППВ сечением от 2,5 до 4 мм<sup>2</sup> — двух-, трех- или четырехжильный алюминиевый плоский кабель в полихлорвиниловой изоляции с разделительной лентой, в которую можно забивать гвозди для крепления на

стенках; ПВ, ПР, ППВ — такие же провода, но с медными жилами.

Для внутренних электрических сетей широкое применение получили кабели: АВРГ — алюминиевые жилы, изолированные резиной и заключенные в общую полихлорвиниловую оболочку; АВВ Г — общая оболочка и жилы имеют полихлорвиниловую изоляцию, сечение жил от 2,5 до 185 мм<sup>2</sup> при количестве жил до 5. В четырехжильном кабеле три жилы имеют одинаковое сечение, а одна — меньшее примерно в 2 раза (последняя жила применяется в качестве нулевого провода). Например, кабель АВВ Г 3•95+1•50 — три жилы сечением по 95 мм<sup>2</sup> и одна сечением 50 мм<sup>2</sup>.

#### 5.4 Расчет проводов

Прежде чем определить необходимое сечение проводов, нужно разместить на плане распределительные пункты, групповые щиты, электрические приемники, выбрать марку проводов, способ их прокладки и вычертить подключение приемников к щитам.

Сечение проводов электрических сетей выбирается по нагреву током нагрузки. Выбранное сечение проверяется по условиям механической прочности, защиты от токов короткого замыкания и по допустимой потере напряжения в рабочем режиме и в период прохождения пусковых токов.

Для выбора сечения проводов по условиям нагрева определяют расчетный ток нагрузки и по табл. 4.1 подбирают минимально допустимое сечение. При этом расчетный (рабочий) ток должен быть меньше или равен длительно допустимому току  $I_{пр}$  провода данного сечения:  $I_p \leq I_{пр}$

Т а б л и ц а 4.1

Длительно допустимые нагрузки (А) на провода и кабели с алюминиевыми (в знаменателе) и медными (в числителе) жилами, с резиновой и пластмассовой изоляцией, проложенные внутри зданий (температура окружающей среды 25 °С)

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Проложенные открыто	Число проводов, проложенных в одной трубе			Кабели	
		2	3	4	двухжильный	трехжильный
1	17/—	16/—	15/—	14/—	18/—	16/—
1,5	23/—	19/—	17/—	16/—	23/—	20/—
2,5	30/24	27/20	25/19	25/19	30/21	25/19
4	41/32	38/28	35/28	30/23	38/29	35/27
6	50/39	46/36	42/32	40/30	50/38	42/38
10	80/55	70/50	60/47	50/39	70/55	55/42
16	100/80	85/60	80/60	75/45	90/70	75/60
25	140/105	115/85	100/80	90/70	105/90	95/75
35	170/130	135/100	125/95	115/85	140/105	120/90
50	215/165	185/140	170/130	150/120	175/135	145/110
70	270/210	225/175	210/165	185/140	215/165	180/140
95	330/225	275/215	255/200	225/175	260/200	220/170
120	385/295	515/245	290/220	260/200	300/230	260/200
150	440/340	360/275	330/265	—	350/270	305/235
185	510/390	—	—	—	405/310	350/270

В табл. 4.1 приведены длительно допустимые токовые нагрузки в амперах для проводов сечения от 1 до 185 мм<sup>2</sup> в зависимости от способа прокладки (открыто или в трубе) и от количества проводов, проложенных в одной трубе. При этом обеспечивается одинаковая установившаяся температура нагрева, допустимая для этих проводов при длительном режиме работы сети под нагрузкой. Удельное сопротивление алюминиевых проводов больше, чем медных, поэтому для них при том же сечении допускается меньший ток, который приводится в знаменателе. Например, при сечении открыто проложенных проводов 4 мм<sup>2</sup> допускается ток 41 А для проводов из меди и ток 32 А для проводов из алюминия.

Медные провода могут применяться сечением от 1 мм<sup>2</sup>, а алюминиевые — только от 2,5 мм<sup>2</sup> и выше из-за их малой механической прочности. В табл. 4.1 для сечений 1 и 1,5 мм<sup>2</sup> в знаменателе сделан прочерк, потому что алюминиевые провода этих сечений не выпускаются.

Расчетный ток нагрузки для отдельных приемников равен рабочему и определяется по формулам: для однофазных приемников

$$I_{\text{раб}} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi};$$

для трехфазных электротепловых аппаратов со спиралями

$$I_{\text{раб}} = \frac{PK_{\text{нер}}}{\sqrt{3} \cdot U};$$

для трехфазных двигателей

$$I_{\text{раб}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta},$$

где  $P$  - мощность приемника, Вт;  $U$  - напряжение сети, В;  $\cos\varphi$  — коэффициент мощности;  $\eta$  - коэффициент полезного действия;  $K_{\text{нер}}$  — коэффициент неравномерности нагрузки фаз (для жарочного шкафа ШЖЭ-0.51М  $K_{\text{нер}} = 1,3$ , для электрокипятильников, котлов и трехкамерных шкафов  $K_{\text{нер}} = 1$ ).

За расчетный ток линий, питающих группу приемников (до десяти включительно), принимается суммарный рабочий ток этих приемников:

$$I_p = \Sigma I_{\text{раб}}.$$

Для большего количества электрических приемников расчетный ток определяется с учетом коэффициента спроса  $K_c$ .

**Проверка сечения проводов на механическую прочность.** Принятое из условий нагрева сечение проводов должно быть не менее указанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Минимальные сечения жил проводов по условиям  
механической прочности**

Наименование проводников	Минимальное сечение жил, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюминневых
Шнуры в общей оболочке и провода шланговые для присоединения переносных бытовых электроприборов . . . . .	0,75	—
Кабели и провода шланговые для присоединения переносных электроприемников в промышленных условиях . . . . .	1,0	—
Изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и для стационарной прокладки . . . . .	1,0	2,5

**Проверка сечения проводов по условиям защиты от токов короткого замыкания и токов перегрузки.** Силовые сети защищаются от перегрева токами короткого замыкания, если номинальные токи плавких вставок  $I_{вст}$ , токи автоматических выключателей  $I_{н.р.}$  и допустимые длительные токи проводов  $I_{пр}$  находятся в следующих соотношениях:

1. Номинальный ток плавкой вставки  $I_{вст} \leq 3 \cdot I_{пр}$
2. Номинальный ток теплового или комбинированного расцепителя автоматического выключателя  $I_{н.р.} \leq 1,51 \cdot I_{пр}$ .
3. Ток вставки автоматического выключателя только с электромагнитным расцепителем  $I_{э.м.} \leq 4,5 \cdot I_{пр}$ .

Осветительные сети и сети передвижных приемников в общественных, бытовых, торговых, складских помещениях, а также силовые и осветительные сети в пожароопасных помещениях должны быть защищены и от токов короткого замыкания, и от токов перегрузки. Допустимый длительный ток нагрузки проводов этих сетей должен быть равным или превышать номинальный ток защитного аппарата не более чем на 25 %:  $I_{пр} \geq 1,25 \cdot I_{вст}$ ,  $I_{пр} \geq 1,25 \cdot I_{н.р.}$ .

**Проверка сечения по потере напряжения.** Проверка выбранного сечения проводов по потере напряжения заключается в сравнении расчетной потери напряжения с допустимой.

Для силовых сетей допустимая потеря напряжения от источника питания (вводного щита) до наиболее удаленного электроприемника (электродвигателя, электротеплового аппарата) не должна превышать 5 %, а для осветительной сети- 2,5 %.

Потеря напряжения в проводах учитывается не только при выборе сечения проводов, но и при проектировании электроснабжения. На низкой стороне трансформаторной подстанции предусматривается получение напряжения 400 В, а не 380 В; 230, а не 220; 135, а не 127; 690, а не 660 В.

Часть напряжения теряется в кабеле от трансформаторной подстанции до распределительного щита и далее до вводного щита. Другая часть напряжения теряется в проводах от вводного щита до электрического приемника.

Сопротивление каждого питающего провода  $R_{пр}$  (рис. 4.5) оказывается включенным последовательно к сопротивлению электрического приемника  $R$ . Напряжение  $U_1$  на групповом щите отличается от напряжения  $U_2$  на электрическом приемнике (при сосредоточенной нагрузке) :

$$U_1 = U_2 + 2\Delta U_1 = U_2 + 2IR_{пр},$$

где  $I$  — ток цепи, А;  $\Delta U_1$  — потеря напряжения в одном проводе, В.  
Сопротивление провода определяется по формуле

$$R_{пр} = \rho \cdot L / S$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление провода, Ом • мм<sup>2</sup>/м;  
 $L$  — длина провода, м;  $S$  — площадь поперечного сечения провода, мм<sup>2</sup>.  
Потеря напряжения в двух питающих проводах

$$\Delta U = 2\Delta U_1 = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot L / S$$

откуда

$$S = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot L / \Delta U$$

Если потерю напряжения выразить в процентах

$$\Delta U\% = (\Delta U / U) \cdot 100$$

то тогда  $\Delta U = \Delta U\% \cdot U / 100$

и  $S = 200 I \cdot \rho \cdot L / \Delta U\% \cdot U$

## Глава 6. Электромонтажные работы

### 6.1 Монтаж и эксплуатация электропроводки

#### Соединение и оконцевание проводов

Монтаж электропроводки, подключение выключателей, штепсельных розеток, патронов и т.д. не может производиться без соединения и оконцевания проводов. Правильные и качественные соединения и подключения в большей степени определяют надежность электроснабжения.

**Требования к соединениям проводов.** Соединение жил между собой и присоединение их к электроустановочным устройствам должны обладать необходимой механической прочностью, малым электрическим сопротивлением и сохранять эти свойства на все время эксплуатации. Контактные соединения подвержены действию тока нагрузки, циклически нагреваются и охлаждаются. Изменения температуры и влажности, вибрация, наличие в воздухе химически активных частиц также оказывают неблагоприятное влияние на контактные соединения.

**Физические и химические свойства алюминия,** из которого в основном изготавливают жилы проводов, осложняют выполнение надежного соединения. Алюминий обладает (по сравнению с медью) повышенной текучестью и высокой окисляемостью, при этом образуется токонепроводящая пленка окиси, которая создает на контактных поверхностях большое переходное сопротивление. Эту пленку перед выполнением соединения нужно тщательно удалить с контактных поверхностей и принять меры против повторного ее возникновения. Все это создает некоторые трудности при соединении алюминиевых проводов.

**У медных проводников** также образуется окисная пленка, но в отличие от алюминия она легко удаляется и незначительно влияет на качество электрического соединения.

**Большая разница коэффициентов теплового линейного расширения алюминия** по сравнению с другими металлами также приводит к нарушению контакта. Учитывая это свойство, алюминиевые провода нельзя впрессовывать в медные наконечники.

**При длительной эксплуатации под давлением** алюминий приобретает свойство текучести, нарушая тем самым электрический контакт, поэтому механические контактные соединения проводов из алюминия нельзя пережимать, а в процессе эксплуатации требуется периодически подтягивать резьбовое соединение контакта. Контакты алюминиевых жил с другими металлами на открытом воздухе подвержены атмосферным воздействиям.

**Под влиянием влаги** на контактных поверхностях образуется водяная пленка со свойствами электролита, в результате электролиза на металле образуются раковины. Интенсивность образования раковин увеличивается при прохождении через место контакта электрического тока.

**Особенно неблагоприятны** в этом отношении соединения алюминия с медью и сплавами на основе меди. Поэтому такие контакты необходимо защищать от попадания влаги или покрывать третьим металлом — оловом или припоем.

## Соединение и оконцевание медных проводов

Соединение, ответвление медных проводов сечением до  $10 \text{ мм}^2$  рекомендуется выполнять скруткой с последующей пропайкой, причем медные однопроволочные провода площадью сечения до  $6 \text{ мм}^2$ , а также многопроволочные с небольшими площадями сечений паяют по скрутке (рис. 1). Жилы с площадью сечения  $6-10 \text{ мм}^2$  соединяют бандажной пайкой (рис. 2 а), а многопроволочные провода — скруткой с предварительной расплеткой проволок (рис. 2 б). Длина мест соединений скруткой или бандажной пайкой должна составлять не менее 10-15 наружных диаметров соединяемых жил. Паяют свинцово-оловянным припоем с использованием флюса на основе канифоли. Применять при пайке медных проводов кислоту и нашатырь не разрешается, так как эти вещества постепенно разрушают места пайки.

Соединение спрессовыванием. Широко используют метод соединения медных проводов опрессовыванием (рис. 2 г). Концы проводов зачищают на 25-30 мм, затем обертывают медной фольгой и спрессовывают специальными клещами типа ПК.

## Соединение и оконцевание алюминиевых проводов

Алюминиевые жилы проводов соединяют сваркой, пайкой и механическим путем (рис. 3).

Сваривают алюминиевые провода в специальной формочке при помощи угольных электродов, получающих питание от сварочного трансформатора.

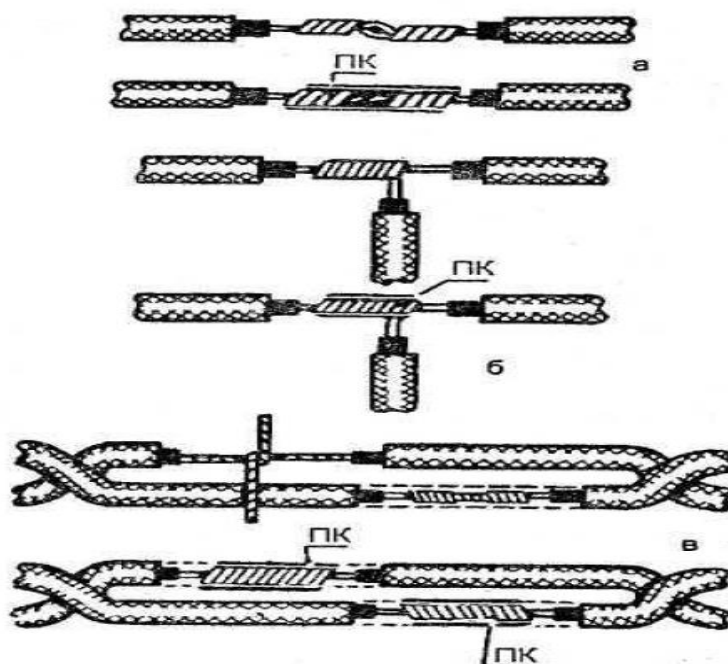
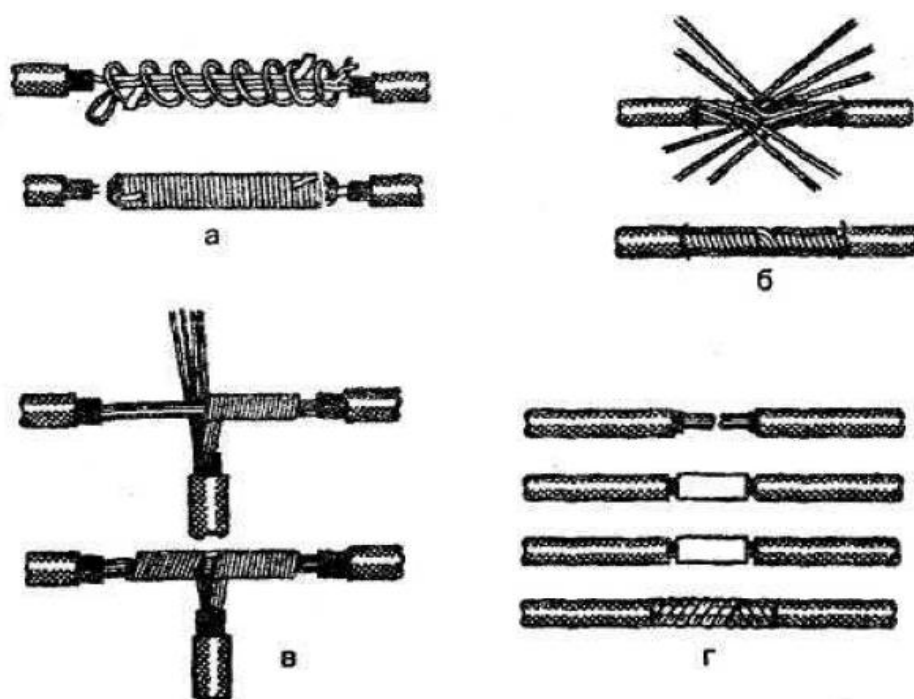


