С.Л. Корякин-Черняк

справочник домашнего электрика

Переработан в 2008 году

Освещение в доме: светильники, галогенные и обыкновенные лампы накаливания, люминесцентные лампы, продление их срока службы.

Электросварка для любителей. Выбор сварочного аппарата и основы работы.

Обзоры лучших Интернет-ресурсов, дополняющих информацию справочника.

Ликбез по основам электротехники. Расчеты при выборе проводов, шнуров, кабелей.

Электросчетчики, учет и экономия электроэнергии. Современные автоматы защиты от КЗ и поражения током.

Передача электроэнергии и ввод в дом. Схемы домашней электросети.

Монтажные работы. Приборы для диагностики и поиска скрытой проводки, подземных кабелей.

Издание 7-е, переработанное и дополненное

НиТ издательство

Домашний мастер

SCANBOOKS

С. Л. Корякин-Черняк

СПРАВОЧНИК
ДОМАШНЕГО ЭЛЕКТРИКА

Издание 7-е,
переработанное и дополненное

НиТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Наука и Техника, Санкт-Петербург
2009

Корякин-Черняк С. Л.
Справочник домашнего электрика. — Изд. 7-е, перераб. и доп. —
СПб.: Наука и Техника, 2009 — 400 с.: ил.

ISBN 978-5-94387-392-8

Серия «Домашний мастер»

Справочник седьмого издания обновлен и переработан в 2008 году в соответствии с пожеланиями читателей. Он содержит необходимые домашнему электрику сведения по основам электротехники, элементам домашней электросети, электробезопасности, организации эффективного освещения, учету и экономии электроэнергии, а также электросварке в любительских условиях.

Материал в справочнике систематизирован. Приводится много интересных примеров, полезных советов, важных предупреждений, рисунков и таблиц. Даются ссылки по тексту на наиболее интересные сайты, из которых можно почерпнуть подробную информацию. Кроме того, главы снабжаются разделами с обзором полезных Интернет-ресурсов.

Книга предназначена для широкого круга читателей. Информация будет полезна как «продвинутым» электрикам, так и тем, кто хочет овладеть искусством домашнего мастера-электрика. Это настольная книга каждого мужчины.

9 785943 873928

ISBN 978-5-94387-392-8

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в ходе использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства
(812) 567-70-25, 567-70-26
(044) 516-38-66
Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Корякин-Черняк С. Л.
© Наука и Техника (оригинал-макет), 2009

ООО «Наука и Техника»
Лицензия № 000350 от 23 декабря 1999 года
198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.
Подписано в печать 23.09.2008. Формат 70x100 1/16.
Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 25 п. л.
Доп. тираж 5000 экз. Заказ 954.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГП ПО «Псковская областная типография»
180004, г. Псков, ул. Ротная, 34.

Содержание

Глава 1. Что такое электроэнергия, и как она подается в дом **6**
1.1. Немного теоретической электротехники 6
1.2. Передача электроэнергии и ввод в дом 14
1.2.1. Путь от электростанции к потребителю 14
1.2.2. Ввод электроэнергии в здание 26

Глава 2. Элементы домашней электросети **36**
2.1. Провода, шнуры, кабели 36
2.1.1. Материалы и общие характеристики 36
2.1.2. Провода 41
2.1.3. Соединительные шнуры 50
2.1.4. Кабели 53
2.1.5. Как выбрать нужный провод или кабель 56
2.2. Электроустановочные изделия 61
2.3. Электрические соединения 65
2.3.1. Штепсельные соединения 65
2.3.2. Штепсельные розетки 68
2.4. Выключатели 75
2.5. Светорегуляторы 84
2.6. Монтажные коробки 86
2.6. Ресурсы сети Интернет 87

Глава 3. Эффективное освещение дома **91**
3.1. Что такое свет и освещение 91
3.1.1. Основные понятия 91
3.1.2. Полезные термины и определения 96
3.2. Разновидности светильников и правила их выбора 99
3.2.1. Как сделать освещение эффективным 99
3.2.2. История создания светильников и основные определения 110
3.2.3. Классификация и маркировка светильников 118
3.3. Светильники с лампами накаливания 127
3.3.1. Лампы накаливания 127
3.3.2. Продление срока службы ламп накаливания 134
3.3.3. Ламповые патроны 140
3.3.4. Ремонт светильников с лампами накаливания 143
3.4. Светильники с галогенными лампами 150
3.4.1. Устройство и принцип действия 150
3.4.2. Низковольтные галогенные осветительные системы 155

3.5. Светильники с газоразрядными лампами 160
3.5.1. Особенности газоразрядных ламп. 160
3.5.2. Пускорегулирующие автоматы 162
3.6. Светильники с люминисцентными лампами 164
3.6.1. Знакомство с люминесцентным освещением 164
3.6.2. Светильники с люминесцентными лампами и электромагнитными ПРА 187
3.6.3. Светильники с электронным ПРА 198
3.7. Светильники на светодиодах 205
3.7.1. Устройство и принцип работы светодиодов. 205
3.7.2. Практические конструкции светильников на светодиодах 211

Глава 4. Учет и экономия электроэнергии 216
4.1. Индукционные электросчетчики 216
4.2. Микропроцессорные многотарифные счетчики. 229

Глава 5. Электробезопасность в доме 240
5.1. Электрическая защита 240
5.2. Плавкие предохранители 249
5.2.1. Назначение и принцип действия 249
5.2.2. Разновидности и устройство предохранителей 253
5.2.3. Расчеты при выборе предохранителей 257
5.3. Автоматические выключатели 259
5.4. Современные устройства защиты от превышения и «скачков» напряжения 67
5.4.1. Автоматические выключатели серии ASP 267
5.4.2. Автоматические выключатели серии BA 281
5.5. Устройства защиты от поражения током 285
5.5.1. Назначение, устройство и работа УЗО 285
5.5.2. Практическая реализация электробезопасности 298
5.6. Ресурсы сети Интернет 311

Глава 6. Электромонтажные работы, диагностика, ремонт 312
6.1. Электромонтажные работы и обслуживание электропроводки. 312
6.1.1. Рекомендации по проведению монтажных работ 312
6.1.2. Монтаж осветительной электросети 329
6.1.3. Что делать, если погас свет и обесточилась квартира? 333
6.1.4. Устранение неисправностей скрытой проводки 334
6.2. Приборы для обнаружения и диагностики скрытой проводки 335
6.2.1. Диагностические отечественные приборы. 335
6.2.2. Диагностические зарубежные приборы 340
6.2.3. Устройства для протягивания проводов и кабелей 341

6.3. Металлоискатели для обнаружения подземных кабелей 341
6.3.1. Основные функции и особенности кабелеискателей 341
6.3.2. Современные отечественные кабелеискатели 342
6.3.3. Методика поиска места повреждения силового кабеля. 348
6.3.4. Зарубежные кабелеискатели 349
6.4. Ресурсы сети Интернет. 356

Глава 7. Основы электросварки 358
7.1. Основные понятия и определения 358
7.2. Обзор основных видов сварочных аппаратов. 363
7.3. Инверторы 365
7.4. Сварочные полуавтоматы. 369
7.5. Сварочные трансформаторы для сварки электродом. 371
7.6. Сварочные электроды. 373
7.7. Организация безопасного рабочего места сварщика. 387
7.7.1. Основные вредные факторы электросварки 387
7.7.2. Защита глаз при дуговой сварке 388

Приложение. Полезные сайты для электрика 392
Список литературы 399

ГЛАВА 1

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ, И КАК ОНА ПОДАЕТСЯ В ДОМ

1.1. Немного теоретической электротехники

Электрический ток

Определение.
Электрическим током *(он обычно обозначается буквой* **I***) в случае электропроводки называется направленное движение электронов в проводах электропроводки и внутри включенных электроприборов.*

Напомним, что все окружающие нас вещества состоят из атомов, в которых отрицательно заряженные электроны вращаются вокруг положительно заряженных ядер. В электротехнике находят применение вещества, обладающие различной концентрацией электронов, и, соответственно, различной **электропроводностью**.

В **металлах** электропроводность велика, а в **изоляторах** — мала. В качестве проводников тока в электропроводках наиболее широко используют алюминий и медь, а в некоторых случаях — их сплав. Изоляция элементов электрических цепей изготовляется из различных изоляционных материалов.

Определение.
Для протекания тока в металле необходимо перемещение в нем большого количества **электронов** *в нужном направлении. Такое перемещение называется* **дрейфом**.

Следовательно, электрический ток в металлах создается дрейфом электронов. Скорость дрейфа относительно мала, обычно она не превышает 1 мм в секунду. Тем не менее, скорость распространения электрической энергии велика: в воздушных линиях электропередач она практически равна скорости света. При замыкании электрической цепи ток в ней устанавливается практически почти мгновенно.

В написанном выше нет противоречия — **электрическое поле**, создаваемое источником электроэнергии и заставляющее дрейфовать электроны в проводах электрической цепи, распространяется вдоль них со скоростью света, а сами электроны под действием поля перемещаются относительно медленно. Эта ситуация аналогична той, которую мы имеем при открывании водопроводного крана: из него сразу под напором начинает течь вода, хотя отдельные молекулы воды, посылаемые в трубы водопроводной сети водонапорной станцией, движутся в трубах довольно медленно и только через сравнительно большой промежуток времени дойдут до крана.

Сопротивление проводников

Поступательное движение электронов, дрейфующих по металлическому проводнику, тормозится вследствие столкновения их с ионами атомов проводника. Частота столкновений зависит от структуры материала и его температуры.

Определение.
Возникающее при столкновениях противодействие проводника направленному движению электронов (электрическому току), называется **электрическим сопротивлением** *проводника и обозначается буквой* **R** *(или* **r***).*

Сопротивление проводника зависит от удельного сопротивления материала, из которого он изготовлен.

Определение.
Удельным сопротивлением *называется сопротивление проводника длиной 1 м и поперечным сечением 1 мм^2, с увеличением температуры удельное сопротивление металлов возрастает.*

Величина сопротивления проводника при заданном его удельном сопротивлении и температуре тем больше, чем больше его длина и тем меньше, чем больше его поперечное сечение.

Из металлов, используемых для проводов электропроводки, **медь** имеет наименьшее значение удельного сопротивления, но из-за ее дефицитности в этих целях более широко используется алюминий. Кроме того, благодаря малой, в сравнении с медью, плотности **алюминия**, сопротивление его, приходящееся на единицу массы, оказывается даже меньше, чем у нее. Правда, существенным **недостатком** по сравнению с медью, есть невысокая механическая прочность алюминия.

Ток в электрической цепи

Условия существования электрического тока в электрической цепи напоминают те, которые необходимо иметь для того, чтобы обеспечить непрерывное, самостоятельное протекание воды через изолированный отрезок трубы. Ясно, что тот край трубы, через который вода вливается в нее, должен находиться на несколько большей высоте, чем край, из которого она выливается.

Но этого мало — необходимо еще обеспечить, чтобы какое-то специальное устройство собирало выливающуюся снизу воду, поднимало ее вверх и снова вливало в трубу. Чем больше воды в единицу времени будет поднимать это устройство наверх и чем большей будет разность высот между двумя концами трубы, тем больший водяной поток будет протекать по ней. Естественно, для подъема воды необходимо затрачивать определенную работу.

Пример.
Функцию электродвижущей силы могут выполнить, например, мощные электромашинные генераторы (преобразующие механическую энергию в электрическую); гальванические элементы и аккумуляторы (преобразующие химические процессы в электрическую энергию); термоэлементы и фотоэлементы (преобразующие в электрическую, соответственно, тепловую и световую энергию) и т. д.

Аналогично, для возникновения электрического тока должна быть создана **электрическая цепь**, состоящая из **источника электрической энергии** (электродвижущей силы), выполняющего функции переносчика электро-

нов, **провода, подводящего электроны** к подключенному исправному потребителю электроэнергии, и **провода, отводящего** их назад к источнику.

Сама электрическая энергия обладает **замечательными свойством** — эффективно выполняет передающие функции, снова преобразуясь в различных электропотребителях в другие виды энергии: в электродвигателях — в механическую; в осветительных устройствах — в лучистую; в электропечах — в тепловую и т. д.

Непосредственно наблюдать электрический ток человек не может, поэтому о его наличии судит по связанным с протеканием тока явлениям.

Разность потенциалов (напряжение) в электрической цепи

Возвращаясь к аналогии с рассматривавшейся трубой, замечу, что для возникновения потока воды необходимо было обязательно расположить ее входное отверстие выше выходного. При этом отмечалось, что при большем перепаде, большим окажется и поток.

Аналогией указанной разности высот концов трубы в электрической цепи может служить понятие **разности потенциалов** (или **напряжения**) между любыми участками ее. Это значит, что для существования электрического тока в подключаемом электроприборе необходимо наличие между входным и выходным контактами прибора разности потенциалов. Обеспечивается разность потенциалов наличием в цепи электродвижущей силы.

Мощность, выделяемая при прохождении тока

Для оценки **энергетических возможностей** выполнения работы в электрической цепи используется формула:

$$P = UI = I^2R = U^2/R,$$

где P — мощность, выделяемая при прохождении электрического тока (I) через сопротивление (R), между концами которого существует разность потенциалов (U).

Практически используется то или другое из представленных выражений для мощности в зависимости от условий расчетов.

Единицы измерения основных электрических величин

Ампер. Основной электрической **единицей тока** в Международной системе единиц (СИ), является ампер (А). Определение эталонного

значения величины ампера установлено на основании измерения силы электродинамического взаимодействия двух проводников с током.

Пример.
Приведем несколько примеров действия тока, дающих представление о том, что такое ампер. Рабочий ток наиболее распространенных ламп накаливания 0,1—1 А, а бытовой люминесцентной лампы — 0,15 А. Электрическая плитка потребляет ток примерно 1,5—5 А. Ток электродвигателей средней мощности равен 5—25 А, а в электрометаллургических установках он достигает 50 кА и более. Организм человека начинает ощущать проходящий через него ток, когда тот достигает примерно 5 мА, но если проходящий ток возрастает ориентировочно до 50 мА, он уже становится опасным для жизни (заметим, что именно величина тока, проходящего через человека, определяет степень опасности его поражения током).

Ом. Единицей электрического сопротивления является ом (Ом).

Вольт. Единицей измерения напряжения (разности потенциалов) между двумя точками электрической цепи является вольт (В).

Пример.
Напряжение в домашней электросети 220 В, а лампочка карманного фонарика горит при напряжении питания 1,5—3 В.

Ватт. Единицей измерения мощности, выделяемой при прохождении тока в электрической цепи, служит ватт (Вт). Для измерения больших мощностей применяют кратные единицы: киловатт (1 кВт = 1000 Вт) и мегаватт (1 МВт = 1 000 000 Вт = $1 \cdot 10^6$ Вт).

Прибор, измеряющий мощность, называется **ваттметр**. Он имеет две измерительные цепи (две катушки), одна из которых (катушка тока) включается как амперметр последовательно с объектом измерения, а вторая (катушка напряжения) подключается к этому объекту параллельно как вольтметр.

Джоуль, киловатт·час. Так как основная **единица работы и энергии** в системе СИ — джоуль (Дж) сама по себе мала, то в электроэнергетических цепях практической единицей для измерения работы, совершаемой электрическим током, обычно служит более крупная единица — киловатт-час (кВт·ч). 1 кВт·ч — работа, совершаемая током

при непрерывном протекании его в течение одного часа с выделением на протяжении этого времени мощности 1 кВт. Следовательно, 1 кВт·ч = 3 600 000 Дж.

Закон Ома — основа расчетов в цепях электропроводки

Хорошо известный всем **закон Ома** устанавливает связь между напряжением, сопротивлением и током в участке электрической цепи. Согласно ему: величина тока (I), протекающего через участок цепи с известным сопротивлением (R), зависит от разности потенциалов (U) между концами этого участка и численно равна отношению разности потенциалов между концами участка к величине сопротивления этого участка:

$$I = U/R.$$

В замкнутой электрической цепи **электродвижущая сила (E)** равна сумме напряжений на отдельных участках цепи, следовательно, на основании закона Ома общее сопротивление этой цепи:

$$R = E/I.$$

Общее сопротивление складывается из внутреннего сопротивления источника электроэнергии и сопротивления внешней цепи. Обычно **внутреннее сопротивление** ($r_{вн}$) имеет относительно малую величину, а сопротивление всей внешней цепи ($r_{вш}$) относительно большое.

Таким образом, согласно закону Ома в замкнутой цепи ток равен:

$$I = \frac{E}{(r_{вн} + r_{вш})}$$

и, следовательно, $E = r_{вн} \cdot I + r_{вш} \cdot I$.

А так как напряжение на зажимах источника равно:

$$U = r_{вш} \cdot I, \text{ то}$$
$$U = E - r_{вн} \cdot I.$$

Т. е. напряжение на выходных зажимах источника электроэнергии, при протекании в замкнутой цепи тока, меньше электродвижущей силы источника электроэнергии на величину **внутреннего падения напряжения** в источнике. Произведем теперь некоторые практически важные расчеты с использованием введенных величин и закона Ома.

Переменный электрический ток

Все, о чем говорилось до сих пор, касалось, в первую очередь, электрических цепей, в которых на протяжении всего времени ток протекает

только в одном направлении. Отметим попутно, что исторически в электротехнике за направление тока было выбрано направление противоположное тому направлению, вдоль которого движутся электроны.

Вместе с тем, в настоящее время, благодаря ряду преимуществ, наибольшее практическое применение имеет **переменный** ток. Он представляет собой периодически изменяющееся по направлению движение электронов в электрической цепи. Через определенный (постоянный) промежуток времени, называемый **периодом**, эти изменения тока повторяются. Число периодов в секунду называется **частотой**, и она измеряется **в герцах (Гц)**. У нас в стране и в большинстве стран мира стандартная частота применяемого переменного тока составляет 50 Гц. Это значит, что генерируемая генераторами переменного тока на электростанциях электродвижущая сила (и связанные с ней напряжение и ток в цепи потребителя), изменяясь по синусоидальному закону, приобретают свои максимальные (амплитудные) значения 50 раз при одном направлении тока и 50 — при другом, и 100 раз проходят через его нулевое значение.

Трехфазный переменный электрический ток и его преимущества

В настоящее время получение, передача и распределение электроэнергии в большинстве случаев производится посредством **трехфазной системы токов**. Как показывает само название, трехфазная система состоит **из трех источников** электроэнергии и **трех цепей**, соединенных общими проводами **линии передач**.

Источником энергии для всех фаз является **трехфазный генератор**, условно представленный на **рис. 1.1** в виде трех обмоток, соответственно: AX, BY и CZ.

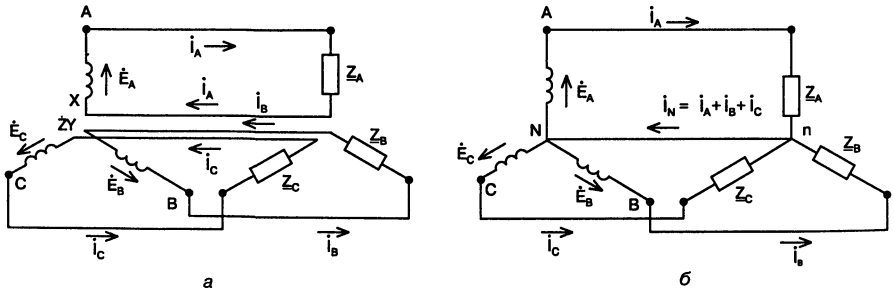


Рис. 1.1. *Образование соединения фаз звездой:*
а) необъединенная трехфазная система;
б) объединенная трехфазная система

Обмотки фаз генератора можно было бы соединить шестью проводами (**рис. 1.1, *а***) с нагрузками Z_A, Z_B, Z_C и получить таким путем три независимые фазные цепи. Но, если объединить концы обмоток фаз генератора X, Y, Z с объединенными концами трех нагрузок одним проводом, то можно сэкономить два соединительных провода (**рис. 1.1, *б***). Такой способ соединения называется **соединение звездой**. Указанный общий провод называется **нейтральным** или **нейтралью**.

Поскольку очередность подключения к фазам источника трехфазных двигателей в качестве нагрузки оказывается существенной для установления направления их вращения, то для обеспечения этой однозначности у нас в стране приняты следующие условные цветовые обозначения фаз: **А** — желтая; **В** — зеленая; **С** — красная, а **общий провод** (нейтраль) — черный.

При соединении звездой, кроме равного между собой напряжения на зажимах каждой из фаз (фазного напряжения между фазой и общим проводом — $U_ф$), существует и напряжение между разными фазами, называемое **линейным напряжением** — $U_л$. Линейное напряжение в этом случае больше фазного в раз.

Пример.

Если ток во всех фазах оказывается одинаковым (симметричная нагрузка, примером которой может служить трехфазный двигатель), то ток в нейтральном проводе отсутствует и этот провод не нужен. Но, так как другие подключаемые нагрузки бывают несимметричными, то для них нейтральный провод нужен. На рис. 1.2 приведен пример такого включения электропитания трехэтажного дома.

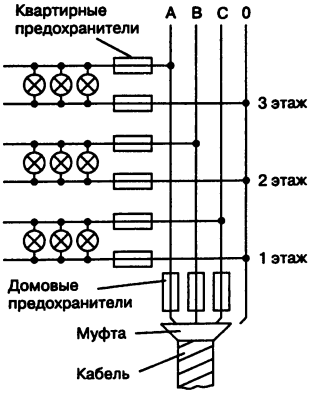
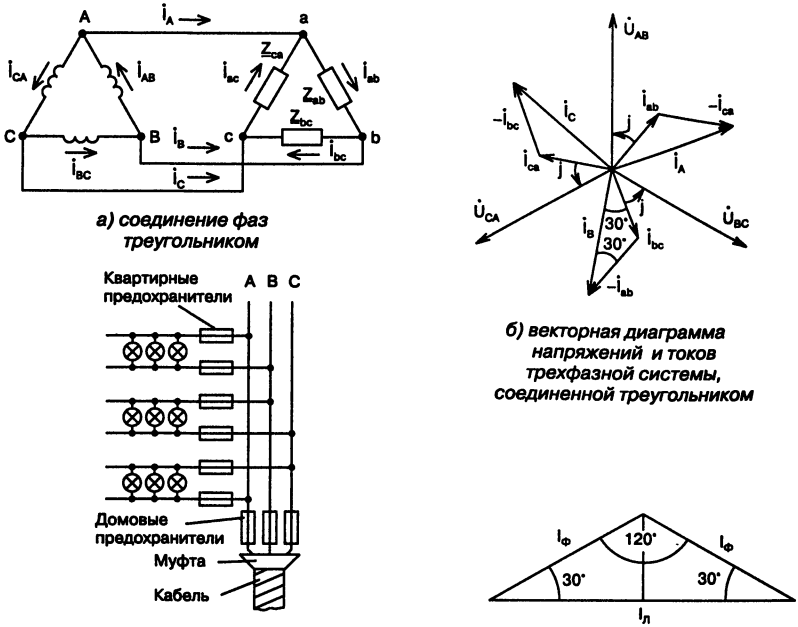


Рис. 1.2. *Осветительная нагрузка при соединении приемников звездой с нейтральным проводом*

Несколько реже, чем соединение звездой, в трехфазных сетях применяют **соединение треугольником** (**рис. 1.3**). Обмотки фаз источника электродвижущей силы при этом соединяются так, что конец одной соединяется с началом следующей и т. д.

Некоторым преимуществом соединения фаз треугольником является то, что даже при несимметричной нагрузке нет необходимости использовать четвертый провод. На **рис. 1.3, *в***



а) соединение фаз треугольником

б) векторная диаграмма напряжений и токов трехфазной системы, соединенной треугольником

в) осветительная сеть, соединенная треугольником

г) векторные соединения между фазными и линейными токами

Рис. 1.3. *Соединение треугольником*

показана схема осветительной сети жилого дома при соединении фаз приемников треугольником. Заметим, что подключение нагрузок в случае подведения напряжения от источника способом треугольника может быть произведено как треугольником, так и звездой.

1.2. Передача электроэнергии и ввод в дом

1.2.1. Путь от электростанции к потребителю

Сокращение потерь при передаче электроэнергии

Рассмотрим кратко **систему электроснабжения**, представляющую из себя группу электротехнических устройств для передачи, преобразования, распределения и потребления электрической энергии. Глава расширит кругозор тех, кто хочет научиться грамотно использовать домашнюю электросеть.

Снабжение электроэнергией осуществляется по стандартным схемам. Например, на **рис. 1.4** представлена **радиальная однолинейная**

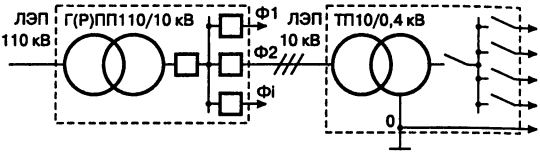


Рис. 1.4. *Радиальная однолинейная схема электроснабжения*

схема электроснабжения для передачи электроэнергии от понижающей подстанции электростанции до потребителя электроэнергии напряжением 380 В. От **электростанции** электроэнергия напряжением 110—750 кВ передается **по линиям электропередач (ЛЭП)** на главные или районные **понижающие подстанции**, на которых напряжение снижается до 6—35 кВ. От **распределительных устройств** это напряжение по воздушным или кабельным ЛЭП передается к трансформаторным подстанциям, расположенным в непосредственной близости от потребителей электрической энергии. На подстанции величина напряжения снижается до 380 В, и по **воздушным** или **кабельным линиям** электроэнергия поступает непосредственно к потребителю в доме. При этом линии имеют четвертый (нулевой) провод 0, позволяющий получить фазное напряжение 220 В, а также обеспечивать защиту электроустановок.

Такая схема позволяет передать электроэнергию потребителю **с наименьшими потерями**. Поэтому на пути от электростанции к потребителям электроэнергия трансформируется с одного напряжения на другое. Упрощенный пример трансформации для небольшого участка энергосистемы показан на **рис. 1.5**. Зачем применяют высокое напряжение? Расчет сложен, но ответ прост. Для снижения потерь на нагрев проводов при передаче на большие расстояния.

Потери зависят от величины проходящего тока и диаметра проводника, а не приложенного напряжения.

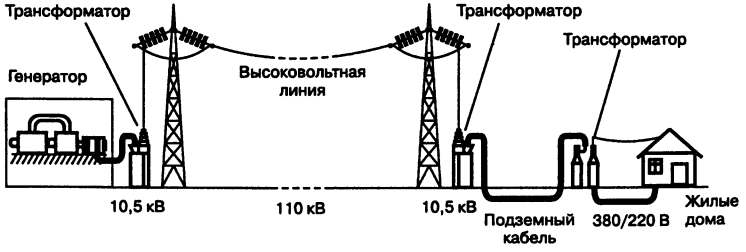


Рис. 1.5. *Пример трансформации электроэнергии при передаче потребителю*

Пример.
Допустим, что с электростанции в город, находящийся от нее на расстоянии 100 км, нужно передавать по одной линии 30 МВт. Из-за того, что провода линии имеют электрическое сопротивление, ток их нагревает. Эта теплота рассеивается и не может быть использована. Энергия, затрачиваемая на нагревание, представляет собой потери.

Свести потери к нулю невозможно. Но ограничить их необходимо. Поэтому допустимые потери нормируют, т. е. при расчете проводов линии и выборе ее напряжения исходят из того, чтобы потери не превышали, например, 10% полезной мощности, передаваемой по линии. В нашем примере это 0,1·30 МВт = 3 МВт.

Пример.
Если не применять трансформацию, т. е. передавать электроэнергию при напряжении 220 В, то для снижения потерь до заданного значения сечение проводов пришлось бы увеличить примерно до 10 м². Диаметр такого «провода» превышает 3 м, а масса в пролете составляет сотни тонн.

Применяя трансформацию, т. е. повышая напряжение в линии, а затем, снижая его вблизи расположения потребителей, пользуются другим способом снижения потерь: **уменьшают ток в линии**. Этот способ весьма эффективен, так как потери пропорциональны квадрату силы тока. Действительно, при повышении напряжения вдвое ток снижается вдвое, а потери уменьшаются в 4 раза. Если напряжение повысить в 100 раз, то потери снизятся в 100^2, т. е. в 10000 раз.

Пример.
В качестве иллюстрации эффективности повышения напряжения укажу, что по линии электропередачи трехфазного переменного тока напряжением 500 кВ передают 1000 МВт на 1000 км.

Линии электропередач

Электрические сети предназначены для передачи и распределения электроэнергии. Они состоят из совокупности подстанций и линий различных напряжений. При электростанциях строят **повышающие трансформаторные подстанции**, и по линиям электропередачи высокого напряжения передают электроэнергию на большие расстояния. В местах потребления сооружают **понижающие трансформаторные подстанции**.

Основу электрической сети составляют обычно подземные или воздушные линии электропередачи высокого напряжения. Линии, идущие от трансформаторной подстанции до вводно-распределительных устройств и от них до силовых распределительных пунктов и до групповых щитков, называют **питающей сетью**. Питающую сеть, как правило, составляют подземные кабельные линии низкого напряжения.

По принципу построения сети разделяются на **разомкнутые** и **замкнутые**. В разомкнутую сеть входят линии, идущие к электроприемникам или их группам и получающие питание с одной стороны. **Разомкнутая сеть** обладает некоторыми недостатками, заключающимися в том, что при аварии в любой точке сети питание всех потребителей за аварийным участком прекращается.

Замкнутая сеть может иметь один, два и более источников питания. Несмотря на ряд преимуществ, замкнутые сети пока не получили большого распространения. По месту прокладки сети бывают **наружные** и **внутренние**.

Способы выполнения линий электропередач

Каждому напряжению соответствуют определенные способы выполнения электропроводки. Это объясняется тем, что чем напряжение выше, тем труднее изолировать провода. Например, в квартирах, где напряжение 220 В, проводку выполняют проводами в резиновой или в пластмассовой изоляции. Эти провода просты по устройству и дешевы.

Несравненно сложнее устроен подземный кабель, рассчитанный на несколько киловольт и проложенный под землей между трансформаторами. Кроме повышенных требований к изоляции, он еще должен иметь повышенную механическую прочность и стойкость к коррозии.

Для непосредственного электроснабжения потребителей используются:

- воздушные или кабельные ЛЭП напряжением 6 (10) кВ для питания подстанций и высоковольтных потребителей;

- кабельные ЛЭП напряжением 380/220 В для питания непосредственно низковольтных электроприемников.

Для передачи на расстояние напряжения в десятки и сотни киловольт создаются **воздушные линии электропередач**. Провода высоко поднимаются над землей, в качестве изоляции используется воздух. Расстояния между проводами рассчитываются в зависимости от напряжения, которое планируется передавать. На **рис. 1.6** изображены в одном масштабе опоры для воздушных линий электропередач напряжениями 500, 220, 110, 35 и 10 кВ. Заметьте, как увеличиваются размеры и усложняются конструкции с ростом рабочего напряжения!

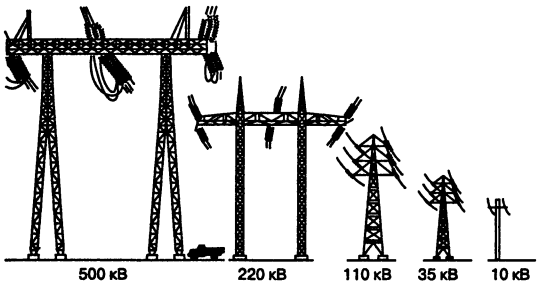


Рис. 1.6. *Опоры воздушных линий разных напряжений*

Пример.
Опора линии напряжением 500 кВ имеет высоту семиэтажного дома. Высота подвеса проводов 27 м, расстояние между проводами 10,5 м, длина гирлянды изоляторов более 5 м. Высота опор для переходов через реки достигает 70 м. Рассмотрим варианты выполнения ЛЭП подробнее.

Воздушные ЛЭП

Определение.
Воздушной линией электропередачи *называют устройство для передачи или распределения электроэнергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленным при помощи траверс (кронштейнов), изоляторов и арматуры к опорам или инженерным сооружениям.*

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» по напряжению воздушные линии делятся на **две группы**: напряжением до 1000 В и напряжением свыше 1000 В. Для каждой группы линий установлены технические требования их устройства.

Воздушные ЛЭП 10 (6) кВ находят наиболее широкое применение в сельской местности и в небольших городах. Это объясняется их меньшей

стоимостью по сравнению с кабельными линиями, меньшей плотностью застройки и т. д.

Для проводки воздушных линий и сетей используют различные провода и тросы. Основное требование, предъявляемое к материалу проводов воздушных линий электропередачи, — **малое электрическое сопротивление**. Кроме того, материал, применяемый для изготовления проводов, должен обладать достаточной механической прочностью, быть устойчивым к действию влаги и находящихся в воздухе химических веществ.

В настоящее время чаще всего используют **провода из алюминия и стали**, что позволяет экономить дефицитные цветные металлы (медь) и снижать стоимость проводов. Медные провода применяют на специальных линиях. Алюминий обладает малой механической прочностью, что приводит к увеличению стрелы провеса и, соответственно, к увеличению высоты опор или уменьшению длины пролета. При передаче небольших мощностей электроэнергии на короткие расстояния применение находят **стальные провода**.

Для изоляции проводов и крепления их к опорам линий электропередач служат **линейные изоляторы**, которые наряду с электрической должны также обладать и достаточной механической прочностью. В зависимости от способа крепления на опоре различают изоляторы штыревые (их крепят на крюках или штырях) и подвесные (их собирают в гирлянду и крепят к опоре специальной арматурой).

Штыревые изоляторы применяют на линиях электропередач напряжением до 35 кВ. Маркируют их буквами, обозначающими конструкцию и назначение изолятора, и числами, указывающими рабочее напряжение. На воздушных линиях 400 В используют штыревые изоляторы ТФ, ШС, ШФ. Буквы в условных обозначениях изоляторов обозначают следующее: **Т** — телеграфный; **Ф** — фарфоровый; **С** — стеклянный; **ШС** — штыревой стеклянный; **ШФ** — штыревой фарфоровый.

Штыревые изоляторы применяют для подвешивания сравнительно легких проводов, при этом в зависимости от условий трассы используются различные типы крепления проводов. Провод на промежуточных опорах укрепляют обычно на головке штыревых изоляторов, а на угловых и анкерных опорах — на шейке изоляторов. На угловых опорах провод располагают с наружной стороны изолятора по отношению к углу поворота линии.

Подвесные изоляторы применяют на воздушных линиях 35 кВ и выше. Они состоят из фарфоровой или стеклянной тарелки (изолирующая деталь), шапки из ковкого чугуна и стержня. Конструкция гнезда шапки и головки стержня обеспечивает сферическое шарнирное соединение изоляторов при комплектовании гирлянд. Гирлянды собирают и

подвешивают к опорам и тем самым обеспечивают необходимую изоляцию проводов. Количество изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии и типа изоляторов.

Материалом для вязки алюминиевого провода к изолятору служит алюминиевая проволока, а для стальных проводов — мягкая стальная. При вязке проводов выполняют обычно одинарное крепление, двойное же крепление применяют в населенной местности и при повышенных нагрузках. Перед вязкой заготовляют проволоку нужной длины (не менее 300 мм).

Головную вязку выполняют двумя вязальными проволоками разной длины. Эти проволоки закрепляют на шейке изолятора, скручивая между собой. Концами более короткой проволоки обвивают провод и плотно притягивают четыре-пять раз вокруг провода. Концы другой проволоки, более длинные, накладывают на головку изолятора накрест через провод четыре-пять раз.

Для выполнения **боковой вязки** берут одну проволоку, кладут ее на шейку изолятора и оборачивают вокруг шейки и провода так, чтобы один ее конец прошел над проводом и загнулся сверху вниз, а второй — снизу вверх. Оба конца проволоки выводят вперед и снова оборачивают их вокруг шейки изолятора с проводом, поменяв местами относительно провода.

После этого провод плотно притягивают к шейке изолятора и обматывают концы вязальной проволоки вокруг провода с противоположных сторон изолятора шесть-восемь раз. Во избежание повреждения алюминиевых проводов место вязки иногда обматывают алюминиевой лентой. Изгибать провод на изоляторе сильным натяжением вязальной проволоки не разрешается.

Вязку проводов выполняют вручную, используя монтерские пассатижи. Особое внимание обращают при этом на плотность прилегания вязальной проволоки к проводу и на положение концов вязальной проволоки (они не должны торчать). **Штыревые изоляторы** крепят к опорам на стальных крюках или штырях. **Крюки** ввертывают непосредственно в деревянные опоры, а штыри устанавливают на металлических, железобетонных или деревянных траверсах. Для крепления изоляторов на крюках и штырях используют переходные **полиэтиленовые колпачки**. Разогретый колпачок плотно надвигают на штырь до упора, после этого на него навинчивают изолятор.

Провода подвешиваются на **железобетонных** или **деревянных опорах** при помощи подвесных или штыревых изоляторов. Для воздушных ЛЭП используются неизолированные провода. Исключением являются **вводы в здания** — изолированные провода, протягиваемые от опоры ЛЭП к изоляторам, укрепленным на крюках непосредственно на здании.

Внимание!
Наименьшая допустимая высота расположения нижнего крюка на опоре (от уровня земли) составляет: в ЛЭП напряжением до 1000 В для промежуточных опор от 7 м, для переходных опор — 8,5 м; в ЛЭП напряжением более 1000 В высота расположения нижнего крюка для промежуточных опор составляет 8,5 м, для угловых (анкерных) опор — 8,35 м.

Наименьшие допустимые сечения проводов воздушных ЛЭП напряжением более 1000 В, выбираемые по условиям механической прочности с учетом возможной толщины их обледенения, приведены в **табл. 1.1.**

Минимально допустимые значения проводов возжушных ЛЭП напряжением более 1000 В *Таблица 1.1*

Характеристика ЛЭП	Сечение проводов, мм²		
	алюминиевые	сталеалюминиевые	стальные
Без пересечений с комуникациями, при толщине обледенения, мм:			
до 10	35	25	25
до 15 и более	50	35	25
Переходы через судоходные реки и каналы, при толщине обледенения, мм:			
до 10	70	25	25
до 15 и более	70	35	25
Пересечение и инженерными сооружениями:			
с линиями связи	70	35	25
с надземными трубопроводами	70	35	
с канатными дорогами	70	35	
Пересечение с железными дорогами, при толщине обледенения, мм:			
до 10	–	35	не допускается
до 15 и более	–	50	
Пересечение с автомобильными дорогами, при толщине обледенения, мм:			
до 10	35	25	25
до 15 и более	50	35	25

Внимание!
Для воздушных ЛЭП напряжением до 1000 В по условиям механической прочности применяются провода, имеющие сечения не менее: алюминиевые — 16 мм²; сталеалюминиевые — 10 мм²; стальные однопроволочные — 4 мм².

На воздушных ЛЭП напряжением до 1000 В устанавливают заземляющие устройства. Расстояние между ними определяется числом грозовых часов в году:

- до 40 часов — не более 200 м;
- более 40 часов — не более 100 м.

Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

Допустимые расстояния от нижних проводов воздушных ЛЭП напряжением до 1000 В и до 10 кВ и их опор до объектов представлены в **табл. 1.2**.

Допустимые расстояния от нижних проводов воздушных ЛЭП и их опор до объектов *Таблица 1.2*

Объекты	До 1000 В	До 10 кВ
До зданий и сооружений, м	1,5	3
До выступающих частей зданий и сооружений, м	1,5	2
До кроны деревьев, м	1	2
До поверхности земли в населенной местности, м	6	7
Расстояние от опор воздушных ЛЭП до объектов, м, не менее:		
Водо-, газо-, теплопроводные и канализационные трубы	1	
Колодцы подземной канализации, водозаборные колонки	2	
Бензоколонки	10	
Кабельные линии	1	

Устройство воздушных ЛЭП

Рассмотрим подробнее устройство воздушных ЛЭП. **Воздушные линии** электропередачи состоят из опорных конструкций (опор и оснований), траверс (или кронштейнов), проводов, изоляторов и арматуры. Кроме того, в состав ВЛ входят устройства, необходимые для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей и нормальной работы линии: грозозащитные тросы, разрядники, заземление, а также вспомогательное оборудование.

Опоры воздушной линии электропередачи поддерживают провода на заданном расстоянии друг от друга и от поверхности земли. А опоры воздушных линий напряжением до 1000 В могут быть использованы также для развешивания на них проводов радиосети, местной телефонной связи, наружного освещения.

Воздушные линии отличаются простотой эксплуатации и ремонта, более низкой стоимостью по сравнению с кабельными линиями такой же протяженности.

В зависимости от назначения бывают опоры промежуточные и анкерные. **Промежуточные опоры** устанавливают на прямых участках трассы ВЛ, и предназначены они только для поддержания проводов. Анкерные

опоры устанавливают для перехода ВЛ через инженерные сооружения или естественные преграды, в начале, в конце и на поворотах ЛЭП. **Анкерные опоры** воспринимают продольную нагрузку от разности тяжения проводов и тросов в смежных анкерных пролетах. **Тяжением** называют усилие, с которым натягивают и закрепляют на опорах провод или трос. Тяжение изменяется в зависимости от силы ветра, температуры окружающего воздуха, толщины льда на проводах.

Горизонтальные расстояния между центрами двух опор, на которых подвешены провода, называют **пролетом**. Вертикальное расстояние между низшей точкой провода в пролете до пересекаемых инженерных сооружений или до поверхности земли или воды носит название **габарита провода**.

Стрелой провеса провода называют вертикальные расстояния между низшей точкой провода в пролете и горизонтальной прямой, соединяющей точки крепления провода на опорах.

Силовые и осветительные сети напряжением до 1000 В, выполненные изолированными проводами всех соответствующих сечений или небронированными кабелями с резиновой или пластмассовой изоляцией сечением до 16 мм^2, относят к **электропроводке**. Наружной считают электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений, между зданиями, под навесами, а также на опорах (не более 4 пролетов, каждый длиной 25 м) вне улиц и дорог.

Внимание!
Прокладывают провода на высоте не менее 2,75 м от поверхности земли. При пересечении пешеходных дорожек это расстояние делают не менее 3,5 м, а при пересечении проездов и путей для перевозки грузов — не менее 6 м.

Силовые кабельные ЛЭП

Для передачи и распределения электроэнергии наряду с воздушными линиями электропередачи применяют **силовые кабельные линии**. Силовые кабели прокладывают в земле, воде, а также по конструкциям на открытом воздухе, в туннелях, каналах, железобетонных блоках и внутри зданий. Их используют главным образом для передачи электроэнергии **на сравнительно небольшие расстояния** и в тех случаях, когда сооружение воздушных линий нежелательно или недопустимо. Кабельные линии, проложенные в земле, не подвергаются действию ветра, гололеда, грозовых разрядов.

Повреждения в кабельных линиях не так опасны для населения, как обрыв проводов воздушных линий. **Силовые кабельные ЛЭП** применя-

ются для подземной и подводной передачи электроэнергии на высоком и низком напряжениях. Трассу выбирают, исходя из условий наименьшего расхода кабеля и обеспечения его наибольшей защищенности от механических повреждений при раскопках, от коррозии, вибрации, перегрева. Кабельные ЛЭП прокладывают в траншеях по непроезжей части улиц, под тротуарами, по дворам.

Внимание!
Кабель не должен проходить под существующими или предполагаемыми к постройке зданиями и сооружениями, под проездами, насыщенными подземными коммуникациями.

В местах пересечения с различными трубопроводами (теплопроводы, водопроводы и др.), кабелями связи и иными коммуникациями силовые кабели прокладывают в асбоцементных трубах или железобетонных блоках с соблюдением расстояний между кабелями и другими коммуникациями, установленными «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). При прохождении кабелей через стены и перекрытия кабели прокладывают в отрезках неметаллических труб.

После прокладки концы кабелей должны быть временно загерметизированы. Соединение и оконцевание кабелей осуществляется при помощи кабельных муфт и воронок. Для оконцевания жил используются кабельные наконечники. Кроме того, кабель в траншее присыпают сверху слоем мелкой земли или песка толщиной 10 см, а для предохранения от механических повреждений его защищают, прикрывая слоем красного кирпича. Поверх кирпича траншею засыпают выкопанным из нее грунтом.

Внимание!
Глубина заложения кабельной линии в земле для кабелей напряжением до 10 кВ составляет 0,7 м, а при пересечении улиц, автомобильных и железных дорог — 1 м.

Трансформаторные подстанции: расчет нагрузки

Мощность и **число трансформаторов** понижающей потребительской подстанции выбирают по расчетной мощности на шинах низшего напряжения с учетом перегрузочной способности трансформаторов и требований по обеспечению необходимой степени надежности электроснабжения потребителей.

Расчет электрических нагрузок в сетях 380 В производится путем суммирования расчетных нагрузок на вводах всех потребителей с учетом коэффициентов одновременности.

Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 380 В приведены в **табл. 1.3**.