Рис. 1. Соединение скруткой с последующей пайкой:  
а — соединение проводов ПР и АПР; б — ответвление проводов ПР и АПР; в — соединение проводов ПРВД; ПК — место пайки



**Рис. 2. Соединение и ответвление проводов:**

а — соединение однопроволочных бандажей пайкой; б — соединение многопроволочных проводов скруткой; в — ответвление многопроволочных проводов; г — соединение многопроволочных проводов опрессованием

Для пайки алюминиевые провода скручивают (рис. 3 в), а затем место скрутки нагревают в пламени паяльной лампы и пропаявают припоями, составы которых приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

**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

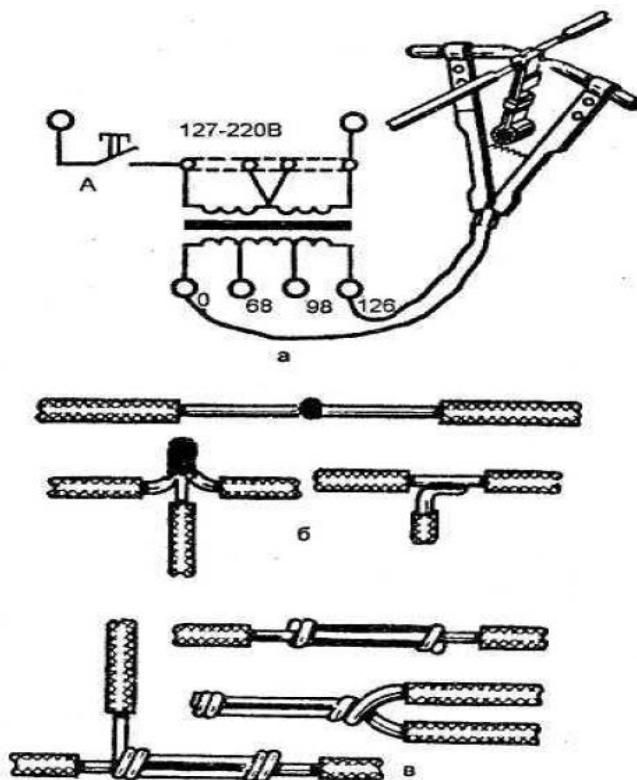
**Технология пайки алюминиевых проводов следующая:**

- 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. 4;
- соединенные скруткой провода нагреть пламенем газовой горелки и паяльной лампой 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 сдирается, желобок начинает облуживаться и заполняться припоем по мере прогрева места соединения. Флюса при этом не требуется. Затем облуживают и опаивают 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 лаком и заизолировать изоляционной лентой.



**Рис. 3. Соединение проводов сваркой и пайкой:**

а — соединение однопроволочных алюминиевых проводов сваркой в гильзе; б — образцы сварок; в — соединение пайкой

### **Оконцевание проводов выполняют после их прокладки.**

Однопроволочные провода с площадью сечения до  $10 \text{ мм}^2$  и многопроволочные с площадью сечения до  $2,5 \text{ мм}^2$  присоединяют к токоприемникам непосредственно. Оголенную жилу при этом вводят под зажимной контактный винт. Концы многопроволочных проводов скручивают и пропаивают.

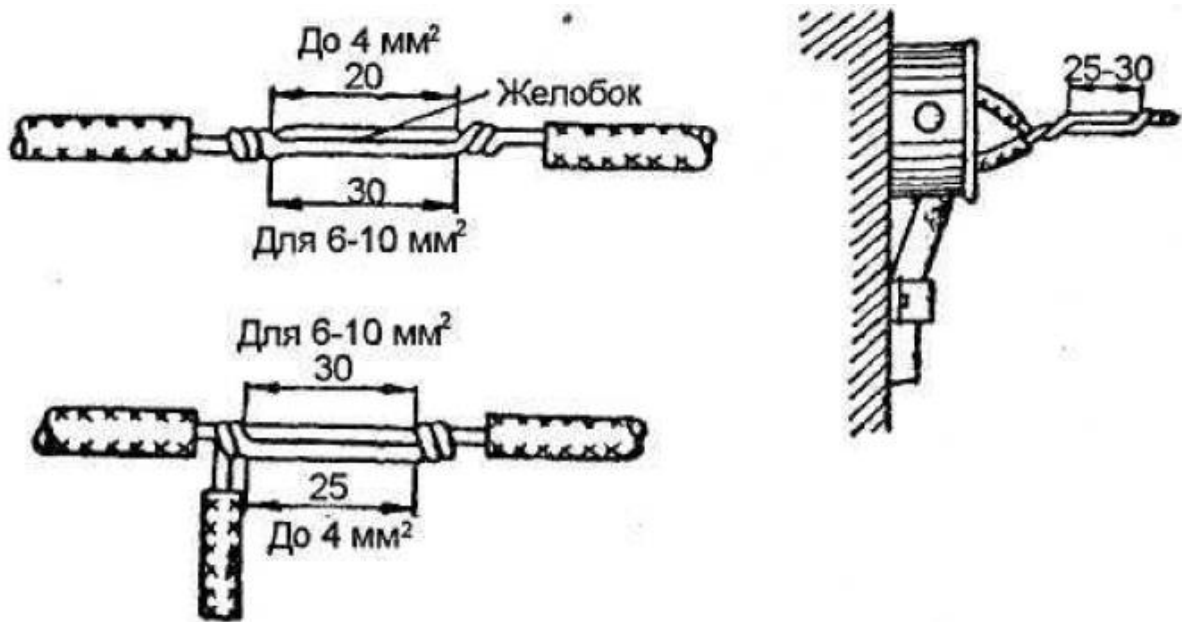


Рис. 4. Пайка однопроволочных жил

В зависимости от типа контакта концу провода может быть придан вид пестика (рис. 5 а) или колечка (рис. 5 б). Концы однопроволочных проводов сечением более 10 мм<sup>2</sup> или многопроволочных сечением более 2,5 мм<sup>2</sup> снабжают наконечниками (рис. 5 в), которые припаивают или приваривают к жиле, а в некоторых случаях опрессовывают.

**Во всех случаях соединения, ответвления и окончевания проводов, места соединения их между собой и наконечником обматывают изоляционной лентой в несколько слоев. В соответствии с правилами электрическая прочность изоляции в месте соединения или ответвления должна быть не ниже, чем прочность изоляции в целом.**

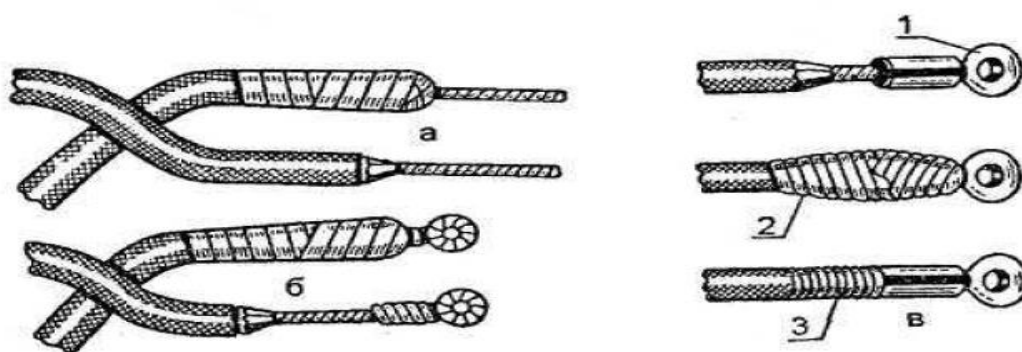


Рис. 5. Оконцевание проводов:  
а — пестиком; б — колечком; в — припайкой наконечника: 1 — наконечник;  
2 и 3 — изоляционная лента или бандажная пить

В дачных условиях для соединения алюминиевых и медных проводов между собой наиболее приемлем способ соединения винтовыми сжимами, так как не требуется специального инструмента и приспособлений. Конструкция контакта должна обеспечить постоянное давление и ограничить выдавливание

проводов. Собирают зажим при присоединении алюминиевых проводов необходимо со всеми заводскими деталями (винт, прижимная шайба, шайба плоская, контактная пластина), так как отсутствие любой детали обязательно приведет к ухудшению контакта.

Для присоединения провода к зажиму с конца провода снимают изоляцию. Нож держат под углом 10-15° к поверхности жилы, этим исключается надрез алюминиевой жилы. Провод зачищают до металлического блеска и смазывают кварцево-вазелиновой пастой, затем загибают конец жилы в виде колечка. Загибать провод следует по часовой стрелке, т. е. по направлению вращения крепящего винта.

Внутренний диаметр кольца должен быть несколько больше, чем диаметр контактного винта (табл. 2).

Таблица 2

Параметры кольца на оконцовываемом проводе

Диаметр винта, мм	Длина зачищенного провода, мм	Внутренний диаметр кольца, мм
4	16–18	4,5–5,0
5	20–22	5,5–6,0
6	28–30	7,0
8	38–40	9,0

Соединение проводов методом опрессовки широко применяется при монтаже внутренних, внешних электропроводок и воздушных линий электропередач.

Этот способ обеспечивает надежный контакт, необходимую механическую прочность, прост в исполнении. Опрессовку выполняют ручными клещами, механическими и гидравлическими прессами с помощью сменных матриц и пуансонов.

Для соединения жил служат гильзы ГАО, ГА, для оконцевания — наконечники ТА, ТАМ и др. Алюминиевые жилы в соединительных гильзах спрессовывают по следующей технологии:

- подбирают тип и размер гильз, а также матрицы и пуансоны в соответствии с размерами гильз;
- проверяют наличие заводской смазки в гильзах и наконечниках, при отсутствии смазки гильзы и наконечники зачищают металлическим ершиком и смазывают защитной кварцево-вазелиновой или цинково-вазелиновой пастой;
- снимают с концов жил изоляцию: при оконцевании — на длине, равной длине трубчатой части наконечника, а при соединении — на длине, равной половине длины гильзы;
- зачищают концы токоведущих жил наждачной бумагой до металлического блеска, протирают ткань, смоченной в бензине, и покрывают кварцево-вазелиновой пастой;

- **надевают на подготовленные жилы наконечник** или гильзу;
- **при оконцевании** жилу вводят в наконечник до упора, а при соединении — так, чтобы торцы соединяемых жил соприкасались между собой в середине гильзы;

- **устанавливают трубчатую часть наконечника** или гильзу в матрицу и проводят опрессовку;

- **изолируют соединение** несколькими слоями изоляционной ленты.

**Не разрешается** на алюминиевую жилу опрессовывать медный наконечник, так как соединение будет непрочным из-за большой разности у меди и алюминия коэффициента линейного теплового расширения.

Опрессовку одно- и многопроволочных медных жил сечением 4 мм<sup>2</sup> и более выполняют в медных трубчатых наконечниках типа Т или соединительных медных гильзах типа ГМ. Технология опрессовки медных проводов аналогична технологии опрессовки алюминиевых проводов за исключением наложения кварцево-вазелиновой или цинково-вазелиновой пасты.

**Запрещается** проводить опрессовку при помощи молотка и зубила.

### **Монтаж выключателей, штепсельных розеток**

**К электроустановочным изделиям относятся:** выключатели и переключатели; штепсельные соединения — вилки и розетка; патроны для электрических ламп; предохранители.

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

**Выключатели и штепсельные розетки бывают двух исполнений:** для открытых проводок и для скрытых проводок.

**Розетки при открытой проводке** устанавливают на подрозетниках. Подрозетники представляют собой диски диаметром 60-70 мм, толщиной не менее 10 мм из токонепроводящего материала (дерево, текстолит, гетиканс, оргстекло и т. д.). Подрозетники закрепляют на стене шурупами с потайной головкой или приклеивают клеем БМК-5 или КНЭ-2/60. На кирпичных или бетонных стенах подрозетники закрепляют также шурупами, предварительно просверлив отверстие в стене и установив дюбель или деревянную пробку.

**На сгораемых основаниях** рекомендуется устанавливать на деревянные подрозетники прокладки из асбеста толщиной 2-3 мм, которая обеспечивает защиту от возгорания подрозетника при неисправности контактного соединения в выключателе или штепсельной розетке.

**Электроустановочные изделия закрепляются** на подрозетнике двумя шурупами с полукруглой головкой (при снятой верхней крышке). Затем к клеммам электроустановочного изделия присоединяют предварительно оконцованные провода электропроводки.

**Выключатели устанавливают в разрыв фазного провода,** идущего к патрону светильника. Это позволяет быстро обесточить электросеть при коротком замыкании и обеспечить электробезопасность при замене ламп и патронов. При монтаже выключателей следует обращать внимание на то, чтобы включение электроосвещения производилось нажатием на верхнюю часть клавиши

или верхнюю кнопку выключателя.

**Штепсельные розетки подключают параллельно** магистральным проводам электросети.

**Предпотолочные выключатели** имеют металлическое основание, их прикрепляют непосредственно к стене без подрозетника. Наличие полостей под крышкой для размещения проводов позволяет отказаться от ответвительной коробки.

**При скрытой проводке** выключатели и штепсельные розетки устанавливают в металлические или пластмассовые коробки типов У-196, КП-1,2 диаметром 69 мм и высотой 40 мм. Коробки устанавливаются в углублениях в стене и закрепляются алебастровым раствором.

**Чтобы закрепить выключатель или штепсельную розетку в коробке,** снимают с них верхнюю декоративную крышку, присоединяют к клеммам оконцованные провода проводки, вывинчивают винты из пластинок распорных скоб, так чтобы можно было задвинуть выключатель или розетку в коробку. При заворачивании винтов лапки раздвигаются и прочно закрепляют выключатель или штепсельную розетку в коробке. Винты заворачивают до упора поочередно, не допуская перекоса с таким усилием, чтобы не расколоть основание. После закрепления основания выключателя (розетки) на них закрепляют декоративные крышки.

#### **Монтаж светильников**

Искусственное электрическое освещение в жилых помещениях должно обеспечивать нормальные гигиенические условия видимости, необходимый комфорт и уют. Для выполнения этих условий применяют 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, а лампы местного освещения, создают повышенную освещенность на рабочем месте. Комбинированное освещение наиболее экономично, позволяет создавать лучшие условия для работы и отдыха.

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

**Типы светильников** выбираются в зависимости от характера окружающей среды, высоты подвеса, светотехнических требований и интерьера помещения.

**В зависимости от типа источника света** различают светильники с лампами накаливания и с люминесцентными лампами.

**Лампы накаливания** представляют собой источники света, работающие по принципу температурного излучения. Лампы накаливания пока являются наиболее распространенными источниками света. На *рис. 6* приведены некоторые типы ламп накаливания. В качестве нити накала в современных лампах используют спираль из тугоплавкого металла — чаще всего из вольфрама. Нить накала может быть односпиральной или многоспиральной. Колбы ламп накаливания ваку-

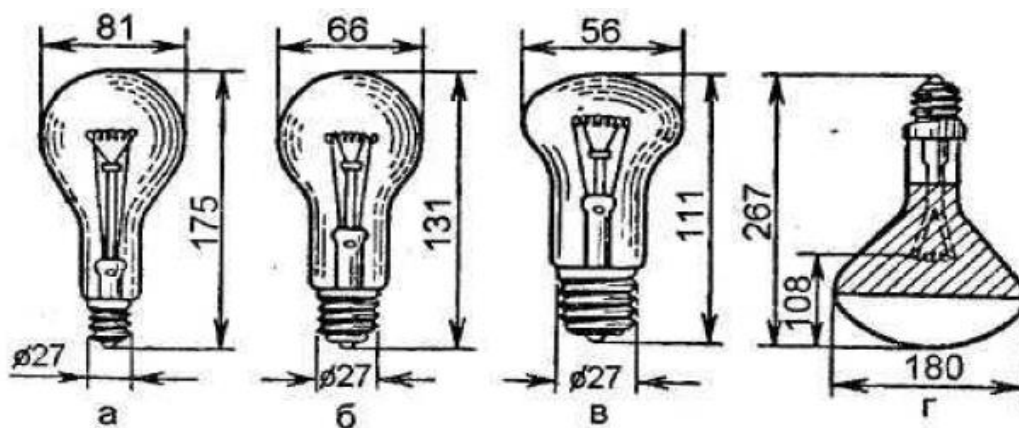
умируются или заполняются нейтральным газом (азотом, аргоном, криптоном). Температура разогретой нити достигает 2600-3000 С. Спектр ламп накаливания отличается от спектра дневного света преобладанием желтого и красного спектра лучей. Световой коэффициент полезного действия ламп накаливания, определяемый как отношение мощности лучей видимого спектра к мощности, потребляемой от электрической сети, весьма мал и не превышает 3,5%.

Промышленностью выпускаются различные типы ламп, отличающиеся номинальными значениями мощности и напряжения, размерами, формой колб, материалом и размером цоколей и т.д.

**В обозначении ламп накаливания буквы означают:**

- В — вакуумная;
- Г — газонаполненная;
- Б — биспиральная;
- БК — биспиральная криптоновая;
- ДБ — диффузная (с матовым отражательным слоем внутри колбы);
- МО — местного освещения и т. д.

Следующая за буквой цифра означает напряжение питания, а вторая — мощность лампы в ваттах. Зеркальные лампы выпускаются концентрированного светораспределения (ЗК), среднего (ЗС), широкого (ЗШ), зеркальные из ниодимового стекла концентрированного или широкого светораспределения — ЗКН, ЗШН. Зеркальные лампы предназначены для освещения высоких помещений и открытых пространств, декоративного освещения. Ниодимовые лампы используются там, где необходимо высокое качество цветопередачи.



**Рис. 6. Некоторые типы ламп накаливания:**

а — газонаполненная; б — биспиральная; в — биспиральная криптоновая;  
г — зеркальная

Декоративные специальные лампы (Д) могут излучать белые (БЛ), желтые (Ж), зеленые (З), красные (К), опаловые (О) лучи.

Выпускаются лампы накаливания с зеркальным отражателем — термоизлучатели, кварцевые галогенные (КГ-220-1200; ИКЗК-220-500).

Патроны для электрических ламп накаливания подразделяются на две основные группы: резьбовые и штифтовые. В бытовой осветительной арматуре

применяются, как правило, резьбовые патроны и подразделяются по размеру резьбовых гильз — E14 — с диаметром 14 мм (для миньонов), E27 — диаметром 27 мм, E40 — диаметр 40 мм (мощность ламп более 1,0 кВт).

**Патроны изготавливают** из цветных металлов, стали, фарфора и пластмасс. По форме исполнения патроны подразделяют на патроны для навинчивания на ниппель, патроны с фланцем и патроны для подвеса.

**Если патрон имеет токоведущую винтовую гильзу**, то гильза должна быть подсоединена к нулевому, а не к фазному проводнику. Этим обеспечивается электробезопасность при замене электролампы.

**Люминесцентные лампы.** Электрические лампы, в которых электроэнергия превращается в световую непосредственно, независимо от теплового состояния вещества, за счет люминесценции, называются люминесцентными.

**Принцип действия этих ламп** в упрощенном представлении сводится к следующему. Если к электродам, вставленным в концы стеклянной трубки, которая заполнена разряженным инертным газом или парами металла, приложить напряжение из расчета не менее 500-2000 В на 1 м длины трубки, то свободные электроны в полости трубки начинают лететь в сторону электрода с положительным зарядом. Когда к электродам приложено переменное напряжение, направление движения электронов изменяется с частотой тока. В своем движении электроны встречаются с нейтральными атомами газа — заполнителя полости трубки и ионизируют их, выбивая электроны с верхней орбиты в пространство или с нижней орбиты на верхнюю. Возбужденные таким образом атомы, вновь сталкиваясь с электронами, снова превращаются в нейтральные атомы. Это обратное превращение сопровождается излучением кванта световой энергии. Каждому инертному газу и парам металла соответствует свой спектральный состав излучаемого света.

Так, трубки с гелием светятся светло-желтым или бледнорозовым светом, с неоном — красным светом, с аргоном — голубым и т. д. Смешивая инертные газы или нанося люминофоры на поверхность разрядной трубки, получают различные оттенки свечения.

**Люминесцентные лампы дневного и белого света** выполняют в виде прямой или дугообразной трубки из обычного стекла, не пропускающего коротковолновые ультрафиолетовые лучи. Electroды изготавливают из вольфрамовой проволоки. Трубку заполняют смесью аргона и паров ртути. Внутри поверхность трубки покрыта люминофором — специальным составом, который светится под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в парах ртути. Аргон способствует надежному горению разряда в трубке.

**Основным преимуществом люминесцентных ламп** по сравнению с лампами накаливания является более высокий коэффициент полезного действия (15-20%) и в 7-10 раз больший срок службы.

**Наряду с положительными качествами** люминесцентные лампы обладают и недостатками:

- сложность схемы включения;
- зависимость от температуры окружающей среды; при снижении темпера-

туры лампы могут гаснуть или не зажигаться;

- дополнительные потери энергии в пускорегулирующей аппаратуре, достигающие 25-35% мощности ламп;
- вредные для зрения пульсации светового потока;
- наличие радиопомех;
- лампы содержат вредные для здоровья вещества, поэтому вышедшие из строя газоразрядные лампы требуют тщательной утилизации.

**Источник света и арматура образуют светильник.** Арматура перераспределяет световой поток в нужном направлении, защищает источник света от пыли, влаги и др. Светильники располагают по возможности в местах, удобных и безопасных для обслуживания.

**Светильники заряжают медными гибкими проводами** с сечением жил не менее  $0,5 \text{ мм}^2$  внутри зданий и  $1 \text{ мм}^2$  — для наружной установки и соединяют с проводами сети при помощи штепсельных разъемов или люстрового зажима.

Для декоративного оформления места подвески светильника иногда используется потолочная розетка светильника, внутри которой — люстровый зажим. Допускается подвешивать светильник непосредственно на питающих его проводах при условии, что они предназначены для этой цели.

**Люстры, подвесы подвешивают на крюках (рис. 7).** Непосредственная подвеска светильников на проводах запрещается. Крюк в потолке должен быть изолирован от люстры, светильника с помощью поливинилхлоридной трубки. Изоляция крюка необходима для предотвращения появления опасного потенциала в металлической арматуре бетонных плит или стальных труб электропроводки при нарушении изоляции в светильнике. В случае крепления крюков к деревянным перекрытиям изолирование крюка не требуется. Для установки крюка в пустотелой плите перекрытия проделывают отверстие, а затем фиксируют крюк (рис. 7 б). В сплошных железобетонных перекрытиях светильник подвешивают к шпильке, пропускаемой насквозь через все перекрытие.

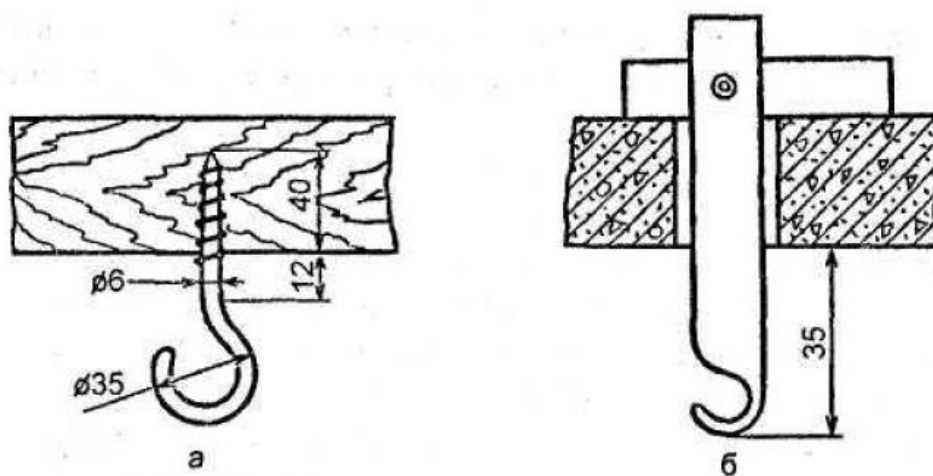


Рис. 7. Крюки для подвески светильников:

а — на деревянных потолках; б — на пустотелых железобетонных плитах



**Все приспособления для подвеса светильников испытывают на прочность** пятикратной массой светильника. Детали крепления подвеса при этом не должны иметь повреждений и остаточных деформаций.

### **Электропроводка в погребах и подвалах**

**Погреба и подвалы**, как правило, строят из несгораемых материалов и конструкций (кирпичная кладка, железобетонные блоки, перекрытия и т. д.). Полы обычно токопроводящие, а именно: земляные, бетонные, из битого кирпича и т. д.

В зависимости от состояния грунта, эффективности вентиляции, относительной влажности воздуха погреба и подвалы относятся к сырым и особо сырым помещениям, а по степени опасности поражения электрическим током — к особо опасным помещениям.

**К электропроводкам в погребах и подвалах предъявляются повышенные требования, а именно:**

- следует применять напряжение сети не выше 42 В. Для этого следует применять понижающие трансформаторы;
- электропроводку выполнять непосредственно по основанию на изоляторах и роликах изолированными защищенными проводами или кабелями. При скрытой проводке запрещается применять стальные трубы с толщиной стенок 2 мм и менее;
- следует применять светильники герметичной конструкции, чтобы исключить попадание влаги в электропатрон;
- выключатель следует располагать вне погреба и подвала.

### **Электропроводка в чердачных помещениях**

**Чердачным помещением** называется помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, ферму, стропила, балки и т. п.) из сгораемых материалов.

**Электропроводки на чердаках** выполняют в основном для прокладки вводов от воздушных линий в здание к зажимам квартирного щитка. В дачных домиках освещение чердаков не требуется.

**Монтаж каких-либо электропроводок**, не считая прокладки вводов, на чердаках, имеющих конструкции из сгораемых материалов, лучше не выполнять.

**Чердачные помещения имеют ряд особенностей.** Они подвержены колебаниям температуры, как правило, запылены, обладают повышенной пожарной опасностью. Случайно возникшее повреждение электропроводки может привести к возгоранию деревянных конструкций и в дальнейшем к пожару. Поэтому к электропроводкам на чердаках предъявляются повышенные требования.

**В чердачных помещениях можно применять следующие электропроводки:**

- **открытая** — проводами и кабелями, проложенными в стальных трубах, а также защищенными проводами и кабелями в оболочках из несгораемых и трудносгораемых материалов на любой высоте;

• **незащищенными изолированными одножильными проводами** на роликах и изоляторах на высоте не менее 2,5 м от пола.

**При высоте менее 2,5 м** их защищают от прикосновений и механических повреждений: Расстояние между точками крепления роликов должно быть не более 60 мм, изоляторов — не более 1000 мм, между проводами — не менее 50 мм. Высота роликов должна быть не менее 30 мм. Ролики устанавливают на подшитых к стропилам досках.

**Скрытая электропроводка** выполняется в стенах и перекрытиях из негорючих материалов на любой высоте.

**Открытые электропроводки** в чердачных помещениях выполняют проводами и кабелями с медными жилами. Провода и кабели с алюминиевыми жилами можно прокладывать в зданиях с негорючими перекрытиями при условии прокладки их в стальных трубах или скрыто в негорючих стенах и перекрытиях. Транзитные линии на чердаках длиной до 5 м разрешается выполнять проводами с алюминиевыми жилами.

**При прокладке стальных труб** необходимо исключить проникновение пыли внутрь труб и соединительных коробок, для чего применяют уплотненные резьбовые соединения. Трубы можно соединять при помощи муфт с резьбой без уплотнений только в сухих и непыльных чердаках.

**Трубы прокладывают с уклоном** так, чтобы в них не могла скапливаться влага.

**Соединения и ответвления медных или алюминиевых жил** проводов и кабелей проводят в металлических соединительных (ответвительных) коробках сваркой, опрессовкой или с помощью сжимов, соответствующих материалу, сечению и количеству жил.

**Ответвления от линий, проложенных на чердаке**, к электроприемникам, установленным вне чердаков, допускается при условии прокладки как линии, так и ответвлений открыто в стальных трубах, скрыто в негорючих стенах и перекрытиях.

**Отключающие аппараты** в цепях, питающих светильники, расположенных непосредственно на чердаках, устанавливают вне чердаков, например, у входа на чердак.

**Стальные трубы, металлические корпуса светильников** и другие металлические конструкции электропроводки должны быть заземлены.

**ВНИМАНИЕ!** На чердаках запрещается прокладывать любые неметаллические трубы.

### **Монтаж квартирных щитков**

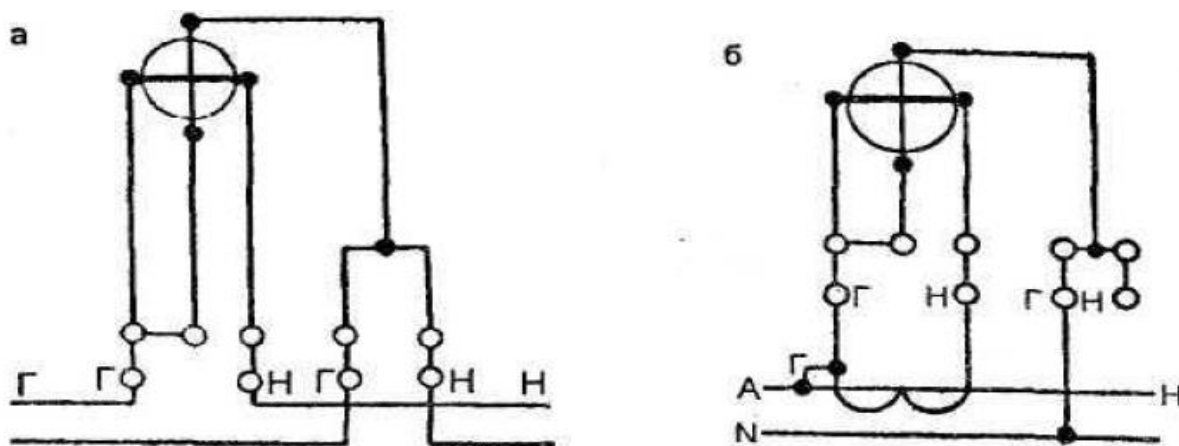
**Учет израсходованной электроэнергии** и расчет за нее с энергоснабжающей организацией производят по счетчику. счетчик, как правило, монтируют на квартирном щитке вместе с необходимыми коммутационными и защитными аппаратами и устройствами. Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

**Промышленность выпускает однофазные и трехфазные счетчики** на различное напряжение и силу тока.

**В цепях однофазного тока** активная энергия измеряется однофазными индукционными счетчиками непосредственного включения (рис. 8 а) или включениями через трансформатор тока (рис. 8 б). 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. 9) или включаемыми через измерительные трансформаторы тока (рис. 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.