Расчетную мощность участка линии при суммировании с учетом коэффициента одновременности определяют по формуле:

$$P_{дS} = k_0 SP_{дi}; P_{вS} = k_0 SP_{вi},$$

где $P_{дS}$; $P_{вS}$ — расчетные дневная и вечерняя нагрузки на участке линии или на шинах ТП, кВт; k_0 — коэффициент одновременности (по **табл. 1.3**); $P_{дi}$, $P_{вi}$ — дневная и вечерняя нагрузки на вводе i-го потребителя или i-го элемента сети, кВт.

Коэффициенты одновременности *Таблица 1.3*

Наименование потребителя	Число потребителей										
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	500 и более
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе:											
до 2 кВт на дом	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
свыше 2 кВт на дом	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18
Жилые дома с электропитанием и водонагревателями	0,73	0,62	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,22	0,17	0,15	0,12
Производственные потребители	0,82	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,47	0,40	0,35	0,30

В небольших и средних сельских населенных пунктах, а также садово-огородных товариществах, в дачных поселках и т. д. с преобладающей коммунально-бытовой нагрузкой устанавливают одну или две трансформаторные подстанции ТП 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью до 63 кВ·А и реже 100 кВ·А.

Площадку для строительства ТП нужно выбирать на незаселенной местности, незатопляемой паводковыми водами, в центре нагрузок или вблизи от него. Площадка должна иметь по возможности инженерно-геологические условия, допускающие строительство без устройства дорогостоящих заземлений и фундаментов под оборудование и не вызывать большого объема планировочных работ.

При **выборе типа подстанций** предпочтение следует отдавать подстанциям типа КТП (**комплексные трансформаторные подстанции**) заводского изготовления. На **рис. 1.7** показано присоединение КТП мощностью до 160 кВ·А к воздушным линиям 10 кВ и 380 В. КТП установлено на двух железобетонных фундаментах-столбах на высоте 1,8 м

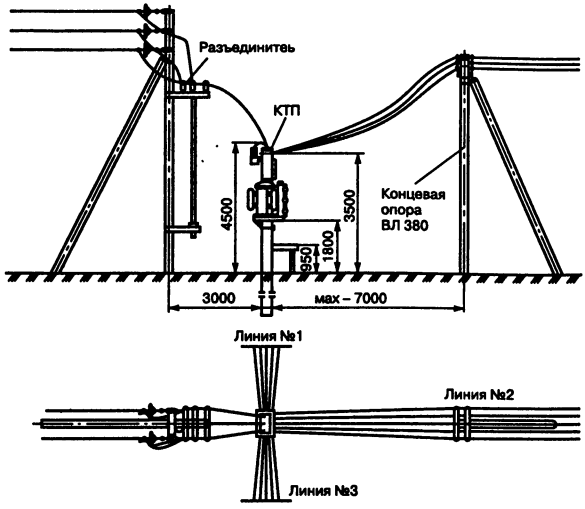


Рис. 1.7. *Схема присоединения ВЛ 10(6) и 0,38 кВ в комплексной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ*

над уровнем земли. Разъединитель с приводом устанавливают на концевой опоре ВЛ 10 кВ, что обеспечивает при отключенном разъединителе безопасность работ в любой точке подстанции.

1.2.2. Ввод электроэнергии в здание

Использование однофазных и трехфазных вводов

Однофазными электроприборами потребитель может пользоваться как при однофазном, так и при трехфазном вводе, а трехфазные электроприборы можно включать только при наличии трехфазного ввода. **Трехфазный ввод** предоставляет более широкие возможности применения электроэнергии, но для электроснабжения квартир сельских жителей, одноквартирных домов в сельской местности и для садоводческих участков и дачных домиков его используют редко.

В пылесосах, электрополотерах, стиральных машинах, компрессионных электрохолодильниках, различных кухонных машинах, а также в электроинструментах применяют однофазные электродвигатели, хотя они по сравнению с трехфазными более сложны по конструкции, менее экономичны и более громоздки.

Чем больше мощность, тем в большей мере проявляются недостатки однофазных электродвигателей. При мощности 1,3 кВт и более однофазные электродвигатели для бытовых машин не применяются. Некоторые

сельскохозяйственные орудия личного пользования, а также бытовой электроинструмент для строительных и монтажных работ требуют мощность, превышающую 1,5 кВт. Отсюда возникает потребность в бытовых трехфазных электроприемниках и, как следствие этого, в трехфазном вводе для сельского дома.

Особенности электроприборов большой мощности

Внимание!
Электрические сети прежней постройки не были рассчитаны на присоединение современных бытовых электроустановок большой мощности. Поэтому, согласно «Правилам пользования электрической и тепловой энергией», на применение трехфазных электроприемников для бытовых нужд, а также на установку бытовых машин и электроприборов мощностью более 1,3 кВт необходимо специальное разрешение от энергоснабжающей организации.

В остальных случаях достаточно выполнить электропроводку согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» и для включения ее под напряжение подать заявление в электроснабжающую организацию, предъявить электропроводку для контроля инспектору энергонадзора и сдать технический минимум по обслуживанию электроустановок и электропроводок.

Ответственность за техническое состояние, эксплуатацию электропроводки и электрооборудования, а также за технику безопасности при пользовании электрической энергией в квартирах, на подсобных, приусадебных или садовых участках возлагается **на лиц, пользующихся электроэнергией** (жильцов квартир или владельцев участков). Они, согласно «Правилам пользования электрической и тепловой энергией», должны приобрести необходимые технические знания.

На подстанции вблизи дома установлен трансформатор. От него через **вводно-распределительное устройство** в разные помещения расходится сеть проводов и кабелей. По ним электроэнергия передается:

- электродвигателям вентиляторов;
- электродвигателям насосов при централизованном теплоснабжении от ТЭЦ и для подъема воды на верхние этажи;
- для общего освещения территории двора и лестничных клеток;
- для питания трансляционных узлов радио- и телевизионной сети;

- по каждой лестничной клетке проходит так называемый стояк — магистральные провода, от которых сделаны ответвления в квартиры.

С этих проводов и начнется подробное рассмотрение устройства квартирной электросети и ее обслуживания.

Ввод в здание от воздушной ЛЭП

Рассмотрим практические вопросы ввода электроэнергии в здание. Вводы воздушных линий электропередачи в здания делят на два участка:

- **ответвление от воздушной линии до ввода** — участок проводов от опоры ВЛ до ввода в здание;
- **ввод в здание** — участок от изоляторов на наружной стене здания до вводного устройства внутри здания.

Внимание!
Если расстояние от опоры ВЛ до здания больше 10 м, то для ослабления натяжения проводов необходимо устанавливать подставную опору.

Ответвление от воздушной линии до ввода в строения длиной до 25 м, а также внутридворовые сети следует выполнять изолированными проводами или кабелем, проложенным на тросу или в земле.

Внимание!
***Сечение проводов** в ответвлении должно быть не менее 6 мм² (при длине до 10 м не менее 4 мм²) для меди и не менее 16 мм² для алюминия. **Сечение жил** кабеля — не менее 4 мм² для алюминия и 2,5 мм² для меди. Расстояние от проводов ответвления до земли должно быть не менее 6 м в проезжей части и внутри дворов не менее 3,5 м, а расстояние от земли до изолятора ввода в здание — не менее 2,75 м (**рис. 1.8**).*

Ответвления от ВЛ выполняют также **кабельными линиями**. В этом случае кабель прокладывают по опоре до перехода его в траншею. От случайных механических повреждений кабель защищают трубой или другой конструкцией на высоту до 2 м.

Провода наружной электропроводки располагаются или ограждаются таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения.

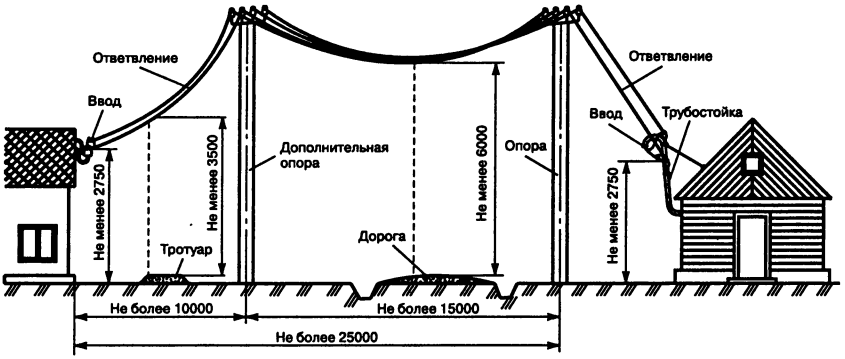


Рис. 1.8. *Схема ответвлений от воздушной линии 380 В и вводов в здания*

Провода, проложенные открыто горизонтально по стенам, должны находиться на расстоянии не менее:

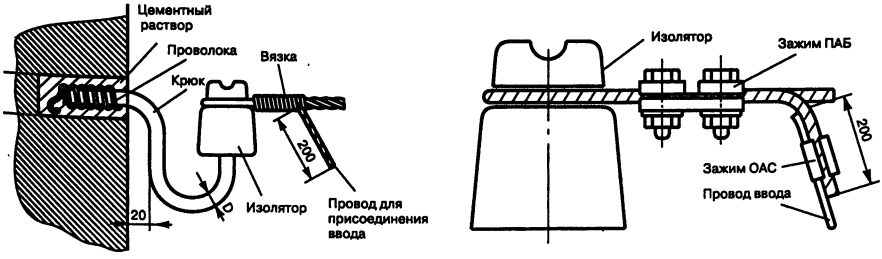
- над балконом, крыльцом — 2,5 м;
- над окном — 0,5 м;
- под балконом — 1,0 м;
- под окном (от подоконника) — 1,0 м;
- при вертикальной прокладке: до окна — 0,75 м, а до балкона — 1,0 м.

При подвеске проводов на опорах около зданий расстояние от проводов до балконов и окон должно быть не менее 1,5 м.

Вводы через стены зданий получили широкое применение, они просты в исполнении, всегда находятся в поле видимости, удобны при обслуживании. При вводе в здание изоляторы устанавливают на крюках (**рис. 1.9, *а***).

Расстояние между проводами у вводов, а также расстояние от проводов до выступающих частей зданий должно быть не меньше 200 мм.

Концевые крепления алюминиевых многопроволочных проводов марок А-25—А-50 выполняют **шашечными зажимами типа ПАБ** с остав-



а) Установка крюков и изоляторов *б) Крепление провода к изолятору*

Рис. 1.9. *Элементы монтажа при вводе в здание*

лением конца провода длиной не менее 200 мм для подключения ввода (**рис. 1.9, *б***). Допускается концевое крепление проводов выполнять **бандажной вязкой** с соблюдением размеров и числа витков (см. **рис. 1.10**).

Внимание!
Недопустимо присоединение провода ввода непосредственно к натянутому проводу ответвления, так как это способствует обрыву проводов ответвления.

Вводы в здания выполняют только изолированными проводами. Каждый провод заключают в отдельную резиновую изоляционную трубку, как показано на **рис. 1.11**. На концы трубок с наружной стороны здания устанавливают фарфоровые воронки таким образом, чтобы они находились на одной оси и были разнесены одна от другой в кирпичных стенах на 50 мм, в деревянных стенах на 100 мм. Внутри здания на трубки надевают втулки. Отверстия в стене заделывают алебастровым или цементным раствором. **Проходы через стены** в трубках должны выполняться с уклоном наружу, таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе или попадать внутрь здания. После прокладки проводов входные отверстия воронок и втулок заливают изоляционной массой, битумом.

Ввод в строение следует выполнять кабелем в негорючей оболочке сечением не менее 4 мм^2 для алюминия и 2,5 мм^2 для меди или изолированными проводами тех же сечений. Вводы через **трубостойки** выполняют в тех случаях, когда высота здания не позволяет обеспечить установленные ПУЭ вертикальные габаритные размеры.

Ввод трубостойкой через стену более удобен (**рис. 1.12**). При монтаже трубостоек следят за тем, чтобы нижний горизонтальный конец трубы был установлен с уклоном 5° наружу, в нижней точке изгиба просверли-

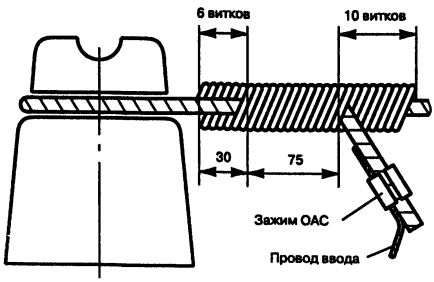


Рис. 1.10. *Крепление провода к изолятору вязкой*

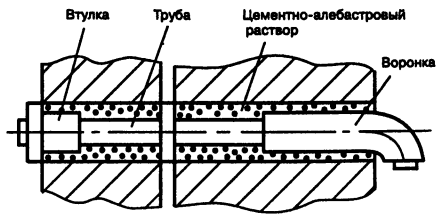


Рис. 1.11. *Конструкция для прохода стены при вводе в дом*

вают отверстие диаметром 5 мм для выхода влаги.

Ввод трубостойкой через крышу применяют в том случае, если расстояние от поверхности земли до низа трубостойки, устанавливаемой на стене, оказывается меньше 2 м. Особое внимание уделяют качеству монтажа прохода через кровлю и его гидроизоляции.

Перед установкой в трубостойку затягивают стальную проволоку для последующего протягивания проводов. Верхний конец трубостойки двумя оттяжками из круглой стали диаметром 5 мм крепят к стене или к стропилам крыши. Все болтовые крепления вводов должны выполняться с применением пружинящих шайб, предохраняющих гайки от самоотвинчивания при раскачивании трубостоек и проводов ветром. Болтовые соединения смазывают защитной смазкой или техническим вазелином.

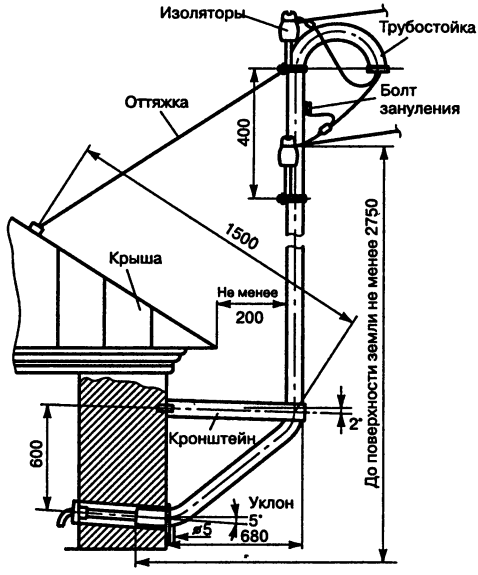


Рис. 1.12. *Ввод в дом с использованием трубостойки*

Внимание!

Расстояние от самого нижнего проводника ввода через трубостойку до крыши должно быть не меньше 2,5 м. Запрещается прокладывать «голые» или изолированные провода по крышам жилых домов.

Вводы в здания кабелем

От опоры до стены здания кабель прокладывают в траншее глубиной 0,7 м. В фундаменте здания пробивают отверстие для ввода кабеля. Ввод выполняют в трубе. Диаметр труб выбирают из расчета 1,5—2 диаметра кабеля, но не меньше 50 мм. Укладывают трубы с уклоном наружу в траншею и гидроизолируют так, чтобы исключить попадание воды в здание. Глубина заложения труб не менее 0,5 м. С внутренней стороны здания труба должна выступать на 50 мм, а с наружной — на 600 мм от фундамента.

У ввода в здание в траншее всегда оставляют запас кабеля (примерно 1 м) на случай повторной разделки концов, который укладывают полу-

кругом с радиусом 1 м (запрещается запас укладывать кольцами). Глубина заложения не менее 500 мм с обязательным покрытием кирпичом или бетонными плитами. Места выхода кабеля из трубы уплотняют раствором цемента с песком, глиной или кабельной пряжей, смоченной маслом.

Внимание!
В одной трубе прокладывают только один кабель. Если в здание вводится или выводится несколько кабелей, то число труб должно соответствовать их количеству. Кабели, прокладываемые вдоль здания, должны размещаться в траншее не ближе 0,6 м от фундамента.

Изготовление трубостойки

Для трубостоек используют водогазопроводные трубы, внутренний диаметр которых из условий механической прочности должен быть не менее 20 мм при вводе двух проводов и не менее 32 мм — четырех. Верхний конец трубостойки загибают на 180°, чтобы в нее не могла попасть влага. К трубе под изгибом приваривают траверсу с двумя штырями для установки вводных изоляторов. Для траверс к трубостойкам диаметром 20 мм используют стальной уголок длиною 500 мм, сечением 45×45×5. На трубостойке приваривают болт для зануления (соединения нулевой жилы с металлической трубой), который для предохранения от коррозии смазывают техническим вазелином. Острые края трубы обрабатывают напильником, чтобы не повредить о них изоляцию проводов при затягивании. Ближе к изгибу приваривают кольцо (гайку), в котором закрепляют проволочную оттяжку, для компенсации усилия натяжения проводов ответвления от воздушной линии. Внешнюю поверхность трубы окрашивают.

Электроконструкции

Электроконструкции — общее название квартирных и этажных групповых щитков: электрошкафов, вводно-распределительных устройств (ВРУ), через которые электроэнергия вводится в дома по воздушным и кабельным линиям. Электроконструкции изготовляются на электротехнических заводах.

Нередко вместо этажных щитков применяют **совмещенные электрошкафы**. Пример электрошкафа дан на **рис. 1.13**. Шкаф имеет отсеки с отдельными дверцами. **В одном отсеке** расположены автоматические

выключатели и выключатели, таблички с номерами квартир, **в другом**, запертом, — счетчики; **третий отсек** предназначен для слаботочных устройств: телефонов, радиотрансляционной сети и сети телевизионных антенн. **К каждой квартире** относятся один выключатель и два автоматических выключателя: один — для линии общего освещения, другой — для линии штепсельных розеток. Если же в квартире есть электроплита, то устанавливают три автоматических выключателя, причем тот из них, который служит для защиты электропроводки к плите, имеет уставку 25 или 40 А в зависимости от мощности плиты. На рисунке видны концы труб, в которых проложены провода, идущие в квартиры, и провода стояка.

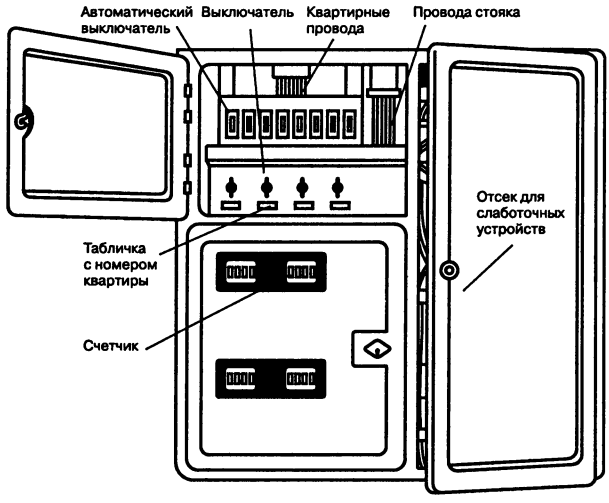


Рис. 1.13. *Пример исполнения электрошкафа*

В некоторых шкафах имеется штепсельная розетка с защитным контактом, к которой присоединяют уборочные машины.

Ввод электроэнергии в многоквартирный дом

В больших домах питающий кабель входит во **вводной ящик**, который соединен кабелем с **распределительным щитом (рис. 1.14)**. От него отходят стояки, прокладываемые вертикально, например, по лестничным клеткам.

К стоякам на каждом этаже присоединены **этажные щитки**, от которых провода расходятся по квартирам.

В зависимости от размеров дома и его этажности, а также системы прокладки кабелей (в земле или коллекторе) вводы выполняются тем или иным способом. Почему? Потому что, **во-первых**, нагрузка 100-квартирного дома значительно меньше нагрузки 500-квартирного. **Во-вторых**, требования к электроснабжению пятиэтажного дома относительно невелики: в таких домах нет лифтов и хватает напора водопроводной сети. Оставлять же без электропитания лифты и водоснабжение 9-этажного и тем более 27-этажного дома совершенно недопустимо. По этим причинам в большие дома нередко вводится не один, а два и даже

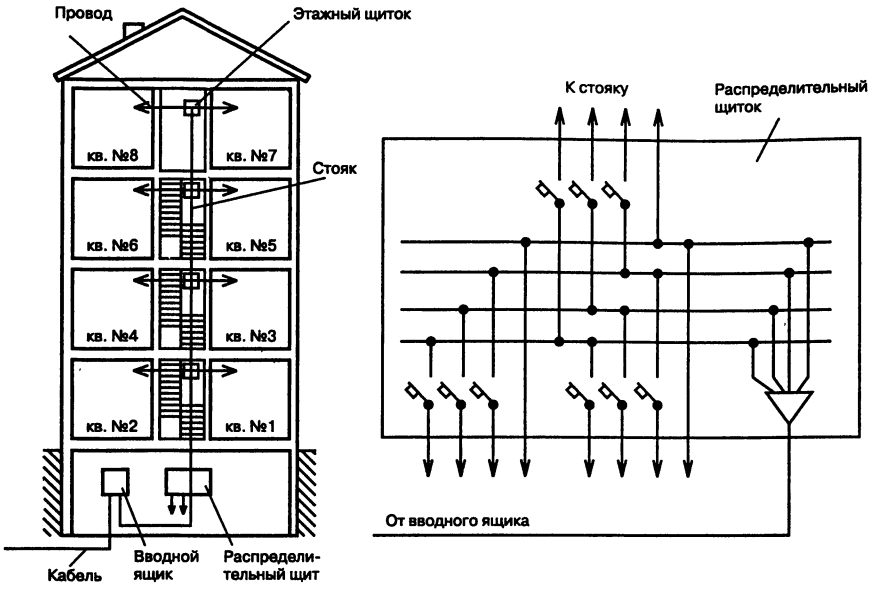


Рис. 1.14. *Кабельный ввод в многоэтажный дом*

три кабеля **со взаимным резервированием**. Распределение электроэнергии между квартирами и общедомовыми нагрузками (лифты, насосы, общее освещение) довольно сложно. Его выполняют с помощью комплектных электротехнических устройств. Их размеры, места установки и способы крепления строго согласованы с конструкциями домов.

Варианты присоединения квартир к стоякам

На практике можно встретиться с различными вариантами присоединения к стоякам квартирных вводов.

Вариант 1. Стояк имеет четыре провода: три фазы, обозначаемые буквами А, В, С, как показано на **рис. 2.15, *а***, и нейтральный N (нулевой) провод. Между каждой парой фаз (А – В, В – С и С – А) напряжение в 1,73 раза выше, чем между любой фазой и нейтралью (А – N, В – N). Значит, если между фазами 380 В, то между каждой фазой и нейтралью 380/1,73 = 220 В. Если между фазами 220 В, то между каждой фазой и нейтралью 220/1,73 = 127 В. В каждую квартиру вводят два провода: фазу и нейтральный провод. В этих проводах ток одинаков. Иначе и быть не может, так как проводов всего два, поэтому в любой момент времени один из них прямой, а другой — обратный.

Квартиры к разным фазам присоединяют по возможности равномерно. Так, на **рис. 1.15, *а*** из шести квартир к каждой фазе присоеди-

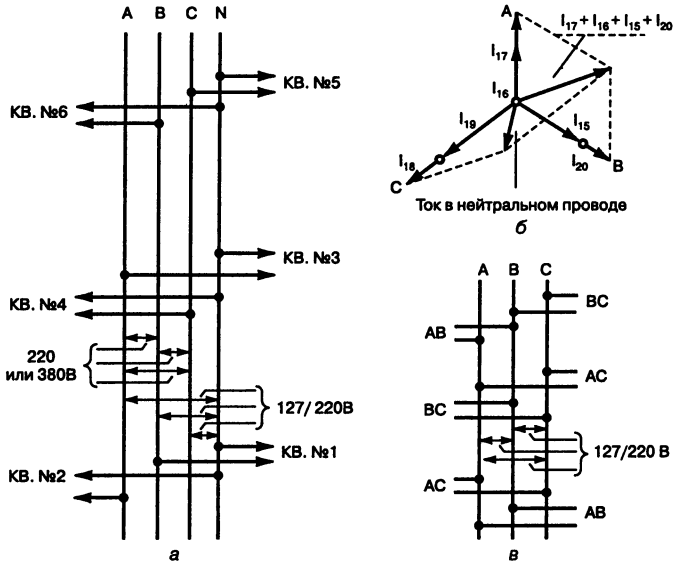


Рис. 1.15. *Распределение нагрузки между фазами*

нено по две. Равномерное распределение нагрузки исключает перегрузку отдельных проводов стояка и обмоток трансформатора и, кроме того, дает возможность уменьшить ток в нейтральном проводе. Этот вопрос требует пояснений.

Из схемы видно, что все квартиры присоединены к нейтральному проводу. Он для всех квартир является обратным, поэтому через него должна проходить сумма всех токов. Но какая сумма? Не арифметическая, а геометрическая. Чтобы ее найти, нужно изобразить нагрузки каждой фазы векторами, приняв их длины пропорциональными нагрузкам фаз; затем эти векторы следует расположить под углами 120° и по правилу параллелограмма сложить сперва нагрузку двух фаз, а затем, опять-таки по правилу параллелограмма, сложить найденную нагрузку двух фаз с нагрузкой третьей фазы. Пример такого сложения дан на **рис. 1.15, *б***. Из него видно, что ток в нейтральном проводе получился меньшим, чем ток любого провода фазы А, В или С. При совершенно равномерной нагрузке фаз тока в нейтральном проводе нет, поэтому его часто называют нулевым.

Вариант 2. В другом варианте (**рис. 1.15, *в***), распространенном в старых домах, в стояке три провода. Между каждой парой проводов обычно напряжение 120 В. Здесь нейтрального провода нет.

Вариант 3. Могут встретиться трехпроводные стояки, где имеются две фазы и нейтральный провод (третья фаза с нейтральным проводом вводится в другой подъезд).

ГЛАВА 2

ЭЛЕМЕНТЫ ДОМАШНЕЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

2.1. Провода, шнуры, кабели

2.1.1. Материалы и общие характеристики

Сравнение проводниковых материалов

Алюминий является одним из наиболее распространенных материалов при изготовлении проводов и кабелей. Его проводимость составляет примерно 62% проводимости **меди**, но из-за малой плотности алюминия проводимость на единицу массы в два раза больше, чем у меди.

Однако, по сравнению с медью алюминий имеет невысокую механическую прочность и пониженные контактные свойства. Одним из отрицательных свойств алюминия является **быстрая окисляемость** при соприкосновении с воздухом и образование на его поверхности тугоплавкой (с температурой плавления около 2000 °С) пленки окиси. **Окисная пленка** плохо проводит электрический ток и поэтому препятствует созданию хорошего контакта.

Кроме того, **при контакте алюминий-медь** образуется «гальваническая пара», при которой алюминий, подвергаясь электрокоррозии, разрушается. Это ведет к ухудшению соединения. В качестве электрической изоляции применяют **резину** и **пластмассу**. В целях экономии дефицитных проводов с медными жилами в настоящее время для электропроводок применяют преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами.

Различия проводниковых изделий

Имеющийся ассортимент проводов, шнуров и кабелей чрезвычайно разнообразен. Они различаются:

- материалом токопроводящих жил (медь, алюминий, алюмомедь);
- поперечным сечением жил (от 0,75 до 800 мм^2);

- числом жил (одножильные и многожильные, от 1 до 37 жил);
- изоляцией (резина, бумага, пряжа, пластмасса);
- оболочками (резина, пластмасса, металл), покровами и т. п.

Рабочее и испытательное напряжение

Каждый провод, кабель, шнур имеет **рабочее (номинальное)** и **испытательное** напряжения. Эти величины для проводов и кабелей характеризуют электрическую прочность их изоляции.

Рабочее напряжение — это наибольшее напряжение сети, при котором провод, кабель, шнур могут эксплуатироваться.

Пример.
При рабочем напряжении провода 380 В он подходит для сетей 380, 220, 127, 42, 12 В. Но шнур, рабочее напряжение которого 220 В, нельзя применять в сетях 380 В и выше. В жилых зданиях применяются провода и кабели на напряжения 660, 380 и 220 В. Надписи 660/660; 380/380 и 220/220 относятся к многожильным проводам; они указывают допустимое напряжение между соседними жилами.

Испытательное напряжение определяет запас электрической прочности примененной изоляции. Оно значительно выше рабочего.

Влияние подключаемой нагрузки

Установочные провода должны соответствовать подключаемой нагрузке. Для одной и той же марки и одного и того же сечения провода допускаются различные по величине нагрузки, которые зависят от условий прокладки, а значит и возможности охлаждения.

Пример.
Провода или кабели, проложенные открыто, лучше охлаждаются, чем проложенные в трубах или скрыто под штукатуркой.

Сечение токопроводящих жил выбирают исходя из предельно допустимого нагрева жил, при котором не повреждается изоляция проводов. Допустимые значения длительных токов нагрузки для проводов, шнуров и кабелей рассчитаны и приведены в приложении.

Допустимая нагрузка (при прочих равных условиях) с увеличением сечения возрастает не пропорционально сечению, а медленнее.

Пример.
При сечении 1 мм² допустим ток 17 А. При сечении 1,5 мм² — не 25,5 А, а только 23 А.

При расположении нескольких проводов в общей трубе, в канале скрытой проводки, **условия их охлаждения** ухудшаются, они также нагревают друг друга, поэтому допустимый ток для них должен быть уменьшен на 10—20%.

Рабочая температура проводов и шнуров в резиновой изоляции не должна превышать +65 °С , в пластмассовой — +70 °С. Следовательно, при комнатной температуре +25 °С допустимый перегрев не должен превышать температуру +40—45 °С.

Изоляция проводов и кабелей

Провода изготавливаются с изоляцией на напряжение 380, 660 и 3000 В переменного тока, кабели — на все напряжения. У изолированного провода токопроводящая жила заключена в изолирующую оболочку из резины, поливинилхлорида или винипласта. Для предохранения от механических повреждений и воздействий внешней среды изоляция некоторых марок проводов покрыта снаружи хлопчатобумажной оплеткой, пропитанной противогнилостным составом. Изоляция проводов, предназначенных для прокладки в местах, где имеется повышенная опасность их повреждения вследствие механических воздействий, защищена дополнительно оплеткой из стальной оцинкованной проволоки.

Схемы конструктивных элементов проводов и кабелей

Перед рассмотрением примеров исполнения конкретных проводов и кабелей полезно рассмотреть общие схемы конструктивных элементов проводов и кабелей. На **рис. 2.1** схематически изображены применяющиеся в различных сочетаниях в проводах и кабелях все возможные жилы, их изоляция, обмотки, оплетки и оболочки.

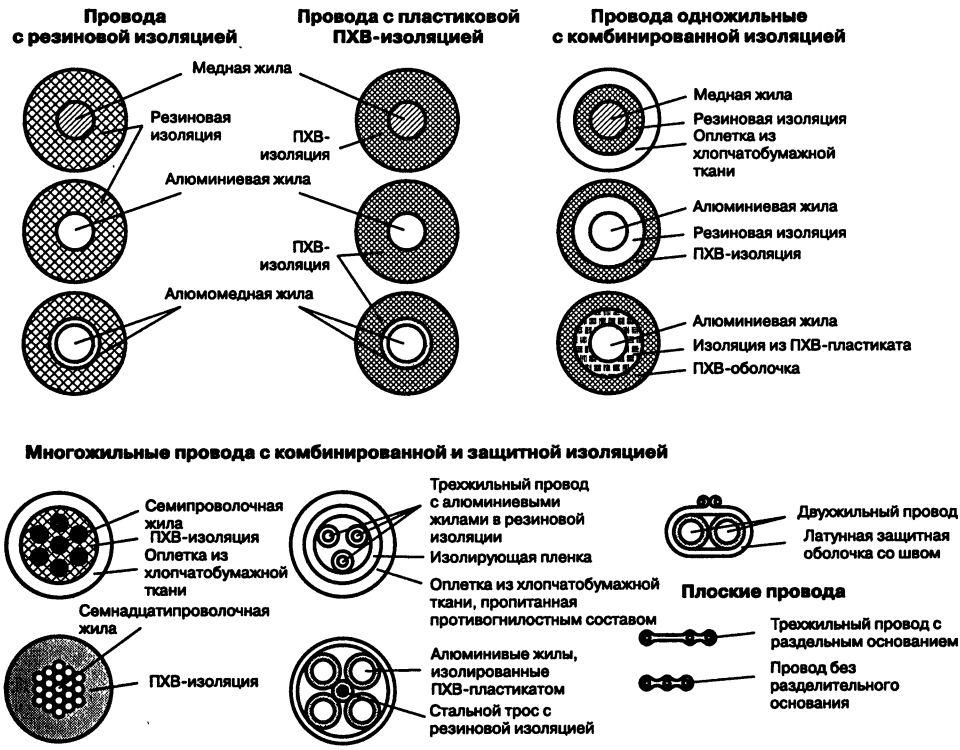


Рис. 2.1. *Многообразие проводов и кабелей*

Расчет сечения жилы

Сечение жилы приблизительно определяется ее диаметром ($S = 0{,}785d^2$), где d — диаметр жилы. Диаметр можно замерить штангенциркулем.

Совет.

Если же под рукой нет штангенциркуля, то диаметр можно узнать следующим способом. 10—20 витков очищенной от изоляции жилы следует намотать на толстый гвоздь, отвертку или другой стержень, плотно сжать витки провода и измерить обычной линейкой длину спирали. Разделив эту длину на число витков, узнают искомый диаметр жилы. Для определения сечения многожильных проводов и шнуров следует замерить диаметр одной жилки, вычислить ее сечение, затем величину сечения умножить на число жилок в проводе.

Точно сечение проводов и кабелей напряжением до 1000 В определяют, исходя из двух условий.

Первое условие. По условию нагревания длительным расчетным током:

$$I_{доп} > I_p,$$

где $I_{доп}$ — длительно допустимый ток для принятого сечения провода или кабеля и условий его прокладки. Приводятся данные в ПУЭ или справочной литературе; I_p — расчетный ток, А.

Второе условие. По условию соответствия сечения провода классу защиты:

$$I_{доп} > K_з \cdot I_{н.пл},$$

где $K_з$ — коэффициент защиты; $I_{н.пл.}$ — номинальный ток плавкой вставки, А.

$K_з$ = 1,25 при защите проводников с резиновой и пластмассовой изоляцией во взрыво- и пожароопасных, торговых и т. п. помещениях плавкими предохранителями и автоматическими выключателями; при защите этих же проводников в невзрыво- и непожароопасных помещениях $K_з$ = 1,0.

Осветительные проводки дополнительно рассчитывают на потерю напряжения. Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели, а также выбор пусковой и защитной аппаратуры, проводов и кабелей для отдельно устанавливаемых электродвигателей находят по справочникам.

Диапазон стандартных сечений жил

Диапазон стандартных сечений жил велик: от 0,03 до 1000 мм^2. Нас будут интересовать сечения от 0,35 (минимальное сечение для присоединения бытовых электроприборов) до 16 мм^2.

Сечения жил изменяются по стандартным рядам: **0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,2** (только медные); **1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 16,0 мм^2** — медные, алюминиевые и алюмомедные жилы.

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) установлены **минимальные сечения применяемых жил** для зданий в мм^2. Они составляют:

- 1/2,5 мм^2 — для линии групповой и распределительной сетей;
- 2,5/4,0 мм^2 — для линии до квартирных щитков с расчетным счетчиком;
- 4,0/6,0 мм^2 — для питающей сети и стояков.

Здесь в числителе указаны в мм^2 сечения медных жил, в знаменателе — алюминиевых и алюмомедных.

По условиям механической прочности ПУЭ установлены также **наименьшие сечения S (или диаметр d) проводов** для ответвлений от воздушных линий к вводам в дома. Они равны: для медных проводов, а также для проводов с несущим тросом 4 мм^2 в пролете до 10 м или 6 мм^2 в пролете до 25 м. Диаметр стальных и биметаллических проводов должен быть 3 и 4 мм, соответственно. Сечение проводов из алюминия и его сплавов — 16 мм^2.

При относительно малых значениях тока сечение жил определяется механической прочностью проводника, особенно в винтовых контактных зажимах. Исходя из этого, сечение медной жилы не должно быть меньше 1 мм^2, алюминиевой — 2 мм^2.

Совет.
По сечению проводов полезно проверить, согласуются ли они с максимальной фактической нагрузкой, а также током защитных предохранителей или автоматического выключателя. При этом надо знать, что нагрузка не должна превышать 1 кВт на 1,57 мм^2 сечения жилы.

2.1.2. Провода

Определения.
Провода — *изделия, содержащие одну или несколько скрученных проволок или одну и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки имеется легкая металлическая оболочка, обмотка и оплетка из волокнистых материалов или проволоки. Провода могут быть голыми и изолированными.*

Установочные провода — *провода для электрических распределительных сетей низкого напряжения.*

Голыми *называются провода, у которых поверх токопроводящих жил отсутствуют защитные или изолирующие покрытия. Голые провода марок ПСО, ПС, А, АС и др. применяются, как правило, для воздушных линий электропередач.*

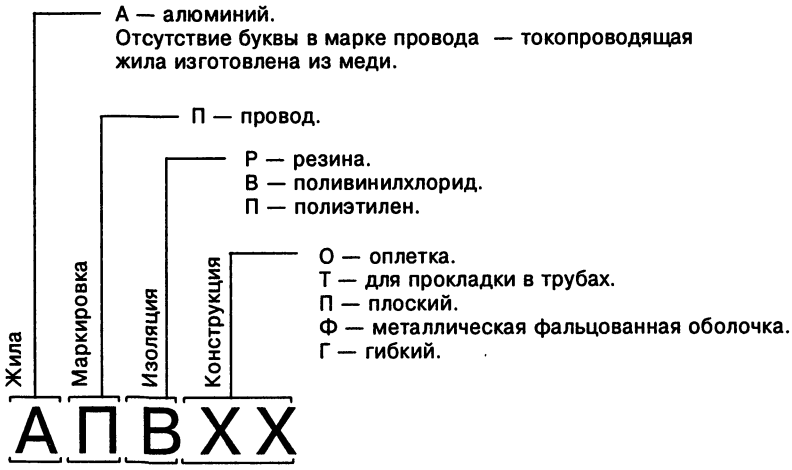
Изолированными *называются провода, у которых токопроводящие жилы покрыты изоляцией, а поверх изоляции имеется оплетка из хлопчатобумажной пряжи или оболочка из резины, пластмассы или металлической ленты. Изолированные провода могут быть как защищенными, так и незащищенными.*

Защищенными *называются изолированные провода, имеющие поверх электрической изоляции оболочку, предназначенную для герметизации и защиты от внешних климатических воздействий. К ним относятся провода марок АПРН, ПРВД, АПРФ и др.*

Незащищенными *называют изолированные провода, не имеющие поверх электрической изоляции защитной оболочки (провода марок АПРТО, ПРД, АППР, АППВ, ППВ).*

Марка провода (кабеля) — *это буквенное обозначение, характеризующее материал токопроводящих жил, изоляцию, степень гибкости и конструкцию защитных покровов. В обозначении проводов установлены определенные правила.*

Буквенное обозначение установочных проводов

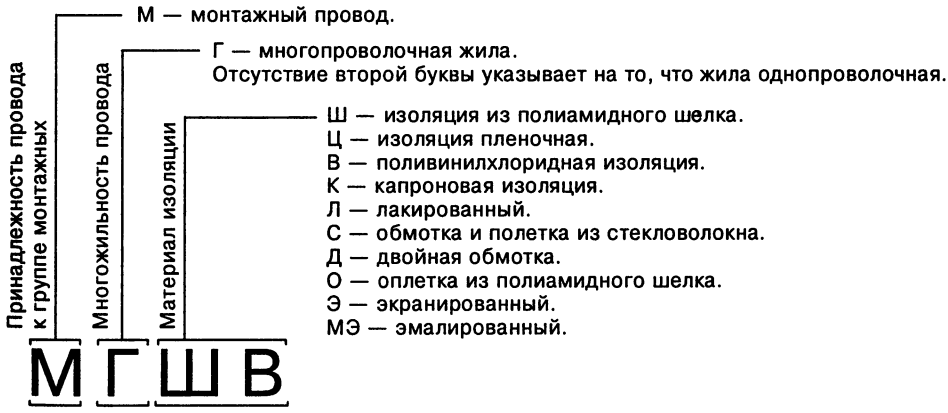


Монтажные провода

Для фиксированного, а также гибкого монтажа электропроводок на щитах и панелях применяют **монтажные провода**. Токоведущие жилы монтажных проводов и кабелей изготовляют из медной проволоки. Когда от монтажных проводов требуется повышенная гибкость, их жилы изготовляют из тонких проволок, свитых друг с другом.

В монтажных проводах высокой нагревостойкости (200—250 °С) применяют никелированные медные жилы, во всех остальных — медные луженые. Выпускают монтажные провода с волокнистой и волокнисто-пластмассовой изоляцией.

Буквенное обозначение монтажных проводов



Примеры.

МГШ — многопроволочный, гибкий, в оплетке из полиамидного шелка.

МГСЛ — многопроволочный, гибкий, в обмотке и в оплетке из стекловолокна, лакированный.

МШВ — однопроволочный с волокнистой и поливинилхлоридной изоляцией.