**В четырехпроводной сети трехфазного тока** при равномерной и неравномерной нагрузке фаз энергия может учитываться с помощью трех однофазных счетчиков, включенных, как показано на рис. 11, или с помощью трехэлементного четырехпроводного счетчика типа СА4 или СА4У (рис. 12). При учете тремя однофазными счетчиками расход энергии равен сумме показаний всех трех счетчиков, умноженный на коэффициент трансформации трансформаторов тока.



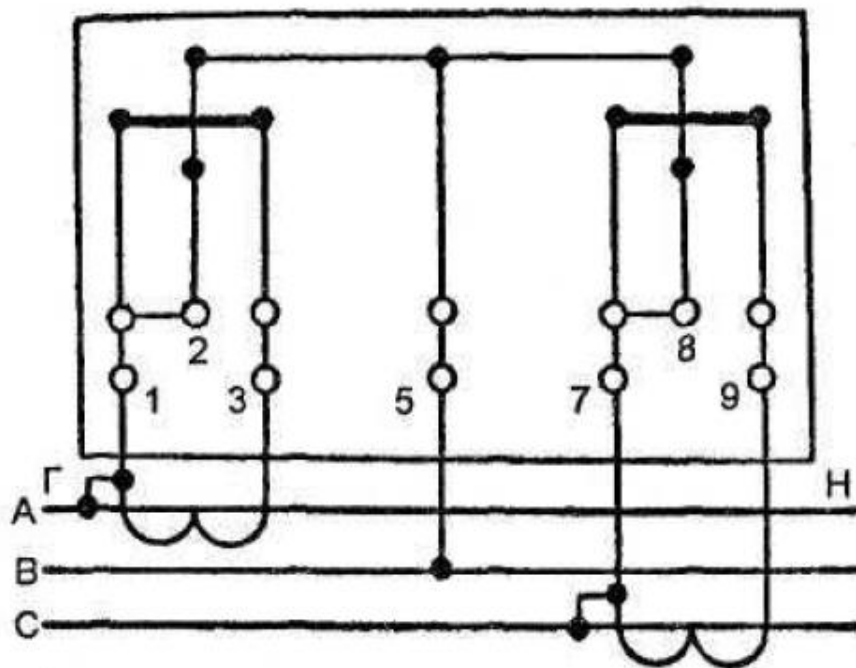
**Рис. 8. Включение однофазного счетчика:**

а — однофазный счетчик непосредственного включения; б — включение однофазного счетчика через трансформатор тока; Г — генераторные зажимы; Н — зажимы для нагрузки

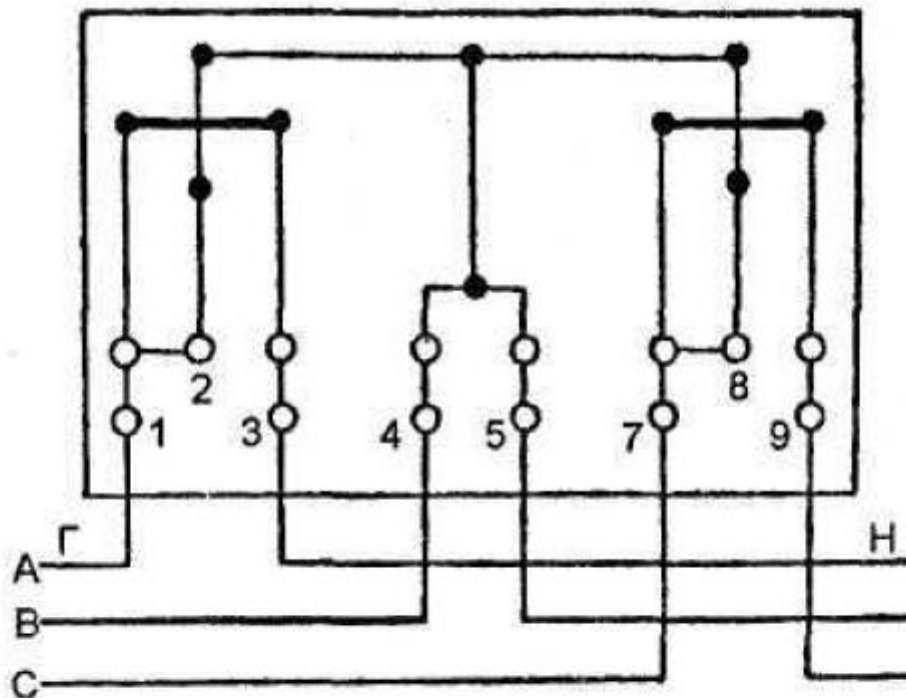
**Перед счетчиком**, который установлен на квартирном щитке, желательно установить рубильник или двухполюсный выключатель для безопасной замены счетчика.

**Нагрузка к счетчику подключается обязательно через устройство защиты.** Защитные устройства применяют для того, чтобы при неисправности внутренней электропроводки или при аварийной перегрузке сети обеспечивалось автоматическое ее отключение от магистральной линии. С этой целью в

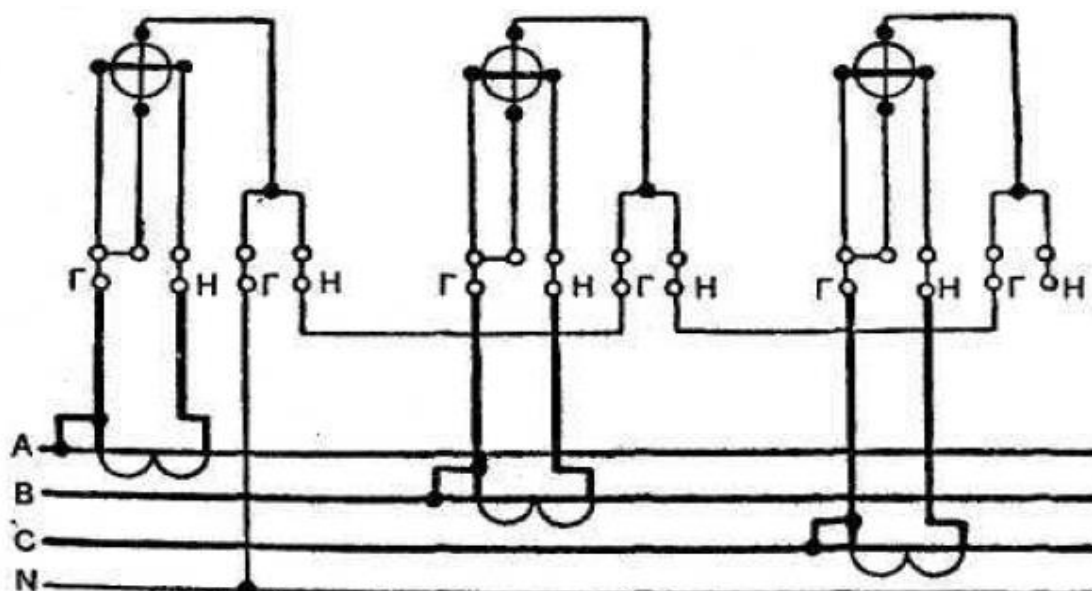
цепях разных проводов сети устанавливают предохранители, автоматические выключатели или аппараты защитного отключения.



**Рис. 10.** Схема включения счетчиков САЗ-И670М и САЗ-И681 через трансформаторы тока в трехпроводную сеть



**Рис. 9.** Включение трехфазных счетчиков САЗ-И677 и САЗ-И684 непосредственно в трехпроводную сеть



**Рис. 11. Схема учета энергии в четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз с помощью трех однофазных счетчиков, включенных через трансформаторы тока**

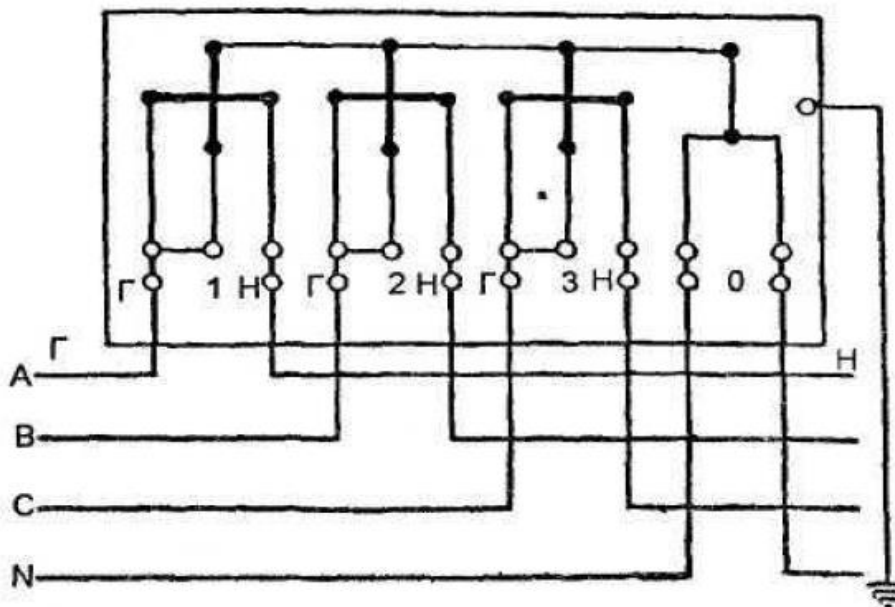
Отключение должно происходить путем разрыва линии фазного провода. Поэтому предохранители, а также однополюсные защитные или коммутационные аппараты, например, автоматы А3161 или АБ25 устанавливают только в фазном проводе. Установка этих аппаратов согласно ПУЭ в нулевом проводе не допускается.

Линию нулевого провода можно разрывать только одновременно с линией фазного провода. Это обеспечивается двухполюсными коммутационными или защитными аппаратами. Можно применить и трехполюсный аппарат, но при однофазном (двухпроводном) вводе один из полюсов не используется.

На практике распространена установка предохранителей в линии не только фазного, но и нулевого провода, что противоречит требованиям действующих ПУЭ.

Установка предохранителей как в фазном проводе, так и в нулевом обосновывалась неквалифицированной эксплуатацией квартирной электропроводки. Действительно, если перегоревшую в линии одного провода плавкую вставку, грубо нарушая правила, заменяли проволочной перемычкой («жучком»), то защита обеспечивалась исправным предохранителем в линии другого провода. Кроме того, не исключалось, что на участке проводки до предохранителей будет утрачено внешнее различие между фазным и нулевым проводом. В этом случае наличие двух предохранителей позволяет безопасно произвести ремонтные работы, вывернув обе пробки. Напомним, что первоначально электрической энергией в быту пользовались преимущественно в жилых помещениях с токонепроводящими полами. Центральное отопление еще не было распространено, трубопроводы и радиаторы в комнатах отсутствовали. В этих условиях прикосновение к электроприбору с поврежденной изоляцией обычно не приводило к поражению электрическим током, и зануления корпусов, как средства повышения безопасности, не требовалось. Теперь электрифици-

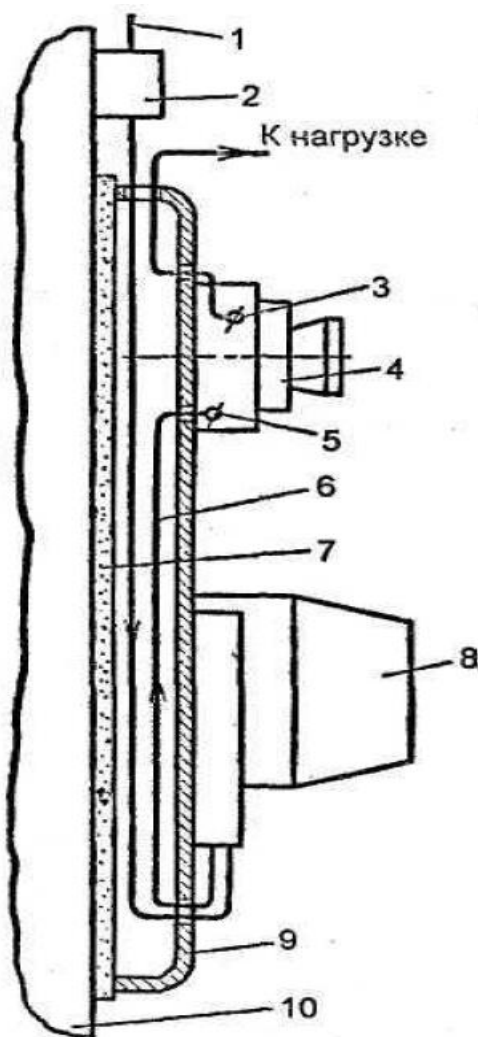
кация быта вышла за пределы жилых комнат, а в комнатах все чаще стали встречаться заземленные трубопроводы отопления, водопровода, газа. Значит, возникла вероятность оказаться в контакте с землей или с заземленным металлическим предметом во время пользования электроприбором. В таких условиях повреждение изоляции создает опасность поражения электрическим током.



**Рис. 12. Схема учета энергии в четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз с помощью трехфазного счетчика СА4 неспешественного включения**

Одним из средств обеспечения безопасности является зануление, то есть соединение металлических нетоковедущих частей электрооборудования с заземленным нулевым проводом. Если же в цепи нулевого провода установлен предохранитель или автомат, то при определенных условиях он может сработать и отключить нулевой провод, а это равносильно отключению зануления, обеспечивающего безопасность работающего. Поэтому установка защитных аппаратов в нулевом проводе при наличии электроприборов, требующих зануления, недопустима.

**Монтаж щитка.** Ниже приводится пример монтажа квартирного щитка с предохранителями. Панель щитка штампуют из стали или пластмассы размером 360x170x27 мм. В верхней части панели размещают предохранители, под предохранителями устанавливают от зоны возможных механических воздействий (открывающихся дверей, ставен и т. п.) и от трубопроводов отопления, водопровода, газопровода, не ближе чем на расстоянии 0,5 м. Щиток крепят на прочном основании строго вертикально с уклоном не более 1. Расстояние от пола до коробки зажимов счетчика должно быть в пределах 0,8-1,7 м. При установке квартирного щитка в местах, где возможно его повреждение, например под лестницами, щиток помещают в шкаф с окошком для счетчика или в нишах.



счетчик. Счетчик крепят тремя винтами. В нижней части щитка под счетчиком имеются четыре отверстия, обрамленные пластмассовыми втулками для ввода проводов к зажимному устройству счетчика. Щиток (рис. 13) монтируют после завершения работ по устройству внутренней электропроводки в доме и ввода в здание от воздушной линии.

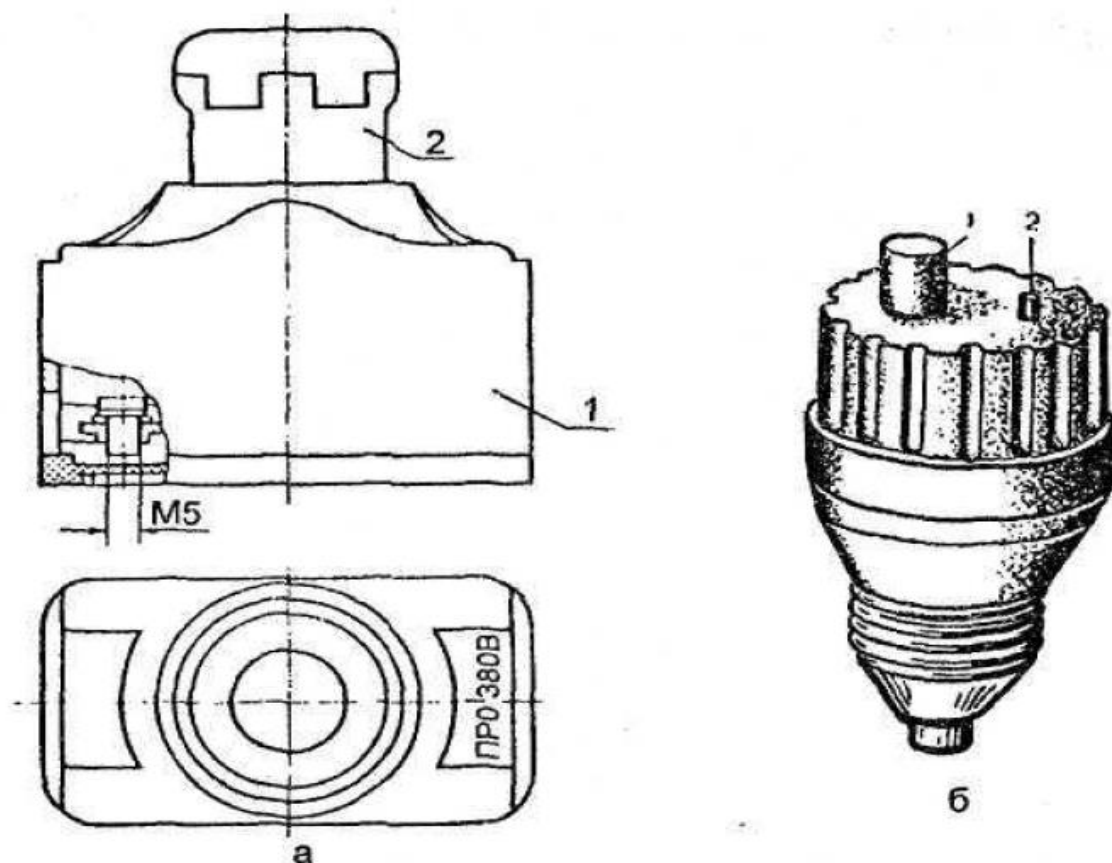
**Щиток устанавливают** на стене, имеющей жесткую конструкцию, в местах, удобных для доступа и обслуживания. Он должен располагаться в стороне

**Рис. 13. Подсоединение квартирного щитка:**

1 — провода ввода; 2 — отключающий аппарат; 3 — винт отходящей линии; 4 — предохранитель; 5 — винт центрального контакта; 6 — провод от счетчика к предохранителям; 7 — асбестовая прокладка; 8 — счетчик; 9 — корпус щитка; 10 — деревянное основание

Плавкий предохранитель — один из наиболее распространенных аппаратов защиты. Для бытового потребления плавкие предохранители оформляют в виде однополюсных резьбовых предохранителей с резьбой E27. Предохранитель состоит из двух основных частей (рис. 14 а): основания прямоугольной формы и ввертываемого цилиндрического корпуса с плавкой вставкой. Основание устанавливается на щитке в цепи фазного провода. К зажиму, связанному с центральным контактом, подключают провод, идущий от клеммы (2) счетчика; к зажиму резьбовой части — провод, идущий к нагрузке. Плавкая вставка помещена в фарфоровый цилиндр с двумя металлическими колпачками со стороны торцов. Вставку устанавливают в цилиндрический корпус, который ввертывают в основание.





**Рис. 14. Аппараты электрoзащиты:**

**а** — предохранитель серии ПРС: 1 — основание предохранителя; 2 — ввертываемый цилиндрический корпус с плавкой вставкой; **б** — автоматический выключатель ПАР-6,3 (ПАР-10): 1 — кнопка включения; 2 — кнопка отключения

Плавкие вставки для предохранителей выпускаются на номинальный ток 6,3; 10; 16; 20 и 25 А.

Автоматические выключатели. Для применения в квартирных щитках с плавкими вставками разработаны автоматические выключатели типа ПАР на 6,3 и 10 А с присоединительными размерами, такими же, как и резьбовых предохранителей (рис. 14 б). В отличие от плавких вставок автоматический выключатель после срабатывания снова готов к работе. Чтобы его включить, достаточно нажать кнопку большого диаметра, а нажав кнопку маленького диаметра, можно отключить цепь. Эти автоматы имеют комбинированный расцепитель: электромагнитный — для мгновенного отключения коротких замыканий, и тепловой — для отключения перегрузок.

**На квартирных щитках** применяют также однополюсные автоматические выключатели АЗ161 или АБ-25 с тепловыми расцепителями на 15, 20 или 25 А или же АЕ1111 с комбинированными расцепителями на токи от 6,3 до 25 А.

В настоящее время промышленностью выпускаются вводные квартирные щитки разных модификаций и типов (ЩК, ЩО, ШКИ и др.).

Щитки могут быть открытого и закрытого исполнения, соответственно для установки на стене или в нишах. Их комплектуют предохранителями на одну,



две группы или однополюсными автоматическими выключателями на две или три группы. Габариты щитка— 260x150x129 мм. Автоматы и счетчик закрыты пластмассовым корпусом (крышкой) с окошком для счетчика и отверстием для ручек управления автоматами. Крышка установлена на боковых защелках и легко снимается. Конструкция щитка допускает ввод и вывод проводов сверху или снизу, предусмотрена возможность их пломбирования.

**Желательно магистральную линию штепсельных розеток и цепь освещения** запитывать от разных предохранителей или автоматических выключателей. Этим достигается сохранение освещения в домике при перегрузке в линии штепсельных розеток.

**Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь** на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации.

**На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках** должны быть пломбы государственной поверки с давностью срока не более 12 месяцев, а на однофазных счетчиках — с давностью не более 2 лет.

**Государственную поверку счетчика** проводят один раз в 16 лет.

#### **Инструмент, приспособления, приборы**

При устройстве электропроводок применяют различный инструмент в соответствии с выполняемым видом работ.

**При монтаже электроустановочных изделий и проводок** применяют слесарно-монтажный инструмент: плоскогубцы, круглогубцы, бокорезы (диагональные кусачки), набор различных отверток, клещи для снятия изоляции, ножницы для резки металла, керн, шило, нож, паяльник и т. д. Некоторые из вышеперечисленного приведены на *рис. 15*.

**При производстве строительных работ по прокладке электропроводок** применяют молотки, кувалды, зубила, шлямбуры различных диаметров, буравы, электрические и ручные дрели, перфораторы, набор сверл с победитовыми напайками и т. д.

**Для разметочных работ** необходимо иметь отвесы, уровень, линейки, измерительные рулетки 5-10 м, шаблоны, циркуль, штангенциркуль и т. д.

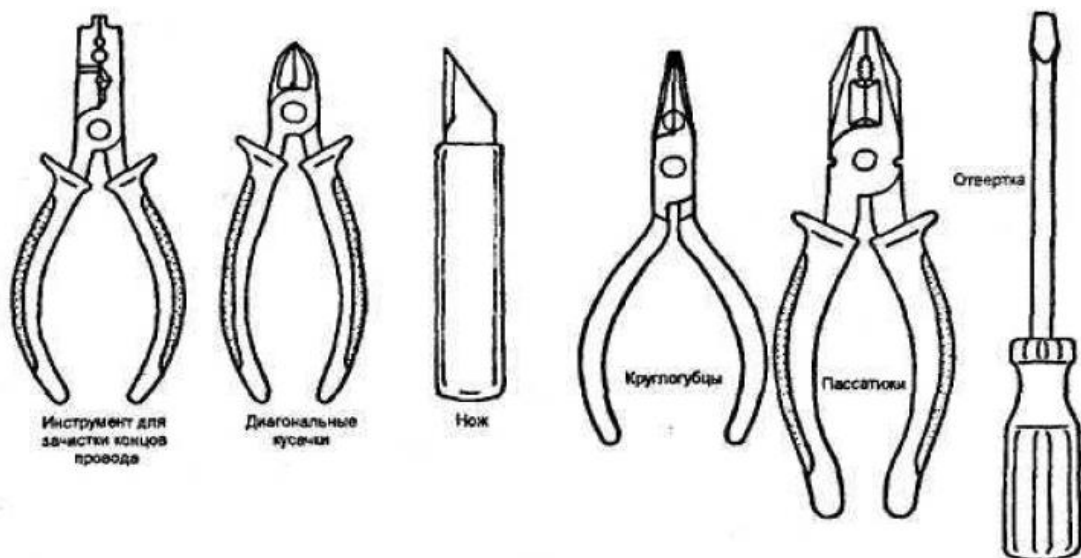
**При работах по соединению, ответвлению и оконцеванию проводов и кабелей** используют клещи КУ-1, пресс-клещи ПК-1, ПК-2М, щетки из кордоленты, бензиновые паяльные лампы, паяльники и т. д.

**Для проверки цепей при монтаже** необходимо иметь специальные приборы.

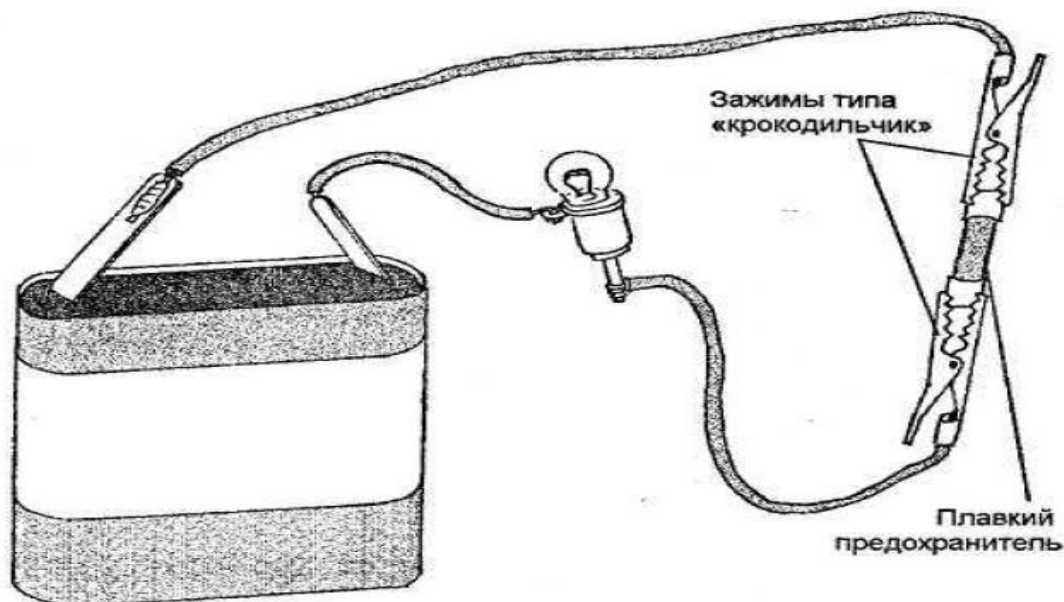
- **Простейшим является тестер электропроводности**, состоящий из батарейки, электрической лампочки и двух проводов (*рис. 16*). Для проверки цепи тестер подключают к испытываемой цепи с помощью зажимов типа «крокодильчик».

Если лампочка горит, значит цепь замкнута, если лампочка гаснет — цепь разорвана.

- Для измерения сопротивления изоляции сети используют мегомметры типа М-4100/4, рассчитанные на напряжение 400 В. Сопротивление заземляющих устройств проверяют прибором типа М416.



**Рис. 15. Инструмент электромонтажника**



**Рис. 16. Простейший тестер электропроводности**

- Для определения наличия напряжения в сети применяют указатели и индикаторы напряжения.
- Однополюсные указатели напряжения УНН-1м, УНН-90, ИН-90, ИН-91 предназначены для проверки наличия напряжения и определения фазных проводов в электроустановках переменного тока при подключении электросчетчиков, выключателей, патронов электроламп, предохранителей и т. д. и установочных изделий.

## Глава 7. Электрическая безопасность

### 7.1 Общие положения

Обычно угроза несчастного случая сопровождается признаками, на которые могут среагировать органы чувств человека. Например: вид движущегося транспорта, падающего предмета, запах газа предупреждает человека об опасности и дает возможность ему принять необходимые меры предосторожности.

Коварная особенность электрической энергии заключается в том, что она невидима, не имеет запаха и цвета.

Электрический ток поражает внезапно, когда человек оказывается включенным в цепь прохождения тока. Поражение может наступить и через дуговой контакт, при приближении на недопустимо близкое, опасное расстояние к токонесущему проводу высокого напряжения, а также при попадании под шаговое напряжение, возникающее при обрыве и падении на землю провода действующей воздушной линии 380 В и выше.

Приблизительно половина несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током, происходит во время профессиональной деятельности пострадавших.

По некоторым данным электротравмы составляют около 30 % общего числа всех травм на производстве и, как правило, имеют тяжелые последствия. По частоте смертельных исходов электротравматизм в 15-16 раз превосходит другие виды травм.

Первая медицинская помощь должна быть оказана в первые, четыре-пять минут после поражения электрическим током. Применяя современные методы оживления в первые, две минуты после наступления клинической смерти, можно спасти до 92 % пострадавших, а в течение от трех до 4 минут – только 50 %.

Некоторые виды электротравм, особенно при напряжении более 1000 В, характеризуются термическим действием электрического тока. Пострадавший может получить тяжелые ожоги наружных, и глубоко расположенных тканей, что приводит к не совместным с жизнью нарушениям органов и систем.

Главной причиной смерти при поражении человека электрическим током является периферический циркулярный коллапс после фибрилляции желудочного сердца. Он непременно разовьется, если не делать массаж сердца одновременно с проведением искусственного дыхания «изо рта в рот».

Периферические сосудистые нарушения могут обнаружиться через неделю после травмы. Отмечены случаи, когда спустя несколько месяцев развивалась катаракта.

Исследования показали, что больные и ослабленные, а также лица, находящиеся в состоянии депрессии, нервного возбуждения или опьянения, более чувствительны к воздействию электрического тока.

Известно, что в среднем электротравмы составляют 3% от общего числа травм, 12-13% от общего числа смертельных случаев – смертельные электротравмы. К наиболее неблагоприятным отраслям относятся: лёгкая промышленность, где электротравматизм составляет 17% от числа смертельных несчастных случаев, электротехническая промышленность – 14, химическая – 13, стро-

ительство, сельское хозяйство – по 40%, быт – примерно 40%. В Москве от электрического тока погибает около 40 человек в год, а в Московской области в среднем 100 человек.

### ***Понятие об электробезопасности. Электрические травмы.***

Под **электробезопасностью** понимается система организационных и технических мероприятий по защите человека от действия поражающих факторов электрического тока.

**Электротравма** – результат воздействия на человека электрического тока и электрической дуги.

Электрический ток, проходя через живой организм, производит:

- термическое (тепловое) действие, которое выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, крови, нервных волокон и т.п.;
- электролитическое (биохимическое) действие – выражается в разложении крови и других органических жидкостей, вызывая значительные нарушения их физико-химических составов;
- биологическое (механическое) действие – выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц (в том числе сердца, лёгких).