Основные характеристики проводов *Таблица 2.1*

Характеристика	Проводник	Марка	Сечение, мм²	Число жил
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Алюминий	АМПВ	1—10	1
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией, но плоский с разделительным основанием	Алюминий	АМППВ	1,5—6	2; 3
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Алюминий	АПВ	2,5—120	1
Провод с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	Алюминий	АППВ	2,5—6	2; 3
Провод с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания	Алюминий	АППВС	2,5—6	2; 3
Провод с алюминиевой жилой, не распространяющей горение, резиновой изоляцией и разделительным основанием	Алюминий	АППР	2,5—10	2; 3; 4
Провода с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Алюминий	АПР	2,5—120	1
Провод с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Алюминий	АПРВ	2,5—16	1; 2
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Алюминий	АМПВ	1—10	1
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией, но плоский с разделительным основанием	Алюминий	АМППВ	1,5—6	2; 3
Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Алюминий	АПВ	2,5—120	1
Провод с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	Алюминий	АППВ	2,5—6	2; 3
Провод с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский без разделительного основания	Алюминий	АППВС	2,5—6	2; 3
Провод с алюминиевой жилой, не распространяющей горение, резиновой изоляцией и разделительным основанием	Алюминий	АППР	2,5—10	2; 3; 4
Провода с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Алюминий	АПР	2,5—120	1
Провод с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Алюминий	АПРВ	2,5—16	1; 2
Провод с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	Алюминий	АПРН	2,5—120	1

Таблица 2.1 (продолжение)

Характеристика	Проводник	Марка	Сечение, мм²	Число жил
Провод с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами, в непропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	Алюминий	АПРН	2,5—120	1
Провод с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Алюминий	АПРТО	2,5—210 2,5—10 2,5	1; 2; 3; 7; 10; 14
Провод с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией, в металлической фальцованной оболочке из сплава АМЦ	Алюминий	АПРФ	2,5—4	1; 2; 3
Провод с медной жилой, в непропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	Медь	АР	0,5—4	1
Провод с медной жилой, в непропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи, но в двужжильной общей оплетке	Медь	АРД	0,5—0,75	2
Провод с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией с несущим тросом	Алюминий	АРТ	2,5—4 4—6	2; 3
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией, но с луженой жилой	Медь	ВВ-Л	6	1
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Медь	ПВ-1	0,5—95	1
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией, но гибкий	Медь	ПВ-2	2,5—95	1
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изо-ляцией, но повышенной гибкости	Медь	ПВ-3	0,5—95	1
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изо-ляцией, но особой гибкости	Медь	ПВ-4	0,5—10	1
Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изо-ляцией (для прокладки в трубах)	Медь	ПВТО	1—95	1
Провод с медными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с раздельным основанием	Медь	ППВ	0,75—4	2; 3
Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Медь	ПР	0,75—120	1
Провод с медными жилами, резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ПРВ	1—10	1; 2
Провод с медными жилами, гибкий, резиновой изо-ляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ПРВД	1—6	2
Провод гибкий, с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Медь	ПРГ	0,75—120	1
Провод гибкий, с медной жилой и резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Медь	ПРГИ	0,75—120	1

Таблица 2.1 (продолжение)

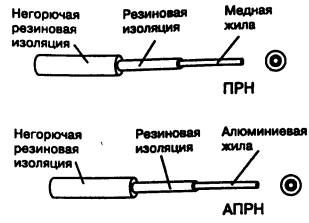
Характеристика	Проводник	Марка	Сечение, мм²	Число жил
Провод медный гибкий, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, покрытой лаком	Медь	ПРГЛ	0,75—70	1
Провод гибкий, с медной жилой, резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	Медь	ПРГН	1,5—120	1
Провод гибкий с резиновой изоляцией в непропитанной оплетке из хлопчато-бумажной пряжи	Медь	ПРД	0,75—6	2
Провод гибкий, с резиновой изоляцией, в оплетке из лавсановых нитей	Медь	ПРДШ	0,75—6	2
Провод с медной жилой и резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Медь	ПРИ	0,75—120	1
Провод с медной жилой, в защитной оболочке из кремнийорганической резины, повышенной твердости, термостойкий	Медь	ПРКА	0,2—2,5	1
Провод с медными жилами, изоляцией из кремнийорганической резины в оплетке из стеклонитей, но воплетке из лавсановых нитей	Медь	ПРКЛ	0,75—2,5	1; 2
Провод с медными жилами, изоляцией из кремнийорганической резины в оплетке из стеклонитей, покрытой теплостойкой эмалью, термостойкий	Медь	ПРКС	0,75—2,5	1; 2
Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, покрытой лаком	Медь	ПРЛ	0,75—6	1
Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, врезиновой оболочке и оплетке из стальных оцинкованных проволок	Медь	ПРН	1—95	1; 2; 3
Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке	Медь	ПРН	1,5—120	1
Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, вметаллической фальцованной оболочке из сплава АМЦ	Медь	ПРРН	1—95	1; 2; 3
Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Медь	ПРТО	1,5—10	1; 2; 3
Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из стальных оцинкованных проволок	Медь	ПРФ	1—4	1; 2; 3
Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, но в фальцованной оболочке из латуни	Медь	ПРФЛ	1—4	1; 2; 3

Круглые установочные провода *Таблица 2.2*

АРТ и АВТ	
Назначение	• Наружная прокладка вводов в жилые дома и хозяйственные постройки
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 380 В. • Провода имеют алюминиевые жилы и несущий трос. • Различаются материалом изоляции: АРТ — резиновая изоляция, АВТ — изоляция ПВХ. • Минимальное сечение жил 2,5 мм^2. • Число жил 2...4 (АРТ) и 2 или 3 (АВТ).
Резиновая изоляция; Резиновая изоляция; Стальной трос — АРТ (2...4 жилы)	Изоляция ПВХ; Резиновая изоляция; Стальной трос — АВТ (2 или 3 жилы)
ПРД и ПРВД	
Назначение	• Монтаж в квартирах на роликах
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 380 В. • Свиты из двух гибких проводов. Медная жила каждого из них состоит из многих медных проволочек, изолирована резиной и в проводах ПРД защищена оплеткой из хлопчатобумажной пряжи. • Провода ПРВД вместо оплетки имеют ПВХ-оболочку. • Минимальное сечение жил проводов ПРД 0,75 мм^2, ПРВД 1,0 мм^2
Оплетка из хлопчато-бумажной пряжи; Медные жилы многопроволочные; Резиновая изоляция; ПРД	ПВХ-оболочка; Медные жилы многопроволочные; Резиновая изоляция; ПРВД
ПВ-1, ПВ-2, ПВ-3 и ПВ-4	
Назначение	• Прокладка в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций. • Монтаж силовых и осветительных сетей
ПВХ-изоляция; Медная жила	
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 380 или 660 В. Одножильные. • Провода различаются степенью гибкости: ПВ-1(стандартной гибкости), ПВ-2 (гибкий), ПВ-3 (повышенной гибкости), ПВ-4 (особо гибкий). • Медная жила имеет ПВХ-изоляцию. • Минимальное сечение жил проводов ПВ-1, ПВ-3 и ПВ-4 0,5 мм^2; ПВ-2 2,0 мм^2. Два или три провода сечением 0,75 или 1,5 мм^2 могут быть свиты для монтажа на роликах
ПРИ и АПРИ	
Назначение	Прокладка в сухих и сырых помещениях
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Провода марки ПРИ имеют медную жилу, а марки АПРИ — алюминиевую. • Жила имеет резиновую изоляцию, которая обладает защитными свойствами, т.е. допускает воздействие на провод химически активной окружающей среды, дезинфицирующих веществ и аэрозолей. Минимальное сечение жил проводов ПРИ — 0,75 мм^2, АПРИ — 2,5 мм^2
Резиновая изоляция; Медная жила; ПРИ	Резиновая изоляция; Алюминиевая жила; АПРИ
АПВ и АМПВ	
Назначение	• Прокладка в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций. • Монтаж силовых и осветительных сетей
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 380 или 660 В. • Провода марки АПВ имеют алюминиевую жилу, а марки АМПВ алюмомедную. • Жила имеет двухслойную ПВХ-изоляцию. • Минимальные сечения жил проводов АПВ — 2,0 мм^2, АМПВ — 1,5 мм^2
Двухслойная ПВХ-изоляция; Алюминиевая жила; АПВ	Двухслойная ПВХ-изоляция; Алюмомедная жила; АМПВ

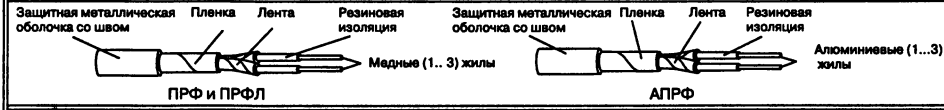
ПРН и АПРН

Назначение	• Прокладка в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и на открытом воздухе
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Провода марки ПРН имеют медную жилу, а марки АПРН — алюминиевую. • Жила имеет резиновую изоляцию и негорючую резиновую оболочку. • Минимальное сечение жил проводов ПРН — 1,5 мм², АПРН — 2,5 мм²



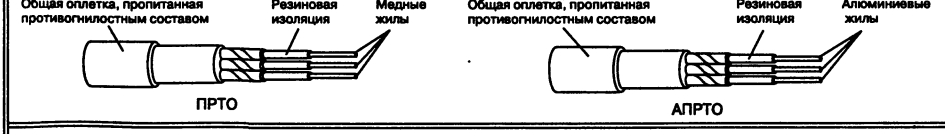
ПРФ (ПРФЛ) и АПРФ

Назначение	• Открытая прокладка в сухих помещениях непосредственно по несгораемым и трудносгораемым конструкциям
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Трубчатые провода марки ПРФ (ПРФЛ) имеют медную жилу, а АПРФ — алюминиевую жилу. • Выпускаются одно-, двух- и трехжильными. • Жила изолирована резиной. Поверх жил наложена пленка или прорезиненная тканевая лента. Металлическая фальцованная (т.е. со швом) оболочка предохраняет жилы от небольших механических повреждений. • Оболочка проводов ПРФ и АПРФ выполнена из сплава АМЦ, а проводов ПРФЛ из латуни. • Минимальное сечение жил проводов ПРФ и ПРФЛ — 1,0 мм², а провода АПРФ — 2,5 мм². • Шов металлической оболочки при вертикальной прокладке должен быть обращен в сторону опорной поверхности; при горизонтальной прокладке — направлен вверх. • Изгибают трубчатые провода с помощью специальных клещей



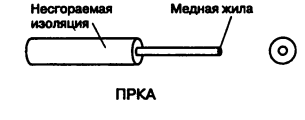
ПРТО и АПРТО

Назначение	• Прокладка в несгораемых трубах. На участках проводки, где требуется гибкость, применяют вместо труб гибкие металлические рукава
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Провода марок ПРТО (с медными жилами) и АПРТО (с алюминиевыми жилами) имеют резиновую изоляцию и общую оплетку, пропитанную противогнилостным составом. • Число жил 1, 2, 3 и 7. • Минимальное сечение жилы одножильного провода марки ПРТО — 0,75 мм², двух- и трехжильного — 1,0 мм², семижильного — 1,5 мм². • Минимальное сечение жил провода марки АПРТО — 2,5 мм²



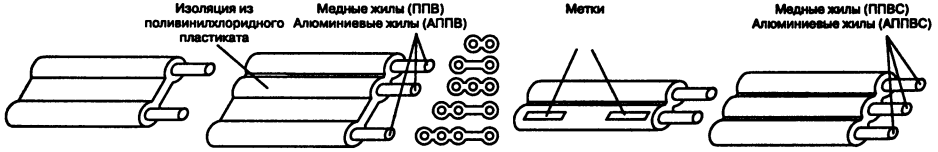
ПРКА

Назначение	• Фиксированный монтаж внутри осветительной арматуры; • Для питания электроплит, жарочных шкафов и других электронагревательных приборов
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 380 или 660 В. • Провод является нагревостойким. • Минимальное сечение медной жилы 0,5 мм ². • Эксплуатация при окружающей температуре от 50°С до +180°С



Плоские установочные провода *Таблица 2.3*

ППВ и ППВС, АППВ и АППВС	
Назначение	• Монтаж силовых и осветительных сетей в машинах и станках. • Неподвижная прокладка по стенам, перегородкам и перекрытиям (но не на чердаках!), покрытым сухой, гипсовой или мокрой штукатуркой, а также по несгораемым стенам и перегородкам непосредственно поверх обоев или под ними. • Скрытая прокладка под штукатуркой. • Прокладка в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 380 В. • Жилы изолированы поливинилхлоридным пластикатом ПВХ. Провода выпускаются либо с разделительным основанием (его иногда называют пленкой или перемычкой), либо без разделительного основания. • Провода с разделительным основанием при открытой (но не скрытой!) прокладке прибивают гвоздями с малой шляпкой. • На одном из проводов могут быть продольные метки, чтобы при монтаже легко различить жилы. • Число жил две или три. • Сечение медных жил (ППВ, ППВС) — 0,75...4 мм², алюминиевых (АППВ, АППВС) — 2,0...6 мм². • Провода марок ППВС и АППВС в настоящее время не выпускаются, так как их изоляция на свету портится. • Открытая прокладка плоских проводов непосредственно по деревянным стенам, перегородкам и потолкам, как правило, не допускается (исключение провода марки АППР). В случае необходимости провода прокладывают по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм. Асбест должен выступать из-под провода не менее чем на 10 мм с каждой стороны

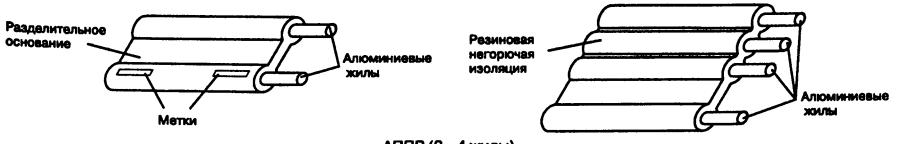


ППВ и АППВ ППВС и АППВС

ППП и АПП
Аналогичны проводам марок ППВ и АППВ, но имеют полиэтиленовую изоляцию

ППП и АПП

АППР	
Назначение	• Прокладка по деревянным основаниям и конструкциям жилых или производственных помещений
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Выпускаются двух-, трех- и четырехжильными. • Сечения алюминиевых жил 2,5...10 мм². • Изоляция резиновая, не распространяющая горение, с разделительным основанием



АППР (2...4 жилы)

2.1.3. Соединительные шнуры

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

Шнуры предназначены **для подключения электрических бытовых приборов** к электрической сети (например, настольных ламп, пылесосов, электробритв). **Жила** обязательно применяется многопроволочная, кроме того, жилы шнура соединены между собой **скруткой** или **общей оплеткой**.

Соединительные шнуры для бытовых электроприборов и светильников весьма разнообразны. Они могут иметь две, три или четыре медные жилы сечением от 0,35 до 4,0 мм² либо нормальной, либо повышенной гибкости.

Двухжильные шнуры применяют, если корпус прибора (светильника) не требует защитного зануления (заземления). Если зануление требуется, то пользуются трехжильным шнуром.

Сечение зависит от силы тока присоединенного прибора.

Пример.
Сечения шнуров, применяемых с различными группами электроприборов:
- *0,35 мм² — применяется для шнуров к электробритвам;*
- *0,5 мм² — для настольных ламп, вентиляторов, телевизоров;*
- *0,75 мм² — для утюгов мощностью до 500 Вт, холодильников, пылесосов.*

Наиболее **распространены шнуры**:
- нагревостойкие для утюгов и электроплиток;
- в непромокаемой оболочке;
- в оболочке золотистого и серебристого цвета для светильников с хрустальными элементами.

Шнуры могут быть белыми, серыми, коричневыми, красными, синими, голубыми, черными, желтыми, цвета слоновой кости.

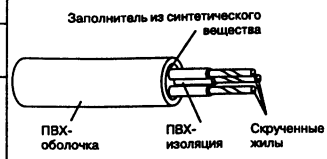
Длина шнуров нормируется: 2 м — для холодильников, утюгов и бритв; 3,5 м — для стиральных машин; 6 м — для пылесосов.

Соединительные шнуры *Таблица 2.4*

ШПВ-1		
Назначение	• Для случаев, когда шнур редко подвергается механическим деформациям	Скрученные жилы Изоляция из ПВХ-пластиката ШПВ-1
Применение	• Для радиоприемников, телевизоров, электрических паяльников	
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 380/380 В. • Гибкий, двужильный. • Параллельно уложенные жилы изолированы ПВХ-пластикатом. • Сечения: 2x0,35...2x0,75 мм²	
ШПВ-2		
Назначение	• Для случаев, когда шнур часто подвергается легким механическим деформациям	Скрученные жилы Изоляция из ПВХ-пластиката ШПВ-2 эластичный
Применение	• Для настенных, напольных и настольных светильников, вентиляторов, радиоаппаратуры, кофеварок, чайников, паяльников, грелок, кастрюль, сушилок, удлинителей-разветвителей	
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 220/220 В. • Шнур эластичный марки ШПВ-2. • Жилы изолированы ПВХ-пластикатом. • Сечения: 2x0,35...2x0,75 мм². • В приборах, имеющих в зоне соединения шнура или провода с прибором температуру, превышающую 70°С, должна быть вставка из нагревостойкого шнура или провода	
ШВВП		
Назначение	• Для случаев, когда шнур часто подвергается легким механическим деформациям	Скрученные жилы ПВХ-оболочка ПВХ-изоляция ШВВП повышенной гибкости (двух- и трехжильный)
Применение	• Для настенных, напольных и настольных светильников, вентиляторов, радиоаппаратуры, кофеварок, чайников, паяльников, грелок, кастрюль, сушилок, удлинителей-разветвителей	
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 220/220 В. • Шнур повышенной гибкости, плоский. • Две или три жилы в ПВХ-изоляции покрыты ПВХ-оболочкой. • Сечения жил: 2x0,35...2x1,0 или 3x0,5 или 3x0,75 мм²	
ШРО		
Назначение	• Для случаев, когда шнур часто подвергается легким механическим деформациям, но требуется его повышенная температурная устойчивость	Заполнитель из синтетического вещества Оплетка из хлопчатобумажной швейной нити Резиновая изоляция Скрученные жилы ШРО
Применение	• Для утюгов домашнего обихода, кофеварок, чайников, кастрюль, грелок и других подобных приборов	
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 220/220 В. • Шнур повышенной гибкости, двужильный и трехжильный. • Имеет скрученные жилы, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной швейной нитки или синтетической нити с заполнением синтетическим волокном. • Сечения: 2x0,35...2x1,0 мм² или 3x0,5...3x1,0 мм²	

ШПС

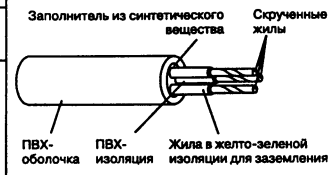
Назначение	• Для случаев, когда шнур должен выдерживать вес подвешенного на него электропотребителя
Применение	• Для светильников, подвешиваемых на электрическом шнуре
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 220/220 В. • Шнур гибкий. • Построен с двумя или тремя скрученными жилами, подвесной, грузонесущий. • Жилы с ПВХ-изоляцией в ПВХ-оболочке . • Сечения: 2х0,5 мм² или 3х0,5 мм² или 3х0,75 мм²



ШПС, гибкий

ПВС

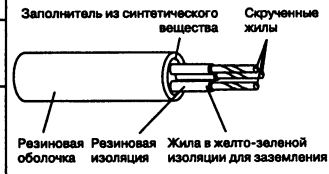
Назначение	• Для случаев, когда провод подвергается истиранию и действию влаги в условиях средних механических воздействий
Применение	• Для полотеров, пылесосов, стиральных машин, электрорадиаторов, удлинителей и разветвителей
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 380/660 В. • Провод повышенной гибкости. • Построен со скрученными тремя или четырьмя жилами. • Жилы с ПВХ-изоляцией в ПВХ-оболочке. Заполнение синтетическим волокном. • Сечения: 2х0,5...2х2,5 мм², или 3х0,5 мм², или 3х2,5 мм², или 4х0,75...4х2,5 мм². • Четвертая (третья) жила желто-зеленого цвета служит для зануления (заземления)



ПВС, особогибкий

ПРС

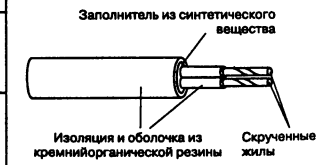
Назначение	• Для случаев, когда провод подвергается истиранию и действию влаги в условиях средних механических воздействий
Применение	• Для полотеров, пылесосов, стиральных машин, электрорадиаторов, удлинителей и разветвителей
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 380/660 В. • Провод повышенной гибкости. • Построен со скрученными двумя, тремя или четырьмя жилами. • Жилы с ПВХ-изоляцией в резиновой оболочке. Заполнение синтетическим волокном. • Сечения: 2х0,5...2х2,5 мм², или 3х0,5 мм², или 3х2,5 мм², или 4х0,75...4х2,5 мм². Кроме того, есть сечения 2х4,0 мм²; 3х4,0 мм²; 4х4,0 мм²



ПРС

ШТР

Назначение	• Для случаев, когда шнур подвергается легким механическим деформациям и сильному нагреву
Применение	• Для электрических утюгов домашнего обихода и промышленного применения, электроплиток и других подобных приборов
Конструкция и особенности	• Рассчитан на номинальное напряжение 220/220 В. • Шнур повышенной гибкости, нагревостойкий. • Построен со скрученными жилами, с изоляцией, заполнением синтетическим волокном, в оболочке. • Изоляция и оболочка из кремнийорганической резины. • Сечения двужильных шнуров 2х0,5...2х1,5 мм²; трехжильных — 3х0,5...3х1,5 мм²



ШТР, особогибкий, термостойкий

Шнуры могут быть разделаны как с одного конца, так и с обоих концов, а также армированы неразборными вилками и приборными розетками.

В **табл. 2.5** представлены основные характеристики шнуров и соединительных проводов.

Основные характеристики шнуров и соединительных проводов *Таблица 2.5*

Характеристика	Проводник	Марка	Сечение, мм²	Число жил
Провод гибкий со скрученными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ПВС	0,5—2,5	2; 3
Провод гибкий со скрученными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией, но с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке	Медь	ПРС	0,5—4	2; 3
Шнур гибкий со скрученными жилами, в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ШВЛ	0,5—0,75	2; 3
Шнур со скрученными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, подвесной, грузонесущий	Медь	ШПС	0,5—0,75	2; 3
Шнур гибкий со скрученными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной или синтетической пряжи	Медь	ШРО	0,35—1	2; 3
Шнур повышенной гибкости, термостойкий, со скрученными жилами, изоляцией из кремнийорганическойрезины в оболочке из кремнийорганической резины	Медь	ШРТ	0,5—1,5	2; 3

2.1.4. Кабели

Определения и обозначения

Определение.

Кабель — *это несколько изолированных проводов в защитной герметичной оболочке. На герметичную оболочку кабеля накладывают несколько слоев защитного покрова, предохраняющего оболочку от коррозии и механических повреждений. Кабель, снабженный поверх защитной оболочки покрытием (броней) из стальных лент, плоской или круглой проволоки, называют* **бронированным**. *Кабели без брони применяют для прокладки в тех случаях, когда исключается возможность механических повреждений.*

На броню накладывают наружный защитный покров, состоящий из битумного состава, пропитанной кабельной пряжи и мелового покрытия. Вместо этого может быть наложен шланг из поливинилхлоридного или полиэтиленового покрытия-пластиката. Кабели без наружного защитного покрытия называют **голыми**. Медные или алюминиевые токопроводящие жилы кабеля изготовляют однопроволочными и многопроволочными.

Кроме монтажных проводов, находят применение **монтажные кабели** с поливинилхлоридной или с полиэтиленовой изоляцией и дополнительной защитной поливинилхлоридной оболочкой.

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в осветительных и силовых электроустановках для устройства кабельных линий.

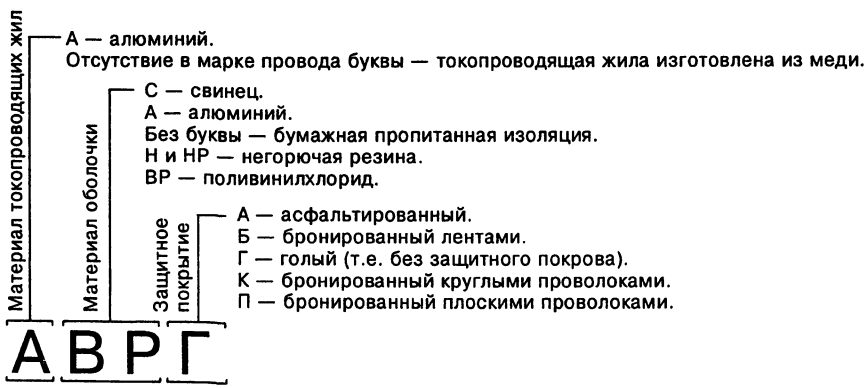
Кабельной называют линию для передачи электроэнергии, состоящую из одного или нескольких силовых кабелей с соединительными и концевыми муфтами (заделками).

Силовые кабели могут иметь одну, две, три или четыре жилы. Четырехжильные кабели бывают с жилами одинакового сечения или одна из жил (нулевая или заземляющая) может иметь уменьшенное сечение.

Изоляцию жил силовых кабелей выполняют из резины, пластмассы или из пропитанной изоляционным составом кабельной бумаги. Чаще всего применяют силовые кабели с изоляцией из кабельной бумаги и с пластмассовой изоляцией. У силовых кабелей с бумажной изоляцией изолируют каждую жилу отдельно (изоляция жилы) и все жилы вместе относительно оболочки (поясная изоляция).

Контрольные кабели предназначены для создания цепей контроля, сигнализации, дистанционного управления. Контрольные кабели содержат от 4 до 37 медных или алюминиевых жил с относительно небольшой площадью сечения от 0,75 до 10 мм^2 и, следовательно, могут быть использованы для передачи небольшой мощности. Выпускают их на переменное напряжение до 660 В или постоянное — до 1000 В.

Буквенное обозначение силовых и контрольных кабелей



Буква К, поставленная в начале марки (или после обозначения алюминиевой жилы), обозначает **контрольный кабель**.

Разновидности кабелей *Таблица 2.6*

НРГ и АНРГ	
Назначение	• Прокладка внутри помещений, в каналах, туннелях при отсутствии механических воздействий на кабель
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Кабели марки НРГ имеют медные жилы, а марки АНРГ — алюминиевые. • Число жил 1...4. • Минимальное сечение одножильных — 1,0 мм² (НРГ), 4,0 мм² (АНРГ) и двух-, трех- и четырехжильных — 2,5 мм². • Жилы изолированы резиной и защищены резиновой оболочкой, маслостойкой и не распространяющей горение
Резиновая оболочка (маслостойкая, негорючая) Изолирующая пленка Медные жилы (НРГ) Алюминиевые жилы (АНРГ) Резиновая изоляция НРГ и АНРГ	
СРГ и АСРГ	
Назначение	• Прокладка внутри помещений, не подверженных вибрации, в среде, нейтральной по отношению к свинцу
Конструкция и особенности	• Рассчитаны на номинальное напряжение 660 В. • Кабели марки СРГ имеют медные жилы, а марки АСРГ — алюминиевые. • Число жил 1...4. • Минимальное сечение трех- и четырехжильных — 1,0 мм² (СРГ), 2,5 мм² и одно-, двух и трехжильных кабелей АСРГ — 4 мм². • Жилы изолированы резиной, оболочка свинцовая
Свинцовая оболочка Резиновая изоляция Медные жилы (СРГ) Алюминиевые жилы (АСРГ) СРГ и АСРГ	
ВВГ и АВВГ	
Назначение	• Прокладка на открытом воздухе, по защищенным от прямых солнечных лучей трассам
Конструкция и особенности	• Кабели марки ВВГ имеют медные жилы, а марки АВВГ алюминиевые. • Изоляция и оболочка изготовлены из пластиката ПВХ. • Число жил 1...4. • Минимальное сечение 1,5 мм² (ВВГ) и 2,5 мм² (АВВГ). • Эксплуатация допускается при температуре от 50 до +50°С, при относительной влажности до 98 %
Защитная оболочка из ПВХ-пластиката Медные жилы (ВВГ) Алюминиевые жилы (АВВГ) Изоляция из ПВХ-пластиката ВВГ и АВВГ	

Для передачи и распределения электрической энергии в осветительных и силовых электроустановках напряжением до 1000 В чаще других применяют силовые кабели марок АВРГ, АНРГ, АВРБГ, АНРБГ, АВВГ, АВВБГ. Из них четыре первые представляют собой кабели с алюминиевыми жилами в резиновой изоляции, а последние две марки принадлежат к кабелям с алюминиевыми жилами в пластмассовой изоляции.

В **табл. 2.7** представлены основные характеристики кабелей.

Основные характеристики кабелей *Таблица 2.7*

Характеристика	Проводник	Марка	Сечение, мм²	Число жил
Кабель силовой с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Алюминий	АВВГ	2,5—50	1; 2; 3; 4
Кабель с алюминиевыми жилами, резиновой изоляциейв поливинилхлоридной оболочке	Алюминий	АВРГ	2,2—30	2; 3; 4
Кабель с алюминиевыми жилами, резиновой изоляциейи негорючей оболочке	Алюминий	АНРГ	2,5—300	1; 2; 3; 4
Кабель силовой с алюминиевыми жилами, полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Алюминий	АПВГ	2,5—50	1; 2; 3; 4
Кабель с алюминиевыми жилами, резиновой изоляциейв свинцовой оболочке	Алюминий	АСРГ	2,5—240	1; 2; 3; 4
Кабель силовой с медными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ВВГ	1—50	1; 2; 3; 4
Кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ВРГ	1—240	1; 2; 3; 4
Кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке	Медь	НРГ	1—240	1; 2; 3; 4
Кабель с медными жилами, полиэтиленовой изоляцией,в поливинилхлоридной оболочке	Медь	ПВГ	1,5—50	1; 2; 3; 4
Кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке	Медь	СРГ	1—185	1; 2; 3; 4

2.1.5. Как выбрать нужный провод или кабель

Учет основных параметров

Сечение жил в зависимости от нагрузки и материала (медь, алюминий) выбирается по **табл. 2.8**, составленной на основании «Правил устройства электроустановок».

Рассмотрим вопрос замен проводов, если нет точно необходимого варианта провода, кабеля, шнура.

Учет номинального напряжения. Нужно обратить внимание на номинальное напряжение предлагаемого на замену провода: оно должно быть не меньше напряжения сети.

Примеры.

Если провода не выходят за пределы квартиры, то номинальное напряжение провода должно быть не ниже 220 В.

Если же провода выходят за пределы квартиры, то номинальное напряжение провода должно быть не ниже 380 В.

Учет материала жил. Нужно обратить внимание на материал жил, имея в виду, что алюминиевые и алюмомедные провода всегда можно заменять медными. Медные провода нельзя заменять алюминиевыми и алюмомедными в следующих случаях:

- если требуется гибкость (гибкие провода обязательно медные);
- если провода присоединяются пайкой, а не винтовыми зажимами.

Учет сечения жил. Нужно обратить внимание на сечение жил. Оно должно соответствовать нагрузке в амперах, т. е. быть не меньше значений, указанных в **табл. 2.8**.

Соотношение токовых нагрузок и минимального сечения провода *Таблица 2.8*

Медные изолированные провода		Алюминиевые изолированные провода		Сечение провода мм²
Открытая проводка	Закрытая проводка	Открытая проводка	Закрытая проводка	
Ток, А	Ток, А	Ток, А	Ток, А	
11	—	—	—	0,5
15	—	—	—	0,75
17	15	—	—	1
23	17	—	—	1,5
30	25	24	19	2,5
41	35	43	28	4
50	42	39	32	6
80	60	60	47	10

С другой стороны, сечение должно быть не слишком большим, иначе провод нельзя будет надежно присоединить к выключателям и штепсельным розеткам. Но сечение не должно быть слишком малым, так как тонкий провод трудно зажать: он будет болтаться. Поэтому установлены наименьшие сечения жил для присоединения к винтовым зажимам: 1 мм^2 — для медных и 2 мм^2 — для алюминиевых проводов. При сечении 0,75 мм^2 нужно подложить шайбу. Сечение проводов для воздушного ввода в здание по условиям механической прочности должно быть не меньше указанного выше.

Учет дополнительных условий. Однопроволочные провода всегда можно заменить многопроволочными (гибкими). Кроме того, надо обратить внимание на соответствие вида изоляции условиям прокладки. Так, провода, предназначенные для прокладки в сырых помещениях, можно прокладывать в сухих, но ни в коем случае нельзя в сырых помещениях прокладывать провода, предназначенные только для сухих помещений. Нагревостойкие провода, например, провод марки ПРКА, предназначенный для внутреннего монтажа электроплит, нельзя заменять «обыч-

ными» проводами: их изоляция в плите просто сгорит. Далее рассмотрим практические примеры расчетов при выборе необходимых кабелей.

Расчеты при выборе проводов и кабелей

Выбор и проверку проводов и кабелей по допустимому нагреву током нагрузки выполняют так. Определяют мощность питаемого прибора. Если производится, например, расчет групповой осветительной сети, питающей лампы накаливания, расчетную мощность P_p принимают равной сумме мощностей всех ламп на соответствующем участке сети. Затем вычисляют расчетную силу тока. В однофазной цепи ее находят по формуле:

$$I_P = \frac{P_p \cdot 10^3}{U \cos\varphi},$$

где P_p — расчетная мощность, кВт; U — напряжение, В; cos φ — коэффициент мощности (если рассчитывается проводка, питающая лампы накаливания или электрические печи, коэффициент мощности принимается равным единице).

Найденное значение I_P не должно превышать значений, установленных ПУЭ для определенной конструкции проводов или кабеля. Выполнение этого условия гарантирует пожарную безопасность и нормируемый срок службы проводки при нормальных неаварийных режимах.

Максимально допустимый ток для данной марки проводника находят с помощью **табл. 2.9** и **2.10**. Эти таблицы составлены с учетом вида изоляции, площади сечения проводника, числа совместно прокладываемых токопроводящих жил, способов и условий прокладки сети.

Длительно допустимая сила тока для проводов марок: АПР, АПРТО, АПРВ. АПВ, ПР, ПРТО, ПРВ, ПВ *Таблица 2.9*

Площадь сечения жилы, мм²	Провода, проложенные открыто (А)		Провода, проложенные в одной трубе (А)					
			два одножильных		три одножильных		четыре одножильных	
	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь
2,5	24	30	20	27	19	25	19	25
4	32	41	28	38	28	35	23	30
6	39	50	36	46	32	42	30	40
10	55	80	50	70	47	60	39	50
16	80	100	60	85	60	80	55	75

Длительно допустимая сила тока для кабелей марок:
АВРГ, АНРГ, АВВГ, АВРБГ, АНРБГ, АВВБГ *Таблица 2.10*

Площадь сечения жилы, мм²	Одножильные, проложенные на открытом воздухе (А)	Двухжильные, проложенные		Трехжильные, проложенные	
		на открытом воздухе (А)	в земле (А)	на открытом воздухе (А)	в земле (А)
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90

Пример расчета провода для питания электроплиты

Пусть предполагается проложить групповую однофазную линию, питающую стационарную кухонную электроплиту Whirlpool мощностью P = 5,8 кВт. Проводка должна быть выполнена частично открыто, частично в пластмассовой трубе. Необходимо подобрать провода или кабели соответствующих марок и определить площадь их сечения.

Определение характера помещения. Пусть по наблюдениям установлено, что пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно, в небольших количествах, а относительная влажность больше 60%, но меньше 75%. Относим помещение к категории влажных.

Определение марки провода. По **табл. 2.8** устанавливаем, что как непосредственно, так и в пластмассовых трубах во влажных помещениях можно прокладывать провода марок АПВ, АППВ.

Находим там же характеристики этих проводов: АПВ — провод с однопроволочной алюминиевой жилой в поливинилхлоридной изоляции; АППВ — провод плоский с двумя или тремя однопроволочными алюминиевыми жилами, расположенными параллельно, в поливинилхлоридной изоляции.

Определение необходимого числа жил. Известно, что к контактам розетки штепсельного соединения стационарных плит присоединяют три провода (фазный, нулевой рабочий, нулевой защитный). Следовательно, предпочтение отдаем проводу марки АППВ с тремя токоведущими жилами.

Расчет силы тока. Силу тока находим по формуле:

$$I = \frac{P_p}{U} \cdot cos\,\varphi = 6800/220 = 27\ A.$$

По условию задачи принимаем P_P = 5,8 кВт, U = 220 В, cos φ = 1.

Определение площади поперечного сечения жил по силе тока нагрузки. По **табл. 2.9** находим, что длительно допустимая сила тока для трех одножильных проводов, проложенных в одной трубе, составляет 28 А, при площади поперечного сечения, равной 4 мм^2.

По **табл. 2.11** находим, что, исходя из требуемой механической прочности проводов, групповые линии сети освещения, штепсельных розеток и распределительные линии силовой сети должны иметь сечение для алюминиевых проводов не менее 2,5 мм^2. Определенное по току нагрузки сечение (4 мм^2) соответствует и требованию механической прочности провода.

Итоги расчетов: электрическую проводку в рассматриваемом случае можно выполнить проводом марки АППВ, трехжильным, с площадью поперечного сечения каждой жилы 4 мм^2.

Минимальные сечения проводов в жилых и общественных зданиях *Таблица 2.11*

Сечение провода, мм^2	Алюминиевые изолированные провода		Медные изолированные провода	
	Открытая проводка	Закрытая проводка	Открытая проводка	Закрытая проводка
	Ток, А	Ток, А	Ток, А	Ток, А
0,5	нет	нет	11	нет
0,75	нет	нет	15	нет
1	нет	нет	17	15
1,5	нет	нет	23	17
2,5	24	19	30	25
4	43	28	41	35
6	39	32	50	42
10	60	47	80	60

Указания в проектах зданий марок кабелей

В проектах после марки указывают число токоведущих жил и их поперечное сечение (**табл. 2.11**).

Пример 1.

Надписи на электрической схеме вводного устройства для типового здания фермерского хозяйства:

- *ввод №1 2 АПВГ — (3,95 + 1,35)*
- *ввод №2 2 АПВГ — (3,95 + 1,35)*
- *означают, что используются две линии электропередачи, каждая из которых проложена с помощью двух кабелей АПВГ, четырехжильных, с полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке (3 жилы имеют площадь сечения по 95 мм^2, четвертая жила — 35 мм^2).*

Пример 2.

В пояснительной записке к типовому проекту дачного дома даны следующие указания:

- *групповая сеть освещения выполняется: скрыто проводом марки АППВС, прокладываемым в пустотах плит перекрытий, под штукатуркой по стенам и перегородкам, в винилпластиковых трубах поверх плит перекрытий при невозможности использования пустот плит перекрытий;*
- *распределительная сеть выполняется проводом марки АПВ в винилпластиковых и стальных тонкостенных трубах, проводом марки ПВ в стальных тонкостенных трубах. Прокладка труб скрытая в подготовке пола, по стенам и перегородкам в штрабах.*

По справочникам в этом случае находим, что провод АППВС — провод с поливинилхлоридной изоляцией на 380 В, плоский, трехжильный с алюминиевыми жилами, для скрытой проводки под штукатуркой; провод АПВ — с алюминиевой токопроводящей жилой, с поливинилхлоридной изоляцией, одножильный на 380 В, предназначенный для прокладки в трубах, пустотах несгораемых строительных конструкций, в плинтусах.

2.2. Электроустановочные изделия

Что такое электроустановочные изделия

Электроустановочные изделия — общее название группы устройств, необходимых для комплектации электропроводки. Без них невозможен монтаж электрических проводок. В состав этой группы входят: защитные устройства, выключатели, розетки, патроны для электрических ламп накаливания, патроны для люминесцентных ламп, электрические соединители (удлинительные шнуры, люстровые соединители, штепсельные вилки и т. д.), бытовые светорегуляторы, ответвительные и монтажные коробки.

Электроинструмент, защитные отключающие устройства, разделительные трансформаторы, электрифицированные машины относятся к **электроустановочным аппаратам**.

Электроустановочные изделия, как и вся электропроводка, должны рассчитываться на эксплуатацию 20—30 лет. Однако, из-за ненадежного крепления, повышенных нагрузок, производственных дефектов или

неудачной конструкции некоторые из устройств выходят из строя значительно раньше этого срока.

Чаще всего большинство неисправностей возникает в них либо в начальный период от проявления скрытых производственных дефектов, либо после продолжительной работы в результате износа. Для выбора и приобретения новых электроустановочных устройств необходимо знать их основные типы, принципы и допустимые режимы работы, а также надежность выбираемых конструкций.

Маркировка корпусов

Применение изделий в сетях с параметрами, превышающими указанные на их корпусах характеристики, недопустимо. Разрешается применять, например, для сети напряжением 220 В электроустановочные изделия с маркировкой 380 В и 500 В. Однако при этом электроприемники должны соответствовать параметрам сети. На патронах, выключателях и штепсельных розетках указаны наибольшие значения напряжения и тока или мощности.

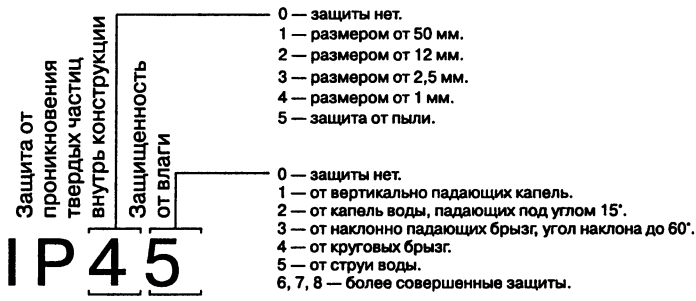
Маркировка на корпусе

Кроме наибольших значений электрических величин (ток, напряжение, мощность) на выключателях и переключателях показаны схема соединений, а также положения ВКЛЮЧЕНО и ОТКЛЮЧЕНО. На колодках зажимов вместо номинального тока написано максимальное сечение присоединяемых проводов, например, 4 мм^2. Устройства, требующие заземления (зануления) корпуса, предназначенные для сырых помещений, у винта для заземления имеют надпись ЗЕМЛЯ или знак заземления.

Электроустановочные изделия выполняют **с различными степенями электробезопасности и защиты от посторонних тел, воды, воздействия окружающей среды.** Защита от попадания посторонних тел обеспечивается корпусом или оболочкой и обозначается латинскими буквами IP и двухзначным числом.

Его **первая цифра** указывает степень защиты токоведущих частей от механического проникновения в них твердых предметов, а **вторая цифра** — от проникновения воды.

Если первая и вторая степени защиты электроустановочного аппарата меньше 2, то их обычно не указывают.



Маркировка на корпусе по условиям электробезопасности:

0 — изоляция обеспечивает нормальную работу при номинальных напряжениях и их допустимых отклонениях.

01 — то же, но предусматривает заземление корпуса отдельным проводом, крепящимся к специальному заземляющему зажиму.

7 — то же, предусматривает заземление специальной жилой, размещенной в кабеле или шнуре.

II — наличие двойной или усиленной изоляции, заземление не требуется.

III — для цепей не более 42 В.

Маркировка на корпусе климатического исполнения:

У — для районов эксплуатации с умеренным климатом.

УХЛ — для районов эксплуатации с умеренным и холодным климатом.

О — общеклиматическое исполнение (для всех климатических зон, кроме холодных).

В — всеклиматическое исполнение.

Класс защиты указывается в технической документации изделия.

Классификация основных видов электроустановочных устройств *Таблица 2.12*

Вид устройства	Назначение электроустановочного устройства	Макс. значение эл. параметра		
		U, В	I, А	P, Вт
Патроны				
Резьбовые	Установка ламп накаливания и газоразрядных ламп высокого давления, снабженных резьбовыми цоколями типов Е14, Е27 и Е40	250	15	2000
Байонетные	Установка ламп накаливания, снабженных цоколями типов В15/17, В15/18 и В15/18	250	4	100
Для люминисцентных ламп	Установка люминесцентных ламп, снабженных цоколями типов 5, 10 и 13	250	2,5	80

Таблица 2.12 (продолжение)

Вид устройства	Назначение электроустановочного устройства	Макс. значение эл. параметра		
		U, В	I, А	P, Вт
Для стартеров люминисцентных ламп	Установка стартеров люминесцентных ламп	250	2,5	–
Для проекционных ламп накаливания	Установка кварцевых галогенных ламп накаливания, снабженных цоколями типов 6,35 и 9,5 в кино-, диапроекторах и другой аппаратуре	250	4	850
Для трубчатых галогенных ламп накаливания	Установка галогенных ламп накаливания с цоколями типа 7	250	10	2000
Выключатели и переключатели				
Для открытой и скрытой установок	Коммутация электрической цепи	250	10	–
Для установки на проводах	Коммутация электрической цепи	250	2,5	–
Для встраивания в осветительные приборы	Коммутация электрической цепи	250	10	–
Переключатели для скрытой установки	Коммутация электрической цепи	250	6,3	–
Соединители электрические дыухполосные				
Вилочные части электрических соединителей	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников	250	25	–
Розеточные части электрических соединителей	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников	250	25	–
Разветвители	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников	250	6,3	–
Удлинители-разветвители	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников	250	6,3	–
Для светильников с люминесцентными лампами	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников	250 250	2,5	–
Для светильников с лампами накаливания	Присоединение к питающей сети переносных электрических приемников		10	–
Предохранители однополсные резьбовые				
Для бытовой электросети	Защита сетей от перегрузок и токов короткого замыкания	380	25	–
Электроустановочные автоматы				
Предохранители автоматические резьбовые	Защита сетей от перегрузок и токов короткого замыкания	250	10	–
Выключатели автоматические	Коммутация электрических цепей и отключение нагрузки через заданное время	250	2,5	–

2.3. Электрические соединения

2.3.1. Штепсельные соединения

Назначение

Штепсельные соединения предназначены для включения однофазных и трехфазных электроприборов с номинальными токами до 10 А в сеть напряжением 220 В и до 25 А в сеть 380 В. Сущность электрического соединения состоит в том, что в одной из групп контактного соединения присутствует **пружинный зажим**.

Разновидности

Двухполюсные штепсельные соединения выпускают с цилиндрическими или плоскими контактами, трехполюсные — только с плоскими контактами. Штепсельные соединения с плоскими контактами имеют меньшие размеры и больший срок службы.

Кроме двухконтактных, применяют штепсельные соединители с двумя питающими и одним заземляющим плоскими контактами, изготовляемыми как для открытой, так и для скрытой установки, с двумя цилиндрическими питающими и одним плоским заземляющим контактом (**рис. 2.2**), расположенным в корпусе соединителя, трехполюсные — с тремя питающими и одним заземляющим плоскими контактами.

Выпускаются штепсельные розетки для установки над плинтусами (надплинтусные), которые в целях безопасности снабжены поворотной шайбой для подключения вилки только после ее поворота на определенный угол, что повышает их безопасность. Нижняя часть этих розеток выполняет функции ответвительной коробки. Для установки на электротехническом плинтусе применяют специальные штепсельные розетки с плоскими контактами, рассчитанные на одновременное подключение двух вилок.

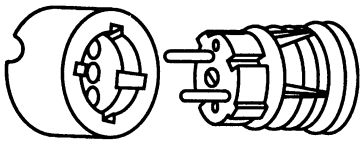


Рис. 2.2. *Штепсельный соединитель с двумя цилиндрическими питающими и одним плоским заземляющим контактом*

Кроме этого, в некоторых приборах зарубежного производства конструкция вилочного соединителя отличается от отечественной (плоские штифты и т. д.). Для их применения нужно приобрести специальные **переходные устройства** (если их не было в комплекте оборудования).

Изготавливаются как отдельные, так и спаренные (строенные) розетки, предназначенные для одновременного включения нескольких приборов.

Внимание!
Суммарная мощность приборов не должна превышать допустимую токовую нагрузку, проставленную на данной розетке.

Для включения электрических приборов в местах, где отсутствует розетка, применяют **удлинители** или **удлинители-разветвители** (на два или три направления). Условия безопасного их применения по классу защиты аналогичны условиям обыкновенного разветвителя. Шнуровую часть удлинителей следует размещать таким образом, чтобы они не создавали помех при перемещениях в квартире.

Внимание!
Если в доме есть домашние животные, то не исключены попытки перегрызть шнур удлинителя. Поэтому их нужно прокладывать в местах, недоступных для домашних животных.

Гнезда розеточной части соединителя защищают от доступа детей специальными пробками. Выпускаются также розетки с поворотной крышкой. Для включения вилки в такую розетку необходимо вставить штифты вилки в гнезда крышки и после поворота вилки вместе с крышкой штифты вставляются в токоведущие части розетки. При извлекании вилки из розетки крышка под действием пружины возвратится в первоначальное положение, закрывающее токоведущие гнезда. Кроме этих, существуют розетки с откидной крышкой на гнездах.

Для бытовых электроприборов со съемными шнурами применяют специальные приборные штепсельные розетки, у которых нет доступных для прикосновения токоведущих деталей. На одном конце шнур имеет обычную вилку для включения в штепсельную розетку, на другом — штепсельную розетку с глубоко утопленными гнездами. Поэтому даже при включенной вилке не опасно прикасаться к приборной розетке. Розетка надевается на штырьки, торчащие из утюга, чайника и т. п., и полностью закрывает их.

Устройство

В старых конструкциях устойчивости контакта добивались **продольным разрезанием штифта на вилке**. При установке вилки в розетку разрезанные части штифта пружинили, и таким образом контакт уплотнялся. В современных конструкциях штифты вилок изготавливают цилиндрической формы, а уплотнение контакта происходит за счет пружинящих гнезд розетки.

Внимание!
Старые розетки с новыми вилками не создают надежного контакта из-за отсутствия пружинящей части.

Штепсельные соединители состоят из розеточной и штепсельной частей с цилиндрическими, плоскими или комбинированными штифтовыми контактами. Между контактами должно быть определенное расстояние (19 мм для цилиндрических и 12,7 мм для плоских).

Розеточная часть комбинированных штепсельных соединителей (штепсельных розеток) позволяет подсоединять вилочную часть (вилки) как с цилиндрическими, так и плоскими контактами. Вилки, как правило, имеют неразборную конструкцию и запрессовываются на конце шнура, который входит в комплекты бытовых приборов и аппаратов. Для повышения безопасности цилиндрические контактные шнуры неразъемных вилок опрессовывают у основания пластиком на длине 10 мм. Разборные вилки чаще всего используют для комплектации приборов небытового назначения, а также для замены неразъемных вилок, вышедших из строя.

Принцип действия штепсельного соединения

Штепсельные розетки и вилки работают в паре. Поэтому независимо от их внешнего оформления, способа монтажа, установки и крепления они должны соответствовать друг другу. Гнезда розетки и штифты вилки располагаются пространственно соответствующими друг другу.

Для розеток с двумя гнездами применяются вилки с двумя штифтами — контактами, для розеток с тремя гнездами — с тремя штифтами.

К розеткам с круглыми гнездами идут вилки с цилиндрическими штифтами, к розеткам с продолговатыми гнездами — вилки с плоскими штифтами. Розетка с фасонными прорезями имеет комбинированные

гнезда; к ней подходят вилки как с цилиндрическими, так и с плоскими штифтами. С этой целью в корпусе розетки сделаны фасонные прорези, а к пластинам — неподвижным и изогнутым по форме штифтов — пружинами прижимаются пластины.

Штифты должны плотно входить в гнезда, чтобы обеспечивалось хорошее электрическое соединение и чтобы вилка не выпадала из штепсельной розетки. В вилках с цилиндрическими штифтами это обеспечивается так: штифт сплошной, но гнездо состоит из двух деталей — либо сжимаемых пружиной, либо пружинящих. В розетках для вилок с плоскими штифтами гнезда либо сами пружинят, либо сжимаются цилиндрической пружиной; один ее конец упирается в перегородку основания розетки, другой давит на контактную пластину. Для фиксации плоского штифта в нем сделано углубление (на рисунке не показано), в которое заскакивает выпуклость, имеющаяся в гнезде.

В штепсельных соединениях всегда есть оголенные токоведущие части — **штифты вилок**. Кроме того, в быту вилки часто выполняют **функции выключателя**. Все это вынуждает конструкторов штепсельных соединений принимать надлежащие меры безопасности. Так, в штепсельных соединениях для приборов, требующих заземления (зануления), при включении вилки раньше входит в заземленное (зануленное) гнездо штифт и только после этого в гнезда входят рабочие штифты. При вынимании вилки, наоборот, раньше отключаются короткие рабочие штифты, а затем длинный защитный (заземляющий, зануляющий) штифт. Иными словами, сама конструкция штепсельного соединения исключает возможность подачи напряжения на прибор, если его корпус не заземлен (не занулен). Чтобы вилку можно было включить только правильно (т. е. так, чтобы «земля» попала на корпус прибора), углы, под которыми расположены гнезда, неодинаковы, поэтому соединить это штепсельное соединение можно только одним единственным способом.

2.3.2. Штепсельные розетки

Разновидности розеток

Принцип автоматического закрывания гнезд поясняет **рис. 2.3,** *д*. Пружина давит на выступ (рисунок слева), отверстия не совпадают с отверстиями, поэтому гнезда закрыты. Поворачивая деталь по стрелке, совмещают отверстия и вставляют вилку. При этом выступ, переместившись в пазу, сжимает пружину (рисунок справа). Когда вилку вынимают,

пружина давит на выступ, возвращая пластмассовую деталь в исходное положение, в результате гнезда закрываются.

Одиночная штепсельная розетка над плинтусом изображена на **рис. 2.3, *е***. Устройство ее видно на **рис. 2.3, *а—г***. Ее особенностью является то, что в обычных условиях доступ к гнездам закрыт.

Чтобы вставить вилку, нужно, как уже отмечалось, повернуть пластину, закрывающую гнезда. Когда вилку вынимают, гнезда автоматически закрываются. На неподвижном пластмассовом чехле (**рис. 2.3, *а***) вокруг винта может поворачиваться пластмассовая деталь с двумя отверстиями для штырьков штепсельной вилки. Труба служит для ввода проводов.

Рис. 2.3, *б* показывает розетку со снятой пластмассовой пластиной. В пазу видна **пружина**. Отверстия находятся напротив гнезд. В центральное отверстие входит **цилиндрический выступ**, который виден на **рис. 2.3, *г***, где изображена внутренняя сторона пластмассовой пластины. Обратите внимание на выступ, который в собранной розетке входит в паз и при поворачивании пластмассовой пластины сжимает пружину.

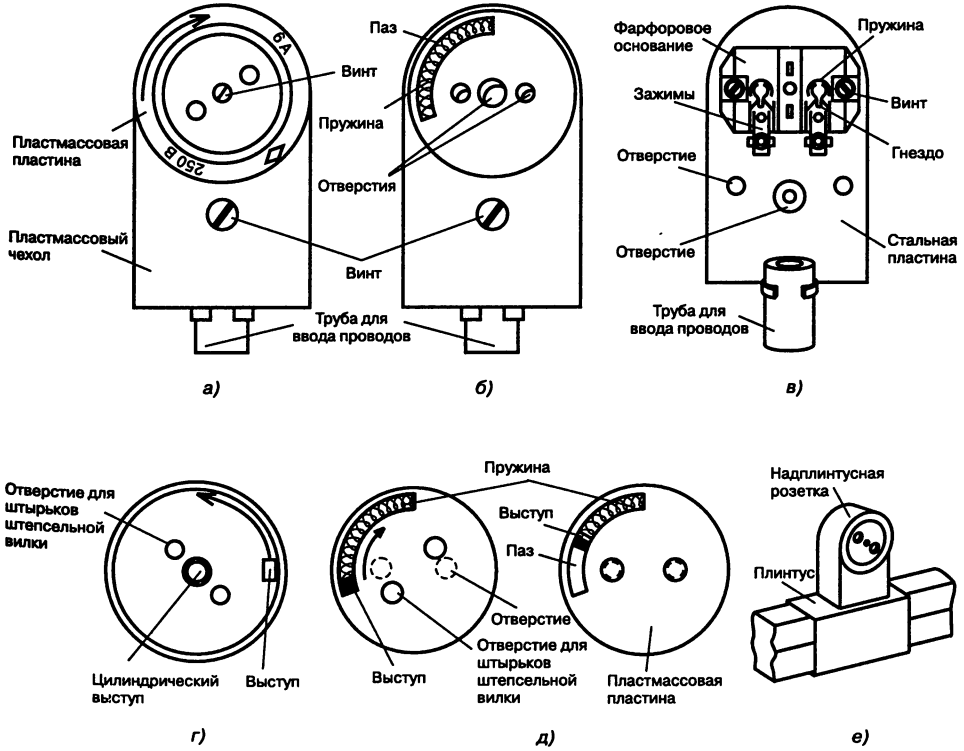


Рис. 2.3. *Защищенная надплинтусная розетка*

Вывернув винт из отверстия, можно снять **чехол** (**рис. 2.3, *в***) и тогда будет видна **стальная пластина**. К ней винтами привинчено фарфоровое основание, на котором укреплены гнезда, сжимаемые пружинами, и зажимы. Для крепления к стене сделаны **отверстия**.

Как видно на **рис. 2.4, *а***, к монтажной скобе винтами привинчены корпус розетки и распорные лапки, а винтом — декоративная крышка. Отверстия в распорных лапках продолговатые и, в зависимости от того, насколько ввинчены винты, расстояние между концами распорных лапок может изменяться от 65 до 75 мм, что и дает возможность прочно закрепить розетку в монтажной коробке или нише.

На корпусе (**рис. 2.4, *а***) укреплены контактные узлы. Штифты вилки проходят через отверстия в крышке (**рис. 2.4, *б***), а крышка фиксируется в нужном положении, так как направляющие выступы крышки входят в отверстия корпуса, а винт проходит через сквозное отверстие (**рис. 2.4, *г***).

Контактное гнездо образуется двумя деталями. Достаточное нажатие на штифт вилки обеспечивается пружиной. Один ее конец упирается в корпус, а другой — в деталь. Винты проходят через сквозные отверстия в корпусе и ввинчиваются в пластины. **Для присоединения проводов** служат: винты, пружинящие шайбы и скобы, препятствующие «выдавливанию» провода. Присоединение провода отдельно показано на **рис. 2.4.**

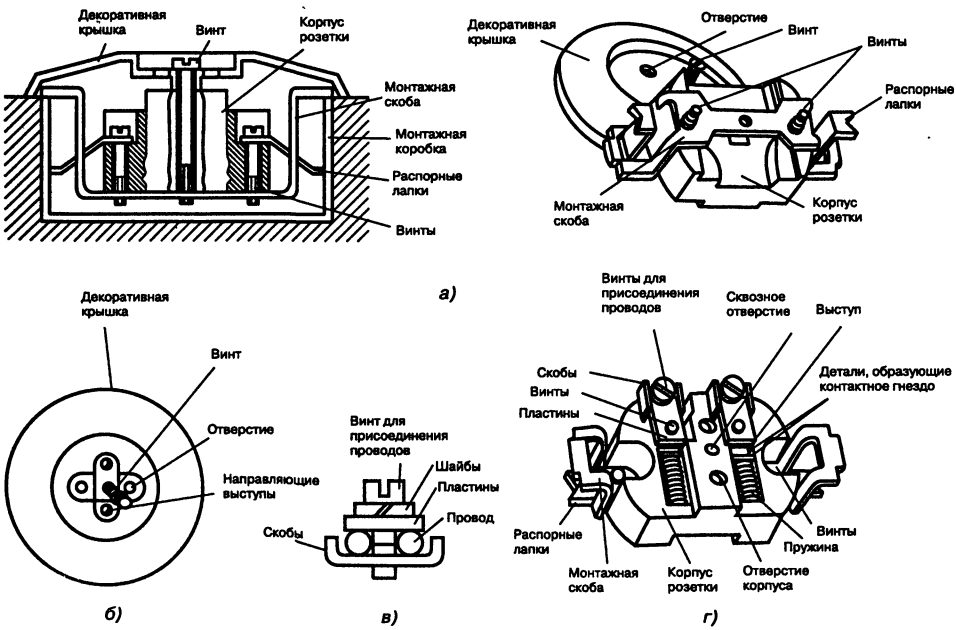


Рис. 2.4. *Устройство внутренней розетки*

Штепсельные розетки на ток 25 А с защитными (заземляющими или зануляющими) контактами показаны на **рис. 2.5**. Две из них — для скрытой (**рис. 2.5, *а***) и открытой (**рис. 2.5, *б***) установки служат для питания электроплит. Отверстия предназначены для штифтов вилки, к которым присоединены питающие провода, отверстие — для заземляющего штифта.

К этим розеткам подходит вилка, показанная на **рис. 2.5, *д***, а на **рис. 2.5, *в*** изображен контактный узел розетки. Гнезда для штифтов питающих проводов расположены ниже гнезда, которое служит для заземляющего штифта. Благодаря такому расположению гнезд заземление (зануление) всегда выполняется раньше, чем подается питание, а снимается позже.

Розетки в комплекте с вилками на ток 40 А выпускаются для включения электроплит мощностью 8 кВт. В штепсельной розетке (**рис. 2.5, *г***) на ток 10 А защитные контакты расположены сбоку.

Внимание!
В розетки, рассчитанные на ток 25 и 40 А, нельзя включать (и отключать) вилки под нагрузкой.

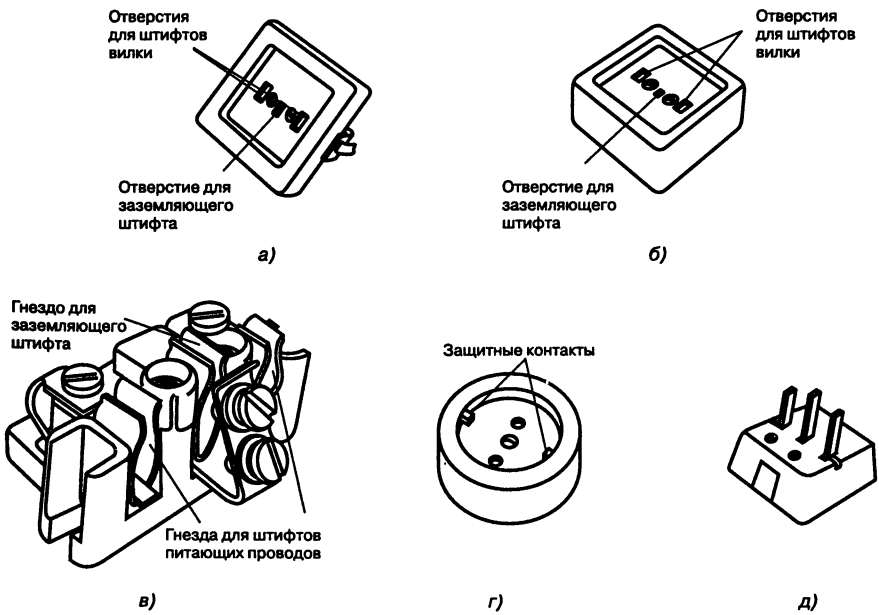
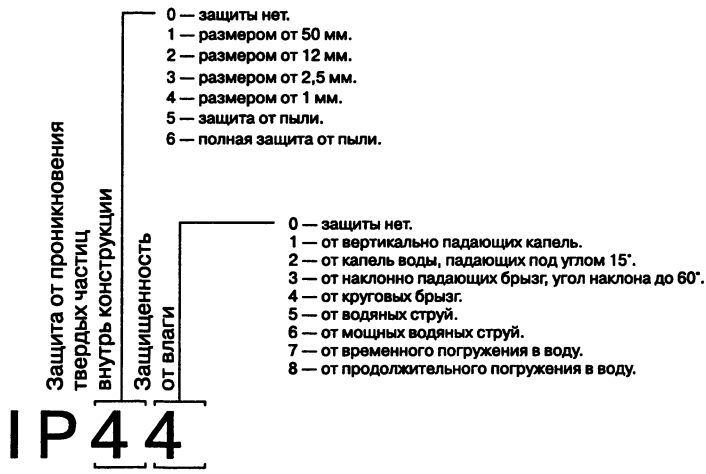


Рис. 2.5. *Штепсельные розетки на ток 25 А с защитными (заземляющими или зануляющими) контактами*

Условные обозначения степени защиты розеток

Показатель защиты электроприборов IP и, в том числе, розеток, состоит из **двух цифр**. Таким образом, если в инструкции указан показатель IP44, это означает, что электророзетка защищена от частиц пыли размером более 1 мм и брызг воды.

Показателя IP44 достаточно для установки розетки в ванной комнате или других местах с повышенной влажностью. Внутри у них стоят дополнительные резиновые прокладки.



Поэтому, установив в ванной розетку с повышенной защитой, можно после принятия ванны просушить волосы феном. Но что касается мощных электроприборов, то для их подключения лучше всего использовать розетки с УЗО (устройством защитного отключения).

Конструкция и особенности штепсельных вилок

На **рис. 2.6, *а*** показана вилка приспособленная для ввода и крепления шлангового провода, и включается в розетки с цилиндрическими контактами.

На **рис. 2.6, *б*** вилка имеет плоские контакты, расположенные под углом 90°; она предназначена для сетей 42 В и ниже. Отверстия в штифтах служат для фиксации в розетке.

На **рис. 2.6, *г*** вилка имеет защитные (заземляющие или зануляющие) контакты, но на **рис. 2.6, *г, д*** они плоские, а на **рис. 2.6, *е*** — боковые, пружинящие.

Два исполнения вилок с плоскими защитными контактами нужны потому, что вилка на **рис. 2.6,** *г* имеет боковой ввод проводов; а у вилки на **рис. 2.6,** *д* уплотненный ввод, так как она предназначена для работы в пыльных помещениях.

На **рис. 2.6,** *в* показана неразборная вилка, так как она конструктивно является частью провода: провод армирован вилкой. Обратите внимание на то, что обычно штифты у такой вилки примерно на 2/3 длины изолированы, что повышает электробезопасность.

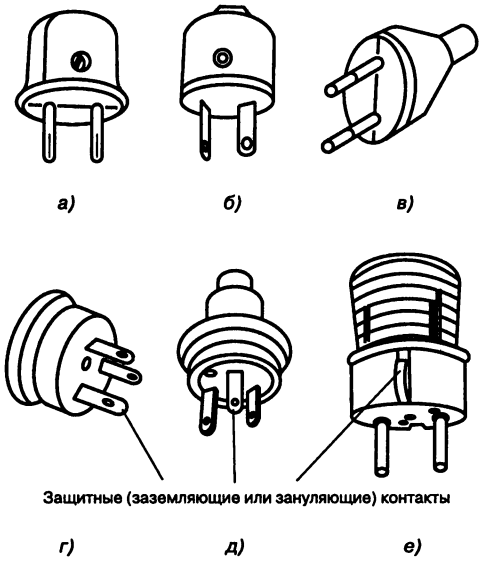


Рис. 2.6. *Разновидности штепсельных вилок*

В современных конструкциях штифты вилок изготавливают цилиндрической формы, а уплотнение контакта в розетке происходит за счет пружинящих гнезд. Так как розетки устанавливаются в квартире стационарно, а вилками комплектуется каждый электрический прибор, нужно следить за тем, чтобы вилка и розетка были в одинаковом исполнении.

Внимание!

Если вилку старой конструкции включить в розетку современного типа, то гнезда розетки сдавят разрезанные штифты вилки. Повторное использование такой вилки станет опасным из-за плохого контактного соединения. Но и старые розетки с новыми вилками не создают надежного контакта.

Учитывая то обстоятельство, что современные бытовые приборы снабжаются вилочной частью нового образца и сравнительно небольшой стоимостью розеток, следует рекомендовать отказаться от эксплуатации старых соединителей. Кроме этого в некоторых приборах зарубежного производства конструкция вилочного соединителя отличается от отечественной. Для их использования нужно приобрести **специальные переходные устройства**.

Конструкция и особенности удлинителей

Удлинители созданы **для расширения возможностей** пространственного размещения и подключения бытовых электрических приборов. Условия безопасного применения требуют, чтобы их шнуровая часть не создавала неудобств при перемещении в квартире, а гнезда розеточной части были защищены от доступа детей.

Удлинитель (**рис. 2.7, *а***) представляет собой шнур, который на одном конце имеет обычную вилку, а на другом — розетку с глубоко утопленными гнездами. **Корпус розетки** приспособлен для включения в него обычной вилки. Гнезда удлинителя на **рис. 2.7, *в*** имеют шторки для предохранения от прикосновения к токоведущим частям. Удлинитель (**рис. 2.7, *г***) имеет несколько розеток и выполнен, как рулетка: шнур находится в корпусе и извлекается из него только на необходимую длину.

Удлинители, показанные на **рис. 2.7, *в*, *г***, могут лежать на полу, а удлинитель **рис. 2.7, *в*** можно еще и подвесить за ушки. Чтобы провод во время работы удлинителей (**рис. 2.7, *б*—*г***) не перегревался, его нужно «растянуть».

Распространение в последнее время штепсельных розеток с плоскими штифтами вынудило создать переходные устройства: розетки для перехода с цилиндрических на плоские контакты (**рис. 2.7, *д***) и с плоских — на цилиндрические (**рис. 2.7, *е***). Разветвитель на **рис. 2.7, *ж*** не имеет шнура. Его включают непосредственно в розетку.

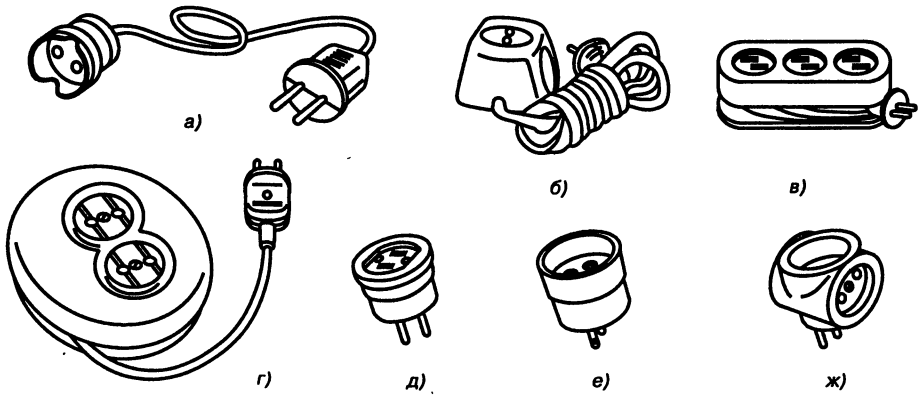


Рис. 2.7. *Удлинители, переходники, тройники*

2.4. Выключатели

Назначение

Выключатели и переключатели служат для коммутации электрических цепей освещения и бытовых приборов и предназначены для установки стационарно или в подвесном состоянии:

- для выполнения функций включения/выключения подачи электроэнергии;
- для переключения режимов работы разнообразных бытовых электроприборов;
- для создания оптимального уровня освещения.

Выключатели и переключатели различаются **по числу полюсов** (1 или 2), **исполнению** (защищенные, герметические, в металлическом или пластмассовом корпусе), **назначению** (для открытой проводки и для утопленной установки при скрытой проводке).

Они бывают **различной конструкции**: поворотные, перекидные, одно- и двухклавишные, с тяговым шнурком. Имеющийся в продаже большой диапазон выключателей и переключателей, отличающихся конструктивными особенностями, а также разнообразное внешнее и цветовое оформление позволяет осуществить их подбор в соответствии с назначением, интерьером помещения, обеспечивая вместе с тем удобство и надежность при эксплуатации.

Наибольший нормальный ток выключателей с обыкновенными контактами составляет 6 А, с металлокерамическими контактами — 10 А.

Особенности установки

Место установки выключателей зависит от их конструкции и характера помещения. Выключатели и переключатели для общего освещения устанавливают в доступных местах, обычно на стенах помещений, сбоку от дверных проемов со стороны дверной ручки на высоте не более 1,5 м.

Выключатели для светильников, установленных в сырых и особо сырых помещениях (в том числе и санузлах), рекомендуется выносить в смежные помещения с лучшими условиями среды. Выключатели для светильников, установленных в кладовых, вентиляционных камерах и других нормально запираемых помещениях, как правило, устанавливают перед входом в эти помещения.

В пожароопасных помещениях предусматривается установка выключателей, переключателей пыленепроницаемого исполнения, а при наруж-

ных установках — закрытого исполнения. **Во взрывоопасных помещениях** выключатели необходимо устанавливать вне этих помещений.

Конструкция и принцип работы

Выключатель с кнопочным приводом (см. **рис. 2.8**). В позиции 1 выключатель отключен. Позиция 2 на рисунке показывает, как, благодаря нажатию на кнопку, поворачивается вокруг оси О с помощью толкателя нож, соединяющий выводы, к которым присоединены электрические провода. В позиции 3 кнопка уже отпущена, но нож остался во включенном положении, пружина растянута. Рисунок, изображенный на позиции 4, поясняет процесс отключения: благодаря повторному нажатию на кнопку, поворачивают нож вокруг оси в противоположном от первоначального направлении и выключатель отключается.

Выключатель, установленный в основание настольной лампы (см. **рис. 2.9, *а***). Цилиндрическую часть выключателя пропускают сквозь отверстие в панели и, навинчивая обойму, зажимают между шайбами. Защищенные концы проводов вводят в отверстия в корпусе выключателя и зажимают винтами (на **рис. 2.9, *а*** виден торец только одного винта).

Напольные выключатели с ножным управлением (используются для торшеров и некоторых бытовых приборов). В основание корпуса ножного выключателя (**рис. 2.9, *б***) вставлен выключатель. Провода закреплены скобками. В крышку вставлена нажимная кнопка.

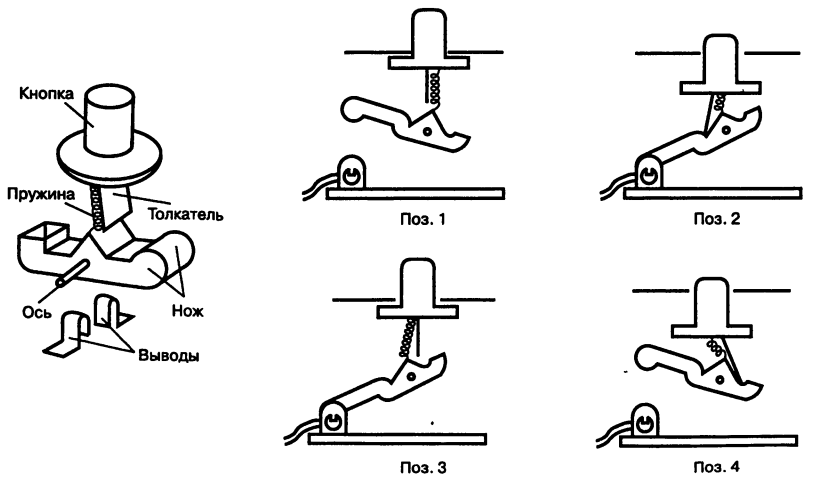
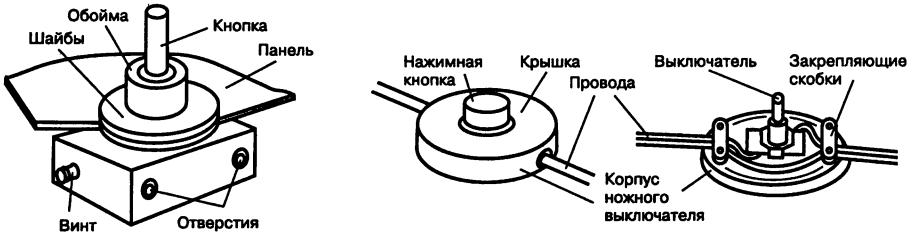


Рис. 2.8. *Выключатель с кнопочным приводом*



а) Выключатель, установленный в основание настольной лампы

б) Напольный выключатель с ножным управлением

Рис. 2.9. *Выключатели для настольных ламп и торшеров*

Выключатели с клавишным приводом

Принцип действия выключателя с клавишным приводом иллюстрирует **рис. 2.10, *а***. Когда клавиша занимает положение, как на рисунке слева, неподвижный и подвижный контакты замкнуты. Чтобы контакты

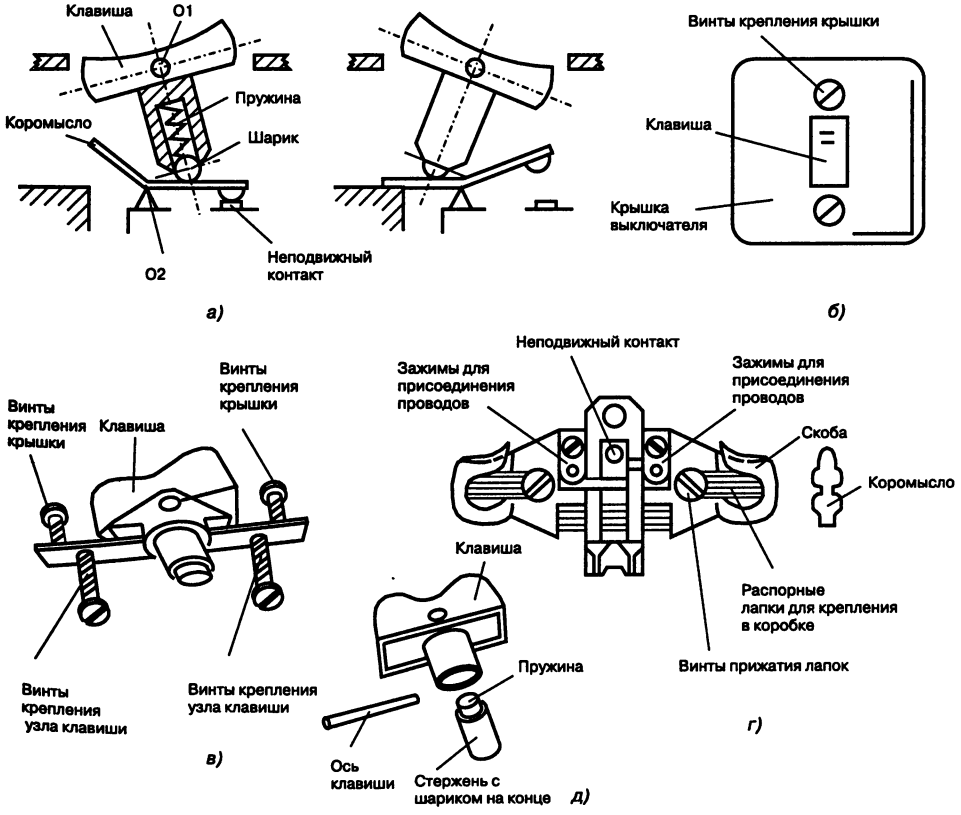


Рис. 2.10. *Принцип действия и устройство выключателя с клавишным приводом*

разомкнулись, надо надавить на клавишу. Повернувшись вокруг оси О1, клавиша займет положение, как на рисунке справа; при этом деталь, сжимая пружину, переместится влево и повернет коромысло вокруг оси О2 — контакты разомкнутся. Пружина фиксирует положение коромысла, а также создает контактное нажатие.

Общий вид одного из исполнений выключателя с клавишным приводом дан на **рис. 2.10, *б***. Если отвинтить винты, снять крышку, а затем отвинтить винты, то снимется узел клавиши (**рис. 2.10, *в***). Мы увидим коромысло (оно отдельно показано справа на **рис. 2.10, *г***) и зажимы для присоединения проводов. Один из них соединен с неподвижным контактом, а другой — с опорой, на которой качается коромысло (на **рис. 2.10, *а*** эта опора названа осью О2). Скобы, распорные лапки и винты служат для крепления выключателя.Если вынуть ось О1 (**рис. 2.10, *в***), освободить клавишу и разобрать ее, то увидим пружину и деталь.

На **рис. 2.11, *а, б*** показаны **выключатели для скрытой установки**, на **рис. 2.11, *в, г*** — для открытой. Клавиша выключателя **рис. 2.11, *в*** покрыта люминофором, который в темноте светится, что создает удобство ее обнаружения в темноте.

Выключатели на две цепи управления люстрой (см. **рис. 2.11, *г, д***). Один выключатель включает одну группу ламп, другой — другую, оба — все лампы люстры.

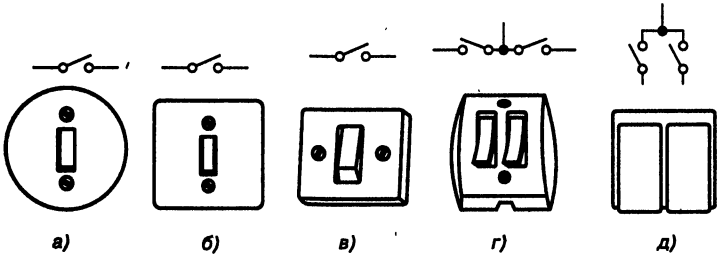


Рис. 2.11. *Выключатели с клавишным приводом*

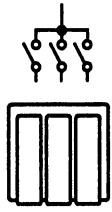


Рис. 2.12. *Выключатель на три цепи*

Выключатель на три цепи (см. **рис. 2.12**). Он удобен для установки в прихожей, так как в его конструкции одновременно объединены три выключателя, которые могут быть использованы для управления освещением нескольких смежных помещений квартиры. Над клавишами в выключателе нередко имеется **пластинка, покрытая люминофором**, также светящаяся в темноте.

Выключатели с ползунковыми и поворотными конструкциями

Выключатели такого типа имеют преобладающее значение в осветительных сетях и бытовых установках и приборах. Кинематические схемы их могут быть самыми разнообразными.

Перекидные механизмы с пружиной сжатия или пружиной растяжения отличаются друг от друга тем, что перебрасывание контакта происходит под действием растяжения или сжатия специальной пружины. Тип этой схемы — врубной. На **рис. 2.13** показана кинематическая схема выключателей с пружиной сжатия, которая приводится в действие тумблерным приводом-рукояткой.

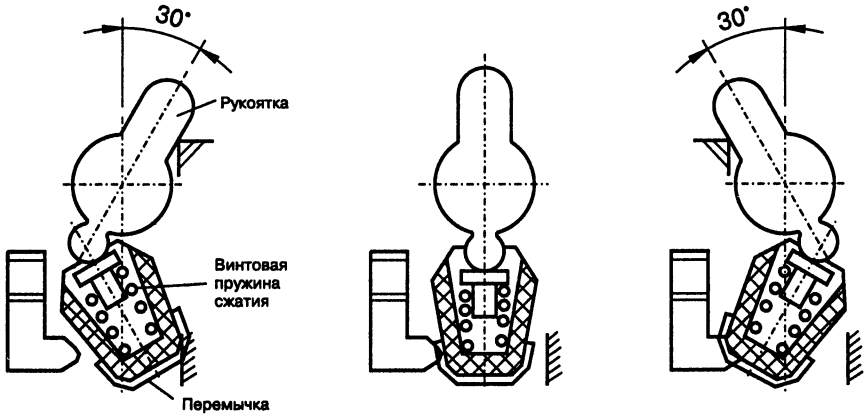


Рис. 2.13. *Кинематическая схема выключателей с пружиной сжатия*

Отключающая винтовая пружина сжатия расположена внутри пластмассовой детали, на которой установлен подвижной коммутирующий контакт в форме П-образной перемычки, изготовленный из латуни. Во включенном состоянии подвижной контакт замыкает два неподвижных контакта, изготовленных из пружинящей бронзы и во включенном положении обеспечивающие необходимое контактное сжатие.

Аппарат, работающий по такой схеме, имеет три положения: **отключенное**, прохождение рукоятки через **нейтральное** положение — пружина сжимается; **включенное**, после быстрого перебрасывания подвижного контакта к неподвижным под воздействием разжимающейся пружины. Момент замыкания и размыкания коммутирующих контактов не зависит от скорости перекидывания привода-рукоятки, усилия нажатия. Из-за упругости неподвижных контактов возникают сравнительно небольшие вибрации. Выпуск выключателей и переключателей такого типа значительно сокращается.

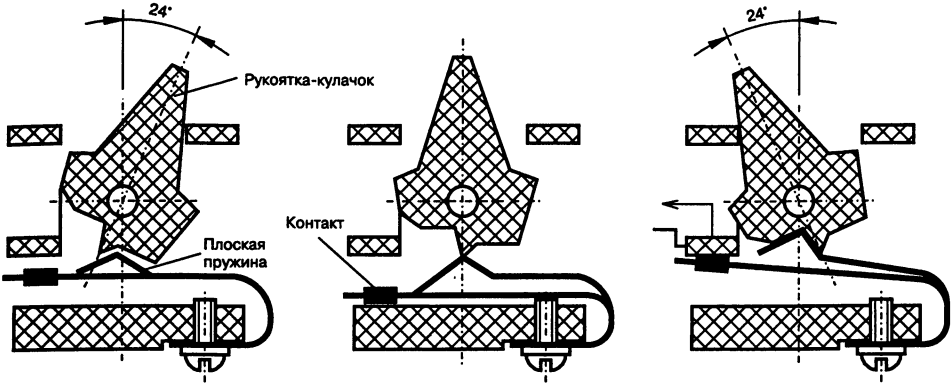


Рис. 2.14. *Схема выключателей с кулачковым механизмом*

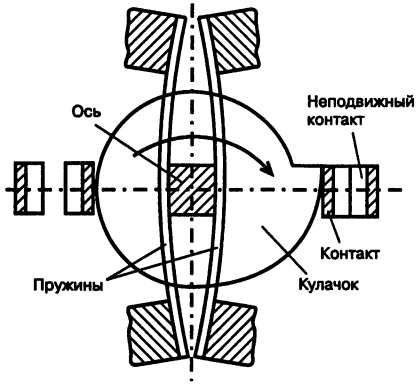


Рис. 2.15. *Поворотный механизм с эксцентриковым устройством*

На **рис. 2.14** показана кинематическая **схема выключателей с кулачковым механизмом** и **приводом перекидного типа**. В ней изменены торцевые контакты и плоская пружина (может быть и цилиндрическая). Замыкание и размыкание коммутирующих контактов происходит при перебрасывании рукоятки-кулачка благодаря тому, что плоская пружина с подвижным контактом устанавливается в одном из двух положений — замыкание и размыкание.

На **рис. 2.15** представлен **поворотный механизм с эксцентриковым устройством**. Он состоит из оси квадратного сечения, которая зажата и фиксируется в нужном положении одной или двумя плоскими (или спиральными) пружинами. Жестко насаженый кулачок, поворачиваясь, выступом нажимает на плоскую пружину контакта, прижимая его к неподвижному контакту. При установке на барабан подвижного контакта с тремя точками касания и трех неподвижных контактов можно получить переключатель на четыре положения.

На **рис. 2.16** дана **схема двухплечевого качающегося механизма** с пружиной сжатия. При нажатии на клавишу перекидная пружина вместе с упорным шариком нажимает на рычаг, с одной стороны которого приварен подвижный контакт, который после перехода шарика через «мертвую точку» над осью рычага соединяется или разъединяется с неподвижным контактом.

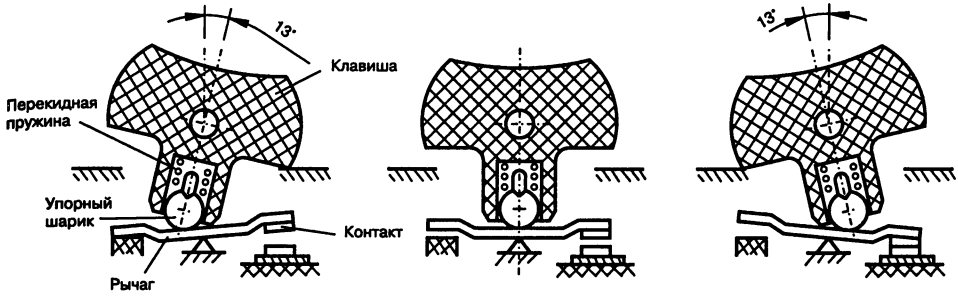


Рис. 2.16. *Схема двухплечевого качающегося механизма*

На **рис. 2.17** показана **схема выключателя с одноплечевым качающимся механизмом и пружиной растяжения**, которая работает аналогично двухплечевому качающемуся механизму. Здесь пружина растяжения закрепляется на специальной перекидывающейся рамке, пружина перебрасывает рамку с металлокерамическим серебросодержащим или серебряным подвижным контактом в одно из крайних положений, где и происходит его замыкание или размыкание с неподвижным контактом.

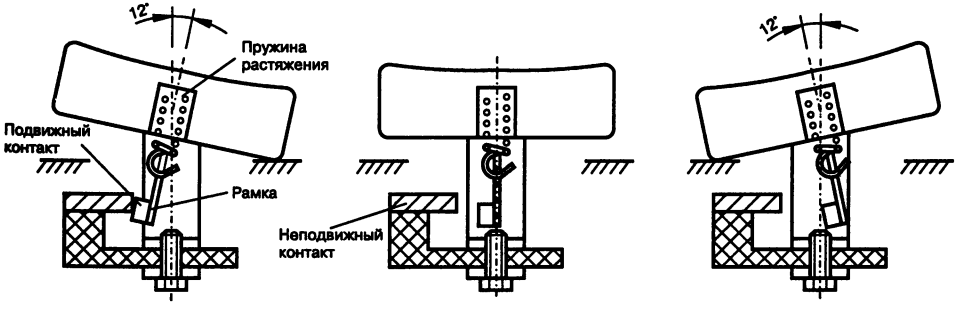


Рис. 2.17. *Схема выключателя с одноплечевым качающимся механизмом и пружиной растяжения*

Пневматические схемы механизмов удобно рассмотреть на примере **автоматического выключателя**, показанного на **рис. 2.18**. Здесь при нажатии кнопки давление передается резиновой мембране, замыкаются подвижные и неподвижные контакты. Кроме того, воздух из внутреннего объема удаляется через микрометрический винт, выполняющий роль клапана, а пружина сжимается. Контакты остаются замкнутыми только то время, пока воздух через калиброванное отверстие не заполнит объем и не выпрямит мембрану, которая передаст давление отключающей пружине, под действием которой контакты размыкаются. Такой выключатель может быть использован как реле времени, которое может иметь выдержку от нуля до трех минут.

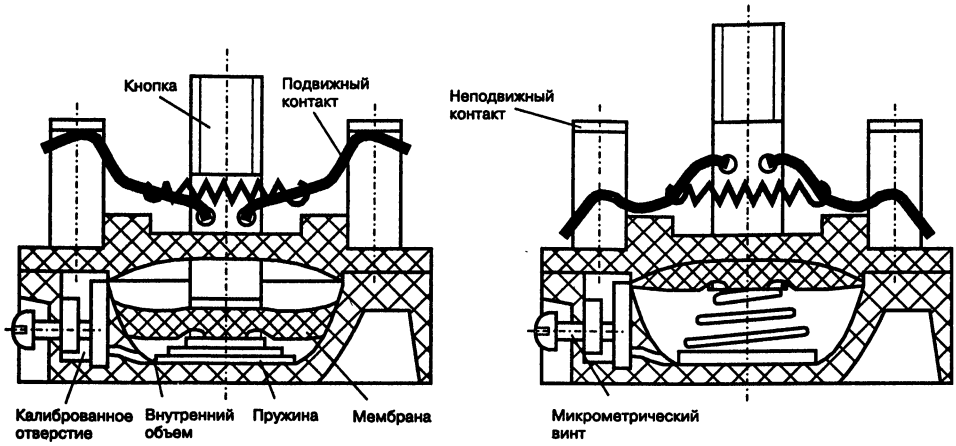


Рис. 2.18. *Устройство пневматического выключателя*

Переключатели для управления с двух мест (см. **рис. 2.19**). Как видно из электрической схемы он не имеет отключенного положения: в нем всегда замкнута одна из пар контактов.

Ламповые выключатели (см. **рис. 2.20**). Устанавливают непосредственно на электропроводах настольных ламп и других передвижных приборах, потребляющих ток до 1 А. Примеры исполнений даны на **рис. 2.20**. Провода вводят в корпус выключателя, причем разорванные концы одного провода подключаются к двум замыкаемым контактам, а другой провод проходит транзитом через корпус выключателя. Из корпуса выступает либо цилиндрический толкатель (**рис. 2.20, *б***), либо клавиша (**рис. 2.20, *а***). В положении «Включено» разорванный первый провод соединяется с помощью пружинящих контактов, прижатых к металлическому ободку. В положении «Отключено» ободок опущен, поэтому пружинящие контакты разделяет изоляция.

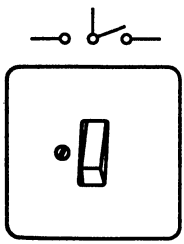


Рис. 2.19. *Переключатели для управления с двух мест*

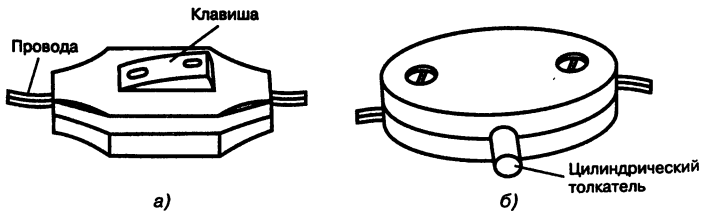


Рис. 2.20. *Ламповые выключатели*

В тех случаях, когда провода прокладывают скрыто, часто в пустотах железобетонных плит перекрытий, то выключатели приходится устанавливать под потолками, а штепсельные розетки — у пола над плинтусами. Для этого требуются специальные выключатели и переключатели, а также надплинтусные штепсельные розетки.