К электротравмам относятся:

- электрические ожоги (токовые, контактные дуговые, а также комбинированные);
- электрические знаки («метки»), металлизация кожи;
- механические повреждения;
- электроофтальмия;
- электрический удар (электрический шок).

В зависимости от последствий электрические удары делятся на четыре степени:

- судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- судорожное сокращение мышц с потерей сознания;
- потеря сознания с нарушением дыхания или сердечной деятельности;
- состояние клинической смерти в результате фибрилляции сердца или асфиксии (удушья).

**Основные неблагоприятные последствия, которые могут наступить вследствие поражения электрическим током:**

Протекание электрического тока через органы человека может вызвать остановку сердца, дыхания; разрывы мышц, поражение мозга, ожоги. Такие повреждения характерны для поражающего тока величиной более 10 миллиампер, однако даже ток ощущения (1-2 мА) способен напугать человека, вследствие чего не исключены механические травмы (например, вследствие падения с высоты).

### ***Факторы, определяющие исход поражения.***

**Основными факторами, определяющими исход поражения, являются:**

- величина тока и напряжения;
- продолжительность воздействия тока;
- сопротивление тела;

- петля («путь») тока;
- психологическая готовность к удару.

### ***Величина тока и напряжения.***

Электрический ток, как поражающий фактор, определяет степень физиологического воздействия на человека. Напряжение следует рассматривать лишь как фактор, обуславливающий протекание того или иного тока в конкретных условиях – чем больше напряжение прикосновения, тем больше поражающий ток.

По степени физиологического воздействия можно выделить следующие поражающие токи:

- 0.8 – 1.2 мА – пороговый ощутимый ток (то есть то наименьшее значение тока, которое человек начинает ощущать);
- 10 – 16 мА – пороговый неотпускающий (приковывающий) ток, когда из-за судорожного сокращения рук человек самостоятельно не может освободиться от токоведущих частей;
- 100 мА – пороговый фибрилляционный ток; он является расчетным поражающим током. При этом необходимо иметь в виду, что вероятность поражения таким током равна 50% при продолжительности его воздействия не менее 0.5 секунды.

**Следует отметить, что никакое напряжение нельзя признать полностью безопасным и работать без средств защиты.** Так, например, автомобильный аккумулятор имеет напряжение 12-15 Вольт и не вызывает поражения электрическим током при прикосновении (ток через тело человека меньше порогового ощутимого тока). Но при случайном замыкании клемм аккумулятора возникает мощная дуга, способная сильно обжечь кожу или сетчатку глаз; также возможны механические травмы (человек инстинктивно отшатывается от дуги и может неудачно упасть). Точно также человек инстинктивно отшатывается при прикосновении к сети временного освещения (36 Вольт, ток уже ощущается), что грозит падением с высоты, даже если ток, протекающий через тело невелик, и не мог бы вызвать поражения сам по себе.

Таким образом, сколь угодно низкое напряжение не отменяет использования средств защиты, а лишь изменяет их номенклатуру (вид), например, при работе с аккумулятором следует пользоваться защитными очками. **Производить работы на токоведущих частях без применения средств защиты можно только при полном снятии напряжения!**

### ***Продолжительность воздействия тока.***

Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в стоянии полного покоя сердца человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпадать с фазой полного расслабления, однако всё, что увеличивает темп работы сердца, способствует повышению вероятности остановки сердца при ударе током любой длительности. К таким причинам следует отнести: усталость, возбуждение, голод, жажду, испуг, принятие алкоголя, наркотиков, некоторых лекарств, курение, болезни и т.п.

### ***Сопротивление тела.***

Величина непостоянная, зависит от конкретных условий, меняется в пре-

делах от нескольких сотен Ом до нескольких мегом. С достаточной степенью точности можно считать, что при воздействии напряжения промышленной частоты 50 Герц, сопротивление тела человека является активной величиной, состоящей из внутренней и наружной составляющих. Внутреннее сопротивление у всех людей примерно одинаково и составляет 600 – 800 Ом. Из этого можно сделать вывод, что сопротивление тела человека определяется в основном величиной наружного сопротивления, а конкретно – состоянием кожи рук толщиной всего лишь 0.2 мм (в первую очередь ее наружным слоем – эпидермисом).

Примеров тому немало, вот один из них. Рабочий опускает в электролитическую ванну средний и указательный пальцы руки и получает смертельный удар. Оказалось, что причиной гибели явился имевший место порез кожи на одном из пальцев. Эпидермис не оказал своего защитного действия, и поражение произошло при явно безопасной петле тока.

Действительно, если оценить этот факт в относительных единицах и принять сопротивление кожи за 1, то сопротивление внутренних тканей, костей, лимфы, крови составит 0.15 – 0.20, а сопротивление нервных волокон – всего лишь 0.025 («нервы» – отличные проводники электрического тока!). Кстати, именно поэтому опасно приложение электродов к так называемым акупунктурным точкам. Так как они соединены нервными волокнами, поражающий ток может возникнуть при очень малых напряжениях. Именно один из таких случаев описан в литературе, когда поражение человека произошло при напряжении 5 Вольт. Сопротивление тела не является постоянной величиной: в условиях повышенной влажности оно снижается в 12 раз, в воде – в 25 раз, резко снижает его принятие алкоголя.

Таким образом, к факторам состояния человека, существенно увеличивающим вероятность смертельного поражения человека электрическим током следует отнести:

- всё, что увеличивает темп работы сердца – усталость, возбуждение, принятие алкоголя, наркотиков, некоторых лекарств, курение, болезни;
- все, что уменьшает сопротивление кожи – потливость, порезы, принятие алкоголя.

#### ***Путь («петля») тока через тело человека.***

При расследовании несчастных случаев, связанных с воздействием электрического тока, прежде всего выясняется, по какому пути протекал ток. Человек может коснуться токоведущих частей (или металлических нетокведущих частей, которые могут оказаться под напряжением) самыми различными частями тела. Отсюда – многообразие возможных путей тока.

Наиболее вероятными признаны следующие:

- «правая рука – ноги» (20% случаев поражения);
- «левая рука – ноги» (17%);
- «обе руки – ноги» (12%);
- «голова – ноги» (5%);
- «рука – рука» (40%);
- «нога – нога» (6%).

Все петли, кроме последней, называются «большими», или «полными»

петлями, ток

захватывает область сердца и они наиболее опасны. В этих случаях через сердце протекает 8-12 процентов от полного значения тока. Петля «нога – нога» называется «малой», через сердце протекает всего 0.4% от полного тока. Эта петля возникает, когда человек оказывается в зоне растекания тока, попадая под шаговое напряжение.

**Шаговым** называется напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока в земле, при одновременном касании их ногами человека. При этом чем шире шаг, тем больший ток протекает через ноги.

Такой путь тока не несет прямой опасности жизни, однако под его действием человек может упасть и путь протекания тока станет опасным для жизни.

Для защиты от шагового напряжения служат дополнительные средства защиты – диэлектрические боты, диэлектрические коврики. В случае, когда использование этих средств не представляется возможным, следует покинуть зону растекания так, чтобы расстояние между стоящими на земле ногами было минимальным – короткими шажками. Безопасно также передвижение по сухой доске и прочим сухим, не проводящим ток предметам.

**Меры предосторожности при использовании электрических приборов и сетей.**

При пользовании любым электрическим прибором или аппаратом необходимо всегда твердо помнить о том, что неумелое обращение с ним, неисправное состояние электропроводки или самого электроприбора, несоблюдение определенных мер предосторожности может привести к поражению электрическим током. Кроме того, неисправности электропроводки и электроприборов могут стать причиной загорания проводов и возникновения пожаров.

Практические меры безопасного применения электроэнергии не сложны, и каждый потребитель электроэнергии в состоянии их выполнять в процессе повседневного пользования электрическим током. Для этого необходимо:

- поддерживать в исправном состоянии электросеть и подключаемые к ней электроприборы;
- знать и всегда выполнять основные требования, предъявляемые к устройству электроустановок, и меры предосторожности при пользовании ими;
- ощутив при прикосновении к металлическим конструкциям действие электрического тока – немедленно принять меры к недопущению в опасное место людей и доложить об этом руководителю.

### **Защита проводов.**

Электропроводка должна иметь исправную защиту от коротких замыканий, то есть от соприкосновения оголенных частей проводов и токоведущих частей приборов между собой. Эта защита осуществляется обычно предохранителями или автоматическими выключателями на групповом щитке.

**Нельзя применять вместо пробочных предохранителей всякого рода суррогаты в виде пучка проволоки (так называемые «жучки») и тому подобного! Нельзя исключать из схемы автоматические расцепители («автоматы») и УЗО, даже если их постоянно «выбивает»!**

В случае перегорания предохранителя, равно как и автоматического расце-

пителя, его следует заменить новым **ТОГО ЖЕ НОМИНАЛА (ТОКА)**.

### ***Исправность изоляции.***

Ветхая или поврежденная изоляция электрических проводов может быть причиной пожара, несчастного случая и утечки электроэнергии. Поэтому, во избежание повреждения изоляции и возникновения коротких замыканий с вытекающими отсюда последствиями, нельзя заземлять электрические провода дверьми, оконными рамами, закреплять провода на гвоздях, оттягивать их веревкой или проволокой. Недопустимо также клеить провода обоями, бумагой, закрывать драпировкой, коврами, прокладывая провода или закладывая шнуры к переносным электроприборам за батареи парового или водяного отопления, во избежание преждевременного высыхания изоляции.

По тем же причинам не следует допускать непосредственного касания электрических проводов с трубами отопления, водопровода, с газопроводами, телефонными и радиотрансляционными проводами. В местах пересечения и касания на электрические провода должна быть наложена дополнительная изоляция или надеты резиновые трубки. Необходимо всегда помнить, что прикосновение к оголенным токоведущим проводам, так же как и к неисправным и поврежденным аппаратам, приборам, электроарматуре, представляет большую опасность для жизни.

Ремонт электрической проводки должен производиться только квалифицированными работниками при полном отключении ремонтируемого участка проводки.

### ***Электрическая арматура (корпуса и элементы электроприборов).***

Необходимо обращать внимание на состояние электрической арматуры и поддерживать ее всегда в исправном состоянии. Защитные крышки выключателей и прочей арматуры должны быть всегда на месте. Проводка к выключателям и штепсельным розеткам должна быть смонтирована надежно.

При пользовании оргтехникой, переносными лампами или электрическими приборами следует внимательно следить за состоянием шнуров, соединяющих прибор со штепсельной вилкой. Нельзя допускать перекручивания шнура, узлов в нем, чрезмерного износа оплетки и изоляции, а также оголения токоведущих жил и соединения (замыкания) их на металлический корпус арматуры.

Если вилка плохо держится в розетке или нагревается вследствие плохого контакта, искрит, потрескивает, необходимо прекратить пользоваться аварийным прибором и вызвать электрика. Необходимо также регулярно проверять места выхода шнуров из штепсельной вилки, то есть там, где наиболее часто перетирается изоляция и замыкаются провода. Оголенные места шнура или провода следует аккуратно покрыть двумя-тремя слоями изоляционной ленты, но ни в коем случае не обматывать тканью или бумагой, как это иногда делается. В интересах безопасности установка штепсельных розеток вблизи батарей отопления, газовых и водопроводных труб, и прочих заземленных частей не рекомендуется.

При пользовании любым переносным электроприбором с металлическим корпусом или переносной лампой во избежание опасности не следует одновременно касаться каких-либо заземленных частей, например, батарей отопления,



различных трубопроводов – с одной стороны, и корпуса прибора – с другой, так как это опасно для жизни.

### ***Осветительные приборы.***

Электрические лампы накаливания, как выделяющие при работе значительное количество тепла, не должны касаться бумажных, матерчатых и каких-либо других горючих материалов. Висячие лампы во избежание разрыва изоляции проводов не допускается подвешивать на токоведущие провода, если это не предусмотрено конструкцией провода.

При замене перегоревших электрических ламп накаливания необходимо соблюдать осторожность:

- Заменяйте лампу только при отключенном положении выключателя этой лампы.

- Даже при отключенном выключателе в патроне лампы сохраняется опасное для жизни напряжение – нельзя касаться металлического цоколя лампы при ее установке!

- Избегайте касаться осветительной арматуры мокрыми руками, особенно в сырых помещениях.

- Не смотрите на лампу в момент включения – она может взорваться.

### ***Электронагревательные приборы.***

Электронагревательные приборы следует применять только заводского изготовления. Перед первым подключением какого-либо нагревательного или другого переносного прибора необходимо проверить, соответствует ли напряжение, указанное на заводской табличке (щитке) напряжению сети. Несоответствие напряжения приведет к быстрому перегоранию нагревательного элемента, например, если прибор на 127 Вольт включить в сеть 220 Вольт, и наоборот, мощность прибора будет недоиспользована, если прибор с напряжением 220 Вольт будет включен на напряжение 127 Вольт.

**ЗАПРЕЩЕНО** подключать в одну розетку более одного электронагревательного прибора или прожектора.

Перегрузка сети при неисправной защите может привести к преждевременному пересыханию изоляции, а может быть, и к загоранию проводов. Особую опасность такое одновременное подключение создает, когда в групповом щитке стоят «жучки» вместо нормальных предохранителей.

Включение и отключение нагревательных и других переносных электроприборов в штепсельную розетку следует осуществлять с помощью штепсельной вилки, беря ее за изолированную часть – колодку. Вытягивать вилку из розетки за шнур недопустимо во избежание обрыва шнура или оголения и замыкания проводов.

Заполнение электронагревательных приборов, чайников, кастрюль, кофейников и других емкостей следует производить при отключенном состоянии прибора во избежание поражения током из-за одновременной связи с землей (через кран) и корпусом электроприбора.

Кипятильники (нагреватели для воды), предназначенные для опускания в сосуд, нельзя включать прежде, чем они опущены в воду. Отключение кипятика производится раньше, чем он вынимается из воды. Несоблюдение

этого правила влечет за собой перегорание нагревательных элементов и порчу самих приборов.

Электрические плитки и другие нагревательные приборы должны применяться только на огнестойком основании, то есть устанавливаться на керамической, металлической или асбоцементной подставке.

Нельзя допускать установки нагревательных приборов близко к легко возгораемым предметам – занавесям, портьерам, скатертям и т.д. или ставить их непосредственно на деревянные столы, подставки. Нельзя сушить непосредственно на корпусах нагревательных приборах одежду и обувь – это ведет к пожару!

При пользовании электрическими нагревательными приборами недопустимо оставлять их без надзора. При уходе нагревательные приборы должны быть отключены.

Необходимо всегда помнить, что прикосновение к включенному неисправному нагревательному прибору представляет большую опасность для человека.

Следует пользоваться приборами закрытого типа, где нагреватель помещен в специальную защитную оболочку, которая предохраняет спираль от механических повреждений. Пользование приборами закрытого типа более безопасно, так как в них исключается возможность прикосновения к нагревательному элементу.

Нельзя включать в сеть неизвестные электроприборы: они могут быть неисправными или не рассчитанными на напряжение сети.

#### ***Помещения с повышенной опасностью.***

Особую осторожность при пользовании электроэнергией необходимо соблюдать в тех помещениях, которые относятся к категории сырых, а потому опасных для человека в смысле последствий прикосновения к токоведущим частям вследствие наличия сырости на полу.