Подпотолочный переключатель со шнуровым приводом для открытой установки (см. **рис. 2.21, *а***). Для переключения его нужно потянуть за шнурок. На корпусе укреплены контактные пластины, которые могут соединяться мостиком. Пока за шнурок не тянут, детали механизма занимают положение, показанное на **рис. 2.21, *б*** слева. Потянув за шнурок, привязанный к рычажку, надавливают тем самым на выступ детали, благодаря чему поворачивают ось, деталь и обойму с контактным мостиком на 90° (**рис. 2.21, *б*** в центре). При этом контакты переключаются, а пружина растягивается, так как она закреплена между неподвижной деталью и повернувшейся деталью.

Отпуская шнурок, освобождают пружину. Пружина, сокращаясь, тянет за собой деталь и рычажок, нижний конец которого заскакивает за следующий выступ детали, благодаря чему механизм оказывается подготовленным к очередному переключению (**рис. 2.21, *б*** справа). Корпус переключателя привинчен к пластине винтами. Крепление пластины к стене осуществля-

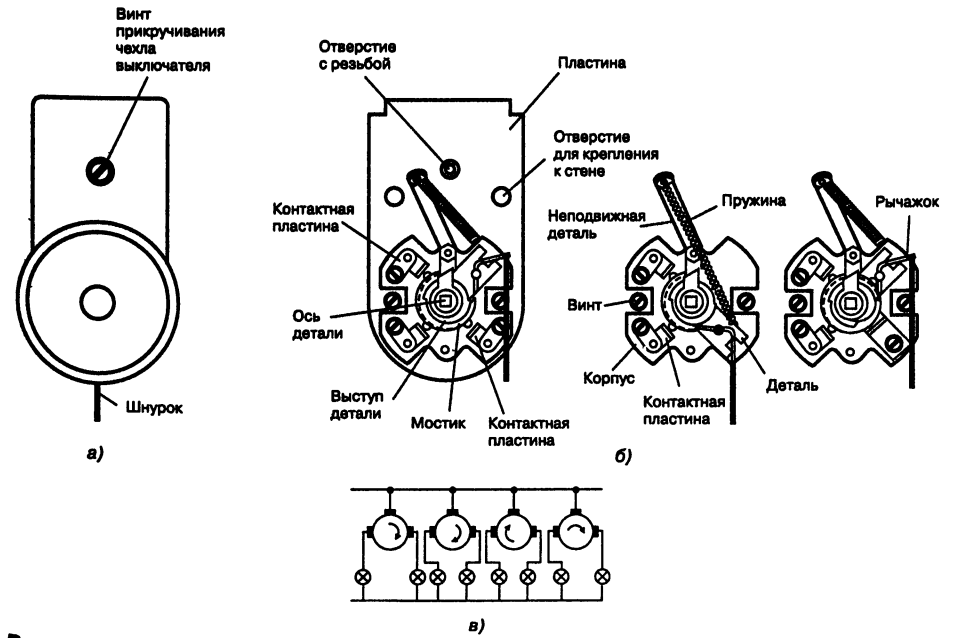


Рис. 2.21. *Подпотолочный переключатель со шнуровым приводом для открытой установки*

ется винтами через отверстия. Чехол выключателя привинчивается винтом, для чего в детали сделано отверстие с резьбой. **Рис. 2.21, *в*** иллюстрирует последовательность переключения контактов переключателя.

2.5. Светорегуляторы

Назначение

Светорегуляторы изготавливают и применяют **вместо выключателей**. Они по конструктивному исполнению могут монтироваться в коробку или в комплекте с удлинителем, устанавливаться непосредственно на осветительном приборе. Функциональная принадлежность этого прибора состоит в воздействии на форму кривой питающего напряжения. В результате этого воздействия усиливают или ослабляют (вплоть до выключения) интенсивность освещенности светильника. Регулировка происходит за счет поворота рукоятки на крышке прибора. Применение светорегуляторов позволяет создавать комфортную световую обстановку и существенно экономить потребляемую электрическую энергию, а также увеличить срок службы электрической лампочки.

Принцип действия

Определение.
Светорегулятор — *бесконтактный прибор, с помощью которого можно плавно регулировать освещенность в пределах от нескольких процентов до практически полной величины.*

Потери мощности в светорегуляторе не превосходят примерно 1,5% от мощности присоединенной к нему лампы. По сравнению с потерями мощности при других способах регулирования (например, с помощью регулируемого резистора) они ничтожны, благодаря чему применение светорегуляторов весьма перспективно.

Схема включения лампы H1 через светорегулятор E1 приведена на **рис. 2.22, *а***. Не вдаваясь в подробности электрической схемы регулятора и принципа ее действия, обратимся к **рис. 2.22, *б***, который наглядно показывает, благодаря чему с помощью светорегулятора можно понизить (по сравнению с номинальным) накал лампы и, стало быть, создаваемую ею освещенность. На рисунке представлены две осциллограммы. Верхняя показывает изменение напряжения в электрической сети, к которой

подключены лампа с регулятором, а нижняя — напряжения, подведенного непосредственно к лампе, включенной через светорегулятор при одном из положений рукоятки (**рис. 2.22, *в***) или обоймы (**рис. 2.22, *г***).

Из рисунка видно, что нижняя синусоида оказывается как бы «срезанной» и, следовательно, напряжение на лампе понижено по сравнению с напряжением сети, а это значит, что лампа будет гореть с недокалом.

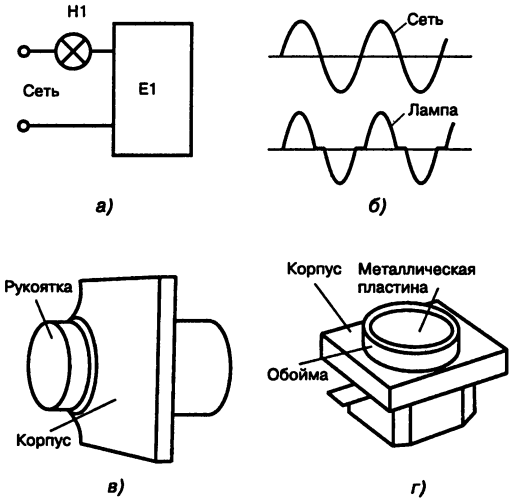


Рис. 2.22. *Устройство и принцип действия светорегулятора*

На **рис. 2.22, *в*** дан пример одного из вариантов исполнения такого выключателя. Светорегулятор смонтирован в корпусе и совмещен с выключателем. Для регулирования яркости рукоятку надо вращать, а для включения/отключения — нажимать. Причем, включение и отключение возможны при любом положении рукоятки.

Выпускаются и **переносные светорегуляторы**, имеющие шнур с вилкой для включения их в сеть и, соответственно, розетку для включения светильника.

Применение светорегуляторов позволяет создавать комфортную световую обстановку и существенно экономить потребляемую электрическую энергию, а также увеличивать срок службы электрической лампочки.

Сенсорный светорегулятор с выключателем

Рис. 2.22, *г* иллюстрирует одно из исполнений выключателя со светорегулятором, снабженным сенсорным (чувствительным) приводом. В корпусе собрана электронная схема, срабатывающая при прикосновении к металлической пластине. При этом лампа включается. При следующем прикосновении схема возвращается в исходное состояние и лампа гаснет. Яркость регулируют вращением обоймы. Есть также другой способ регулирования яркости: чем длительнее касание к пластине — тем «сильнее срезается» синусоида (см. **рис. 2.22, *б***) и, следовательно, тем меньше яркость.

2.6. Монтажные коробки

Коробки применяют для изоляции мест соединений, ответвлений проводов, кабелей осветительных и силовых сетей, а также для встраивания и крепления внутри них выключателей, переключателей и штепсельных розеток при скрытой проводке.

Для открытых проводок применяют коробки защищенного, пыленепроницаемого и брызгозащищенного исполнения.

Для скрытых проводок — только коробки защищенного исполнения. При работе, связанной с монтажом установочных устройств, неизбежно возникает вопрос о применении монтажных коробок.

Коробки У419, У420 защищенного исполнения (пластмассовые) применяют для ответвлений и соединений проложенных открыто проводов марок АПН, ППВ, АППВ, АТПРФ сечением до 2,5 мм^2. **Коробки У409** пыленепроницаемого исполнения применяют для соединения и ответвления кабелей марок ВРГ, АВРГ, СРГ, АСРГ, АНРГ и др. сечением до 2,4 мм^2, прокладываемых открыто (без труб) во взрывоопасных помещениях и наружных установках. **Коробки КОР-73, КОР-74** в брызгозащищенном исполнении (пластмассовые) применяют для проводок, выполненных в сырых и пыльных помещениях кабелем с резиновой или пластмассовой изоляцией, и проводок в открыто проложенных неметаллических трубах с жилами сечением до 6 мм^2.

В **металлических коробках У245** производят ответвления от силовой и осветительной магистрали, выполненной кабелем или проводами, закрепленными на проволоке диаметром до 8 мм, а также специальными тросовыми проводами сечением до 10 мм^2. В **металлических коробках У246** производят ответвления от силовой и осветительной магистрали, выполненной кабелем или проводами, закрепленными на проволоке диаметром до 8 мм, а также специальными тросовыми проводами сечением до 35 мм^2.

Стальные коробки У196 цилиндрической и КП-4 прямоугольной формы применяют для установки выключателей и штепсельных розеток.

В **пластмассовых коробках У191, У194 и У197, У198, КСТ-15** выполняют ответвления и соединения проводов марок АППВ, АППВС, ППВ, ППВС, АПН, АПВ и ПВ, проложенных скрыто. Эти коробки имеют стальной корпус и пластмассовую крышку. Для выполнения соединения жил проводов и кабелей, для подключения установочной аппаратуры в коробках оставляют концы длиной 5—6 см.

2.6. Ресурсы сети Интернет

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Сайты по проводниковым и изоляционным материалам		
Производство и продажа медного и алюминиевого провода	ООО ПКФ «Воронежкабель»	http://www.kabel.vrn.ru/
Производство медного провода	ООО Торгово-промышленный дом «Паритет» (Московская обл.)	www.paritet.podolsk.ru
Производство медного провода	Компания «Евроиндекс» (г. Киев)	http://www.euroindex.com.ua
Производство медной катанки	Торговый дом Артемовского завода по обработке цветных металлов (г. Артемовск)	http://www.azocm.ua/ru/zavod.php
Производство монтажного провода	ОАО завод «Саранск-кабель»	http://www.saranskkabel.ru/
Производство припоев	ООО «Драгон» (Екатеринбургская обл.)	http://production.tech-caste.ru/
Производство припоев	Завод припоев (г. Новосибирск)	http://www.olovo.ru/
Производство проводов высокого сопротивления	ООО «Акватайм» (г. Москва)	http://www.aqua-time.ru/
Производство цветного проката и эмалированных проводов	Группа компаний «Москабельмет» (г. Москва)	http://www.mkm.ru/
Продажа медного и алюминиевого провода	Компания «Вентмаркет» (г. Москва)	http://www.ventsvar.ru/
Продажа медного провода	Компания «Галла-кабель» (г. Москва)	http://www.galla-cable.ru/
Продажа медного провода	ЧП «Энергокабель» (г. Киев))	http://www.energocable.kiev.ua
Продажа медного провода	Компания «Конкорд» (г. Смоленск)	http://e-table.ru/
Продажа припоев	Компания «Электроды» (г. Москва)	http://electrody.ru/
Продажа припоя, флюсов, паяльных паст	ЧП «Ворон» (г. Днепропетровск)	http://e-voron.dp.ua/
Продажа провода высокого сопротивления, теплых полов	НПП «Термокабель» (г. Харьков)	http://www.termokabel.com.ua
Продажа провода высокого сопротивления, теплых полов	Компания «Релпол»	http://rempol.info/
Продажа проводов высокого сопротивления	ДП «Элфа –Электроникс» (г. Киев)	http://www.elfaelectronics.com.ua
Продажа электроизоляционных материалов	ЗАО «Энергоцентр» (г. Москва)	http://www.ec2000.ru/
Сайты по кабельной продукции		
Крупнейший производитель кабельной продукции	ЗАО «Севкабель» (г. Уфа)	http://sevcable.ru
Производство кабельной продукции	Завод «Крок-ГТ» (г. Запорожье)	http://www.krok-gt.zp.ua
Производство кабельно-проводниковой продукции	ООО «Статус СТ» (г. Москва)	http://www.stnd.ru
Производство кабельно-проводниковой продукции	Группа компаний «Триал» (г. Москва)	http://www.trialgk.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Производство кабельно-проводниковой продукции	ЗАО «Кабельагро» (г. Пермь»	http://www.kabelagro.permonline.ru
Производство кабельно-проводниковой продукции	Компания «Тумен» (г. Одесса)	http://www.twomen.odessa.ua
Производство кабельно-проводниковой продукции	Завод «Южкабель» (г. Харьков)	http://www.yuzcable.com.ua
Производство кабельно-проводниковой продукции	ОАО «Запорожский кабельный завод» (г. Запорожье)	http://www.zkz.zp.ua
Производство кабельно-проводниковой продукции	Днепропетровский кабельный завод	http://www.cablednepr.selec.ru
Производство кабельно-проводниковой продукции	ООО «Подолье-Кабель» (г. Хмельницкий)	http://electrosvit.com
Производство кабельно-проводниковой продукции	Донбасскабель , ОАО (г. Донецк)	http://www.donbasscabel.com.ua
Поставщик чешской кабельной продукции	ЗАО «Сикамекс-Росс» (г. Краснодар)	http://www.sicamexross.ru
Продажа импортной кабельной продукции	ООО «Мечта электрика» (г. Москва)	http://www.cable-prof.ru
Продажа импортной кабельной продукции	ООО «ТК Базис Групп» (г. Москва)	http://www.thermocool.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «РД Трейд» (г. Нижний Новгород)	http://www.rdtrade.ru/
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Акцент СБ» (г. Москва)	http://www.akcentsb.ru/
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Ржевская кабельная база (г. С-Петербург)	http://www.cablerb.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Сибэнерго» (г. Новосибирск)	http://www.sibenergonsk.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Электаплюс» (г. Москва)	http://elektaplus.ru/
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Лайтэлектроснаб» (г. Москва)	http://www.lt-electro.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «СевКавКабель» (г. Томск)	http://sevkavkabel.ru/
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Фирма «Укртехспецкомплект» (г. Киев)	http://firstcable.com.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Фирма «Кабель-Инвест» (г. Киев)	http://www.ci.kiev.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Компания «Промкабель-Электрика» (г. Киев)	http://promcabel.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ЗАО «Кабельэлектро» (г. Киев)	http://www.kabelelectro.com.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Инсэт» (г. Дубна)	http://www.inset.dubn.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Вэлс» (г. С-Петербург)	http://www.vals-spb.ru/
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ЗАО Пермснабсбыт (г. Пермь)	http://www.pss.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Мицар» (г. С-Петербург)	http://www.mitsar.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО ПТФ «Север-Строй» (г. Екатеринбург)	http://www.sunya by.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа кабельно-проводниковой продукции	"ASG GroupLtd" (г. Пермь)	http://www.asg.su
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Компания ООО «МВ сервис» (г. Пермь)	http://mv-servis.com
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Завод «Липаркабель» (г. Новомосковск)	http://www.liparcable.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Мелук» (г. Подольск)	http://www.meluk.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Электроавтоматика» (г. Москва)	http://www.el-avt.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Мицар-НН» (г. Нижний Новгород)	http://www.mitsar-nn.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Техкомхолдинг» (г. Москва)	http://www.techkomholding.ru
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Компания «Энергован» (г. Харьков)	http://www.enerovan.com
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Электро» (г. Киев)	http://www.electro.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	ООО «Трейдкабель» (г. Одесса)	http://www.tradecable.com.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Фирма «Ольвия-2000» (г. Киев)	http://www.olv.com.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Компания «Нивит» (г. Винница)	http://www.nivit.com.ua
Продажа кабельно-проводниковой продукции	Фирма «Электрокабель» (г. Донецк)	http://www.electrocabel.com.ua
Продажа продукции Кольчугинского кабельного завода	ООО «Экспресс» (г. Кольчугино)	http://www.cablesale.ru/
Производство и продажа кабельно-проводниковой продукции	ЗАО «СПКБ Техно» (г. Подольск)	http://www.spkb.ru
Информация о кабельно-проводниковой продукции	Журнал «Кабели и провода»	http://www.kp-info.ru
Информация о кабельно-проводниковой продукции	Украинский кабельный портал. Каталог кабельных заводов	http://www.ucp.kiev.ua
Информация о кабельно-проводниковой продукции	Завод «Азовкабель» (г. Запорожье) производство кабеля	http://www.azovcable.com.ua
Сайты по выключателям		
Производство выключателей и контакторов	Компания «Элконт» (г. Чебоксары)	http://elkont.ru
Производство и продажа выключателей и контакторов	Электротехническая компания «Консталин» (г. Челябинск)	http://www.konstalin.ru/
Производство и продажа выключателей и контакторов	ООО «ПК Промэлектроснаб» (Москва)	http://www.pesm.ru
Производство командных кнопок, магнитных пускателей	НПО «Этал» (г. Киев)	http://www.etal.ua
Производство контакторов и выключателей	ДЭТЛ , ООО (Харьковская обл.)	http://www.detl.com.ua
Производство контакторов и пускателей	Каменец-Подольский электромеханический завод, ОАО	http://www.1262.ukrindustrial.com

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Производство магнитных контакторов	ООО ТД «Реон-Техно» (г. Чебоксары)	http://www.reon.ru
Производство разъединителей	Запорожский завод высоковольтной аппаратуры	http://www.zva.zp.ua
Продажа выключателей	ЗАО НПК «Теко» (г. Новосибирск)	http://www.irs.ru/~teko
Продажа выключателей	ООО СП «Эльком» (Москва)	http://www.ke011.narod.ru
Продажа выключателей	Компания ООО (г. Чебоксары)	http://www.vekelprom.ru
Продажа выключателей	Компания «Укрметавтоматика» (г. Днепропетровск)	http://www.urma.com.ua
Продажа выключателей	Компания «Крымэлектро»	http://www.sdc.com.ua
Продажа выключателей и контакторов	ООО «Параметр» (г. С-Петербург)	http://parameter.narod.ru
Продажа выключателей и контакторов	ЗАО ЭТИ (г. Коломна)	http://www.eti.msk.ru
Продажа импортных выключателей и контакторов	ООО «Универсалсервис» (г. Чебоксары)	http://www.universalservice.ru
Продажа коммутационного оборудования	Фирма «ТКД» (г. Киев)	http://www.tkd.com.ua
Продажа контакторов и коммутационной аппаратуры	Компания «Контактор» (г. Киев)	http://kontaktor.com.ua
Продажа контакторов и пускателей	ЧП «Электрокомплекс»	http://www.ekomplex.com.ua
Продажа контакторов фирмы Schneider Electric	Компания «Электроимпорт» (г. Киев)	http://electroimport.com.ua
Продажа переключателей	Фирма «Аско» (г. Киев)	http://www.uaasco.com
Продажа пускателей и выключателей	НПП «Электрон» (г. Харьков)	http://www.electron.com.ua
Продажа пускателей и контакторов	Компания «Контактор Украина» (г. Киев)	http://www.ukrcontactor.com.ua
Продажа разъединителей и масляных выключателей	Торговый дом «Энергоплан» (г. Екатеринбург)	http://www.energo-plan.ru

ГЛАВА 3

ЭФФЕКТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ДОМА

3.1. Что такое свет и освещение

3.1.1. Основные понятия

Принципиально различают три способа генерации света: термоизлучение, газовый разряд высокого и низкого давления.

Определение.
Термоизлучение — *излучение нагреваемого провода до максимальной температуры при прохождении электрического тока.*

Образцом является солнце с температурой поверхности 6000 К. Лучше всего подходит для этого элемент вольфрам с наивысшей среди металлов температурой плавления (3683 К).

Пример.
За счет термоизлучения работают лампы накаливания и галогенные лампы накаливания.

Газовый дуговой разряд появляется в закрытой стеклянной емкости, наполненной инертными газами, парами металла и редкоземельными элементами при подаче напряжения. Возникающие при этом свечения газообразных наполнителей дают желаемую цветность света.

Пример.
За счет газового дугового разряда работают ртутные, металлогалогенные и натриевые лампы.

Люминесцентный процесс. Под действием электрического разряда закаченные в стеклянную трубку пары ртути начинают излучать неви-

димые ультрафиолетовые лучи, которые, попадая на нанесенный на внутреннюю поверхность стекла люминофор, преобразуется в видимый свет.

Пример.
За счет люминесцентного процесса работают люминесцентные лампы, компактные люминесцентные лампы.

Взаимодействие излучения с веществом

Определение.
Абсорбция (поглощение света) — *это свойство вещества, преобразовывать поглощенное излучение (в данном случае, свет) в другие формы энергии, главным образом, в тепловую.*

Единицей измерения является степень абсорбции ($a = F_a/F_0$), отношение поглощенного светового потока к общему.

Отражение — способность материала отражать свет. Различают несколько видов отражения: зеркальное, смешанное, полностью рассеянное и нерегулярно рассеянное. Во внутреннем освещении используется в основном рассеянное (диффузное) отражение. Характер отражения определяется коэффициентом отражения, выражающим отношение отраженного светового потока к падающему ($r = F_r/F_0$).

Коэффициент отражения задается в основном для рассеянного падающего света (r_{dif}) или для квазипараллельного падающего света под углом 8° (r). В осветительной технике мерой служит в основном r_{dif}, r и r_{dif} могут достигать теоретически максимального значения 1 (100%). В **табл. 3.1** приведены коэффициенты отражения наиболее распространенных красок и материалов.

Коэффициенты отражения наиболее распространенных красок и материалов *Таблица 3.1*

Краски	ρ	Материалы	ρ
Белая	0,8	Штукатурка	0,8
Светло-желтая	0,7	Кафель, белый	0,7
Светло-зеленая, розовая	0,4	Клен, береза	0,6
Небесно-голубая	0,4	Дуб, светлый	0,4
Светло-серая	0,4	Бетон	0,3
Светло-коричневая	0,3	Грецкий орех, темный	0,2
Серая	0,2	Дуб, темный	0,2
Темно-красная	0,1	Кирпич красный	0,2
Черная	0,1	Стеклоблоки	0,1

Определение.
Трансмиссия — *это свойство материала беспрепятственно пропускать встречное излучение. Мерой ее является коэффициент трансмиссии* $t = F_t/F_0$.

Отражение и преломление

При попадании света на материал (например, на оконное стекло) происходят **три явления**: часть света отражается от его поверхности, часть поглощается им и оставшаяся часть проходит через него. Эти части светового потока обозначаются: $\mathbf{F_r}$ — поток отраженного света; $\mathbf{F_a}$ — поток поглощенного света; $\mathbf{F_t}$ — поток пропущенного света.

Для количественного анализа берутся отношения каждого из трех вышеназванных частей светового потока к общему падающему световому потоку:

- $r = F_r/F_0$ — коэффициент отражения;
- $a = F_a/F_0$ — коэффициент поглощения;
- $t = F_t/F_0$ — коэффициент пропускания,
  (где $r + a + t = 1$ или $F_r + F_a + F_t = F_0$).

Поглощенный световой поток преобразовывается в тепловую энергию и нагревает материал. Чем темнее материал, тем больше светового потока он поглощает. Например, обыкновенное защитное стекло толщиной 4 мм отражает 8%, пропускает 90% и поглощает 2% падающего светового потока. На **рис. 3.1** представлен идеальный случай: строго направленное и полностью рассеянное отражение или преломление.

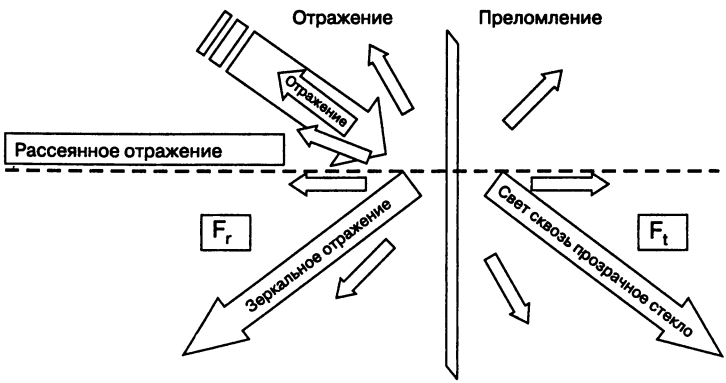


Рис. 3.1. *Отражение и преломление*

Цветопередача

Характеристика цветопередачи лампы (см. **табл. 3.2**) описывает, насколько натурально выглядят окружающие нас предметы в свете этой лампы. Выражением этого является **общий индекс цветопередачи R_a**. Для определения величины R_a, из окружающей среды выбирают восемь тестовых цветов, которые освещаются тестируемой лампой, а затем стандартной лампой, имеющей такую же цветовую температуру (от температуры «черного тела» до дневной). Чем меньше разница в цветопередаче между тестовыми цветами, тем лучше цветопередача исследуемой лампы. Максимальное значение R_a составляет 100 (как среднее для восьми тестовых цветов).

В зависимости от места установки лампы и выполняемой ими задачи искусственный свет должен обеспечивать возможность наиболее лучшего восприятия цвета (как при естественном дневном свете). Данная возможность определяется характеристиками цветопередачи источника света, которые выражаются с помощью общего коэффициента цветопередачи R_a.

Коэффициент цветопередачи отражает уровень соответствия естественного цвета тела с видимым цветом этого тела при освещении его эталонным источником света.

Для сравнения с рассмотренными источниками света фиксируется сдвиг цвета с помощью 8 (или 14) указанных в DIN 6169 стандартных эталонных цветов, который наблюдается при направлении света тестируемого или эталонного источника света на эти эталонные цвета. Чем меньше отклонение цвета излучаемого тестируемой лампой света от эталонных цветов, тем лучше характеристики цветопередачи этой лампы. Источник света с показателем цветопередачи R_a = 100 излучает свет, оптимально отображающий все цвета, как свет эталонного источника света. Чем ниже значения R_a, тем хуже передаются цвета освещаемого объекта.

Цветопередача *Таблица 3.2*

Характеристика цветопередачи	Степень цветопередачи	Коэффициент цветопередачи R_a	Примеры ламп
Очень хорошо	1A	Более 90	Галогенные лампы; люминесцентные лампы LUMILUX DE LUXE; HQI.../D
Очень хорошо	1B	80...89	Люминесцентные лампы LUMILUX; HQI.../NDL или WDL
Хорошо	2A	70...79	Стандартные люминесцентные лампы 10 и 25
Хорошо	2B	60...69	Стандартные люминесцентные лампы 30
Достаточно	3	40...59	HQL
Недостаточно	4	Менее 39	Натриевые газоразрядные лампы высокого и низкого давления

Тестируемые цвета

R1 — цвет увядшей розы;
R2 — горчичный;
R3 — салатовый;
R4 — светло-зеленый;
R5 — бирюзовый;
R6 — небесно-голубой;
R7 — цвет фиолетовой астры;
R8 — сиреневый.

Дополнительные тестируемые цвета с насыщенными красками

R9 — красный;
R10 — желтый;
R11 — зеленый;
R12 — синий;
R13 — цвет кожи;
R14 — цвет зеленого листа.

Равномерность освещения

Равномерность освещения зависит от разновидности и расположения светильников, от геометрии и вида ограничивающих поверхностей. Она влияет как на зрительный комфорт, так и на зрительную способность. Неравномерность освещенности может привести к появлению зон, в которых возникает недостаточный контраст между предметами и окружением. Кроме того, глаза, вынужденные из-за неравномерности освещения часто перенастраиваться, быстро утомляются.

Равномерность в конкретном месте **определяется значениями яркости** L_{min}, L_{max} и L_{cp} (L_{min} — наименьшая яркость в районе подсчета, L_{max} — максимальная яркость в районе подсчета и L_{cp} — средняя яркость в районе подсчета). Были учреждены следующие две оценки: $G = L_{min}/L_{max}$ и L_{min}/L_{cp}.

Для продольной gl и поперечной gq равномерности рекомендуются согласно DIN 5044 значения, приведенные в **табл. 3.3**.

Равномерность освещения *Таблица 3.3*

Равномерность в продольном направлении			Равномерность в продольном направлении			Оценка
Степень	Рекомендуемая	Допустимая	Степень	Рекомендуемая	Допустимая	
A	1:1,3	1:1,6	D	1:2,5	1:4,0	Отлично
B	1:1,6	1:2,0	E	1:4,0	1:6,0	Хорошо
C	1:2,0	1:2,5	F	1:6,0	1:8,0	Удовлетворительно

Световая отдача

Определение.

Световая отдача — *это величина, которая показывает, с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет. Единица измерения:* **люмен на ватт [лм/Вт].**

Теоретически достигаемая максимальная величина при полном преобразовании энергии в видимый свет составляет 683 лм/Вт. Реально достижимые значения, разумеется, значительно ниже и находятся между 10 лм/Вт и 150 лм/Вт. **Реальные примеры** *световой отдачи различных источников света приводятся на* **рис. 3.2.**

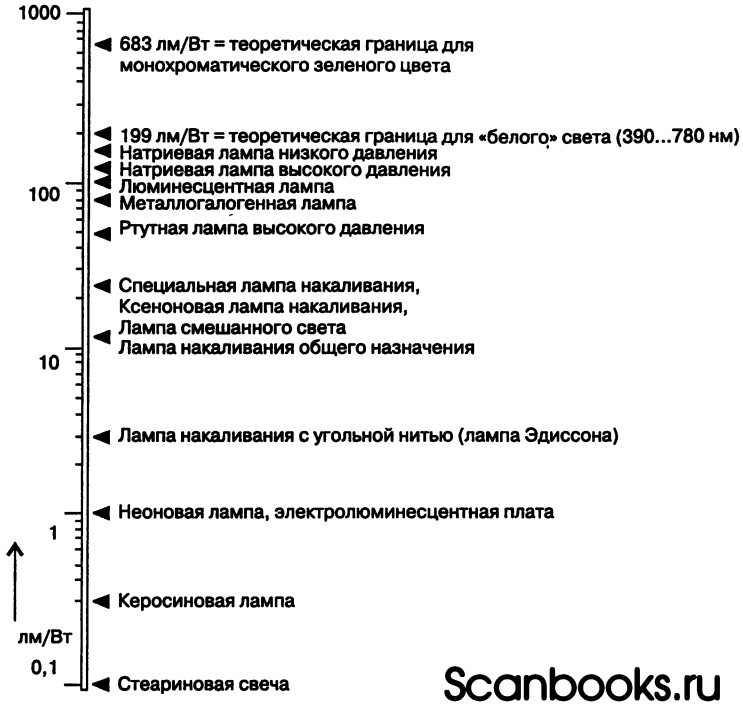


Рис. 3.2. *Реальные примеры световой отдачи различных источников света*

3.1.2. Полезные термины и определения

Видимое излучение — электромагнитное излучение с длиной волны от 380 до 780 нм. Нм (нанометр) — одна миллиардная доля метра.

Коэффициент цветопередачи R_a — отношение цветов предметов при освещении их данным источником света к цветам этих же предметов, освещаемых источником света, принятым за эталон (чаще всего Солнцем), в строго определенных условиях.

Данный коэффициент отражает уровень соответствия естественного цвета тела с видимым цветом этого тела при освещении его эталонным источником света. Для определения значения фиксируется R_a сдвиг цвета с помощью восьми указанных в DIN 6169 стандартных эталон-

ных цветов, который наблюдается при направлении света тестируемого источника света на эти эталонные цвета. Чем меньше отклонение цвета излучаемого тестируемой лампой света от эталонных цветов, тем лучше характеристики цветопередачи этой лампы. Источник света с показателем цветопередачи $R_a = 100$ излучает свет, оптимально отражающий все цвета, как свет эталонного источника света. Чем ниже значение R_a, тем хуже передаются цвета освещаемого объекта:

$R_a = 91—100$ — очень хорошая цветопередача;

$R_a = 81—91$ — хорошая цветопередача;

$R_a = 51—80$ — средняя цветопередача;

$R_a < 51$ — плохая цветопередача.

Освещение — применение света в конкретной обстановке, рядом с объектами или в их окружении, с целью сделать их видимыми.

Освещенность E — величина, которая отражает соотношение падающего светового потока к освещаемой площади. Освещенность равна 1 лк, если световой поток 1 лм равномерно распределяется по площади 1 м². Единица измерения: люкс [лк]. Примеры величины освещенности:

Солнечный летний день — 60000—100000 лм.

Мрачный летний день — 20000 лм.

Мрачный зимний день — 3000 лм.

Хорошо освещенное рабочее место — 500—750 лм.

Пешеходная зона — 5—100 лм.

Ночь полнолуния — 0,25 лм.

Ночь безлунная — 0,01 лм.

Освещенность согласно DIN 5035/2 трактуется как минимальная освещенность на рабочих местах определяется в DIN 5035 (части 2) и соответствующими директивами для рабочих мест. Разумеется, соблюдение этих регламентов и норм не гарантирует в каждом случае хорошую систему освещения.

Свет и излучение — электромагнитное излучение, вызывающее в глазу человека зрительное ощущение. При этом речь идет об излучении в диапазоне от 360 до 830 нм, занимающем мизерную часть всего известного нам спектра электромагнитного излучения.

Световая отдача h — величина, которая показывает, с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет. Этот термин относится исключительно к источникам света (лампам), а не к светильникам, для которых применяется понятие КПД, т. е. отношение излученного светильником светового потока к общему

световому потоку, излучаемому находящимися в нем источниками света (лампами).Единица измерения: люмен на ватт.

Световой поток Ф — вся мощность излучения источника света, оцениваемая по световому ощущению глаза человека. Полное количество света, излучаемого данным источником. Единица измерения: люмен [лм].

Сила света I — интенсивность излучаемого в определенном направлении света. Источник света излучает световой поток Ф в разных направлениях с различной интенсивностью. Отношение светового потока, направляемого от источника света (лампы) или светильника в пределах элементарного пространственного угла (1 стерадиан), охватывающего данное направление, к этому углу. Полный пространственный угол равен 12,56 стерадиан (4 пи). Единица измерения: кандела [кд].

Система комбинированного освещения — система освещения помещений, включающая в себя светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные для освещения только лишь рабочей поверхности (местное освещение), а также светильники общего освещения, предназначенные для выравнивания распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности по проходам освещаемого помещения. Светильник общего назначения: светильник, не предназначенный для специального назначения. Примерами светильников общего назначения являются подвесные светильники, отдельные прожекторы и некоторые стационарные светильники для установки на поверхности или встраиваемые. Примерами светильников специального назначения являются светильники для тяжелых условий эксплуатации, для фото- и киносъемок, для плавательных бассейнов.

Система общего освещения — система освещения помещения, предназначенная для освещения не только рабочих поверхностей, но и всего помещения в целом, в связи с чем светильники общего освещения обычно размещаются под потолком на достаточно большом расстоянии от рабочих поверхностей.

Цветность света очень хорошо описывается цветовой температурой. Существуют следующие **три главные цветности света**: тепло-белая менее 3300 К, нейтрально-белая 3300—5000 К, белая дневного света — более 5000 К. Лампы с одинаковой цветностью света могут иметь различные характеристики цветопередачи, что объясняется спектральным составом излучаемого ими света.

Цветовая температура — мера объективного впечатления от цвета данного источника света. Цветовая температура источника света определяется путем сравнивания с так называемым «черным телом» и отображается «линией черного тела». Если температура «черного тела» повышается, то синяя составляющая в спектре возрастает, а красная составляющая убывает. Лампа накаливания с тепло-белым светом имеет, например, цветовую температуру 2700 K, а люминесцентная лампа с цветностью дневного света — 6000 K. Единица измерения: кельвин (K).

2700 K — сверхтеплый белый.

3000 K — теплый белый.

4000 K — естественный белый или нейтральный белый.

5000 K — холодный белый (дневной).

Цветовое ощущение — общее, субъективное ощущение, которое человек испытывает, когда смотрит на источник света. Свет может восприниматься как теплый белый, нейтральный белый, холодный белый. Объективное впечатление от цвета источника света определяется цветовой температурой.

3.2. Разновидности светильников и правила их выбора

3.2.1. Как сделать освещение эффективным

Выбор светильника в зависимости от поставленной задачи

Светильники прямого света предназначены для помещения с невысокими потолками. Как правило, это обычные потолочные или встроенные в потолок приборы. Они отличаются экономичностью при создании местного освещения для чтения и работы или при подсветке картин, скульптур и т. д.

Светильники рассеянного света имеют наиболее высокий коэффициент полезного действия (КПД) и подходят для общего освещения. Оно отличается равномерным распределением яркости света, отраженного от поверхностей стен, потолка и пола, мягкими тенеобразующими свойствами и повышенной насыщенностью светом, что важно для создания зрительного комфорта. Но если в цветовой гамме интерьера превали-

руют темные тона (особенно потолка и стен), то для таких светильников придется ставить более мощные лампы.

При покупке светильника необходимо проверить его работоспособность, надежность крепления деталей, насколько легко устанавливается лампа в патроне и есть ли простой доступ к лампе и внутренним поверхностям, требующим регулярной очистки. Следует помнить, что более твердые материалы, имеющие гладкую поверхность, меньше загрязняются и проще моются.

Светильники отраженного света создают наиболее комфортное и равномерное освещение, полностью соответствующее нормам по ограничению показателей слепящего эффекта и дискомфорта, хорошую насыщенность светом, сочетание с верхним или боковым дневным светом. Для повышения экономичности освещения необходима отделка потолка с максимальным коэффициентом отражения.

Правила подбора светильника

При выборе светильника учитывают: условия окружающей среды; требования к характеру светораспределения; электробезопасность, экономическую целесообразность.

В квартирах и комнатах **с низкими потолками** рекомендуется: применять светильники, люстры с короткими и регулирующимися штангами, шнурами; подвесы с плоскими рассеивателями, подобранными по декоративной расцветке, соответствующей цвету стен жилого помещения; потолочные светильники и плафоны с декоративной отделкой.

Для просторных комнат и квартир **с высокими потолками** подойдут: многорожковые люстры; декоративные подвесные светильники с большим количеством (3—5) рассеивателей.

Для создания уюта и обстановки, способствующей отдыху человека после трудового дня, учебы, чтению художественной литературы, применяют **светильники для местного освещения**. Вариантов исполнения светильников местного освещения очень много.

Полезные советы по организации правильного освещения

Комфортность современного жилья неотделима от качественного освещения. При этом глаза не должны перенапрягаться и уставать. Оказывается, чтобы достичь зрительного комфорта, надо выдержать на определенном уровне много светотехнических параметров: **оптималь-**

ную освещенность; минимальное слепящее действие; грамотное распределение яркости света по основным поверхностям; правильную цветопередачу и тенеобразование. А обеспечить все это помогут правильно выбранные и размещенные светильники.

С изменением **яркости света**, отраженного от пола, стен и потолка, меняется зрительное восприятие пропорций помещения, поэтому, варьируя яркость, можно «корректировать» объем помещения. А то, как мы воспринимаем форму предмета, оказывается, зависит от яркости отдельных его поверхностей и от распределения образующихся на нем теней. Значит, свет может «управлять» формой объектов, увеличивать или, к сожалению, уменьшать их выразительность.

Главное здесь — правильно выбрать **направление падающего светового потока**. Если объемный предмет равномерно осветить со всех сторон, он может казаться плоским, так как при рассеянном освещении объемность теряется. Известно, что **цвет** эмоционально воздействует на человека. Поэтому следует учитывать, что восприятие одного и того же цвета может сильно зависеть от климата местности, а также от привычек и вкусов человека. Так, в журнале *«Идеи Вашего дома» (№7/2000)* Марина Табакова дает ряд полезных и интересных советов по правильной организации освещения в доме.

Совет 1. *Темный потолок кажется более низким, а светлый — высоким. Слишком светлый пол «снижает» высоту помещения. Более светлая стена в конце узкого коридора зрительно делает его шире.*

Совет 2. *Цвета теплых тонов «приближают» предметы (например, желтая стена кажется ближе), а холодных — «удаляют».*

Совет 3. *В маленьких помещениях для визуального расширения пространства и увеличения насыщенности светом нужно повышать освещенность стен и применять отделочные материалы с хорошими отражающими свойствами (то есть с большим коэффициентом отражения), а в больших — применять тот же прием, но для пола и потолка.*

Совет 4. *Окна, картины и зеркала способствуют «расширению» пространства.*

Совет 5. *При освещении больших помещений лучше использовать светильники прямого света.*

Совет 6. *Следует помнить, что черный цвет «сужает» помещение, а белый — «расширяет».*

Совет 7. *Если в узком помещении светильники расположены вдоль средней линии потолка, то комната будет казаться еще более узкой. Чтобы ее зрительно расширить, необходимо расположить светильники по линии, смещенной к одной из стен.*

Совет 8. *В помещении можно выделить функциональные зоны не только перегородками, но и с помощью светильников местного освещения, например, бра.*

Совет 9. *Наименее устойчивы к воздействию света рукописи, документы, фотографии, произведения живописи (акварель, темпера, пастель), гобелен, кружева, одежда. По нормам уровень освещенности таких предметов не должен превышать 50 лк.*

Совет 10. *Наилучший результат дает сочетание рассеянного или отраженного освещения с прямым направленным светом, но при работе с объектом (таким как, например, лицо человека), имеющим глубокий, ярко выраженный рельеф, важнее роль мягкого рассеянного или отраженного света.*

Совет 11. *Применяя светильники направленного света, необходимо избегать образования нежелательных теней, способных изменить форму и освещаемого, и близлежащего объекта, а также интерьера в целом.*

Совет 12. *Если поверхность освещена неравномерно, то ее отдельные участки воспринимаются как лежащие на разных уровнях.*

Совет 13. *Экспериментируя с тенями, можно создавать самую разнообразную световую динамику в помещении.*

Совет 14. *Если в комнате создана равномерная освещенность, то теплый цвет воспринимается ярче, чем холодный.*

Совет 15. *Если поверхность предметов, стен и т. д. окрашена в темный цвет, то их фактура и обработка не будут хорошо видны.*

Совет 16. *На ярком фоне объект выглядит темнее, а на темном — светлее.*

Совет 17. *Цвета теплой тональности выигрывают при освещении лампами накаливания и разрядными лампами теплобелого света.*

Совет 18. *Если в отделке использовать насыщенные и разнообразные по тону цвета, то зрительное утомление увеличивается.*

Поддержание постоянного уровня освещенности

Системы освещения **с регулировкой светового потока** обеспечивают больший комфорт и экономию электроэнергии. Наряду с индивидуальным использованием дистанционного управления или клавишного выключателя начинают применяться контуры регулирования с датчиками дневного света.

В светильниках с использованием **низковольтных галогенных ламп**, работающих с магнитным трансформатором, управление осуществляется через **регулировку светового потока с отсечкой фазы по заднему фронту**. При работе с электронными трансформаторами управление осуществляется через **регулировку светового потока с отсечкой фазы по переднему фронту**.

В светильниках с электронными ПРА, управляющими компактными люминесцентными лампами, а также с люминесцентными лампами диапазон регулирования светового потока составляет 0—100% и 1—100%, соответственно. Регулировка светового потока при этом осуществляется через **интерфейс 1—10 В**.

Поддержание постоянного уровня освещенности осуществляется системами освещения с регулировкой светового потока. Это позволяет снизить расходы на электроэнергию, повысить световой комфорт и адаптировать освещение индивидуальным требованиям.

Подключение осуществляется через ЭПРА с возможностью регулирования светового потока через **интерфейс 1—10 В** или **DALI в комбинации** с соответствующими датчиками. При этом различают автоматическое управление, ручное и комплексное управление. Подбор подходящих 1—10 В компонентов управления зависит от каждого конкретного случая применения. При использовании световых датчиков уровень освещенности регулируется в зависимости от уровня естественного дневного света. Таким образом, для освещения используется и бесплатный дневной свет, что позволяет экономить до 60% расходов на электроэнергию. До 70% расходов на энергию можно сэкономить, используя специальные датчики для выключения света, датчики движения и таймеры.

Распространенные системы освещения

В практике проектирования осветительных установок используются две отличительные друг от друга системы освещения. Так, **система общего освещения** предназначена для освещения всего помещения в целом. В связи с этим светильники общего освещения обычно размещаются под потолком помещения на достаточно большом расстоянии от рабочих поверхностей.

В системе общего освещения принято различать **два способа размещения светильников:** равномерное и локализованное. В системе общего равномерного освещения расстояния между светильниками в каждом ряду и расстояния между рядами выдерживаются неизменными. В системе общего локализованного освещения положение каждого светильника определяется соображениями выбора наивыгоднейшего направления светового потока и устранения теней на освещаемом рабочем месте, т. е. целиком зависит от расположения оборудования.

Равномерное расположение светильников общего освещения применяется обычно в тех случаях, когда желательно **обеспечить одинаковые условия освещения** по всей площади помещения в целом. При необходимости дополнительного подсвета отдельных участков освещаемого помещения, если эти участки достаточно велики по площади или если по условиям работы невозможно устройство местного освещения, прибегают к локализованному размещению светильников.

Локализованное размещение светильников позволяет одновременно с уменьшением удельной установленной мощности по сравнению с вариантом равномерного размещения обеспечить и лучшее качество освещения. При этом удается создать желательное направление светового

потока на рабочие поверхности и устранить падающие тени от близко расположенного оборудования или человека.

К **недостаткам локализованного размещения** светильников следует отнести несколько повышенную по сравнению с равномерным размещением неравномерность распределения яркости в поле зрения и некоторое усложнение прокладки электрической осветительной сети.

Вторая система — **система комбинированного освещения** — включает в себя как светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные для освещения только лишь рабочей поверхности (местное освещение), так и светильники общего освещения, предназначенные для выравнивания распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности. Пользуясь приведенными ниже рекомендациями (разработаны Федотовым Г.А., ООО «Сонекс-К», **www.sonex-light.ru**) можно произвести **приближенный расчет** освещения заданного пространства.

Прикидочный расчет освещения заданного помещения

Для производства расчета по **табл. 3.4** выберем **тип источника света и способ установки** светильника, которые считаете желательными для освещения вашего помещения. Для примера возьмем **подвесной светильник (люстру) с лампами накаливания**, обеспечивающий равномерное светораспределение. Руководствуясь **табл. 3.7**, определим требуемый уровень освещенности. Предположим, что проектируется освещенность детской комнаты площадью 13 м^2, в которой будут происходить подвижные игры. Для этого процесса требуется освещенность 100 лк.

По **табл. 3.6** находим, что для получения такой освещенности при использовании ламп накаливания необходимо обеспечить установочную мощность 29 Вт/м^2. При заданной площади 13 м^2 для создания освещенности 100 лк требуется мощность:

$$P = 29\ Вт/м^2 \cdot 13\ м^2 = 367\ Вт.$$

Итоги расчета: необходимо использовать подвесной светильник с шестью лампами по 60 Вт каждая.

Области применения бытовых светильников *Таблица 3.4*

Функциональное назначение	Тип лампы		Методы установки						
	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Подвесной	Потолочный	Настенный	Пристраиваемый	Настольный	Напольный	Встраиваемый
Общее освещение									
Жилые комнаты	X	X	X	X	X	X	X	X	.
Кухни	X	X	X	X	X	X	–	–	X
Ванные комнаты	X	X	X	X	X	X	–	–	.
Санузлы	X	X	.	X	X	–	–	–	.
Вспомогательные помещения	X	X	X	X	X	X	–	–	X
Местное освещение									
Рабочие зоны	X	X	–	X	–	X	X	X	X
Зоны отдыха	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Локальные объекты	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Освещение для ориентации ночью	X	–	–	X	X	X	X	X	X

X — целесообразно.

Удельная мощность освещения люминесцентными лампами *Таблица 3.5*

Средняя освещенность, лк	В основном прямое светораспределение	Равномерное светораспределение	Отраженное светораспределение
50	3,5	4,5	5,5
75	5,5	7	8
100	7,5	9,5	11
150	11	14	16
300	22	28	32
500	35	45	55
1000	75	95	110

Удельная мощность освещения лампами накаливания *Таблица 3.6*

Средняя освещенность, лк	Классы светопередачи		
	В основном прямое светораспределение	Равномерное светораспределение	Отраженное светораспределение
20	6	7	8,5
30	7	8,5	10,5
50	12	14,5	17,5
75	19	22	26
100	24	29	35
200	48	70	85
300	72	85	105
500	120	145	175
1000	240	290	350

Оптимальные уровни освещенности при основных видах труда и отдыха *Таблица 3.7*

Уровни освещенности, лк	Общая комната	Кабинет, детская	Спальня	Кухня	Прихожая, коридор	Ванная	Санузел	Кладовая
1000	Шитье, рукоделие	—	—	—	—	—	—	—
500	Подсветка локальных объектов	Черчение, рисование, живопись	—	—	—	—	—	—
300	—	Чтение, письмо	—	Обработка продуктов	—	—	—	—
200	Чтение в кресле	Настольные игры	Бритье, косметические процедуры, чтение лежа	Прием пищи, сервировка	Туалет у зеркала	Бритье, косметические процедуры, умывание	—	—
150	Застолье, глажение	Укладка и извлечение книг	—	Мытье посуды	Прием гостей	Стирка, мытье	—	—
100	—	Подвижные игры	Уход за больными	Укладка и извлечение продуктов	—	—	—	Укладка и извлечение вещей, уборка помещения
75	Уборка помещения	Укладка и извлечение вещей, уборка помещения	Укладка и извлечение вещей, уборка помещения	Уборка помещения	Одевание и снятие верхнейодежды, уборка помещения	Уборка помещения	Уборка помещения	Уборка помещения
50	Пассивный отдых	Одевание, гимнастика	Одевание, гимнастика	—	—	—	—	—
10	Просмотр телепередач	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью	Освещение для ориентирования ночью

Особенности освещения в различных помещениях

В целях экономии электроэнергии, создания мягкого светораспределения, однородной освещенности и яркости применяют **светильники с люминесцентными лампами**. Промышленность выпускает много модификаций люминесцентных светильников разной конфигурации и декоративных рисунков рассеивателя.

Спальня кроме общего освещения может иметь светильник возле туалетного столика. Лучше всего устроить двухстороннее освещение. Источник света располагают на уровне головы человека, сидящего у столика, чтобы был мягкий, рассеянный свет белого или чуть розового оттенка. Свет, падающий сверху, дает глубокие тени на лице.

Прихожая должна быть ярко освещена: висячий светильник или плафон под потолком, а также бра, лучше всего с обеих сторон зеркала и примерно на уровне головы.

Детская комната — рекомендуется общее освещение, специальное (над рабочим столом и местом для игр) и ночник. В комнатах для детей дошкольного возраста светильники, выключатели и штепсельные розетки ставятся в местах, не доступных для детей. Проводка лучше всего скрытая. В детских комнатах не следует ставить настольных ламп, падение их может вызвать несчастный случай. Над рабочим местом ребенка желательно иметь настенную лампу на шарнирных кронштейнах, прикрепленную с левой стороны стола. Абажур висячей лампы должен быть сделан из материала, рассеивающего свет. Абажур настенной лампы из непрозрачного материала должен давать узкую полоску света, сосредоточенного на рабочем месте. Освещение комнаты достаточно яркое, но без резкого перехода от света к тени.

Кухня может иметь общее освещение и местное — над рабочим столом хозяйки, над плитой. Для освещения кухонного стола, мойки, плиты очень удобны лампы дневного света: они более прочны, а энергии расходуют в четыре раза меньше, чем обычные лампы. Над обеденным столом люминесцентные лампы устанавливать не рекомендуется, они придают продуктам бледный, неаппетитный вид.

Ванная — рекомендуется ставить вверху плафон, освещающий всю комнату. Здесь можно применять лампы накаливания и люминесцентные.

В **подсобных помещениях** светильники выбирают по назначению и условиям окружающей среды.

Сухие складские помещения — следует применять светильники со стеклянным отражателем, предотвращающим выпадание колбы лампы при эксплуатации (ПСХ-60, НСП-03, НСП-01).

Погреба, коридоры, сени, веранды освещаются светильниками, изготовленными для помещений с повышенной влажностью, или подвесными патронами, изготовленными из фарфора (НБО-60, ПСХ-60, ПСХ-75). **Сараи**, а также подсобные помещения для содержания скота, птицы освещаются светильниками, рассчитанными для помещений с химически активной средой. К ним относятся «Астра-1», «Астра-2», «Астра-11», «Астра-12» и т. д.

Правило.
Мощность ламп для жилых комнат выбирают исходя из удельной мощности, т. е. около **10 Вт на один квадратный метр площади**. *Для нежилых помещений квартиры предусматривается удельная мощность 6 Вт/м²*.

Светильники с люминесцентными и ртутными лампами применяют для освещения помещений, где выполняют работу большой и средней точности, а также в производственных помещениях с недостаточным или отсутствующим естественным освещением, во вспомогательных помещениях с постоянным пребыванием людей при нормируемой освещенности выше 100 лк. Светильники с этими типами ламп и прожекторы с лампой ДРЛ рекомендуются для освещения дворовых территорий и открытых пространств, требующих повышенной освещенности. Кроме того, светильники с люминесцентными лампами ЛДЦ применяют в помещениях, где выполняются работы, требующие распознавания цветовых оттенков.

Светильники с ртутными лампами целесообразно применять при высоте помещения более 6 м, где не требуется правильного различия цветов.

Оптимальное искусственное освещение

Оптимальное искусственное освещение должно обеспечивать равномерную и достаточную освещенность жилища. **Общую освещенность** в комнате можно считать достаточной, если эта освещенность эквивалентна мощности ламп накаливания 15—25 Вт на 1 м² площади.

Пример.
Для освещения различных функциональных зон квартиры можно применять лампы накаливания, исходя из такого минимального значения освещения (люкс): общее освещение (на уровне пола) — 30; кухонь – 75; поверхности рабочего стола — 100; обеденной зоны — 50; зоны отдыха — 30.

Компьютерные рабочие места

Контрольные цифры для освещения компьютерных рабочих мест установлены **в DIN 5035, части 2**, а также директивой ЕС для компьютерных рабочих мест 90/270/EWG, приложение которой содержит приведенные ниже рекомендации. Более подробные технические характеристики приводятся **в нормах DIN 5035-7 и DIN 66234-7**.

Общее освещение и/или специальное освещение (рабочие лампы) должно иметь такие параметры, количество и расположение источников света, чтобы были гарантированы необходимые условия освещения, достаточный контраст между монитором и окружением, исходя из вида деятельности и нагрузки на зрение пользователя.

3.2.2. История создания светильников и основные определения

Определение.
Светильник — *источник света (лампа, лампы), заключенный в осветительную арматуру. Источниками света служат лампы накаливания, галогенные лампы накаливания, газоразрядные и люминесцентные и светодиоды.*

Появление светильника

Человечеству потребовалось несколько тысяч лет, чтобы пройти путь от первых масляных ламп и факелов до создания свечи и всего 150 лет для того, чтобы перейти от первых экспериментов с электрическим током для целей освещения к сегодняшней светотехнике. В 1854 году Генрих Гебель впервые представил изобретенную им лампу с бамбуковыми нитями накала. В 1873 году А. Н. Ладыгин демонстрирует освещение лампами накаливания улицы в Петербурге. В 1879 году Эдисон получил патент на лампу накаливания с платиновой спиралью, а в 1880 году — на лампу накаливания с угольной нитью, поддерживаемой металлическими проводниками.

В 1936 году были изобретены газоразрядные лампы, которые стали основным источником искусственного света. В 1972 году появились галогенные лампы, получившие самое широкое использование в быту. В середине 80-х годов прошлого столетия в массовое производство

были запущены компактные люминесцентные лампы. Наряду со стремительной эволюцией самих ламп активно развивалось направление светильников. Разрабатывались все более совершенные и безопасные материалы, из которых сами светильники становились неповторимыми шедеврами. В последние десятилетия в комплектующих светильников стала активно применяться электроника. Так что же такое светильник?

Понятие светильника

Для распределения светового потока в нужном направлении и защиты от слепящего действия электрические лампы устанавливаются в **арматуре**. Лампа вместе с арматурой называется **светильником**. 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. Типы светильников выбираются в зависимости от характера окружающей среды, высоты подвеса, светотехнических требований и интерьера помещения.

Для защиты глаз наблюдателя от слепящего действия раскаленной нити лампы накаливания каждый светильник должен иметь определенное значение защитного угла.

Светильники предназначены для рассеивания света ламп накаливания (устранения слепящего эффекта) и придания эстетических форм осветительной системе. **Защита от слепящего действия** ламп в светильниках достигается применением светорассеивающих оболочек (рассеивателей), экранирующих решеток и колец, а также соответствующим заглублением ламп в арматуре. Этими мерами создается защитный угол, под которым не видны нить накала или светящаяся поверхность лампы. Светильники также предохраняют лампы накаливания от прикосновений к ним, в ряде случаев от попадания влаги, пыли.

Назначение светильников

Правильно собранный светильник делает осветительную систему с лампами накаливания безопасной и эффективной в работе. По типу систем освещения, в которых применяют светильники, они делятся на следующие разновидности, приведенные в **табл. 3.8**.

Классификация светильников по назначению *Таблица 3.8*

Разновидности светильников	Назначение
Светильники общего освещения (подвесные, потолочные, настенные, напольные, настольные)	Для общего освещения помещений
Светильники местного освещения (настольные, напольные, настенные, подвесные, пристраиваемые, встраиваемые в мебель)	Для обеспечения освещения рабочей поверхности в соответствии с выполняемой зрительной работой
Светильники комбинированного освещения (подвесные, настенные, напольные, настольные)	Выполняют функции как светильника общего, так и местного освещения или одновременно обе функции
Декоративные светильники (настольные, настенные)	Выполняют функцию элемента убранства интерьера
Светильники для ориентации — ночники (настольные, настенные)	Для создания освещения, необходимого для ориентации в жилых помещениях в темное время суток
Экспозиционные светильники (настольные, настенные, пристраиваемые, встраиваемые, потолочные, подвесные, напольные)	Для освещения отдельных объектов

Измерение условного защитного угла

Важной светотехнической характеристикой светильника является **условный защитный угол**. Его величина характеризует зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия лампы. Согласно методике, принятой Британским институтом по эксплуатации зданий (CIBSE Lighting Guide LG3), величина защитного угла измеряется между вертикалью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и краю отражателя или непрозрачного экрана. Чем меньше значение угла, тем меньше раздражающее воздействие прямого света лампы на глаза человека, находящегося в помещении, а значит и ниже утомляемость при работе с документами или мелкими объектами.

В зависимости от величины защитного угла европейские строительные нормы делят светильники для освещения общественных помещений на три категории (Германия DIN 5035, Великобритания CIBSE LG3). Категории регламентируют возможность использования светильников в офисных помещениях определенного назначения.

Полезные определения

Отражатели — это светоуправляющие устройства, работающие на базе отражающей поверхности. Они могут быть зеркальными и рассеивающими.

Рассеивающие отражатели в основном покрываются белым лаком. КПД и распределение света определяются прежде всего глубиной установки лампы и габаритами отражателя. Его форма оказывает незначительное влияние.

Зеркальные отражатели на сегодняшний день почти без исключения изготавливаются из полированного и анодированного алюминия, поэтому контур отражателя играет решающую роль. Практическое значение на сегодняшний день имеют следующие формы зеркальных отражателей:

- ***сферические отражатели*** отбрасывают свет в фокус, они часто применяются, как дополнительные отражатели для концентрированных световых пучков и в автомобильных фарах.
- ***эллипсоидальные отражатели*** направляют свет во второй фокус. С помощью такого отражателя можно управлять большим количеством света из малых отверстий при условии, что при этом используются маленькие лампы с высокой яркостью. Недостатком является высокая температура в фокусе, объясняющаяся узкой фокусировкой направленностью света.
- ***параболические отражатели*** выстраивают свет от источника света в своем фокусе параллельно. Максимальное значение силы света определяется яркостью источника света и отверстием (проемом) отражателя. Параболические отражатели в основном применяются в автомобильных фарах и прожекторах.

Светильник — прибор, перераспределяющий, фильтрующий и преобразующий свет, излучаемый одной или несколькими лампами и содержащий все необходимые детали для установки, крепления его и ламп, но не сами лампы, а также электрические цепи и элементы для присоединения его к электрической сети.

КПД светильника — величина, которая отражает отношение светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы. Является важным критерием оценки энергоэкономичности светильника.

Светильник автономный — светильник с индивидуальным источником питания.

Светильник венчающий — опорный светильник для установки на вертикальной опоре.

Светильник встраиваемый — светильник, предназначенный для полного или частичного встраивания в монтажную полость. Термин относится к светильникам, предназначенным для работы в замкнутых объемах, устанавливаемым в специальной полости, например, в подвесные потолки.

Светильник консольный — опорный светильник, световой центр которого смещен относительно вертикали, проходящей через точку крепления опоры.

Светильник напольный (торшер) — опорный светильник для установки на полу.

Светильник настенный (бра) — светильник, для установки на вертикальную поверхность.

Светильник настольный — опорный светильник, для установки на столе или другой мебели.

Светильник опорный — светильник, для установки на верхней стороне горизонтальной поверхности или крепления к ней с помощью стойки или опоры.

Светильник переносной — светильник, который при нормальном использовании может легко перемещаться с места на место без отключения от электрической сети. К переносным светильникам относятся настольные светильники с несъемным гибким кабелем или шнуром, снабженным штепсельной вилкой, и светильники, которые могут быть закреплены на основании при помощи винтов-барашков, зажимов или крюков так, чтобы обеспечивалось быстрое снятие их с основания вручную.

Светильник подвесной — светильник, который крепится к опорной поверхности снизу при помощи элементов подвеса высотой более 0,1 м.

Светильник потолочный — светильник, который крепится к потолку непосредственно или с помощью элементов крепления высотой не более 0,1 м.

Светильник пристраиваемый — светильник, жестко прикрепляемый непосредственно к поверхности мебели или оборудования.

Светильник регулируемый — светильник, основная часть которого может изменять положение в пространстве при помощи шарниров, пантографов и гибких стоек, телескопических и подобных устройств. Регулируемый светильник может быть стационарным или переносным.

Светильник ручной — переносной светильник, который во время работы располагается в руке или крепится к деталям одежды человека.

Светильник сетевой — светильник, питаемый от электрической сети.

Светильник стационарный — светильник, который нельзя переносить с одного места на другое, или крепление которого выполнено так, что его перемещение возможно только при помощи инструмента. Как правило, стационарные светильники рассчитаны на постоянное присоединение к электрической сети без помощи штепсельных вилок

или подобных устройств. Примерами светильников, предназначенных для использования в труднодоступном месте, являются подвесные и потолочные светильники.

Классификация светильников

Искусственный свет, конечно, полностью не может заменить свет солнечный, но без него было бы невозможно развитие цивилизации. Источником искусственного света является электрическая энергия, которую, по последним данным энергетиков, используют около 20% от всей выработанной в России электроэнергии на искусственное освещение.

С другой стороны, мало преобразовать электрическую энергию в световую. Необходимо обеспечить производство **качественных бытовых и промышленных светильников**, способствующих выполнению человеком разнообразных функциональных процессов и обеспечение комфорта в его жизнедеятельности.

Кроме того, чрезвычайно важно обеспечить **полную безопасность пользователей** бытовых светильников, в большинстве своем малознакомых с правилами обращения с электроприборами, выделяющими достаточно большое количество тепла, и защитить человека от возможных поражений электрическим током и от возгораний при их эксплуатации.

В России в настоящее время действуют **две системы стандартов** на бытовые светильники — ГОСТ издания 1972 года и ГОСТ издания 1997—1999 годов. Естественно, что первые из упомянутых стандартов морально устарели и не отвечают многим законам и мировым стандартам. Вторая же система основана на передовых достижениях науки и техники и, по существу, является аутентичным переводом стандартов, разработанных **Международной Электротехнической Комиссией (МЭК)**. Поэтому приведенные технические нормы, правила и требования к бытовым светильникам основаны преимущественно на стандартах МЭК, но в необходимых случаях даны также и ссылки на требования отечественной системы стандартов.

Российские стандарты предусматривают **следующие типы светильников**:

А — светильники стационарные общего назначения.

Б — светильники встраиваемые.

В — светильники для освещения улиц и дорог.

Г — светильники переносные общего назначения.

Д — прожекторы заливающего света.

Е — светильники с встроенными трансформаторами для ламп накаливания.
Ж — светильники переносные для использования в саду.
З — светильники ручные сетевые.
И — светильники для фото- и киносъемки (непрофессиональные).
К — светильники переносные детские игровые.
Л — светильники для освещения сцен теле- и киностудий (внутри и снаружи).
М — светильники для плавательных бассейнов и аналогичного применения.
Н — светильники вентилируемые (требования безопасности).
О — гирлянды световые.
П — в настоящее время не используется.
Р — светильники для аварийного освещения.
С — осветительные системы сверхнизкого напряжения для ламп накаливания.
Т — светильники с ограничением температуры поверхности.
У — светильники для использования в клинических зонах больниц.

В зависимости **от типа источника света** различают:

- светильники с лампами накаливания;
- светильники с галогенными лампами накаливания;
- светильники с люминесцентными лампами;
- светильники с газоразрядными лампами, и ряд других.

По соотношению светового потока, направленного вверх, к световому потоку, направленному вниз, выделяют:

- светильники **прямого света** (весь или почти весь световой поток направлен вниз);
- светильники **рассеянного света** (световой поток, направленный вверх равен световому потоку, направленному вниз (как, например, у хрустальной люстры);
- светильники **отраженного света** (весь или почти весь световой поток направлен вверх).

Промышленностью выпускается множество светильников, и это разнообразие не случайно. Объясняется это тем, что светильники должны гармонично сочетаться с размерами, формой, высотой, окраской и назначением помещений, мебелью. Кроме того, лампы, установочные устройства, декоративные материалы совершенствуются, что открывает широкие возможности перед создателями светильников. Не смущайтесь поэтому, если на практике встретятся светильники, отличающиеся от

тех, которые здесь описаны, или укомплектованные другими установочными устройствами.

Установка светильников в помещении производится в зависимости от условий окружающей среды. Для предохранения источника света от воздействий окружающей среды светильники выполняются различного исполнения по степени защиты.

Оценка светораспределения светильника

Светораспределение оценивают с помощью **кривой силы света (КСС)**. Чем больше она напоминает овал, вытянутый вдоль оси светового потока, тем уже считается кривая и тем лучше освещенность в центре светового пятна. Вид этой кривой — важнейшая характеристика источника света. От того, как распределяется в пространстве световой поток светильника общего освещения, очень сильно зависит наша способность точно различать мелкие детали предметов.

Светильники с узкой кривой силы света лучше применять в помещениях с высокими потолками. Эти светильники обладают высокой контрастностью, направленностью, резкими тенями, экономичностью. Они преимущественно освещают горизонтальные поверхности. Для того чтобы смягчить освещение, необходима светлая отделка помещения, в том числе и пола. Такого рода устройства с зеркальными галогенными лампами, устанавливаемые на шинопроводах (что достаточно удобно), часто применяются для акцентированной подсветки картин, скульптур и других предметов.

Светильники со средней кривой силы света применяются для создания общего освещения с мягкими световыми переходами, достаточной насыщенностью светом, умеренной контрастностью и сбалансированным распределением яркости в помещениях с обычной высотой потолков.

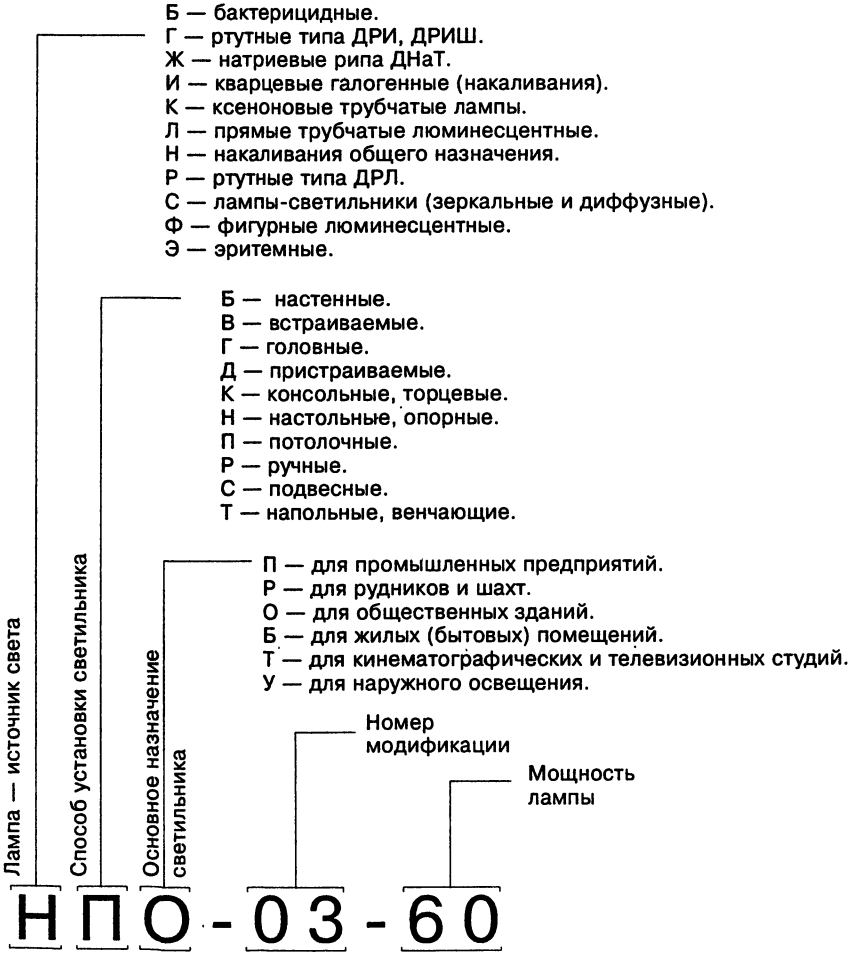
Светильники с широкой кривой силы света лучше подходят для общего освещения помещений с низкими потолками и создают хорошую освещенность вертикальных и наклонных поверхностей, обеспечивают равномерное распределение света. Но у таких светильников мал защитный угол, и требуется хорошо продуманная установка, чтобы избежать попадания света прямо в глаза.

3.2.3. Классификация и маркировка светильников

Действующие системы стандартов

На каждый из видов светильников имеется свой **государственный стандарт**, который устанавливает обязательные требования к их качеству, в том числе показатели безопасности для жизни, здоровья, имущества потребителя и для окружающей среды при обычных условиях его эксплуатации.

Сертификаты соответствия светильников выдают после тщательной проверки их на соответствие требованиям этих стандартов.



Вместе с тем, для проведения сертификации светильников отечественного производства необходимо иметь условное обозначение светильников, которое установлено ГОСТ 17677. Это обозначение предусматривает классификацию светильников по типу применяемого источника света (**первая буква** в обозначении), по способу установки светильника (**вторая буква**) и по основному назначению светильника (**третья буква**).

Светильнику может быть присвоен шифр (условное обозначение).

Пример.

*Светильник, предлагаемый компанией «Грандвей» (**www.grandway.ru**), под маркировкой **НПО-03-60**. Первая буква «Н» обозначает, что в светильнике используется лампа накаливания общего назначения, буква «П» говорит о том, что этот светильник следует крепить к потолку помещения, а буква «О» назначает нашему светильнику быть использованным в общественных зданиях. Цифра «03» означает модификацию прибора, а цифра «60» — максимальную мощность используемой лампы накаливания.*

Двухзначное число (01—99) обозначает **номер серии**.

Кроме того, могут **на светильниках выпуска прошлых лет стоять дополнительные цифры** (цифра), которые обозначают **количество ламп в светильнике. Могут быть и другие группы:**

- **6-я группа** — цифры, обозначающие мощность ламп, Вт.
- **7-я группа** — цифры (000—999), обозначающие номер модификации.
- **8-я группа** — буква (или буквы), обозначающая климатическое исполнение:
  - **У** — для районов с умеренным климатом;
  - **Т** — для районов с тропическим климатом и т. д.

Цифра, обозначающая **категорию размещения светильников**:

- **1** — на открытом воздухе;
- **2** — под навесом и другими полуоткрытыми сооружениями;
- **3** — в закрытых не отапливаемых помещениях;
- **4** — в закрытых отапливаемых помещениях.

Может быть уточнение **по степени защиты от взрыва:**

- **В** — взрывобезопасные;
- **Н** — повышенной надежности против взрыва.

Каждая серия объединяет светильники, имеющие конструктивные особенности, определяемые примененным материалом и формой рассеивающих и экранирующих элементов, характером обслуживания, способом подвески (на трубу, на крюк, на трос и т. д.), способом присоединения к питающей сети (через штепсельный разъем, клеммную колодку или непосредственно к проводке). Конструкции большинства светильников предусматривают **встроенный штепсельный разъем**.

Пример.
НСБ56-3×60-077 — подвесной светильник для жилых помещений с тремя лампами накаливания по 60 Вт серии 56 модификации 077.

Категории светильников для помещений с ПК

Категория I. К категории I относятся светильники, которые обеспечивают среднюю яркость не более 200 кд/м^2 при угле возвышения свыше 55 градусов со всех направлений. Использование светильников категории I снижает утомляемость персонала при длительной работе с документами, позволяет существенно снизить количество механических ошибок при вводе данных.

Светильники категории I в обязательном порядке должны устанавливаться в помещениях, где используется большое количество ПК, а операторы постоянно работают за мониторами. Соблюдение этого требования особенно важно в случаях, когда помещение имеет значительные размеры или используются мониторы с большой диагональю экрана и повышенным разрешением.

Категория II. К категории II относятся светильники, которые обеспечивают среднюю яркость не более 200 кд/м^2 при угле возвышения свыше 65 градусов со всех направлений. Такие светильники могут применяться в офисных помещениях, где используется относительно небольшое количество компьютерной техники, а персонал не работает постоянно за мониторами.

Категория III. К категории III относятся светильники, которые обеспечивают среднюю яркость не более 200 кд/м^2 при угле возвышения свыше 75 градусов со всех направлений. Такие светильники могут применяться в офисных помещениях, где эпизодически используется небольшое количество компьютерной техники.

Знаки сертификации

Светильники всех серьезных производителей сертифицированы в соответствии с требованиями «Закона о сертификации продукции и услуг». Часть светильников прошла сертификацию «Союза немецких электротехников» (Институт сертификации и испытаний — VDE-PZI). Наличие сертификата удостоверяет соответствие светильника действующим техническим стандартам и его безопасность. Сертификат VDE обладает прямым действием в странах Европейского союза и признается органами РОСТЕСТ.

Кроме того, все изделия маркируются знаком CE, свидетельствующим о соответствии изделия требованиям директив Совета Европы к качеству потребительских изделий. Знак CE наносится изготовителем под собственную ответственность в добровольном порядке и не является символом какой-либо контрольно-испытательной организации. Сертификационные знаки наносятся на индивидуальную и групповую упаковку всех типов светильников, а также на корпуса светильников с люминесцентными и газоразрядными лампами.

Маркировка светильников

На светильнике и на упаковочной таре наносится четкая и прочная маркировка, обеспечивающая его правильный монтаж и эксплуатацию. Маркировка может быть нанесена любым способом, обеспечивающим ее стойкость в течение всего срока службы светильника — на наклеиваемых ярлыках, штамповкой, гравировкой и т. п. Как правило, маркировка наносится в виде специальных символов (знаков). Расположение маркированных данных зависит от их важности. Расшифровка некоторых знаков показана в **табл. 3.9**.

Расшифровка маркировочных символов на светильниках *Таблица 3.9*

Символ	Значение символа
ME 64	«Знак соответствия» в системе сертификации России с указанием условного обозначения организации (ME 64), выдавшей изготовителю сертификат
	Знак VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker — Союз германских электротехников) удостоверяет нормативную конформность светильника или другого светотехнического изделия и его безопасность — электрическую, пожарную, токсическую и др
	Знаком GS («испытанная безопасность») уполномоченный контрольный пункт удостоверяет соответствие продукции Федеральному закону ФРГ о безопасности бытовых и других электроприборов

Таблица 3.9 (продолжение)

EMV	Знак VDE-EMV («электромагнитная совместимость») подтверждает конформность изделия общеевропейским нормам ограничения электромагнитных помех: обратноевоздействие электрического прибора на питающую сеть; защита от радиопомех; помехоустойчивость
	Беречь от влаги
COOL BEAM	Запрещение применения ламп холодного света
	Знак «Зеленая точка» свидетельствует, что производитель платит взносы в организацию, финансирующую переработку упаковочных материалов
RE-CY	Знак «ресайклинг» (переработка) означает, что предметы поддаются переработке или получены из вторичного сырья и полимеров
n 2 1	Маркировка способа складирования; n — число последнего допустимого ряда в штабеле
...м	Минимальное расстояние до освещаемого объекта, метров
t_a...°C	Нормируемая максимальная температура окружающей среды, С°
	Открывать упаковку в указанном месте
CE	Подтверждение соответствия товара основным требованиям Европейского Союза (ЕЭС). Знак CE (Communitee Europeenne) не является знаком какой-либо контрольно-испытательной организации и не свидетельствует о гарантии того или иного вида безопасности. Однако все производители и импортеры обязаны под собственную ответственность наносить этот знак на светильник, на его упаковку или ввести в сопроводительную документацию, поскольку знак CE является условием для сбыта изделий в странах ЕС, а также символом соответствияизделия, произведенного в странах ЕС, требованиям ряда директив Совета ЕС: 1) с 01.01.96 все изделия, на которые распространяется действие нормативных документов Совета Европейского Союза об электромагнитной совместимости, должны маркироваться знаком соответствия CE; 2) с 01.01.97 действие вышеуказанных документов распространяется и на изделия, которые должны соответствовать требованиям о низковольтной аппаратуре.
EN EC XX	Знак ENEC (European Norms Electrical Certification — Европейские нормы сертификации электротехнических изделий) является общеевропейским испытательным и сертификационным знаком, присваиваемым светильникам, прожекторам, другим СП и их электротехническим и электронным компонентам (ПРА, трансформаторам, ЗУ и т.д.). Он подтверждает соответствие изделия действующему комплексу единых Европейских норм DIN EN 60598 и может предоставляться 22 европейскими контрольно-испытательными центрами. В Германии знак ENEC в комбинации со знаком VDE присуждается испытательным и сертификацион-ным институтом (PZI) в Оффенбахе. Подтверждение соответствия товара основным электротехническим нормам ЕЭС сопровождается двухзначным кодом страны изготовителя (XX): 01 — Испания; 07 — Люксембург; 13 — Швейцария; 02 — Бельгия; 08 — Франция; 14 — Швеция; 03 — Италия; 09 — Греция; 15 — Дания; 04 — Португалия; 10 — Германия; 16 — Финляндия; 05 — Нидерланды; 11 — Австрия; 17 — Норвегия, и т.д. 06 — Ирландия; 12 — Великобритания;

Степени защиты от проникновения твердых тел, пыли, влаги

Степень защиты светильника показывает возможности защиты от проникновения инородных тел и воды. Для светильников минимальное требование для помещений составляет IP20.

Степень защиты светильников в соответствии со стандартом МЭК529 и Европейскими нормами EN 60598.

Для обозначения степени защиты от воздействий окружающей среды используется система кодов IP (Ingress Protection). IP состоит из двух цифр.

Первая цифра — степень защиты от твердых тел и пыли (**табл. 3.10**).

Степени защиты светильников от твердых тел и пыли *Таблица 3.10*

Краткое описание	Краткое объяснение к тому, какие инородные тела не должны попадать внутрь корпуса	Цифра IP...	Символ согласно МЭК 598
Защита отсутствует	Никакой особенной защиты	IP0X	нет
Защита от твердых тел			
> 50 мм	Тела с большой поверхностью, напр. кисть руки (однако никаких профилактических мер против намеренного прикосновения). Твердые тела размером более 50 мм	IP1X	нет
> 12 мм	Палец или соразмерный предмет длиной до 80 мм. Твердые тела размером более 12 мм	IP2X	нет
> 2,5 мм	Инструменты, провода и т.п. с диаметром или толщиной >2,5 мм. Твердые тела размером более 2,5 мм	IP3X	нет
> 1 мм	Провода или ленты толще, чем 1 мм. Твердые тела размером более 1 мм	IP4X	нет
Частичная защита от пыли			
(пылезащищенный, dust protected)	Попадание пыли не исключено полностью, но пыль попадает в количестве, не способном нарушить нормальную работу	IP5X	
Полная защита от пыли			
(пыленепроницаемый, dust-tight)	Попадание пыли полностью исключено	IP6X	

Пример.
Для обозначения степени защиты согласно EN 60 598: IP54 — светильник, защита от пыли и струй воды. Если в описании, например, требуется тольк о одна цифра для степени защиты, то на месте отсутствующего показателя ставится X. Например, IPX4 — светильник с защитой от струй воды.

Вторая цифра — степень защиты от влаги (**табл. 3.11**).

Степень защиты светильников от влаги *Таблица 3.11*

Краткое описание	Подробности к профилактическим мерам для защиты корпуса	Цифра IP...	Символ согласно МЭК 598
Защита отсутствует	Никакой особенной защиты	IPX0	нет
Защита от капель воды	Падающие вертикально капли воды не оказывают вредного воздействия	IPX1	нет
Защита от капель воды под углом до 15°	Капли воды, падающие под углом до 15° от вертикали, не оказывают вредного воздействия	IPX2	нет
Защита от дождя	Дождь, падающий под углом до 60° от вертикали, не оказывает вредного воздействия	IPX3	rainproof
Защита от капель и брызг	Капли и брызги, попадающие на корпус с произвольного направления, не оказывают вредного воздействия	IPX4	proof
Защита от струи воды	Водяные струи, выбрасываемые с произвольного направления, не оказывают вредного воздействия	IPX5	splash-proof
Защита от динамического воздействия потоков воды или сильной струи воды	Потоки воды (морская волна) или сильная струя воды не должны проникать в корпус	IPX6	нет
Защита от проникновения воды при погружении	При погружении на определенную глубину и время вода не должна проникать внутрь корпуса в опасном количестве	IPX7	waterproof
Защита от проникновения воды при неограниченном времени погружения	Прибор рассчитан на длительное погружение под воду на определенную глубину. Условия погружения определяются изготовителем. В ряде случаев это означает, что прибор полностью герметизирован. Для определенных приборов, однако, это может означать, что вода, хотя и проникает внутрь, она, тем не менее, не вызывает повреждений	IPX8	...m preasure-water-tight

Классы защиты светильников

Светильники должны быть не только красивыми и излучать высококачественный свет. Они должны обеспечивать и максимальную безопасность. Такая безопасность может быть гарантирована только при условии соответствия светильников техническим требованиям международных директив по безопасности.

Классы защиты от электрического удара

Для электрической надежности светильников требуются профилактические меры, предотвращающие возникновение напряжения на доступных для прикосновения металлических частях. Подразделение на классы защиты дает справку о каждой такой мере защиты (**табл. 3.12**).

Классы защиты от электрического удара *Таблица 3.12*

Класс защиты	Символ	Меры защиты
I		Защиту от пробоя обеспечивает не только рабочая изоляция (на всех частях ОП), но и заземление токопроводящих, доступных для прикосновения частей, гибким проводником со стороны питающей сети. Этим символом обозначается клемма для подсоединения защитного заземления
II		Двойная усиленная изоляция — токоведущие части снабжаются дополнительной (к рабочей) защитной изоляцией. Подсоединение заземления запрещается
III		Защита обеспечивается подключением светильника к системе питания с малым защитным напряжением (до 42 В)

Классы защиты от возгорания/воспламенения

Светильники во время работы излучают тепло. Устанавливаемые прямо на легковоспламеняющиеся материалы светильники маркируются следующими обозначениями (**табл. 3.13**).

Классы защиты от возгорания/воспламенения *Таблица 3.13*

Символ	Значение
F	Допускается монтаж на нормально воспламеняющиеся материалы. Максимально допустимая температура на поверхности крепления 180°С
M	Допускается монтаж на трудно воспламеняющиеся и нормально воспламеняющиеся материалы. Максимально допустимая температура на поверхности крепления 30°С

Таблица 3.13 (продолжение)

Символ	Значение
M M	Допускается монтаж на материалы, воспламеняемость которых неизвестна. Максимально допустимая температура на поверхности крепления 115°С
F	Стационарные светильники, пригодные для установки только на поверхности из негорючего материала

Подразумевают, что **нормально воспламеняемый материал** — это материал, который имеет температуру воспламенения не менее 200 °С , не размягчается и не деформируется до достижения этой температуры. **Например,** дерево и материалы на его основе толщиной более 2 мм.

Негорючий материал — материал, не способный поддерживать горение: металл, гипс, бетон и т. д.

Опорная (монтажная) поверхность — часть конструкции здания, мебели и другой конструкции, в/на которой светильник может быть закреплен, подвешен или поставлен для нормального использования и которая служит или будет служить опорой.

Маркировка светильника по энергопотреблению

Согласно директиве ЕС 92/75/EWG лампы, работающие от сетевого напряжения (лампы накаливания и люминесцентные лампы со встроенным ПРА), люминесцентные лампы (включая двухцокольные и одноцокольные лампы, и лампы без встроенного ПРА) должны иметь унифицированную маркировку потребления энергии.

Но под действие этой директивы не попадают:

- лампы с особыми характеристиками (световой поток > 6500 лм, потребляемая мощность менее 4 Вт, лампы с отражателем);
- лампы специального применения, например, лампы для генерации невидимого света, лампы, работающие от батарей, лампы для приборов, основным назначением которых не является производство света.

Средства освещения распределяются по классам эффективности энергии: от **A** (очень эффективно) до **G** (неэффективно).

3.3. Светильники с лампами накаливания

3.3.1. Лампы накаливания

Знакомство с лампами накаливания

Определение.
Лампа накаливания — *источник света, преобразующий энергию проходящего по спирали лампы электрического тока в тепловую и световую. По физической природе различают два вида излучения: тепловое и люминесцентное.*

Определение.
Тепловым *называют световое излучение, возникающее при нагревании тел. На использовании теплового излучения основано свечение электрических ламп накаливания.*

Достоинства и недостатки ламп накаливания

Достоинства ламп накаливания:

- при включении они зажигаются практически мгновенно;
- имеют незначительные размеры;
- стоимость их невысока.

Основные недостатки ламп накаливания:

- лампы обладают слепящей яркостью, отрицательно отражающейся на зрении человека, поэтому требуют применения соответствующей арматуры, ограничивающей ослепление;
- обладают незначительным сроком службы (порядка 1000 часов);
- срок службы ламп существенно снижается при повышении напряжения питающей электросети.

Световой коэффициент полезного действия ламп накаливания, определяемый как отношение мощности лучей видимого спектра к мощности потребляемой от электрической сети, весьма мал и не превышает 4%. Таким образом, основной недостаток ламп накаливания — низкая светоотдача. Ведь лишь незначительная часть потребляемой ими электрической энергии превращается в энергию видимых излучений, остальная часть энергии переходит в тепло, излучаемое лампой.

Принцип действия

Принцип действия ламп накаливания основан на **преобразовании электрической энергии**, проходящей через нить, **в световую**. Температура разогретой нити достигает 2600—3000 °С. Но нить лампы не плавится, потому что температура плавления вольфрама (3200—3400 °С) превышает температуру накала нити. Спектр ламп накаливания отличается от спектра дневного света преобладанием желтого и красного спектра лучей.

Колбы ламп накаливания вакуумируются или заполняются инертным газом, в среде которого вольфрамовая нить накала не окисляется: азотом; аргоном; криптоном; смесью азота, аргона, ксенона.

Устройство и работа ламп накаливания

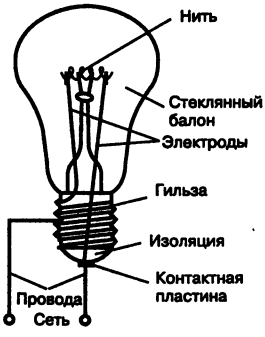


Рис. 3.3. *Устройство и включение ламп накаливания*

Лампа накаливания (**рис. 3.3**) светится потому, что нить из тугоплавкой вольфрамовой проволоки раскаляется проходящим через нее током. Чтобы спираль быстро не перегорела, из стеклянного баллона выкачан воздух либо баллон заполнен инертным газом. Спираль укреплена на электродах. Один из них припаян к металлической гильзе цоколя, другой — к металлической контактной пластине. Их разделяет изоляция. Один из проводов присоединен к гильзе цоколя, а другой — к контактной пластине, как показано на **рис. 3.3**. Тогда ток, преодолевая электрическое сопротивление нити, раскаляет ее.

Обозначения ламп накаливания

В обозначении ламп накаливания буквы означают:

В — вакуумная;

Г — газонаполненная;

Б — биспиральная;

БК — биспиральная криптоновая (имеет повышенную светоотдачу и меньшие размеры по сравнению с лампами В, Б и Г, но стоит дороже);

ДБ — диффузная (с матовым отражательным слоем внутри колбы);

МО — местного освещения.

За буквами следуют две группы цифр. Они указывают диапазон напряжений и мощность лампы.

Пример.
«В 220—230-25» обозначает напряжение 220—230 В, мощность 25 Вт. В обозначении может также присутствовать дата выпуска лампы, например IX 2003.