Пользоваться переносными электроприборами и переносными светильниками без особых мер защиты в этих помещениях категорически запрещается. Мокрый пол является хорошим проводником электричества. Человеку, стоящему на мокром или влажном полу, достаточно прикоснуться рукой к какой-либо токоведущей части, чтобы ток прошел через все тело, а это может привести к тяжелому поражению человека. Потому нельзя допускать в сырых или имеющих заземленные части (батареи отопления, трубы водопровода, газопровода, газовые плиты и др.) помещениях подвеску светильников на доступной с пола высоте, то есть ниже 2,5 м от пола. Нарушение этого требования весьма опасно.

Проводка в сырых помещениях должна выполняться скрыто.

С другой стороны, близость заземленных частей как, например, в ваннах, где сконцентрированы трубы водопровода, газопровода, также представляет большую опасность при случайном прикосновении человека к какой-либо токоведущей частью при одновременном соприкосновении с заземленными частями. Поэтому в помещениях этой категории установка штепсельных розеток категорически воспрещается.

### ***Наружная проводка.***

В малоэтажные здания электрическая энергия иногда подводится по воздушным сетям через так называемые воздушные вводы, откуда питающие провода подаются на изоляторы, установленные на стене дома.

К оборвавшимся или обвисшим проводам наружной проводки прикасаться нельзя и необходимо предостеречь от этого других, особенно детей, во избежание поражения электрическим током. Запрещается влезать на опоры (столбы) воздушных электрических линий, играть под проводами в футбол или запускать змеев, разбивать изоляторы, набрасывать на провода проволоку и другие предметы.

Если замечены упавшие столбы, провисание или падение на землю проводов электрических воздушных линий, нельзя подходить к ним ближе 8 м. Надо установить надзор и немедленно сообщить об этом в «Электросеть» или вышестоящему руководителю.

Необходимо указать также на возможную опасность, когда непосредственно под воздушной линией и воздушными вводами возводятся постройки, складываются материалы и т.п., устраиваются временные проводки для подключения осветительных и других приборов, находящихся вне помещений. Все это является источником большой опасности.

Недопустимо выносить включенные под напряжение всякого рода электрические приборы в том числе переносные лампы, радиоприемники, из помещений наружу, как говорят, на свежий воздух. При неисправности изоляции, пробое, ее на корпус прибора человек, стоящий на земле и касающийся одновременно какой-либо металлической части прибора или радиоприемника, неизбежно попадает под напряжение, что может иметь тяжелые последствия.

### ***Прочие неисправности.***

Внешним признаком неисправности проводки или электрических приборов является специфический запах подгорающей резины (или пластмассы), искрение, перегрев штепсельных розеток и вилок, особенно из пластмассы. Эти признаки должны всегда привлекать внимание. При любом сомнении в исправности проводки или приборов необходимо произвести их проверку, для чего обратиться к электрику. Каждому потребителю электрической энергии необходимо помнить основное правило: нельзя заниматься «исправлением» электрических приборов, электрической арматуры, участков электрической сети под напряжением, то есть без отключения их от электрической сети.

### ***Тушение пожара.***

В случае возникновения в помещении пожара в результате замыкания проводов или неисправности электроприбора необходимо немедленно отключить участок сети, где начался пожар. Одновременно необходимо вызвать пожарную команду.

Отключение сети осуществляется выключением доступного коммутационного аппарата или разъема. Лицам с 1 группой по электробезопасности ЗАПРЕЩАЕТСЯ принимать какие-либо иные меры к отключению напряжения, не разрешенные им в режиме обычной эксплуатации: перерубать кабеля, вскрывать щиты, преднамеренно закорачивать токоведущие проводники – это опасно

для жизни.

После снятия напряжения можно тушить пожар любым доступным способом.

**Если очаг пожара не отключен от питающей сети (или отключен частично, или не имеется твердой уверенности в полном снятии напряжения), то тушить пожар допускается только сухим песком, углекислотным или порошковым огнетушителем. Нельзя до отключения очага пожара от сети тушить пожар водой или пользоваться пенным огнетушителем.**

При тушении пожара необходимо, по возможности, не допускать попадания воды на провода и приборы, которые могут остаться под напряжением, а также не касаться голыми или мокрыми руками оборвавшихся во время пожара или упавших проводов, которые могут остаться под напряжением.

## **7.2 Действие электрического тока на организм человека. Электрические травмы**

Электрический ток, проходя через организм человека, приводит к термической, электролитической, биологической и механической действий (Электротравматизм).

**Термическое действие** тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга, становится причиной серьезных функциональных расстройств.

**Электролитическое действие** тока проявляется в разложении органического вещества и крови, что приводит к существенным изменениям их физико-химического состава

**Биологическое действие** тока проявляется в раздражении возбудимых тканей организма, сопровождающееся произвольным сокращением мышц.

**Механическое действие** электрического тока проявляется в расслоении тканей и даже в отрыве частей тела.

**Электрические травмы** - это четко выраженные местные повреждения тканей и органов человека, которые возникают от действия электрического тока и электрической дуги. Электротравмы условно делят на местные и электрические удары.

**Местная электротравма** - это локальное повреждение целостности тканей тела, Костей под воздействием электротока, электродуги. Следствием местных электротравм являются электрические ожоги, электрические знаки, электрометаллизация кожи, электросети офтальмия, механические повреждения

**Электрические ожоги** могут быть поверхностными поражениями кожи и внутренними электрическими ожогами возникают вследствие нагревания тканей тела человека током величиной более 1 А

**Электрические знаки** - пятна серого или бледно-желтого цвета в виде мозолей на поверхности кожи в месте контакта с токопроводящими элементами

**Электрометаллизация кожи** - это пропитка поверхности кожи частицами металла при его испарении или разбрызгивании под действием электрического тока.

Пораженный участок жесткая на ощупь и окрас, характерный для кольору металла попал в кожу. Под действием большого потока ультрафиолетовых лучей возникает электроофтальмия (воспаление глаз) При этом имеют место по-

краснение и воспаление кожи, слизистых оболочек век, слезы, гнойные выделения из глаз, судороги век и частичная потеря зрения.

**Механическое повреждение** возникает при резком непроизвольного сокращения мышц под действием тока, проходящего через человека. Вследствие этого нарушается целостность (рвется) кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, возможны вывих суставов и даже переломы костей.

**Электрический удар** - это возбуждающее действие электрического тока на живые ткани организма, которая проявляется в виде судорожных сокращений мышц зависимости от поражений степень негативного воздействия этого явления на организм человека может быть различным. В худшем случае электрический удар может привести к нарушениям деятельности и даже полной остановке легких и сердца. Электрические удары могут привести к судорожных сокращений мышц без потери сознания, судорожных сокращений мышц с потерей сознания но с сохранением работы легких и сердца, до потери сознания и нарушением деятельности органов дыхания и сердца. сильно и электрические удары могут вызвать клиническую смертность.

**Электрический шок** - своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, которое сопровождается глубоким расстройством кровообращения, дыхания и обмена веществ различают три фазы шока непосредственно после воздействия тока наступает кратковременная фаза возбуждения, когда пострадавший реагирует на возникновение боли, у него повышается кровяное давление затем наступает фаза торможения и выснажения нервной системы, когда резко снижается кровяное давление, ослабевает дыхание, возникает депрессия. Третья фаза - человек умирает в результате полного угасания жизненных функций или наступает выздоровление в результате эффективного лечения.

### 7.3 Квалификационные группы по электробезопасности персонала

Группа.	Требования к знаниям персонала.
<b>I</b>	<p><i>Неэлектротехнический персонал. Удостоверение не выдается, результаты аттестации по итогам контрольного опроса вносятся в "Журнал учета присвоения группы I по электробезопасности неэлектротехническому персоналу".</i></p> <p>На 1 группу аттестуются лица, не имеющие специальной электротехнической подготовки, но имеющие отчетливое представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работах на обслуживаемом участке, электрооборудовании, электроустановке. Должны иметь практическое знакомство с правилами оказания первой помощи. Обучение на 1 группу осуществляется в форме инструктажа с последующим контрольным опросом специально назначенным лицом с группой по электробезопасности не ниже 3.</p>
<b>II</b>	<p><i>Электротехнический персонал. Выдается удостоверение. Резуль-</i></p>

	<p><i>таты аттестации вносятся в "Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках".</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Элементарные технические знания об электроустановке и ее оборудовании.</li> <li>2. Отчетливое представление об опасности электрического тока, опасности приближения к токоведущим частям.</li> <li>3. Знание мер предосторожности при работах в электроустановках.</li> <li>4. Практические навыки оказания первой помощи пострадавшим.</li> </ol>
<b>III</b>	<p><i>Электротехнический персонал. Выдается удостоверение. Результаты аттестации вносятся в "Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках".</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Элементарные познания в общей электротехнике.</li> <li>2. Знание электроустановки и порядка ее технического обслуживания.</li> <li>3. Знание общих правил техники безопасности, в том числе правил допуска к работе, и специальных требований, касающихся выполняемой работы.</li> <li>4. Умение обеспечить безопасное ведение работы и вести надзор за работающими в электроустановках.</li> <li>5. Знание правил освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему.</li> </ol>
<b>IV</b>	<p><i>Электротехнический персонал. Выдается удостоверение. Результаты аттестации вносятся в "Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках".</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знание электротехники в объеме специализированного профессионально-технического училища.</li> <li>2. Полное представление об опасности при работах в электроустановках.</li> <li>3. Знание МПОТ, правил технической эксплуатации электрооборудования, устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности.</li> <li>4. Знание схем электроустановок и оборудования обслуживаемого участка, знание технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ.</li> <li>5. Умение проводить инструктаж, организовывать безопасное проведение работ, осуществлять надзор за членами бригады.</li> <li>6. Знание правил освобождения пострадавшего от действия</li> </ol>

	<p>электрического тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему.</p> <p>7. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи.</p>
V	<p><i>Электротехнический персонал. Выдается удостоверение. Результаты аттестации вносятся в "Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках".</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знание схем электроустановок, компоновки оборудования технологических процессов производства.</li> <li>2. Знание МПОТ, правил использования и испытаний средств защиты, четкое представление о том, чем вызвано то или иное требование.</li> <li>3. Знание правил технической эксплуатации, правил устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности.</li> <li>4. Умение организовать безопасное проведение работ и осуществлять непосредственное руководство работами в электроустановках любого напряжения.</li> <li>5. Умение четко обозначать и излагать требования о мерах безопасности при проведении инструктажа работников.</li> <li>6. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи.</li> </ol>

#### **7.4 Требования к персоналу для получения квалификационной группы 1 по электробезопасности.**

**Первая квалификационная группа** по электробезопасности присваивается неэлектротехническому персоналу предприятий общественного питания, розничной торговли, оздоровительных центров, складов и других объектов. Персоналу, обслуживающему эти объекты (уборщики помещений с электроустановками, водители и другие работники), персоналу, работающему с электроинструментом и средствами защиты, а также персоналу, работающему с:

- компьютерами, электрическими пишущими машинками и копировальной техникой;
- факсами;
- кассовыми аппаратами;
- пылесосами;
- холодильниками, холодильными шкапами и холодильными установками;
- вентиляционными установками и вытяжными шкапами;
- сушильными и нагревательными шкапами;
- специальной осветительной аппаратурой;
- фотооборудованием;

- установками специального назначения, питающимися от сети 380/220 В и им подобными приборами и установками. Круг обязанностей этого персонала по электробезопасности должен быть регламентирован инструкциями по охране труда. Присвоение группы 1 оформляется в специальном журнале с подписью обучающего и обучаемого. Удостоверения о проверке знания при этом выдавать не требуется.

В процессе работы персонал с группой 1 помимо ежегодного обучения проходит периодический инструктаж не реже одного раза в квартал на общих основаниях.

Для получения группы 1 по электробезопасности необходимо:

- иметь элементарное представление об опасности электрического тока;
- знать меры безопасности при работе на обслуживаемом участке;
- быть знакомым с правилами оказания первой помощи пострадавшему электрического тока.

### **Действие электрического тока на организм человека**

Воздействие электрического тока на организм человека бывает:

термическое; электролитическое (разлагается кровь); биологическое (воздействие на живые ткани, мышцы).

Травмы бывают:

а) местные:

электрические ожоги (дуговые или контактные); электрические знаки (метки); металлизация кожи; механические травмы (результат рефлекторного действия); электроофтальгия (светобоязнь, ультрафиолетовое излучение).

б) общие:

судорожное сокращение мышц без потери сознания; судорожное сокращение мышц с потерей сознания; паралич дыхания или фибриляция сердца; клиническая смерть.

### **Опасность поражения электрическим током**

1. Величина тока, который протекает через тело человека.
2. Длительность воздействия.
3. Путь тока через тело человека.
4. Род тока и частота.
5. Состояние здоровья и возраст.
6. Место воздействия электрического тока.

### **Классификация электроустановок и помещений по условиям опасности поражения электрическим током**

а) электроустановки: Класс 0 - защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией. Класс 1 - защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением корпуса электрооборудования при помощи защитных проводников с заземляющим устройством.

Класс 2 - защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной изоляции.



Класс 3 - защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения (12 ... 36 В).

б) помещения:

1 категория - без опасности поражения электрическим током, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2 категория - с повышенной опасностью поражения электрическим током, характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- наличие сырости (влажность > 75%) или токопроводящей пыли;

- наличие токопроводящих полов (земляные, металлические, кирпичные, бетонные, асфальтовые);

- наличие высокой температуры (плюс 35 градусов) постоянно или периодически (более суток);

- возможность одновременного прикосновения человека к соединенным с металлическими конструкциями зданий, механизмам с одной стороны металлическим корпусам электрооборудования с другой стороны.

3 категория - с особой опасностью поражения электрическим током, если есть один из следующих признаков:

- особая сырость (влажность около 100%);

- химически активная или органическая среда (аккумуляторные); два или более признака категории 2 одновременно.

#### Причины поражения электрическим током.

1. Технические: обусловлены несоответствием электроустановок и защитных средств требованиям электробезопасности.

2. Организационно - технические: невыполнение или неполное выполнение организационных или технических мероприятий, несоблюдение правил электробезопасности, несвоевременная замена неисправных электроустановок, использование не проектных электроустановок.

3. Организационно - социальные: нарушение производственной и трудовой дисциплины.

#### **Первая медицинская помощь пострадавшему от электрического тока.**

1. Освободить пострадавшего от действия электрического тока, помня о личной безопасности и возможности пострадать от шагового напряжения. 2. Диагностировать пострадавшего:

а) если у пострадавшего паралич дыхания - делать искусственное дыхание способом: изо рта в рот каждые 4 секунды или изо рта в нос каждые 4 секунды. Прекращать искусственное дыхание можно только после появления собственного дыхания у пострадавшего или прибытия врача.

б) если у пострадавшего паралич дыхания и фибрилляция сердца: провентилировать легкие - 2 инсоляции;

сделать 12 надавливаний на грудную клетку, а потом 2 инсоляции и продолжать до появления пульса и собственного дыхания у пострадавшего или до прибытия врача. Перед этим необходимо пострадавшего уложить на твердую

поверхность и выдвинув нижнюю челюсть (выдвинуть язык) прочистить дыхательные пути.

### **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**

1. Персоналу запрещается включать электроприемники в электрическую сеть при поврежденной изоляции шнура (кабеля) питания и корпуса штепсельной вилки, а также других дефектах, при которых возможно прикосновение к частям, находящимся под напряжением.

2. При обнаружении неисправности в процессе эксплуатации оборудования, оргтехники и т.д. персонал должен немедленно отключить неисправное оборудование от сети, доложить об этом непосредственному руководителю или администрации. Работать с этим оборудованием персонал может только после устранения неисправности.

3. Запрещается выдергивать штепсельную вилку из розетки за шнур, усилие должно быть приложено к корпусу вилки.

4. Запрещается провозить тележки и наступать на электрические кабели или шнуры электроприемников.

5. Запрещается проверять работоспособность оборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части включаемых в сеть аппаратов класса 1.

6. Персоналу запрещается устранять неисправности в подключенном к сети оборудовании.

7. Запрещается применять электрические плитки с открытыми подогревателями (спиралями), электрообогревателями без защитных ограждающих устройств и другие электроприемники, имеющие доступные для прикосновения части под напряжением.

### **Защитное заземление. Зануление**

Электроустановки напряжением до 1000 В в отношении мер электробезопасности разделяются на:

электроустановки с глухозаземленной нейтралью; электроустановки с изолированной нейтралью.

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль генератора, присоединенная к заземляющему устройству через малое сопротивление (через трансформаторы тока).

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

Заземления бывают:

- контурные;
- выносные;
- естественные.

Занулением в электроустановках напряжением до 1000 В называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной средней точкой источника.

### **Электрозащитные средства**

- основные средства;
- дополнительные средства.

Основные - такие защитные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, и при помощи которых допускается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Дополнительные - сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от поражения электрическим током. Они являются дополнительной к основным средствам мерой защиты.

### **Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током**

Согласно Правилам устройства электроустановок, все электрические установки делятся на две группы в зависимости от напряжения: до 1000 В и свыше 1000 В. На предприятиях холодильной промышленности, а также в пищевой промышленности и в торговле находятся в эксплуатации установки только первой группы.

Производственные помещения всех видов в зависимости от степени опасности поражения электрическим током делятся на три категории:

**помещения без повышенной опасности** — сухие, с полами из токопроводящих материалов, без токопроводящей пыли и без большого количества заземленных металлических предметов (административные, конторские, учебные помещения);

**помещения с повышенной опасностью** — сырые, с относительной влажностью воздуха свыше 75 %, температурой воздуха более 30 °С; с полами из токопроводящих материалов (металлические, кирпичные, бетонные), с возможностью одновременного прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и заземленным металлоконструкциям (вентиляционные камеры, механические мастерские, камеры холодильников и др.);

**особо опасные помещения** — особо сырые, с относительной влажностью воздуха, близкой к 100 %, наличием химически активной среды и двух и более признаков, характеризующих помещения с повышенной кислотностью.

Машинные и аппаратные залы аммиачных холодильных установок относятся к этой категории.

## Глава 8. Эксплуатация электрооборудования

Предприятия торговли и общественного питания оснащаются различными видами электрического оборудования. Большое значение для его эффективного использования имеет соблюдение определенных правил при монтаже оборудования и техническом обслуживании во время эксплуатации.

К основным требованиям при монтаже и техническом обслуживании относится обеспечение хорошего электрического контакта в соединениях проводов с клеммами зажимов аппаратов и машин. Больше всего отказов электрооборудования наблюдается из-за плохого контакта в соединениях. По этой же причине в большинстве случаев не обеспечивается электробезопасность обслуживающего персонала.

Во время монтажа электрооборудования разъемные (винтовые и болтовые) электрические соединения нужно подтянуть, т. е. завернуть винты и гайки, для того чтобы обеспечить оптимальное контактное давление. Если оно будет меньше, чем требуется, то переходное контактное сопротивление возрастет, возрастет и потеря энергии в этом соединении. Электрическая энергия преобразуется в тепловую, температура элементов контактного соединения возрастает, повышаются степень окисления элементов и электрическое сопротивление. Происходит дальнейшее увеличение количества выделяемой теплоты и повышение температуры элементов контактного соединения, которые могут привести к выходу его из строя.

Ослабление разъемных соединений происходит во время транспортировки, хранения изделий, а также во время работы, особенно в первый период. Вызывается это тем, что в период прохождения тока и при оптимальном контактном давлении имеется переходное сопротивление и соединение нагревается до допустимой температуры (50...90°C). Такой нагрев приводит к расширению металлических элементов соединения. В отключенном состоянии контактные соединения охлаждаются и размеры элементов восстанавливаются. Изменения размеров столь незначительны, что в основном они оказываются в пределах упругих деформаций. Иногда через некоторое время эксплуатации может появиться и остаточная деформация. Чаще всего это наблюдается в первоначальный период эксплуатации. Своевременная подтяжка винтов и гаек разъемных соединений обеспечит нормальную работу оборудования. В первую очередь это относится к разъемным соединениям нагревательных элементов (трубчатых электронагревателей, конфорок) и к тем разъемным соединениям вводного клеммника, в которых осуществляется подсоединение алюминиевых питающих проводов.

Алюминиевые провода окисляются в большей степени, чем медные. Пленки окислов обладают меньшей электропроводностью, чем основной металл. Коррозия алюминия происходит под действием электрохимического процесса при участии кислорода воздуха. Для защиты алюминия от коррозии его покрывают оловом или цинкооловянным сплавом.

Эти покрытия осуществляются гальваническим способом или горячим лужением. Цинк и олово обладают электрохимическими потенциалами, близ-

кими к потенциалу алюминия. Кроме того, они защищают алюминий от воздействия кислорода воздуха. Делается это в основном при токах в сотни ампер.

При токах в десятки ампер для предохранения алюминиевых и алюминиево-медных контактных соединений от воздействия кислорода и влажной атмосферы в основном применяется смазка ЦИАТИМ-201. Она наносится на контактные поверхности перед их соединением, при этом зачищают алюминиевую контактную поверхность для снятия оксидной пленки напильником под слоем смазки.

Алюминиевые жилы проводов и кабелей обычно оконцовывают наконечниками с медной или алюминиевой контактной лапкой, армированной медью. При непосредственном соединении с медными шинами алюминиевые шины и наконечники покрываются кадмием или цинкооловянным сплавом.

На рис. 4.7 изображены способы винтового и болтового соединений алюминиевых жил проводов и кабелей небольшого сечения с выводами электрооборудования. При плоском контактном выводе на предварительно зачищенное и смазанное цинковазелиновой пастой кольцо жилы 1 устанавливают специальную шайбу-звездочку 2 и пружинящую шайбу 3. Шайба-звездочка препятствует выдавливанию и сильному смятию провода при завинчивании винта, а пружинящая шайба поддерживает постоянное контактное давление.

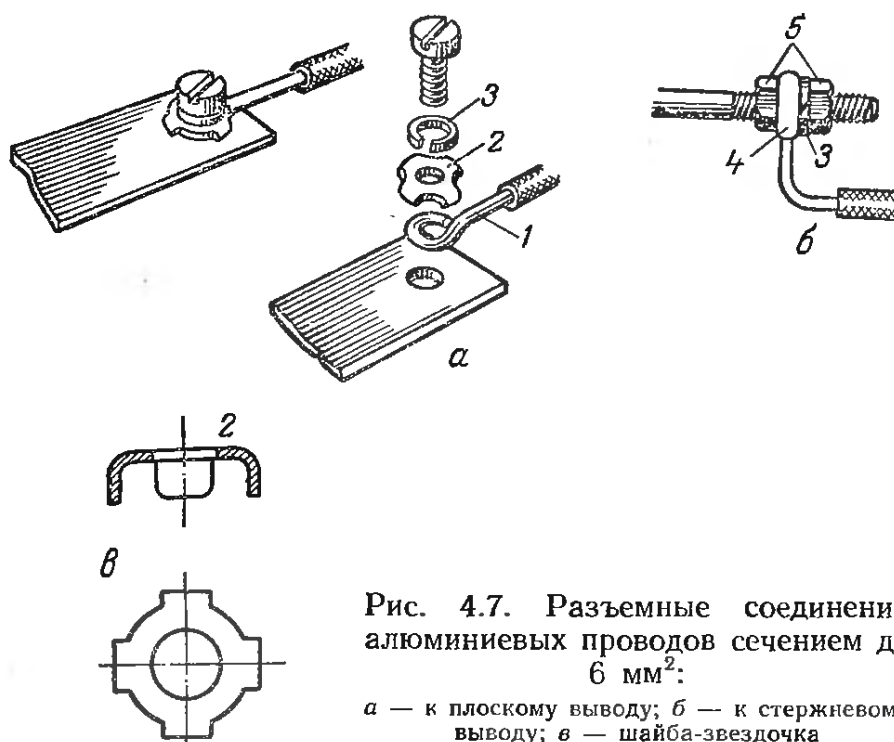


Рис. 4.7. Разъемные соединения алюминиевых проводов сечением до  $6 \text{ мм}^2$ :

*a* — к плоскому выводу; *б* — к стержневому выводу; *в* — шайба-звездочка

При стержневом выводе присоединение осуществляется путем зажатия гайками 5 и пружинящей шайбой 3 жилы, предварительно защищенной (смазанной пастой) и отпрессованной в медном или латунном пистоне 4 (рис. 4.7, б).

В контактных соединениях силовых цепей, а также цепей защиты, измерения, управления и сигнализации применяются в основном винты и нарезные стержни (шпильки) диаметром не менее 5 мм, обеспечивающие нормальный

затяг без срыва резьбы. Для нормального контактного давления требуется затяг со следующими крутящими моментами: при винте М4— 1,2 Н • м (12 кГ • см); М5 — 2 Н • м (20 кГ • см); М6 — 2,5 Н • м (25 кГ • см).

Винты М4 применяются преимущественно в осветительной арматуре можно применять отвертку с лезвием шириной 7 мм и толщиной заточки 0,7...0,9 мм. Длительная нормальная и безопасная работа электродвигателей достигается правильной их эксплуатацией, периодическим осмотром и устранением малейших дефектов. При осмотрах нужно обращать внимание на температуру корпуса двигателя, наличие и надежность заземления и шумы, издаваемые во время пуска и в процессе работы.

Измеряют температуру двигателя термометром, конец которого предварительно обертывают фольгой и плотно прижимают к корпусу. Затем для уменьшения теплопотерь в окружающую среду поверх фольги накладывают кусочек ваты или чистой мягкой ткани.

Измерение температуры обмотки осуществляют методом сопротивления. Температура обмотки при этом определяется по возрастанию ее сопротивления после 2...3 ч работы двигателя под нагрузкой. Метод сопротивления дает среднее значение температуры обмотки.

## Вопросы для самоконтроля:

1. Электропривод: понятие, назначение. Виды электропривода
2. Уравнение движения электропривода.
3. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором.
4. Устройство и принцип действия однофазного двигателя.
5. Реверсирование и регулирование частоты вращения электродвигателей.
6. Схемы пуска однофазных двигателей.
7. Способы отключения пусковых обмоток однофазных двигателей.
8. Условия нагрева двигателей и режимы их работы по продолжительности включения.
9. Выбор мощности электродвигателя.
10. Пускорегулирующие аппараты: назначение, классификация, устройство.
11. Электрические контакты, переходное сопротивление.
12. Способы гашения дуги (дугогашение).
13. Аппараты непосредственного ручного управления, назначение, виды.
14. Аппараты защиты: назначение, классификация, типы.
15. Устройство и принцип работы плавких предохранителей.
16. Методика расчета и подбора плавких предохранителей различных типов.
17. Устройство и принцип работы автоматических выключателей (автоматов).
18. Устройство, принцип работы и применение магнитных пускателей.
19. Устройство, принцип работы и применение тепловых реле.
20. Штепсельные разъемы. Кнопочные станции. Микропереключатели.
21. Устройство и принцип работы электромагнитного реле.
22. Назначение, компоновка электрических схем. Правила чтения и составления электрических схем.
23. Принцип работы схем включения нагревательных элементов.
24. Принцип работы трехфазного асинхронного двигателя с магнитным пускателем.
25. Принцип работы электрической схемы включения трехфазного асинхронного двигателя реверсивным магнитным пускателем.
26. Принципы работы электрической схемы управления трехфазным двигателем с трех мест, с двух мест.
23. Электрическая схема управления трехфазным двигателем с фазным ротором.
24. Электрическое освещение: понятие, показатели его характеризующие: сила света, освещенность, световой поток, средства.
25. Лампы накаливания и люминесцентные лампы: устройство, применение, сравнительная характеристика и схемы включения.
26. Светильники: назначение, типы, подбор для конкретных условий.
27. Принцип проектирования и расчет осветительных приборов методами коэффициента использования.
28. Принцип проектирования и расчет осветительных приборов методами удельной мощности.

29. Электроснабжение цехов и участков предприятий торговли и общественного питания: понятие, назначение, схемы.
30. Понятие о радиальной и магистральной схемах электросетей предприятий.
31. Конструкции, маркировка и применение проводов, кабелей, шнуров.
34. Соединение и оконцевание медных проводов.
35. Соединение и оконцевание алюминиевых проводов.
36. Монтаж выключателей, штепсельных розеток.
37. Монтаж светильников.
38. Электропроводка в погребах и подвалах.
39. Электропроводка в чердачных помещениях.
40. Монтаж квартирных щитков .
41. Счетчики электрической энергии.
42. Электромонтажные изделия: дюбели, скобки, электромонтажные трубки, колпачки, крюки, изоляционная лента, ответвительные коробки, закладные коробки, кольца, их назначение, виды, использование.
43. Электромонтажные инструменты, их назначение, виды, использование.
44. Электроустановочные изделия, их назначение, виды, использование
45. Монтаж внутренних электропроводок: типы проводок, технология и последовательность выполнения работ.
46. Электрическая безопасность: понятие, обязательность соблюдения.
47. Статистика электротравматизма. Общие и местные электротравмы.
48. Правила безопасности при проведении электроизмерений, электромонтажных и пусконаладочных работ.
50. Квалификационные группы по электробезопасности, условия и порядок присвоения.
51. Порядок допуска работников к самостоятельному обслуживанию электроустановок: обучение, аттестация, стажировка.
52. Порядок аттестации и переаттестации электротехнического персонала, причины внеочередной переаттестации.
53. Защитные средства .
54. Виды поражения электрическим током.
55. Основные причины и условия поражения электрическим током.
56. Первая помощь пострадавшему при поражении электрическим током.
60. Классификация помещений по степени опасности.
61. Эксплуатация электрооборудования.
62. Требования к работникам при обслуживании электроустановок.



### **Использованная литература:**

1. Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования учеб. пособ. для СПО / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентрюхин; под ред. Н. Ф. Котеленца. – 7-е изд., стереотип.. – М.: Академия, 2011. – 307 с.: ил. – (Среднее профессиональное образование)
2. Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию / И. И. Алиев. – 3-е изд., испр. – М.: Выс. шк., 2012. – 255 с.: ил.
3. Кудрин, Б. И. Электрооборудование промышленности / Б. И. Кудрин, А. Р. Минеев. – М.: Академия, 2008. – 432 с.: ил.
4. Соколова, Е. М. Электрическое и электромеханическое оборудование: общепромышленные механизмы и бытовая техника: учеб. пособ. / Е. М. Соколова. – М.: Академия, 2005. – 224 с.: ил. – (Среднее профессиональное образование)
5. Москаленко, В. В. Электрический привод: учеб. пособ. / В. В. Москаленко.– М.: Мастерство, 2010. – 368 с.: ил.

Учебное издание

Гончаров Н. И.

# **Электрооборудование**

Учебное пособие

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 10.05.2018 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 8,48. Тираж 25 экз. Изд. 5930.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