Лампы мощностью до 150 Вт выпускаются:

- в бесцветных прозрачных баллонах (световой поток ламп не уменьшается);
- в матированных изнутри баллонах (световой поток ламп уменьшается на 3%);
- в опаловых колбах;
- окрашенных в молочный цвет баллонах (световой поток ламп уменьшается на 20%).

Лампы мощностью до 200 Вт изготавливают как с резьбовыми, так и со штифтовыми нормальными цоколями. Лампы мощностью более 200 Вт выпускаются только с резьбовыми цоколями. Лампы мощностью более 300 Вт выпускаются с цоколем диаметром 40 мм.

Зеркальные и декоративные лампы

Лампы в зеркальных колбах, или **зеркальные лампы**, имеют колбу специальной формы, на которую нанесен со стороны цоколя зеркальный слой. Остальная часть колбы матирована. Зеркальные лампы предназначены для освещения высоких помещений и открытых пространств, декоративного освещения. **Неодимовые лампы** используются там, где необходимо высокое качество цветопередачи.

Обозначения зеркальных ламп: **ЗК** — концентрированного светораспределения; **ЗС** — среднего светораспределения; **ЗШ** — широкого светораспределения; **ЗКН** — зеркальные из неодимового стекла концентрированного светораспределения; **ЗШН** — зеркальные из неодимового стекла широкого светораспределения.

Выпускаются также специальные лампы накаливания с зеркальным отражателем: термоизлучатели; кварцевые галогенные (КГ-220-1200); ИКЗК-220-500.

Обозначения декоративных ламп специального назначения: **БЛ** — белые; **Ж** — желтые; **З** — зеленые; **К** — красные; **О** — опаловые.

Разновидности ламп накаливания по заполнению баллона

Лампы накаливания изготовляются на напряжение от единиц до сотен вольт и на мощности от долей ватта до киловатт. Лампы накаливания, из колбы которых удален воздух, называются **вакуумными**. Лампы, колбы которые заполнены инертными газами, называются **газонаполненными**.

Преимущества газонаполненных ламп ощутимы: газонаполненные лампы выгодно отличаются от вакуумных ламп. Объясняется это тем, что в среде инертного газа нить лампы не разрушается даже при более высокой температуре, чем в вакуумной лампе накаливания. Значит, они служат дольше. Газонаполненные лампы при прочих равных условиях имеют большую светоотдачу, чем вакуумные лампы, потому что газ, находящийся в колбе под давлением, препятствует испарению нити накала. Это позволяет повысить рабочую температуру нити. Таким образом, при одной и той же мощности они: меньше по размеру, обладают большей светоотдачей, в несколько раз дольше служат.

Недостатком газонаполненных ламп является дополнительная потеря тепла нити накала вследствие конвекции газа, заполняющего внутреннюю полость колбы. В целях снижения тепловых потерь газонаполненные лампы заполняют малотеплопроводными газами. Другим способом снижения тепловых потерь является уменьшение размеров и изменение конструкции нити накала. Так, например, нити накала выполняют в виде плотной винтообразной спирали (моноспирали) или двойной спирали (биспирали).

Как отличить качественные лампы

Рынок светотехнической продукции сейчас переполнен некачественными подделками. Отличить фирменную продукцию от подделки зачастую непросто. Простейший способ определения качества — визуальный: по маркировке на упаковке и самой колбе, где указываются фирма и страна-производитель (например, должно быть Made in Germany, а не Germany). Согласно правилам торговли, на упаковке дается адрес производителя на русском языке. Продавец обязан иметь сертификат на каждый из товаров. Покупатель может потребовать такой сертификат и убедиться, что товар завезен легально и не является подделкой.

Особенности галогенных ламп накаливания

Лампы накаливания со временем теряют яркость, и происходит это по простой причине: испаряющийся с нити накаливания вольфрам осаждается в виде темного налета на внутренних стенках стеклянной колбы. Современные галогенные лампы не имеют этого недостатка, благодаря добавлению в газ-наполнитель галогенных элементов (йода или брома). Последние способны «собирать» осевшие на колбе испарившиеся частицы вольфрама и «возвращать» их снова на вольфрамовую нить.

Кроме того, колба такой лампы выполняется из тугоплавкого кварцевого стекла, которое более устойчиво к высокой температуре и химическим воздействиям, и может быть заполнена газом под повышенным давлением. В итоге это позволяет повысить температуру спирали, в результате чего увеличивается в 2 раза световая отдача и срок службы галогенной лампы, а размеры ее уменьшаются в несколько раз по сравнению с лампами накаливания такой же мощности.

Галогенные лампы применяются повсюду. Лампы, имеющие цилиндрическую или свечеобразную колбу и рассчитанные на сетевое напряжение 220 В, можно использовать вместо обычных (особенно там, где необходимы лампы небольшого размера). Зеркальные лампы, рассчитанные на низкое напряжение, практически незаменимы при акцентированном освещении мебели, картин, а также жилых помещений.

Используя галогенные лампы, полезно помнить об их особенностях. Трубчатые лампы (особенно мощные) лучше располагать горизонтально с отклонением от горизонтали не более 10 градусов. Температура колбы может достигать 500 °С, поэтому следует соблюдать нормы противопожарной безопасности при установке ламп (например, обеспечить достаточное расстояние между поверхностью перекрытия и подвесным потолком).

Полезный совет.

До стеклянной поверхности лампы лучше не дотрагиваться голыми руками, так как на ней остаются жирные пятна, что может привести к оплавлению в этом месте стекла колбы. Лампу необходимо брать, используя кусок чистой ткани.

Если колба чем-то испачкана, то нужно протереть ее медицинским спиртом.

Галогенные лампы очень чувствительны к скачкам напряжения сети, поэтому их следует включать через стабилизатор напряжения, а некоторые типы — через понижающий трансформатор.

Учет диапазона напряжений приобретаемой лампы

В настоящее время выпускаются лампы, на которых указан диапазон напряжений: 125—135 В; 215—225 В; 220—230 В; 230—240 В. Эту маркировку на отечественные лампы наносят по кругу. Надпись может быть расположена и в три строчки. Цифры перед буквой В определяют диапазон напряжений данной лампы. Надо внимательно смотреть на эту маркировку при покупке ламп.

Внимание!
Если вам приходится менять электрические лампы чаще одного раза в год, значит у вас в квартире повышенное или нестабильное напряжение. Если же лампы служат более двух лет, значит они горят с недостаточным накалом и их эксплуатация неэффективна. В этом случае применяйте лампы, рассчитанные на более низкое рабочее напряжение.

Внимание!
В продаже встречаются лампы как на 127 В, так и на 220 В, и вы можете купить их случайно или по причине некомпетентности продавца. У лампы на 127 В, вкрученной в патрон, к которому подано напряжение 220 В, может не просто перегореть нить накаливания. Очень часто сама колба взрывается и разлетается на мелкие кусочки. Особенно опасно купить лампочки на 36 В, применяющиеся в промышленности. При выборе ламп можно воспользоваться рекомендацией завода-изготовителя, которые вкладываются в упаковочную коробку осветительного прибора.

Внимание!
Покупая лампы, необходимо обратить внимание на маркировку, которая определяет оптимальное напряжение эксплуатации. При нормальном напряжении сети применяйте лампы с маркировкой 215—225 В и 220—230 В. Если эти лампы часто перегорают, покупайте лампы с маркировкой 230—240 В. При замене ламп 230—240 В и в труднодоступных местах, где часто приходится пользоваться электрическим освещением, применяйте лампы с маркировкой 235—245 В.

Если напряжение электросети вашей квартиры лежит в пределах диапазона, указанного на приобретенной лампе, то она хорошо светит и достаточно долговечна. Значение напряжения, лежащее примерно в середине диапазона, является расчетным. Например, для диапазона 230—240 В расчетное напряжение 235 В, а для диапазона 215—225 В — 220 В.

Таким образом, для сетей на одно номинальное напряжение (220 В) выпускаются лампы с несколькими диапазонами напряжений (215/225—230/240 В). Необходимость в нескольких диапазонах объясняется тем, что рабочее напряжение в сети всегда отличается от номинального:

- ближе к источнику электропитания напряжение выше;
- вдали от источника питания — ниже.

Пример 1.
При освещении длинного туннеля, если подстанция расположена в его начале, ближнюю к подстанции часть освещают лампами на 230—240 В, затем диапазон снижают. В конце туннеля используют лампы диапазона 215—225 В.

Пример 2.
В квартирах с устойчивым и нормальным напряжением сети оптимально использовать лампы диапазона 215—225 В, на лестничных клетках — на 230—240 В.

Важный совет.
Чтобы лампы и ярко светили, и не перегорали преждевременно, нужно правильно выбрать диапазон напряжений приобретаемых ламп. В пределах каждого диапазона лампа накаливания дает хороший световой поток и достаточно долговечна. Наличие нескольких диапазонов объясняется тем, что рабочее напряжение в сети отличается от номинального: у источника питания (подстанции) оно выше, а вдали от источника питания ниже.

Для лестничных площадок домов можно рекомендовать лампы с номинальным напряжением 230—240 В. В этом случае при номинальном напряжении сети 220 В: напряжение на лампе — 92%, ток — 96%, мощность — 88%, световой поток — 75%, срок службы — 350%, т. е. имеют место как экономия электроэнергии, так и увеличение срока службы лампы накаливания.

Сопротивление нити накала лампы

Экспериментальная проверка наиболее распространенных бытовых ламп накаливания мощностью 25, 40, 60, 75, 100 Вт показывает, что их сопротивление в холодном состоянии составляет 155,5; 103,5; 61,5; 51,5; 40 Ом, а в рабочем — 1936; 1210; 815; 650; 490 Ом, соответственно. Тогда отношение «горячего» сопротивления к «холодному» равняется 12,45; 11,7; 13,25; 12,62; 12,4, а в среднем оно составляет 12,5.

В результате лампа накаливания при включении работает в экстремальных условиях при токах, которые превышают номинальный, что приводит к ускоренному износу нити накала и преждевременному выходу лампы из строя, особенно при превышениях напряжения в питающей сети. Последнее обстоятельство при длительных превышениях напряжения относительно номинального приводит к резкому сокращению срока службы лампы.

3.3.2. Продление срока службы ламп накаливания

Процесс старения и срок службы лампы

Срок службы лампы накаливания колеблется в широких пределах, потому что зависит:

- от качества соединений в электропроводке и светильнике;
- от стабильности номинального напряжения;
- от наличия или отсутствия механических воздействий на лампу, толчков, сотрясений, вибраций;
- от температуры окружающей среды;
- от типа примененного выключателя и скорости нарастания величины тока при подаче питания на лампу.

При продолжительной работе лампы накаливания ее нить накала под воздействием высокой температуры нагрева постепенно испаряется, уменьшаясь в диаметре, рвется (перегорает).

Чем выше температура нагрева нити накала, тем больше света излучает лампа. При этом интенсивнее протекает процесс испарения нити, и сокращается срок службы лампы. Поэтому для ламп накаливания устанавливается такая температура накала нити, при которой обеспечивается необходимая светоотдача лампы и определенная продолжительность ее службы.

Средняя продолжительность горения лампы накаливания при расчетном напряжении не превышает 1000 часов. После 750 часов горения световой поток снижается в среднем на 15%.

Внимание!
Лампы накаливания очень чувствительны даже к относительно небольшим повышениям напряжения: при повышении напряжения всего на 6% срок службы снижается вдвое. По этой причине лампы накаливания, освещающие лестничные клетки, довольно часто перегорают, так как ночью электросеть мало нагружена и напряжение повышено.

Причины быстрого перегорания ламп накаливания

В одном из немецких городов есть фонарь, в который вкручена одна из первых ламп накаливания. Ей уже больше 100 лет. Но она сделана с огромным запасом надежности, поэтому горит до сих пор. В наше время лампочки накаливания выпускаются массово, но с очень малым запасом надежности. Бросок тока, возникающий при включении освещения, часто выводит лампочку из строя из-за малого сопротивления в холодном состоянии. Поэтому при включении освещения лампочку надо разогреть малым током, а затем включить на полную мощность. Лампа накаливания выходит из строя, как правило, при включении из-за малого сопротивления холодной нити накала.

Рассмотрим **небольшие хитрости** по продлению жизни лампам накаливания.

Учет номинального напряжения

В настоящее время промышленность производит лампы накаливания, на которых указано не одно напряжение (127 или 220 В), а диапазон напряжений (125—135, 215—225, 220—230, 230—240 В).

В пределах каждого диапазона лампа накаливания дает хороший световой поток и достаточно долговечна. Наличие нескольких диапазонов объясняется тем, что рабочее напряжение в сети отличается от номинального: у источника питания (подстанции) оно выше, а вдали от источника питания ниже.

В связи с этим, чтобы лампы долго служили и хорошо светили, необходимо правильно выбрать необходимый диапазон. Очевидно, что если напряжение в вашей квартирной сети равно 230 В, то покупать и устанавливать лампы накаливания, на которых указан диапазон 215—225 В, не имеет смысла. Такие лампы работают с перекалом и долго служить не будут — они перегорают преждевременно.

Влияние вибрации на срок службы ламп

Лампы накаливания, которые работают в условиях вибрации и подвергаются толчкам, выходят из строя чаще, чем работающие в спокойном состоянии. Если возникает необходимость пользоваться переноской, то лучше осуществлять ее перемещение в выключенном состоянии.

Профилактика патрона, в котором часто перегорают лампы

Иногда бывает, что в люстре перегорает одна и та же лампа, причем при работе лампы патрон очень горячий. В этом случае необходимо почистить и подогнуть центральный и боковые контакты, подтянуть контактные соединения проводов, подходящих к патрону. Желательно, все лампы в люстру установить одинаковой мощности.

Блоки защиты БЗ300—1500

Технические характеристики:

Рабочее напряжение..... 176—264 В, 50Гц
Напряжение на нагрузке, не более ..... 230 В
Количество каналов управления, шт..... 1

Блок защиты	БЗ-300	БЗ-500	БЗ-1000	БЗ-1500
Максимальная мощность, Вт	300	500	1000	1500
Максимальный ток нагрузки, А	1,4	2,3	4,5	6,8
Крепежные размеры, мм	60	65	87	87
Габаритные размеры, мм	70x42x15	80x42x15	100x50x26	100x74x26

Рис. 3.4. *Внешний вид блоков защиты ламп накаливания*

Блоки (**рис. 3.4**) предназначены для продления срока службы галогенных ламп и ламп накаливания в 5-6 раз. Защита осуществляется благодаря системе плавного пуска и стабилизации рабочего напряжения на лампе. Система плавного пуска позволяет постепенно разогреть нить накаливания, предотвращая разрушающие броски пускового тока. Дополнительная стабилизация защищает лампу от перепадов напряжения, превышающих максимально допустимое для нее напряжение. Но с электронными трансформаторами блок защиты не работает.

Подключение блока защиты следует проводить при отключенном напряжении сети. Суммарная мощность нагрузки, подключаемой к блоку, не должна превышать 300, 500, 1000 и 1500 Вт, соответственно. Блок защиты включается последовательно с осветительным устройством по цепи 220 В (см. **рис. 3.5.**).

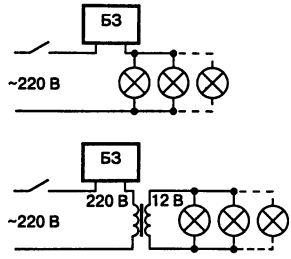


Рис. 3.5. *Схема включения*

Модуль защиты ламп накаливания ASP-L1

Модуль защиты ASP-L1 предназначен для продления срока службы всех видов ламп накаливания, в том числе и галогенных. Он защищает лампы от бросков тока в момент включения, путём плавной подачи напряжения. Модуль рассчитан на совместную работу с лампами на напряжение 220 В.

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В ..... 170—260
Частота, Гц ..... 50—60
Мощность нагрузки, не более, Вт 500
Время разогрева нити накаливания, с 5
Диапазон рабочих температур, °С ..... –20—+40

Модуль ASP-L1 построен на двухстороннем стеклотекстолите размером 30×30 мм. Включается последовательно с нагрузкой и устанавливается в стандартную монтажную коробку вместе с выключателем. При использовании двухклавишного выключателя, устанавливаются два модуля.

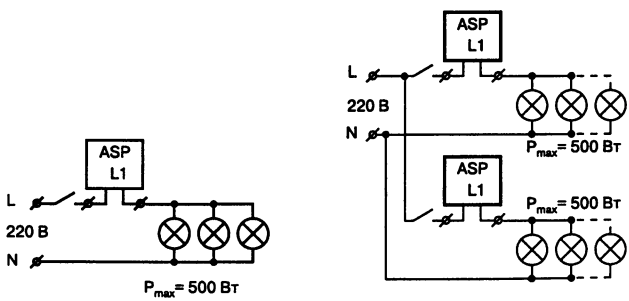


Рис. 3.6. *Схемы включения модуля при использовании одно- и двухклавишного выключателя*

Внимание!
При работе модуля на максимальную нагрузку 500 Вт, его температура может достигать 70 °С.

Схемы включения модуля при использовании одно- и двухклавишного выключателя приведены на **рис. 3.6**.

Регулятор яркости для ламп накаливания (диммер) ASP-L2

Цифровой регулятор яркости ASP-L2 предназначен для плавного включения/выключения, а также плавного регулирования яркости освещения в бытовых, офисных и производственных помещениях при работе на лампы накаливания любого типа, в том числе и галогенных. Данное управление позволяет продлить срок службы ламп в несколько раз. Встроенный восьмичасовой счетчик времени отключит освещение автоматически, если свет, по каким-то причинам забыли выключить. Данный чип-модуль работает с любыми типами одноклавишных выключателей, клавиши которых не имеют фиксации (при отпускании, клавиша должна возвратиться в первоначальное положение, как кнопка звонка). Такой тип управления считается более надежным по сравнению с классическими регуляторами освещения, так как не имеют трущихся и вращающихся частей.

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В ..... 200—240
Частота, Гц ..... 50—60
Мощность нагрузки, не более, Вт 500
Диапазон рабочих температур, °С ..... 0—+40

Запрещается эксплуатация устройства при повреждениях защитной оболочки и изоляции присоединительных проводников электросети. Монтаж устройства производится только в обесточенном состоянии. Для избежания пожара и короткого замыкания электросети запрещается подключать нагрузку большей мощности, чем указано в паспорте устройства. При работе чип-модуля на максимальную нагрузку 500 Вт, его температура может достигать 70 °С.

Рассмотрим порядок монтажа и эксплуатацию устройства. Модуль ASP-L2 построен на двухстороннем стеклотекстолите размером 32×32 мм и устанавливается в любую стандартную монтажную коробку вместе с выключателем. На устройстве находится клеммная колодка, куда под-

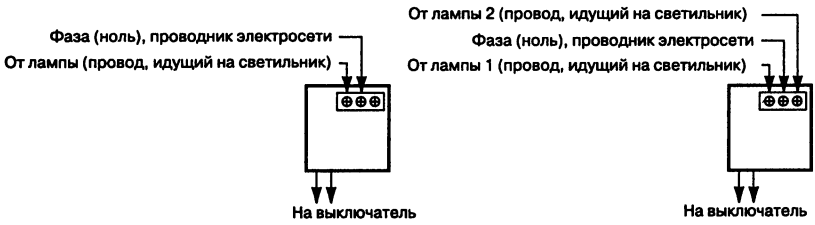


Рис. 3.7. *Схемы включения*

соединяются проводники освещения и электросети, как показано на **рис. 3.7**, при установке на место одноклавишного и при установке на место двухклавишного выключателя.

После подачи электроэнергии устройство готово к работе. Для установления желаемой освещенности, необходимо нажать и удерживать клавишу выключателя около 5 с, при этом происходит плавное включение. При отпускании клавиши, плавный пуск прекращается, и устройство запоминает величину яркости освещения. Повторное, однократное, кратковременное нажатие клавиши осуществляет плавное выключение. Включение происходит так же однократным, кратковременным нажатием клавиши. Плавный пуск при этом происходит до установленной величины яркости.

Блоки таймера с функцией защиты ламп БЗТ-300 и БЗТ-500

Блок таймера с функцией защиты ламп предназначен для отключения освещения на лестничных площадках, в тамбурах, прихожих и т. п. через заданный промежуток времени, а также для продления срока службы ламп (исключает броски тока при включении и перенапряжения питающей сети). Блок рассчитан на совместную эксплуатацию с лампами накаливания и галогенными лампами накаливания на напряжение 220 и 12 В (последние питают через обычный, не электронный трансформатор). Внешние виды блоков представлены на **рис. 3.8, *а***.

Технические характеристики:

Рабочее напряжение.....176—264 В, 50 Гц
Напряжение на нагрузке, не более ..... 230 В

Максимальная мощность нагрузки:

БЗТ-300 .....300 Вт
БЗТ-500 .....500 Вт

Подключается и устанавливается в монтажной коробке совместно с обычным выключателем освещения. Благодаря этому любой выключа-

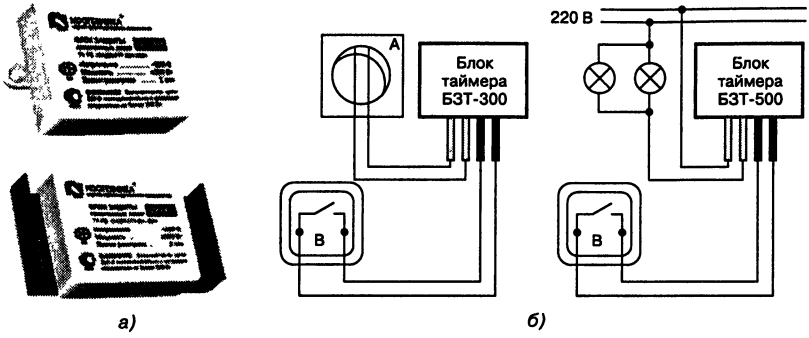


Рис. 3.8. *Схемы включения блоков БТЗ:*
а — внешний вид; б — схемы включения

тель может превратиться в таймер отключения освещения. В отличие от таймера-выключателя, имеющего свой дизайн и полностью законченную конструкцию, блок таймера с функцией защиты ламп позволяет сохранить стилистическое единство электроустановочных устройств (выключателей, розеток и т. д.) в квартире, доме, офисе.

Включение освещения происходит при любом переключении выключателя. При этом не важно, в каком положении он находился ранее. Если при включенном освещении переключить выключатель, то свет выключится, несмотря на то, что время выдержки (5 минут) еще не прошло. Но с электронными трансформаторами блок не работает.

Подключение блока таймера нужно проводить при отключенном напряжении сети. Суммарная мощность нагрузки, подключаемой к блоку, не должна превышать 300 и 500 Вт, соответственно. Для подключения светлые провода присоединяют к проводам из монтажной коробки выключателя (А), идущим к лампам освещения, а темные провода подключают к клеммам выключателя (В). Схемы включения приводятся на **рис. 3.8,** ***б***.

3.3.3. Ламповые патроны

Определение.
Патрон — *приспособление для установки и закрепления электрической лампы в светильнике.*

Патрон должен соответствовать типу цоколя крепящейся в нем лампы. Ламповые патроны предназначены для крепления и в необхо-

димых случаях смены осветительных ламп. Лампы время от времени нужно менять. Поэтому их присоединяют к сети не наглухо, а ввинчивают в патроны.

Устройство патрона

Устройство патрона представлено на **рис. 3.9**. Провод с помощью винта присоединен к детали, а провод винтом — к центральному контакту. Гильза, деталь и центральный контакт укреплены на изоляторе. Когда лампу ввинчивают в гильзу патрона, гильза цоколя соприкасается с деталью и, таким образом, оказывается соединенной с проводом. Контактная пластина лампы через центральный контакт патрона присоединяется к проводу.

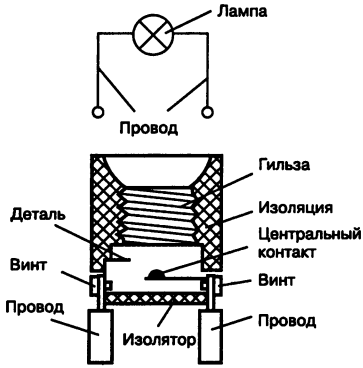


Рис. 3.9. *Устройство патрона*

Важная особенность современных патронов состоит в безопасности, которая обеспечивается следующим образом: до тех пор пока лампа полностью не ввернута, гильза ее цоколя не соединяется с токоведущими частями патрона. А когда соединение уже произошло, к цоколю невозможно прикоснуться, так как он полностью закрыт изолирующим корпусом патрона. Так обеспечивается электробезопасность. В патронах, выпускавшихся несколько лет тому назад, это требование не выполнялось, что необходимо иметь в виду, так как старые патроны еще находятся в эксплуатации.

Разновидности патронов

Резьбовой патрон с диаметром резьбы 27 мм предназначен для установки ламп накаливания с резьбовым цоколем Е27, наиболее широко применяющимся для освещения в квартирах. Примеры различного исполнения патронов для ламп с цоколем Е27 приведены на **рис. 3.10**.

Резьбовой патрон с диаметром резьбы 14 мм предназначен для ламп накаливания с цоколями Е14. Старое название МИНЬОН. Эти патроны (**рис. 3.11**) используются с лампами относительно небольшой мощности, по форме напоминающими свечи.

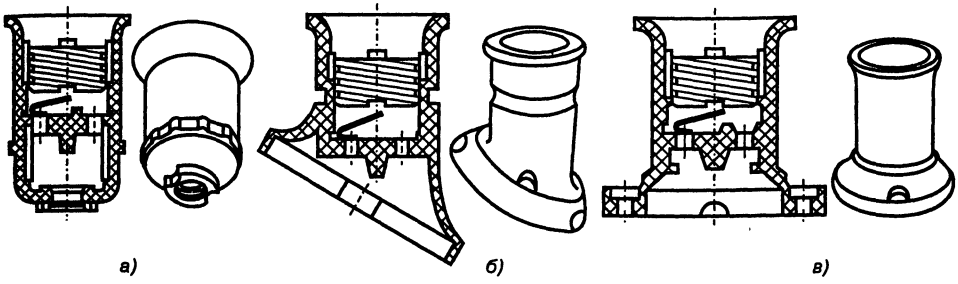


Рис. 3.10. *Примеры исполнения патронов для ламп с цоколем Е27*

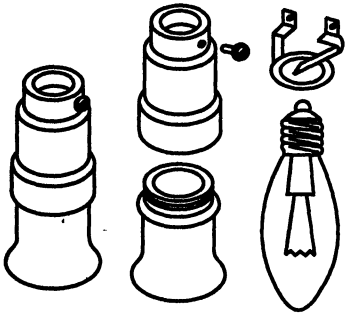


Рис. 3.11. *Патрон для ламп накаливания с цоколем Е14*

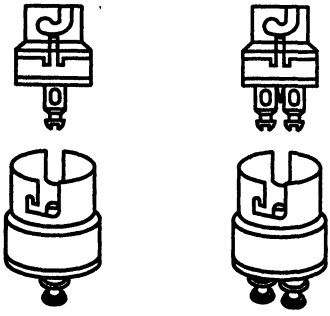


Рис. 3.12. *Байонетные патроны (с одним и с двумя контактами)*

Резьбовой патрон с диаметром резьбы 40 мм предназначен для ламп, мощность которых более 500 Вт. Старое название — ГОЛИАФ. Он находит применение при организации наружного освещения.

Байонетный патрон предназначен в основном для автомобильных, железнодорожных и других ламп специального назначения, так как предназначен для работы при вибрации и тряске. В подобных условиях резьбовые патроны не годятся, так как лампы из них могут вывинчиваться. Старое название СВАН.

Цоколь специальной лампы имеет два диаметрально расположенных штифта, которые вводятся в прорези патрона до отказа. Затем лампу немного поворачивают и отпускают. Штифты входят в пазы патрона, а контакты лампы прижимаются контактными пружинами (**рис. 3.12**).

Конструктивное исполнение патронов

По конструктивному исполнению различают патроны: подвесные с ниппелем для сырых помещений; с ушком для подвешивания; прямые потолочные; наклонные настенные. Наиболее распространены патроны в **пластмассовом** и **фарфоровом** корпусах. Контакты и контактные зажимы для присоединения проводов смонтированы на фарфоровых вкладышах. Фарфоровые патроны более стойки к высоким температурам. Патроны

для люминесцентных ламп выпускают стоечные, круглые и накидные с корпусами из пластмассы. К контактным зажимам патронов можно присоединять медные провода сечением до 1,5 мм^2.

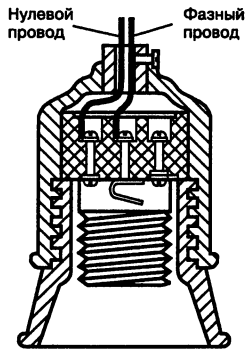


Рис. 3.13. *Патрон после зарядки*

Присоединение к электросети

К контактным зажимам патронов можно присоединить медные провода сечением 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5 мм^2 и алюминиевые 2,5 мм^2. При зарядке патрона нулевой провод прикрепляют к винтовой гильзе патрона, а фазный — к центральному контакту патрона (**рис. 3.13**).

Применение патронов

Для ламп накаливания и ДКЛ применяются резьбовые патроны:

- для ламп мощностью до 60 Вт — патроны с диаметром резьбы 14 мм (с резьбой Е14 — малый цоколь) и 27 мм (Е27 — средний цоколь);
- для ламп мощностью до 200 Вт — патроны с резьбой Е27;
- для ламп мощностью от 300 до 1500 Вт — патроны с диаметром резьбы 40 мм (Е40 — большой цоколь).

3.3.4. Ремонт светильников с лампами накаливания

Устройство светильников с лампами накаливания

На **рис. 3.14, *а*** к корпусу настенного светильника привинчен патрон. Колпак из матового или молочного стекла навинчен на резьбу в корпусе. Такие светильники распространены в ванных комнатах и других сырых помещениях.

Корпус потолочного светильника с шарообразным абажуром привинчен к деревянной розетке (**рис. 3.14, *б***). Розетка прикреплена к потолку шурупами или дюбелями. Провода вводятся через отверстие. Потолочный патрон привинчен к корпусу. Абажур закрепляют тремя винтами (двух винтов мало). Винты расположены под углами 120° и ввинчиваются в борт корпуса. Ввинчивать винты нужно равномерно и осторожно, чтобы не раздавить абажур. Иногда потолочные светильники укрепляют не на деревянной розетке, а на трех роликах, как показано на **рис. 3.14, *б*** слева.

Плафон (**рис. 3.14, *в***) имеет два патрона. Патроны привинчены к скобам с помощью ниппелей, а скобы приварены к корпусу. Провода вводят через отверстие. Абажур привинчивают тремя винтами. Для крепления к стенам в основании светильника (**рис. 3.14, *г***) в отверстие вводят головку винта, предварительно ввинченного в стену (головка винта не доходит до стены на толщину основания светильника), а затем светильник оттягивают вниз. Светильник повисает на винте и не падает, так как верхняя часть отверстия уже головки винта.

Патрон навинчен на корпус настольной лампы (**рис. 3.14, *д***). Выключатель вмонтирован в основание светильника. Обратите внимание: шнур из светильника выводится через изолирующую втулку со скругленными краями и перед выходом из светильника закрепляется, например, подмоткой изоляционной ленты, чтобы его нельзя было выдернуть.

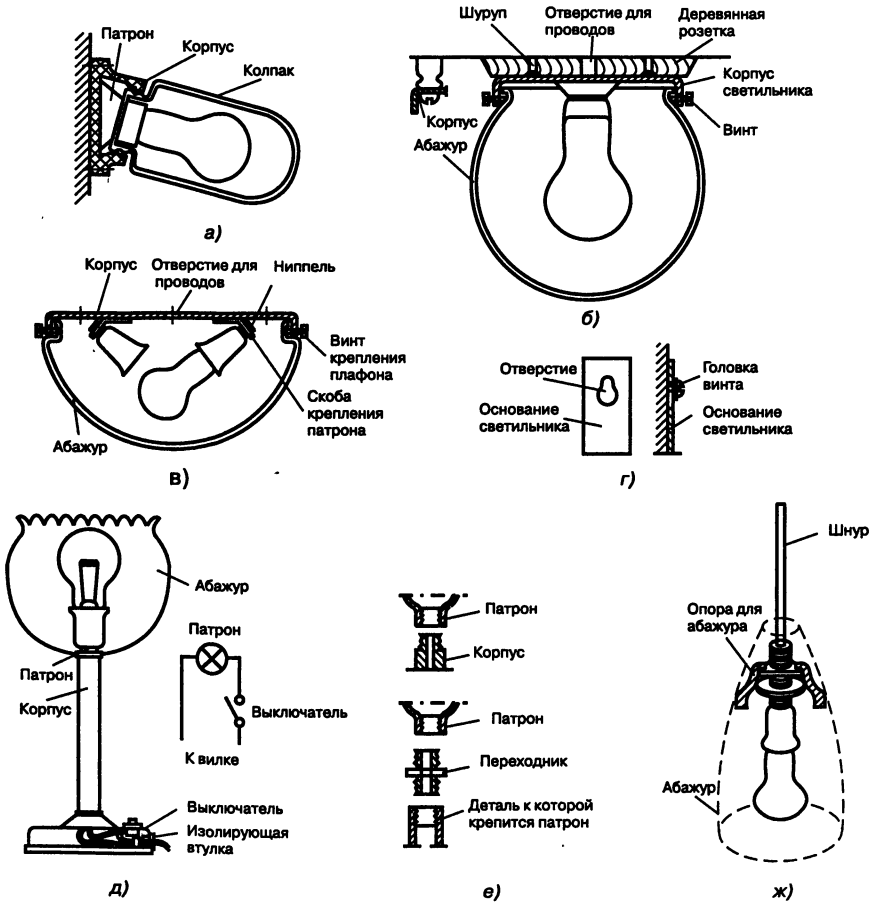


Рис. 3.14. *Светильники с лампами накаливания*

Патрон на корпус настольной лампы (**рис. 3.14, *д***) непосредственно навинчен: наружная резьба верхней части корпуса соответствует внутренней резьбе в ниппельной головке патрона (**рис. 3.14, *е*** сверху). Но если и у патрона, и у детали, к которой он должен быть прикреплен, резьбы внутренние, то приходится устанавливать переходную деталь. Переходные детали применяются во всех случаях, когда непосредственное соединение невозможно.

Относительно легкий светильник можно подвесить на шнуре (**рис. 3.14, *ж***). Абажур (если он имеет соответствующие форму и размеры отверстия) можно закрепить непосредственно на патроне.

Крепление деталей и соединения в люстре иллюстрирует **рис. 3.15, *б***. Схема внутренних соединений показана на **рис. 3.15, *б***. Люстра подвешивается на изолированном крюке — изоляция крюка или ушка обязательна. Ушко держится отбортовкой полого стержня. Внутри стержня проходят провода; они заканчиваются колодкой с зажимами для присоединения проводов от сети. Крюк, ушко, колодка закрыты колпаком. Он не соскальзывает вниз по стержню, так как закреплен кольцом. Кольцо металлическое (тогда оно имеет прижимной винт) либо из какого-нибудь упругого материала.

Если винт вывинтить из скобы, то снимется нижний колпак и будут видны крепления полых трубок к крышке и соединения проводов. Провода скручены, пропаяны и изолированы изоляционной лентой либо упругими пластмассовыми колпачками. Деталь надета на трубку, а затем навинчен патрон. Абажур, имеющий закраинки, которые входят в деталь, закреплен кольцом, которое навинчивается на патрон.

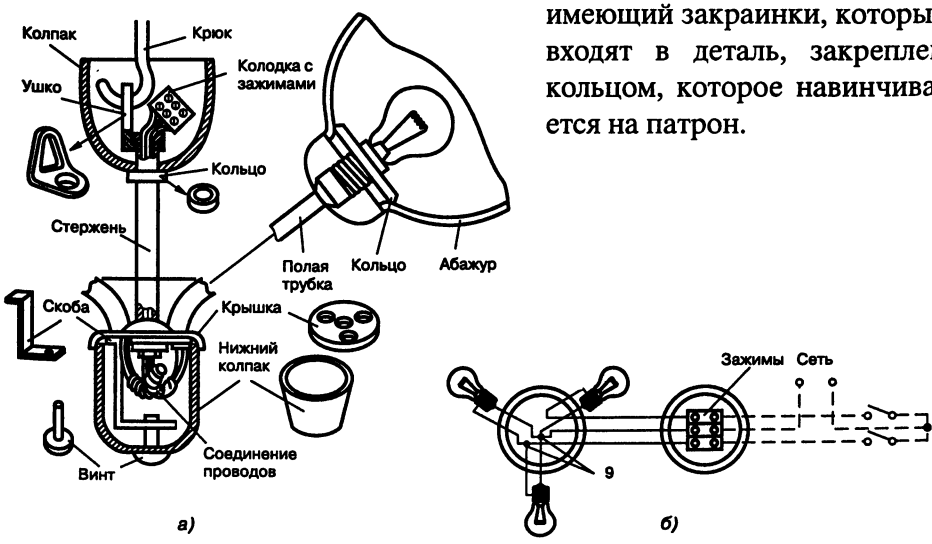


Рис. 3.15. *Крепление деталей и соединения в люстре*

Установка светильников

Светильники соединяют с проводами сети при помощи **штепсельных разъемов** или **люстрового зажима.** Заряжают светильники **медными гибкими проводами** с сечением жил: не менее 0,5 мм^2 внутри зданий; 1 мм^2 — для наружной установки.

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

Подвесы подвешивают на крюках. Крюк в потолке должен быть изолирован от светильника с помощью поливинилхлоридной трубки.

Внимание!
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. В сплошных железобетонных перекрытиях светильник **подвешивают к шпильке**, пропускаемой насквозь через все перекрытие. Все приспособления для подвеса светильников **испытывают на прочность** пятикратной массой светильника. Детали крепления подвеса при этом не должны иметь повреждений и остаточных деформаций.

Монтаж и подключение люстр

Люстру также подвешивают на заранее заготовленный **крюк**, предварительно испытанный на прочность. Крюк изолируют внахлестку двумя слоями изоляционной ленты. Провода проложены в трубках люстры заводом-изготовителем и выведены на клеммную колодку. Через нее люстра присоединяется к электропроводке. Выключатели установлены на стене. Зарядку светильников выполняют гибкими проводами с медными жилами.

Для подключения люстры необходима **индикаторная отвертка**. Индикатор перед работой обязательно проверяется на работоспособность. На потолке висят три конца, один ноль и два фазных. Провода

«фаза» идут на выключатель, а «ноль» сразу идет в монтажную коробку.

Шаг 1. Выключаем автоматический выключатель на лестничной площадке и индикатором проверяем отсутствие напряжения. Снимаем с трех потолочных концов изоляцию, затем разводим эти концы в сторону друг от друга так, чтобы они не замыкались. Включаем напряжение.

Шаг 2. Индикатором по очереди дотрагиваемся до каждого из концов. При этом выключатель должен быть включен. При касании провода индикатор загорается, значит это «фаза», не горит — «ноль». Запомните или пометьте изоляцией «ноль».

Шаг 3. Из люстры выходят три провода, нам надо найти из них «ноль». Для этого по очереди включаем в розетку два любых провода, при этом не дотрагивайтесь до третьего. Должна загореться одна половина ламп, запоминаем провода, а затем один провод оставляем в розетке, а другой меняем местами с неподключенным. Должна загореться другая половина ламп. Если этого не произошло, меняем провода. Должно быть так, чтобы один провод всегда был в розетке, вставляя по очереди другие два провода, загорался сначала один ряд ламп, а потом другой. Тот провод, который не вынимался из розетки и будет нулевым.

Шаг. 4. Соединяем нулевой провод люстры с нулевым проводом на потолке. Два фазных провода — с любым из двух на потолке.

Если вас не устраивает, что выключатель включает сначала большой свет, а затем маленький, то надо просто поменять местами фазные концы на люстре или на выключателе.

Схема подключения люстры к электропроводке показана на **рис. 3.16**.

Внимание!

Нельзя скручивать медный и алюминиевый провод. Между этими металлами получается гальваническая пара, которая способствует разрушению контакта. Такие провода соединяются через винт с гайкой, а между ними обязательно ставится стальная шайба. В магазинах есть специальные соединительные колодки, которые прикручивают провода через втулку винтами.

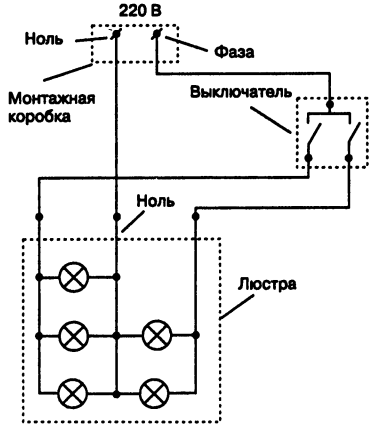


Рис. 3.17. *Схема включения люстры*

Присоединение шнура к патрону

Прежде чем приступить к непосредственному присоединению шнура к патрону, надо соответственно заделать концы проводов:

- на расстоянии 25 мм от конца каждого провода острым ножом обрезать хлопчатобумажную оплетку и снять ее;
- на расстоянии 20 мм от конца провода обрезать и снять резиновую изоляцию. При этой операции нельзя сильно нажимать ножом на провод, иначе можно перерезать его металлические жилы.
- оголенный пучок жил нужно хорошенько зачистить ножом или шкуркой (стеклянной бумагой), скрутить и согнуть в кольцо диаметром 6 мм;
- оставшуюся часть оголенного конца провода при помощи плоскогубцев согнуть вокруг основания кольца;
- отрезать полоску изоляционной ленты длиной 56—60 мм и шириной 5-6 мм и обмотать ею провод, начиная от оплетки и до кольца;
- обмотка укладывается в два слоя: один слой — слева направо, второй — справа налево;
- на этом заделка заканчивается.

Затем оба провода нужно пропустить поодиночке в верхнее отверстие патрона и зажать между шайбами контактных винтов. Контактные винты патрона находятся на фарфоровом основании. Для освобождения патрона надо, придерживая левой рукой корпус, отвернуть, вращая против часовой стрелки, верхнюю его часть.

Безопасность использования светильников

Лампы нагреваются, а от чрезмерного нагрева может лопнуть (особенно пластмассовый) и даже загореться (бумажный, матерчатый) абажур. Значит, ни в коем случае нельзя ставить более мощные лампы, чем тем, на которые светильники рассчитаны. Особенно важно об этом предупредить теперь. Дело в том, что размеры абажуров таковы, что лампы накаливания повышенной мощности в них просто не помещаются.

Внимание!

Размеры криптоновых ламп значительно меньше, что и служит распространенной причиной перегрева светильников. И, наконец, следует еще раз подчеркнуть: многие материалы, из которых сделаны абажуры, горючи.

Замена или восстановление перегоревшей лампы

Перегоревшая лампа накаливания обнаруживается легко — ее спираль видна. Сменить лампу накаливания просто.

Внимание!
Любой светильник легко разбирается и собирается в той мере, в какой это нужно для смены лампы, снятия абажура, протаскивания проводов. Поэтому никогда не ломайте светильники, прилагая чрезмерные усилия.

А что же делать с перегоревшей лампой накаливания? Если кусок спирали отвалился совсем, то ее можно просто выбросить. Но если спираль лишь лопнула, то такую лампу **можно попытаться восстановить**. Для этого необходимо оценить состояние нити накала лампы. При выявлении обрыва нити только в одном месте лампу следует вставить в настольный светильник со снятым рассеивателем. Наклонами, поворотами светильника, постукиванием пальцем по баллону добиваются соединения концов спирали нити накаливания как можно с меньшей накладкой друг на друга.

После чего, не изменяя положения лампы, включают светильник в сеть. При включении концы нити накала свариваются между собой, и такая лампа может еще послужить, особенно в щадящем режиме. Можно попытаться соединить концы нити накала лампы, не вкручивая ее в светильник, а затем осторожно, чтобы не нарушить соединения, вкрутить ее и, проверив визуально целостность нити, включить светильник. Подобным образом удается восстановить половину перегоревших ламп.

Совет.
При значительном укорочении нити накала после ее восстановления лампу необходимо эксплуатировать при соответственно пониженном напряжении сети, используя для этой цели ограничители или регуляторы напряжения, которые встроены в настольные светильники или настенные выключатели.

3.4. Светильники с галогенными лампами

3.4.1. Устройство и принцип действия

Особенности галогенных ламп

Галогенные лампы накаливания по структуре и принципу действия сравнимы с лампами накаливания. Но они содержат в газе-наполнителе незначительные добавки галогенов (бром, хлор, фтор, йод) или их комбинации. С помощью этих добавок возможно в определенном температурном интервале практически полностью устранить потемнение колбы (вызванное испарением атомов вольфрама) и обусловленное этим уменьшение светового потока.

Поэтому размер колбы в галогенных лампах накаливания может быть сильно уменьшен, вследствие чего с одной стороны можно повысить давление в газе-наполнителе, и с другой стороны становится возможным применение дорогих инертных газов (криптон и ксенон) в качестве газов-наполнителей.

Современные галогенные лампы имеют ряд **преимуществ**:

- неизменно яркий свет в течение всего срока службы;
- красивый, сочный свет, обеспечивающий великолепную цветопередачу и возможность создания привлекательных световых эффектов;
- больше света при такой же мощности, благодаря более высокой световой отдаче, а следовательно, и повышенная экономичность;
- увеличенный вдвое срок службы по сравнению с лампами накаливания;
- уменьшенные размеры.

Вольфрамо-галогенный цикл

Существенные характеристики лампы накаливания — **световая отдача** и **срок службы** — в основном определяются температурой спирали: чем выше температура спирали, тем выше световая отдача, но тем короче срок службы.

Сокращение срока службы является последствием быстро растущей при повышении температуры скорости испарения вольфрама, которая приводит с одной стороны, к потемнению колбы, а с другой — к перегоранию спирали.

Потемнение колбы можно эффективно предотвратить с помощью галогенной добавки к газу-наполнителю, которая в процессе вольфрамо-

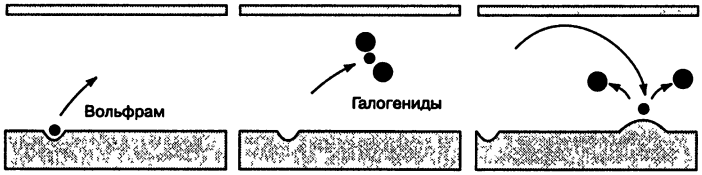


Рис. 3.17. *Вольфрамо-галогенный цикл*

галогенного цикла (**рис. 3.17**) не дает уже испаренному вольфраму осесть на стенках колбы. Испаренный из спирали в процессе работы лампы вольфрам попадает в результате диффузии или конвекции в температурную область (T_1 < 1400 K) вблизи стенки колбы, где образует стабильное вольфрамо-галогенное соединение. Вместе с тепловым потоком эти соединения снова перемещаются в зону горячей спирали (T_2 > 1400 K) и там снова распадаются.

Часть вольфрама снова восстанавливается на спирали, но уже на новом месте. Нормальный вольфрамо-галогенный цикл приводит т.о. лишь к предотвращению потемнения колбы, но не к увеличению срока службы, который закончится в результате разрыва спирали на возникших «горячих ячейках».

Так называемый «регенеративный» цикл был бы возможен с участием фтора. Но этот способ сегодня еще не разработан из-за агрессивности фтора по отношению к кварцевому и тугоплавкому стеклу, а также по причине его сопротивляемости к ныне используемым галогенам.

Галогенные лампы накаливания нового поколения

Галогенные лампы накаливания нового поколения (**рис. 3.18**), с отражающим инфракрасное излучение покрытием ламповой колбы, характеризуются **значительным повышением световой отдачи**.

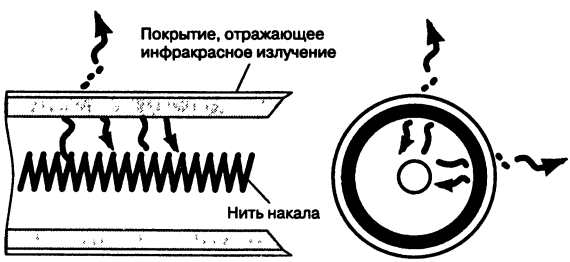


Рис. 3.18. *Принцип работы софитной галогенной лампы накаливания низкого напряжения с покрытием, отражающим инфракрасную составляющую*

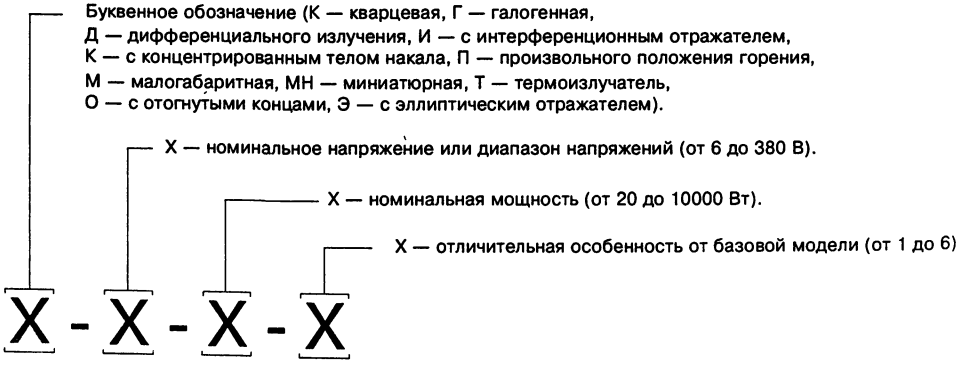
Это обусловлено следующим физическим процессом. Часть энергии, которая в обычных галогенных лампах накаливания преобразовывается в невидимое инфракрасное излучение (более 60% производительности излучения), в лампах с покрытием частично преобразовывается снова в свете. Это становится возможным благодаря структуре покрытия, которое пропускает только видимый свет, а инфракрасное излучение по возможности полностью возвращает на спираль, где оно частично поглощается. Это вызывает повышение температуры спирали, вследствие чего подачу электроэнергии можно сократить. Световая отдача возрастает.

Применение галогенных ламп

Галогенные лампы накаливания применяются для светильников общего освещения и прожекторов, инфракрасного облучения, кинофотосъемочного и телевизионного освещения, автомобильных фар, аэродромных огней, оптических приборов и др. Миниатюрные лампы применяются в кинопроекторах, в медицинских приборах, в проекторах измерительных лабораторий, театральных световых приборах, в подводных световых приборах. Среднегабаритные лампы применяются в осветительной аппаратуре для цветных кино-, фото-, телесъемок.

Система обозначений

Рассмотрим структуру условного обозначения ламп накаливания галогенных:



В СНГ приняты следующие обозначения галогенных ламп накаливания:

- первая буква — **материал колбы** (К — кварцевая);
- вторая буква — **вид галогенной добавки** (И — йод, Г — галоген);
- третья буква — **область применения** (О — облучательная) или конструктивная особенность (М — малогабаритная);
- первая группа цифр — мощность, Вт; сила света, кд; ток, А, или световой поток, лм, в зависимости от принятой маркировки или ламп соответствующего типа;
- последняя цифра — **порядковый номер разработки** после первой.

Конструктивные особенности

По конструктивным признакам галогенные лампы накаливания делятся на две группы: с длинным спиральным телом накала при соотношении длины ламп к диаметру более 10 — **линейные или трубчатые лампы**; с компактным телом накала при отношении длины тела накала к диаметру не менее 8 — эти галогенные лампы накаливания подразделяются в свою очередь на **мощные и малогабаритные**, в которых электроды размещены обычно с одной стороны.

Лампы для светильников общего освещения и прожекторов выпускаются преимущественно на напряжение 220 В мощностью от 1 до 20 кВт; световая отдача — 22—26 лм/Вт, срок службы — 2000 ч, лампы трубчатые, положение горения — горизонтальное.

Лампы инфракрасного облучения выпускаются на напряжения 127, 220 и 380 В мощностью от 0,5 до 5 кВт, срок службы повышенный (2500—5000 ч), так как тела накала этих ламп работают при низких температурах (2400—2700 К); лампы трубчатые, положение горения — горизонтальное.

Малогабаритные галогенные лампы накаливания разного назначения выпускаются на напряжение до 30 В (преимущественно 6, 12 и 24 В), мощностью 15—650 Вт, лампы имеют компактную форму тела накала. Поскольку от большинства этих ламп требуется высокая яркость, они имеют температуру тела накала 3000—3200 К и срок службы несколько десятков или сотен часов, положение горения — любое.

Устройство галогенных ламп накаливания. Колба лампы — длинная узкая кварцевая трубка; тело накала — прямолинейная вольфрамовая спираль, закрепленная на вольфрамовых держателях по оси колбы.

Расположенные по обоим концам трубки вольфрамовые вводы соединены с выводами, впаянной в кварц молибденовой фольгой. Диаметр

трубки-колбы и расположение тела накала в ней выбираются так, чтобы при горении галогенных ламп накаливания температура стенки была 500—600 °С (не менее 250 °С и не более 1200 °С).

Устройство и принцип действия

Тело накала галогенных ламп накаливания изготавливают из специальных марок вольфрамовой проволоки, преимущественно в виде спирали, которой в лампе с помощью электродов и держателей придается необходимая форма.

Принцип действия галогенных ламп накаливания заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений — галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама.

Галогенная добавка в лампах накаливания с вольфрамовым телом накала вызывает замкнутый химический цикл. Йодно-вольфрамовый цикл препятствует осаждению вольфрама на колбе, но не обеспечивает возвращение его частиц в дефектные участки тела накала. Поэтому механизм перегорания тела накала в йодных лампах остается таким же, как и в обычных лампах накаливания.

Применение йода в галогенных лампах накаливания выявило некоторые его недостатки: агрессивность по отношению к металлическим деталям, трудность дозировки, некоторое поглощение излучения в желто-зеленой области. Другие галогены (бром, хлор, фтор), будучи более агрессивными, в чистом виде не могут его заменить. В настоящее время в большинстве галогенных ламп накаливания применяют химические соединения галогенов CH_3Br (бромистый метил) и CH_2Br_2 (бромистый метилен).

Чистый бром выделяется в зонах с температурой выше 1500 °С. Для галогенных ламп накаливания с большим сроком службы применяют CH_3Br, полагая, что таким путем вводится некоторый избыток водорода, компенсирующий его утечку через горячую кварцевую колбу. По сегодняшний день продолжается работа по подбору новых летучих соединений, галогенов.

Исследования показывают, что механизм возвратного цикла значительно сложнее, чем представлялось на ранней стадии создания галогенных ламп накаливания. Установлено, что йодно-вольфрамовый цикл не происходит в лампе, абсолютно свободной от кислорода, однако, введение в галогенные лампы накаливания кислорода способствует появле-

нию вредного для ламп водяного цикла, как и в обычных лампах накаливания.

Длинные линейные галогенные лампы накаливания имеют недостатки: их невозможно долго эксплуатировать в наклонном или вертикальном положении, так как при этом галогенные добавки и инертный газ отделяются друг от друга и регенеративный цикл прекращается. Из-за высокой стоимости кварца и недостаточной технологичности галогенных ламп накаливания, они пока еще дороги.

Галогенные лампы накаливания по сравнению с обычными лампами имеют более стабильный по времени световой поток и, следовательно, повышенный полезный срок службы, а также значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность, благодаря применению кварцевой колбы. Малые размеры и прочная оболочка позволяют наполнить лампу до высоких давлений ксеноном и получать на этой основе более высокую яркость и повышенную световую отдачу (либо повышенный физический срок службы).

3.4.2. Низковольтные галогенные осветительные системы

Свет галогенных ламп делает цвета окружающей среды более живыми и интенсивными. Предметы из стекла, хрусталя, хрома и серебра приобретают дополнительный блеск, что придает им исключительно привлекательный внешний вид.

Разнообразие типов галогенных ламп позволяет осуществлять индивидуальный подход к решению осветительных задач, с учетом не только функционального назначения помещений, но и личных потребностей клиента. Свет галогенных ламп — от широко рассеянного, мягкого, не дающего тени, до резко ограниченного узкого пучка — дает возможность изыскивать бесчисленное количество вариантов освещения.

В низковольтных галогенных системах **токоведущая часть** — разновидность открытой проводки. Применение таких осветительных систем позволило отказаться от прокладки скрытой проводки, сделало более универсальным и мобильным освещение.

Системами можно управлять с помощью настенных или дистанционных выключателей, диммеров, автоматики на базе Европейской инсталляционной шины (EIB) стандарта X-10. Низковольтные галогенные осветительные системы достаточно дороги (300—1500 евро), но они

очень эффектны и удобны в эксплуатации. Можно выделить несколько разновидностей низковольтных систем.

1. Светильники **разъемного подключения** непосредственно к трансформатору (по-английски, **free jack system**), которые наиболее распространены. В них через самофиксирующиеся разъемы, способные выдержать вес арматуры и лампы, непосредственно к трансформатору подключаются от одного до трех светильников (или на одном шнуре и короткой шине — до четырех). Как правило, free jack-системы используются для местного и декоративного освещения в сочетании с другими, более мощными осветительными лампами.
2. Осветительные системы **с самонесущими струнами** (по-английски, **cable** system) применяются для общего, местного, комбинированного, ориентирующего и экспозиционного света. Выбор вида ламп и арматуры необычайно широк. Провода натягиваются между двумя стенами или потолочными консолями с помощью винтовых стяжек, по ним скользят подвижные контактные соединения, ведущие к патронам (конструкции германской фирмы SHTAFF и др.). Эти устройства удобны там, где возникает необходимость частых перестановок.
3. Осветительные системы **с направляющей токоведущей шиной**, дающей возможность устанавливать светильник в любом месте (**rail** system) и осветительные системы с токоведущей шиной и возможностью установки светильников в фиксированных местах (**track** system). Rail- и track-системы очень универсальны. Градация между этими системами в силу разнообразия конструкций достаточно условна.

И та, и другая могут быть как гибкими (гнется профиль шины; например, модели Swing и Magic германской фирмы SOLKEN LEUGHTEN), так и жесткими (любые углы и кривые выполняются с использованием специальных переходных элементов; например, модели Licht и Fit Line той же фирмы).

Шины подвешиваются к потолку на изолированных подвесках (rail и track-системы немецких компаний BRILONER, GROSSMAN, HUSTADT, SCHMITZ-LEUGHTEN, итальянской фирмы NOVOMIZARH), свисают с закрепленного на потолке трансформатора (rail- и track-системы ограниченной длины греческой фирмы TARSIS ILUMINACION) или наклеиваются изолирующим слоем на потолок и стены (track-система бельгийской фирмы RELUCI). Светильники устанавливаются на шину в специальных патронах, имеющих контактное соединение с токоведущей частью.

Системы питаются от понижающих электромагнитных или электронных трансформаторов мощностью 50—600 Вт с напряжением 12 или 24 В. Оно не считается опасным для жизни человека, в силу чего здесь не применяются нулевой защитный проводник и УЗО. Источники питания крепятся как на потолке, так и на стенах, но могут быть вынесены и за пределы помещения.

Электронные трансформаторы, по сути, представляют собой электронные преобразователи тока и большой мощности не обеспечивают (до 300 Вт). Поэтому они пригодны для систем с незначительной (до 4 м) длиной токоведущей шины.

При большей длине шины и больших нагрузках используются обычные **электромагнитные трансформаторы**, отличающиеся повышенной мощностью и надежностью, хотя они более габаритны и стоят дороже. Если суммарная мощность светильников превышает номинальную мощность трансформатора, то в сеть обязательно надо включить дополнительный источник питания, так как галогенные лампы очень чувствительны к нагрузке (сгорают вдвое быстрее при повышении напряжения всего на 5%).

Весьма практичны модели трансформаторов (например, фирмы SOLKEN LEUGHTEN, **укомплектованные устройствами, тестирующими цепь, и электронными автоматическими выключателями,** которые предохраняют от выхода из строя трансформатор при обрыве цепи или при КЗ). Электронные и обычные трансформаторы работают с различающимися типами диммеров. Использование же последних в системах с люминесцентными лампами вообще недопустимо.

Применяются также схемы подключения к rail- и track-системам под напряжением 220 В светильников **с индивидуальными понижающими электронными трансформаторами.** Преимущество такого решения вполне очевидно — разнообразные сочетания на одной общей шине различных по форме источников света.

Следует помнить **о противопожарной безопасности**, работая с галогенными лампами. При диапазоне мощности галогенных ламп 5—50 Вт температура их нагрева достигает 500 °С ! Поэтому близость открытой колбы к легко возгораемой поверхности недопустима. Так, минимальная удаленность 50-ваттной лампы от потолка обычно составляет 9 см. Это расстояние зависит от ее мощности, типа отражателя, осветительной арматуры, материала потолка, стены, от выбора освещаемого объекта.

В **низковольтных шинных системах** используются капсульные галогенные лампы, заполненные изнутри парами йода или брома. Отражатели

при этом могут быть как обычными, так и зеркальными, в зависимости от решаемой задачи.

Там, где требуется снизить поток инфракрасных нагревающих лучей на освещаемый объект (картину, аквариум), используются отражатели, пропускающие сквозь себя ИК-излучение и отводящие две трети тепловой энергии. Если следует снизить тепловую нагрузку на потолок, используются отражатели, не пропускающие инфракрасные лучи, например, зеркальные лампы Osram Decostar, Philips Masterline Plus, Sylvania Hi-Spot. Их теплоемкость нейтрализуется также с помощью осветительной арматуры.

При эксплуатации галогенных ламп низкого напряжения (6, 12 или 24 В) следует иметь в виду, что через тело накала, и соответственно, через подводящие к нему провода протекают достаточно большие токи, что вызывает большие потери напряжения в проводах. Чтобы избежать этого, необходимо **увеличивать сечение подводящих проводов**. Причем, чем длиннее провод, тем больше сечение он должен иметь. В **табл. 3.14** в метрах указано расстояние от трансформатора до светильника.

Сечение проводников (мм^2) для подключения светильников с низковольтными (12 В) галогенными лампами *Таблица 3.14*

Суммарная мощность ламп в светильнике, Вт	Длина провода от трансформатора до светильника, м						
	5	10	15	20	25	30	40
5	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1,5
10	0,75	0,75	1	1,5	2,5	2,5	2,5
20	0,75	1,5	2,5	2,5	4	4	6
50	2,5	4	6	6	10	10	16
100	4	6	10	16	16	25	25
150	6	10	16	25	25	—	—
200	6	16	25	25	—	—	—
250	10	16	25	—	—	—	—
300	10	25	—	—	—	—	—

Галогенные светильники по типу используемых в них ламп делятся на три категории. **Низковольтные галогенные светильники** рассчитаны на низковольтные галогенные лампы, имеют встроенный трансформатор и готовы к подключению к бытовой сети напряжения. **Светильники сетевого напряжения** работают с галогенными лампами сетевого напряжения, для которых не требуется использование трансформатора. **В светильниках универсального подключения** могут использоваться лампы

как на 220 В, так и на 12 В с трансформатором. Таким образом, универсальные светильники могут подключаться двумя способами: без трансформатора и с трансформатором.

Подключение без трансформатора. Светильник подключается напрямую к сети 220 В. Покупаете лампы, мощностью не превышающие мощности, указанной в инструкции к светильнику. Данный способ имеет следующий недостаток: галогенные лампы типа MR11, MR16 и пальчиковые лампы с цоколем G4 или GY6.35 не выпускаются ведущими мировыми производителями ламп (OSRAM, PHILIPS, GE). Срок службы таких ламп от китайских производителей крайне мал, и поэтому рекомендуется второй способ подключения галогенных светильников.

Подключение с трансформатором. Мощность используемого трансформатора должна быть не меньше суммы мощностей подключаемых к нему ламп.

Пример 1.
Необходимо подключить 4 лампы по 20 Вт. В сумме получаем 80 Вт. Т.к. трансформаторов на 80 Вт нет, то в этом случае нужно выбрать трансформатор мощностью не меньше, т. е. больше 80 Вт — например, трансформатор OSRAM HTM 105/230-240 на 105 Вт.

Пример 2.
Рассмотрим более сложный случай. Нужно подключить 7 ламп по 35 Вт. Общая мощность равна 245 Вт. Максимальная мощность предлагаемых трансформаторов 210 Вт. Значит, надо подключать лампы группами, ориентируясь на длину проводов и удобство подключения. Например:
Вариант А. *Можете приобрести два трансформатора: 150 Вт и 105 Вт. К трансформатору 150 Вт подключить 4 лампы (суммарная мощность 4×35 Вт = 140 Вт) и к трансформатору 105 Вт подключить оставшиеся 3 лампы (суммарная мощность 3×35 Вт = 105 Вт).*
Вариант Б. *Для подключения 7 ламп группами из 6 ламп и 1 лампы, необходимы трансформаторы 210 Вт (6×35 Вт = 210 Вт) и трансформатор 50 Вт или 60 Вт.*
Вариант В. *Можно подключить лампы и с разбивкой на другие группы, например, 2 + 2 + 3, 2 + 2 + 2 + 1, или все лампы по отдельности.*

Надо также учитывать, что в современных электронных трансформаторах, кроме максимальной, указывается и минимальная допустимая нагрузка. ***Например,*** *допустимая нагрузка трансформатора OSRAM HTM 105/230-240 — от 35 до 105 Вт (см. таблицу технических характеристик трансформатора, например, на www.lampa28.ru). Поэтому, этот трансформатор не подходит для подключения одной лампы 20 Вт, нужно использовать трансформатор 50 Вт или 60 Вт (их минимальная допустимая нагрузка 20 Вт).*

3.5. Светильники с газоразрядными лампами

3.5.1. Особенности газоразрядных ламп

Принцип действия современных газоразрядных ламп высокого давления абсолютно иной, чем у ламп накаливания: электрические разряды между электродами вызывают свечение наполнителя в разрядной трубке. Излучаемый лампой свет — это следствие проходящих в ней дуговых разрядов.

Для ограничения тока и для зажигания всем газоразрядным лампам необходимы **специальные устройства**. В отличие от типовых газоразрядных ламп (например, ксеноновых ламп) паросветным лампам после зажигания необходимо определенное время (примерно 2—15 минут), чтобы установилась их максимальная световая отдача. Это время, которое нужно веществам-наполнителям для полного испарения.

Все многообразие газоразрядных ламп рассмотрим на примере продукции немецкой фирмы OSRAM. Фирма входит в тройку крупнейших производителей ламп в мире. Высочайшие требования к качеству, предъявляемые фирмой OSRAM, нашли отражение и в ее философии «Total Quality Management» (TQM — Тотальное управление качеством).

Совет.
Подробнее газоразрядные лампы рассмотрены на ***www.lampa28.ru****, где для всех ламп приведены подробные описания, характеристики. Великолепный сайт, его стоит посетить. Там же можно заказать любые лампы, получить исчерпывающую консультацию.*

Определение.
Рабочее положение — *понятие, определяющее допустимую и недопустимую области для работы лампы в светильнике.*

В обозначении, например, h30, буква обозначает положение лампы, а цифра — половина угла допустимого диапазона.

Различаются следующие положения лампы:

h — вертикальное, цоколь направлен вверх;

s — вертикальное, цоколь направлен вниз;

p — горизонтальное.

Примеры представлены на **рис. 3.19**.

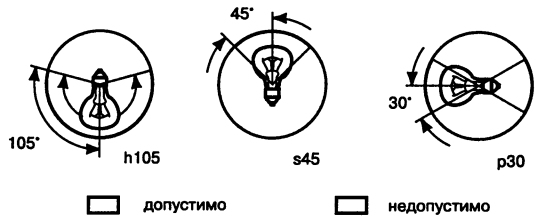


Рис. 3.19. *Схематическое изображение рабочего положения*

Металлогалогенные лампы — это ртутные лампы высокого давления с добавками йодидов металлов или йодидов редкоземельных элементов (диспрозий (Dy), гольмий (Ho) и тулий (Tm), а также комплексные соединения с цезием (Cs) и галогениды олова (Sn). Эти соединения распадаются в центре разрядной дуги, и пары металла могут стимулировать эмиссию света, чьи интенсивность и спектральное распределение зависят от давления пара металлогалогенов. Световая отдача и цветопередача дугового разряда ртути и световой спектр значительно улучшаются.

HMI-лампы — это металлогалогенные лампы с повышенной нагрузкой на стенку и очень коротким межэлектродным расстоянием имеют еще более высокую световую отдачу и цветопередачу, что, однако, ограничивает срок службы. Главной областью применения ламп HMI является сценическое освещение, эндоскопия, кино- и телесъемка при дневном освещении (цветовая температура составляет 6000 K). Мощность этих ламп лежит в диапазоне от 200 Вт до 18 кВт.

Для оптических целей были разработаны **короткодуговые металлогалогенные лампы HTI** с малыми межэлектродными расстояниями. Наряду с большой световой отдачей они отличаются очень высокой яркостью. Поэтому они используются, прежде всего, для световых эффектов, как позиционные источники света и в эндоскопии.

3.5.2. Пускорегулирующие автоматы

Для ограничения тока всем газоразрядным лампам необходимы **пускорегулирующие аппараты**. Для этого используются стандартные, энергосберегающие и электронные ПРА.

Их качественно важным рабочим параметром является **мощность потерь**, которая вместе с мощностью ламп складывается в системную мощность.

Электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), в отличие от **электромагнитных,** работают в частотном диапазоне свыше 30 кГц, что приводит к значительному увеличению эффективности. Она базируется в основном на двух механизмах: уменьшении электродных потерь, повышении световой отдачи.

Эти механизмы основаны на более эффективном преобразовании электрической энергии в ультрафиолетовой области спектра атомов ртути при 185 и 254 нм.

Применение современных ЭПРА позволяет значительно улучшить: световой комфорт, экономичность и эксплуатационную безопасность.

Факторы, повышающие световой комфорт:

- зажигание без мигания;
- приятный, немерцающий свет без стробоскопического эффекта;
- отсутствие мешающих шумов;
- отсутствие миганий у перегоревших ламп;
- автоматическое включение после замены лампы.

Экономичность работы:

- на треть уменьшенная потребляемая мощность по сравнению с ЭМПРА;
- вдвое по сравнению с ЭППРА и энергосберегающими ПРА увеличенный срок службы за счет бережливого режима работы;
- пониженные расходы на техническое обслуживание;
- пониженные расходы на кондиционирование, пониженная нагрузка на системы кондиционирования.

Свойства, повышающие эксплуатационную безопасность:

- предохранительное отключение питания при неисправной лампе;
- соответствие требованиям европейских стандартов к безопасности и электромагнитной совместимости;
- схема защитного отключения в случае кратковременного броска напряжения и при периодически появляющемся перенапряжении.

Кроме того, **ЭПРА со светорегулировкой** обеспечивают плавное без мигания регулирование светового потока люминесцентных ламп в диа-

пазоне 3—100% для компактных люминесцентных ламп и 1—100% для линейных люминесцентных ламп.

Управление осуществляется через гальванически разделенный **1-10 В интерфейс** или **DALI** (Digital Addressable Lighting Interface).

Энергосберегающие ПРА имеют по сравнению с ЭМПРА незначительные мощности потерь, но большие габариты, к тому же их изготовление дороже, вследствие улучшения структуры, применения лучших сплавов и больших железных сердечников. Системная мощность для 26-ваттной компактной люминесцентной лампы составляет, например, около 30 Вт.

Обычные электромагнитные ПРА (ЭМПРА) представляют из себя простое индуктивное сопротивление, которое состоит из железного сердечника, обвитого медной проволокой. Использование такого омического сопротивления приводит к высокой потере мощности и к большому выделению тепла. Системная мощность работающей с ЭПРА 26-ваттной компактной люминесцентной лампы составляет 32 Вт, т. о. мощность потерь составляет 6 Вт (23%).

Различают следующие варианты эксплуатации:

- со стартером тлеющего разряда;
- без стартера;
- ПРА с ограничением температуры.

Принцип действия при работе с зажиганием тлеющего разряда (который в отличие от неоновой лампы содержит в качестве электродов биметаллические полосы) описывается следующим образом: напряжение зажигания тлеющего разряда, при котором возникает тлеющий разряд между биметаллическими полосами, ниже, чем напряжение зажигания лампы с холодными электродами.

Поэтому при появлении напряжения в электросети приводится в действие зажигание, а не лампа. Ток тлеющего разряда нагревает электроды, они смыкаются, и полный ток короткого замыкания дросселя поступает в ламповые электроды.

После охлаждения биметаллические контакты снова размыкаются. При этом разряжается сохраненная энергия дросселя. Возникает импульс напряжения, который зажигает лампу. После срабатывания зажигания в нем остается напряжение индуктивной составляющей искрового разряда, которое, однако, недостаточно для запуска зажигания.

3.6. Светильники с люминисцентными лампами

3.6.1. Знакомство с люминесцентным освещением

Основные физические понятия

Определения.
Люминесценция — *излучение, которое не требует нагрева тел и может возникать в газообразных, жидких и твердых телах под действием, например, ударов электронов, движущихся со скоростями, достаточными для возбуждения.*
Люминофоры — *твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбудителей.*

В люминесцентных и ряде других типов газоразрядных ламп используют **фотолюминесценцию** — оптическое излучение, возникающее в результате поглощения телами оптического излучения, но с другой длиной волны.

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

В зависимости от давления газа в лампе бывают люминесцентные лампы низкого давления (ЛНД) и высокого давления.

Определение.
Люминесцентные лампы — *это газоразрядные лампы низкого давления, в которых возникающее в результате газового разряда невидимое для человеческого глаза ультрафиолетовое излучение преобразуется люминофорным покрытием в видимый свет (принцип работы люминесцентной лампы).*

Устройство реальной люминесцентной лампы

Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную герметически закрытую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора (**рис. 3.20**). Из трубки удален воздух и в нее введены небольшое количество газа (аргона) и дозированная капля ртути. Внутри трубки на ее концах, в стеклянных ножках, укреплены биспиральные электроды из вольфрама, соединенные с двухштырьковыми

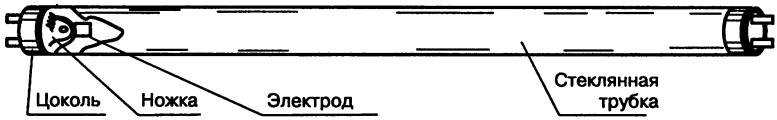


Рис. 3.20. *Устройство люминесцентной лампы*

цоколями, служащими для присоединения лампы к электрической сети посредством специальных патронов. При подаче напряжения к лампе между электродами возникает электрический разряд в парах ртути, в результате электролюминесценции паров лампа излучает свет.

Достоинства люминесцентных ламп

Основным преимуществом люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания являются:

- более **высокий коэффициент полезного действия** (15—20%), **высокая световая отдача** и в несколько раз больший срок службы. Таким образом, при затрате той же мощности достигается значительно большая освещенность по сравнению с лампами накаливания;
- правильный выбор ламп по цветности может создать **освещение, близкое к естественному**;
- **благоприятные спектры излучения**, обеспечивающие высокое качество цветопередачи;
- люминесцентные лампы **значительно менее чувствительны к повышениям напряжения**, поэтому их экономично применять на лестничных клетках и в помещениях, освещаемых ночью, когда в сети напряжение повышено. Лампы накаливания (очень чувствительные к повышениям напряжения) быстро перегорают;
- **малая себестоимость**;
- **низкая яркость поверхности** и ее **низкая температура** (не выше 50 °С).

Недостатки люминесцентных ламп с неэлектронными ПРА

Основным недостатками люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания являются:

- сложность схемы включения;
- ограниченная единичная мощность (до 150 Вт);
- зависимость от температуры окружающей среды (при снижении температуры лампы могут гаснуть или не зажигаться);
- значительное снижение светового потока к концу срока службы;

- вредные для зрения пульсации светового потока;
- акустические помехи и повышенная шумность работы;
- при снижении напряжения сети более чем на 10% от номинального значения лампа не зажигается;
- дополнительные потери энергии в пускорегулирующей аппаратуре, достигающие 25—35% мощности ламп;
- наличие радиопомех;
- лампы содержат вредные для здоровья вещества, поэтому вышедшие из строя газоразрядные лампы требуют тщательной утилизации.

Принцип действия

Принцип действия люминесцентной лампы низкого давления основан **на дуговом разряде** в парах ртути низкого давления. Получающееся при этом **ультрафиолетовое излучение** преобразуется в видимое в слое **люминофора**, покрывающего внутренние стенки лампы. Лампы представляют собой длинные стеклянные трубки, в торцы которых впаяны ножки, несущие по два электрода, между которыми находится катод в виде спирали.

В трубку лампы введены **пары ртути** и **инертный газ**, главным образом аргон. **Назначением инертных газов** является обеспечение надежного загорания лампы и уменьшение распыления катодов. На внутреннюю поверхность трубки нанесен слой люминофора.

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 приложенного напряжения.

В своем движении электроны встречаются с нейтральными атомами газа — заполнителя полости трубки — и **ионизируют** их, выбивая электроны с верхней орбиты в пространство. 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:

- трубки с гелием светятся светло-желтым или бледно-розовым светом;
- трубки с неоном — красным светом;
- трубки с аргоном — голубым светом.

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 короткие ультрафиолетовые лучи. Электроды 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.

Маркировка отечественных люминесцентных ламп

У ламп с улучшенным качеством цветопередачи после букв, обозначающих цвет, стоит буква Ц, а при цветопередаче особо высокого качества — буквы ЦЦ. Маркировка ламп тлеющего разряда начинается с букв ТЛ.

Разновидности спектрального состава люминесцентных ламп

Спектральный состав видимого излучения зависит от состава люминофора, в соответствии с чем лампы обозначают буквами. Различную цветность можно получить с помощью люминофора — галофосфата кальция в зависимости от цветовой температуры лампы.

Цветовой температурой называется температура абсолютно черного тела, при которой цвет его излучения совпадает с цветом самого тела (К — Кельвин, Т = t + 273, где Т — температура в К, t — температура в °С).

По спектру излучаемого света лампы подразделяются:

- **ЛБ** — лампы белого света с цветовой температурой 4200 К, соответствующей цветовой температуре яркого солнечного дня;
- **ЛХБ** — лампы холодно-белого света с цветовой температурой 4800 К;
- **ЛТБ** — лампы тепло-белого света с цветовой температурой 2800 К, соответствующей цветности излучения ламп накаливания;
- **ЛД** — лампы дневного света, имеющие цветовую температуру 6500 К, соответствующую цветовой температуре голубого неба без солнца.

Для осветительных установок, в которых требуется правильная цветопередача, выпускаются лампы:

- **ЛЕЦ** — лампы естественного (Е) цвета;
- **ЛТБЦ** — лампы тепло-белого (ТБ) цвета;
- **ЛДЦ** — лампы дневного (Д) цвета.

Стоящие после обозначения цифры указывают мощность лампы в ваттах. Люминесцентные лампы выпускаются мощностью 8—150 Вт.

Пример 1.
ЛТБ 30 означает: люминесцентная, тепло-белого цвета, мощность 30 Вт.

Пример 2.
ЛБ 20 обозначает: люминесцентная лампа белого цвета мощностью 20 Вт.

Световой поток после 70% средней продолжительности горения снижается до 70% среднего номинального потока. Наиболее долго лампы служат при комнатной температуре и номинальном напряжении. Повышение и понижение напряжения снижают срок службы, но к повышениям напряжения люминесцентные лампы значительно менее

чувствительны, чем лампы накаливания. Люминесцентные лампы показаны на **рис. 3.21—3.22**.

Раньше их называли:

- прямыми (**рис. 3.21**);
- кольцевыми (**рис. 3.22, *а***);
- U-образными (**рис. 3.22, *б***).

Эти названия нашли отражение в старых обозначениях светильников для люминесцентных ламп. В настоящее время все лампы, кроме прямых, называют фигурными (**рис. 3.22**).

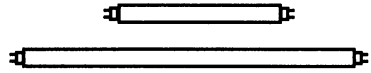
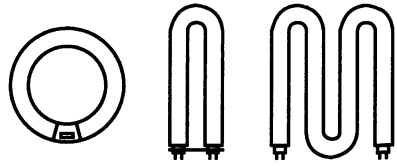


Рис. 3.21. *Прямые лампы*



а) *б)*

Рис. 3.22. *Люминесцентные лампы*

Технические характеристики наиболее распространенных ламп *Таблица 3.15*

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Продолжительность горения, ч	Тип цоколя
Лампы люминесцентные ртутные низкого давления				
ЛБ-20	20	1200	7500	Ц2Ш-13/35
ЛБ-40	40	3000		
ЛБ-80	80	5220		
ЛД-40	40	2340		
ЛД-80	80	4070		
ЛДЦ-40	40	2100		
ЛДЦ-80	80	3610		
ЛТБ-40	40	2780		
ЛТБ-80	80	4720		
ЛХБ-40	40	2780		
ЛХБ-80	80	4600		

Характеристики обычных люминесцентных ламп

В **табл. 3.16** приведены характеристики наиболее распространенных ЛЛ дневного света, а на **рис. 3.23** — их внешний вид.

Обозначения:

P — мощность; U — напряжение на лампе; I — ток лампы; R — световой поток; S —световая отдача.

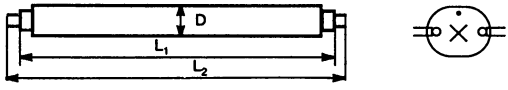


Рис. 3.23. *Наиболее распространенные ЛЛ дневного света*

Характеристики ламп дневного света *Таблица 3.16*

Тип	P, Вт	U, В	I, А	R, лм	S, лм/Вт	Размеры, мм		
						L1	L2	D
ЛДЦ	15	58	0,3	450	30	437,4	452,4	25
ЛД	15	58	0,3	525	35	437,4	452,4	25
ЛХБ	15	58	0,3	600	40	437,4	452,4	25
ЛБ	15	58	0,3	630	42	437,4	452,4	25
ЛТБ	15	58	0,3	600	40	437,4	452,4	25
ЛДЦ	20	60	0,35	620	31	589,8	604,8	38
ЛД	20	60	0,35	760	39	589,8	604,8	38
ЛХБ	20	60	0,35	900	45	589,8	604,8	38
ЛБ	20	60	0,35	980	49	589,8	604,8	38
ЛТБ	20	60	0,35	900	45	589,8	604,8	38
ЛДЦ	30	108	0,34	1110	37	894,6	909,6	25
ЛД	30	108	0,34	1380	46	894,6	909,6	25
ЛХБ	30	108	0,34	1500	50	894,6	909,6	25
ЛБ	30	108	0,34	1740	58	894,6	909,6	25
ЛТБ	30	108	0,34	1500	50	894,6	909,6	25
ЛДЦ	40	108	0,41	1520	38	1199,4	1214, 4	38
ЛД	40	108	0,41	1960	49	1199,4	1214, 4	38
ЛХБ	40	108	0,41	2200	55	1199,4	1214, 4	38
ЛБ	40	108	0,41	2480	62	1199,4	1214, 4	38
ЛТБ	40	108	0,41	2200	55	1199,4	1214, 4	38
ЛДЦ	80	108	0,82	2720	34	1500	1515	38
ЛД	80	108	0,82	3440	43	1500	1515	38
ЛХБ	80	108	0,82	3840	48	1500	1515	38
ЛБ	80	108	0,82	4320	54	1500	1515	38
ЛТБ	80	108	0,82	3840	48	1500	1515	38

Энергоэкономичные люминесцентные лампы (ЭЛЛ)

ЭЛЛ предназначены для общего освещения и полностью взаимозаменяемы со стандартными ЛЛ мощностью 20, 40 и 65 Вт в существующих осветительных установках без замены светильников и пускорегулирующей аппаратуры.

Они имеют стандартную длину, стандартные значения рабочих токов и напряжений на лампах и те же или близкие значения световых потоков, что и у стандартных ламп соответствующей цветности при пониженной на 10% мощности (18, 36 и 58 Вт). Внешне ЭЛЛ отличаются от стандартных ламп только меньшим диаметром (26 мм вместо 38 мм). За счет уменьшения диаметра снижается расход основных материалов (стекло, люминофор, газы, ртуть и др.).

Для обеспечения того же падения напряжения на лампах при уменьшении их диаметра пришлось применить для наполнения смесь аргона с криптоном и снизить давление до 200—330 Па (вместо обычных 400 Па в стандартных лампах). В ЭЛЛ возрастает температура трубки до 50 °С , но создавать специальные условия для охлаждения не требуется. Люминофорный слой в ЭЛЛ находится в более тяжелых рабочих условиях, поэтому наиболее подходящими для этих ламп являются редкоземельные люминофоры. Однако такие люминофоры примерно в 40 раз дороже стандартного галофосфата кальция (ГФК), поэтому и лампы с такими люминофорами в несколько раз дороже обычных. Для снижения стоимости ламп применяют двухслойное покрытие. Сначала на стекло наносят ГФК, а поверх него редкоземельный люминофор небольшой толщины.

Промышленность выпускает ЭЛЛ мощностью 18, 36 и 58 Вт цветностей ЛБ, ЛДЦ и ЛЕЦ со световыми параметрами, совпадающими с параметрами обычных ЛЛ тех же цветностей мощностью 20, 40 и 65 Вт. Под маркой ЛБЦТ выпускаются ЭЛЛ с трехкомпонентной смесью редкоземельных люминофоров со сроком службы 15000 ч.

Зарубежные фирмы выпускают ЭЛЛ трех-, четырех стандартизованных цветовых тонов и с двух-, трехкомпонентной смесью редкоземельных люминофоров. В **табл. 3.17** приведены параметры некоторых типов ЭЛЛ в колбах диаметром 26 мм фирмы OSRAM (Германия).

Характеристики зарубежных ламп дневного света *Таблица 3.17*

Марка лампы	Тип лампы Люмилюкс	Световой поток, лм, для лампы мощностью, Вт		
		18	36	58
L...W/11	Дневного цвета	1300	3250	5200
L...W/21	Белого цвета	1450	3450	5400
L...W/31	Тепло-белого цвета	1450	3450	5400
L...W/41	«Интерна» Люмилюкс делюкс	1300	5200	3250
L...W/22	Белого цвета	1000	2350	3750
L...W/32	Тепло-белого цвета Стандартные	1000	2350	3750
L...W/25	Универсально белый	1050	2500	4000
L...W/20	Ярко-белого цвета	1150	3000	4800
L...W/30	Тепло-белого цвета	1150	3000	4800

Компактные люминесцентные лампы

В начале 80-х годов стали появляться многочисленные типы **компактных люминесцентных ламп (КЛЛ)** мощностью от 5 до 25 Вт со свето-

выми отдачами от 30 до 60 лм/Вт и сроками службы от 5000 до 10000 ч. Часть типов КЛЛ предназначена для непосредственной замены ламп накаливания. Они имеют встроенную пускорегулирующую аппаратуру и снабжены стандартным резьбовым цоколем Е27.

Разработка КЛЛ стала возможной только в результате **создания высокостабильных узкополосных люминофоров**, активированных редкоземельными элементами, которые могут работать при более высоких поверхностных плотностях облучения, чем в стандартных ЛЛ. За счет этого удалось значительно уменьшить диаметр разрядной трубки. Что касается сокращения габаритов ламп в длину, то эта задача была решена путем **разделения трубок на несколько** более коротких участков, расположенных параллельно и соединенных между собой либо изогнутыми участками трубки, либо вваренными стеклянными патрубками.

Основные **экономические преимущества КЛЛ** — значительная экономия электроэнергии и уменьшение необходимого количества ламп для выработки одинакового количества люмен-часов по сравнению с лампами накаливания.

Современные КЛЛ сложны в производстве. Поэтому ведутся теоретические и экспериментальные исследования, направленные на усовершенствование таких ламп.

КЛЛ делятся на три подгруппы:

- двухвыводные (штырьковые), имеющие встроенный в специальный цоколь G23 стартер с конденсатором и предназначенные для работы с внешним электромагнитным ПРА;
- четырехвыводные (штырьковые) универсальные, работающие совместно с внешним электронным или электромагнитным ПРА;
- компактные люминесцентные лампы с интегрированным (встроенным) в цоколь электронным балластом (ЭПРА). Имеют стандартный резьбовой цоколь Е27 (или Е14).

Цена КЛЛ с интегрированным (встроенным) в цоколь электронным балластом (ЭПРА) известных производителей (OSRAM, PHILIPS, GE Lighting), выпускающих действительно качественную продукцию, составляет в среднем $5—10.

Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) — самый современный продукт светотехнической отрасли — сохраняют все основные достоинства люминесцентных ламп, уже ставших традиционными, но лишены их недостатков. Новые технологические возможности позволили зна-

чительно уменьшить диаметр трубки (до 7 мм) и, изогнув ее один раз (в виде буквы П), дважды, трижды или закрутив ее в спираль, получить малогабаритную лампу с одним цоколем со штырьками, как у линейной люминесцентной лампы (в этом случае ПРА устанавливаются отдельно, как и раньше), или с резьбовым эдисоновским цоколем как у стандартной лампы накаливания.

В лампах с резьбовым цоколем электронный малогабаритный и легкий ПРА встраивается непосредственно в основание лампы у резьбового цоколя. Такая компактная лампа предназначена для прямой замены лампы накаливания в тех же светильниках и при тех же патронах. При такой замене вы получаете пятикратную экономию электроэнергии (т. к. КЛЛ имеет световую отдачу, по крайней мере, в 5 раз большую, чем лампа накаливания той же мощности) и можете использовать эти лампы в 8—12 раз дольше (их срок службы составляет 8—12 тыс. ч). Причем в течение этого периода КЛЛ генерирует в 40—60 раз больше световой энергии. Размеры четырехканальных КЛЛ мощностью 18 Вт не превышают 145 мм, а одна такая лампа заменяет за срок своей службы 40—60 ламп накаливания мощностью по 60 Вт.

В реальных условиях работы в жилых домах (обычно осветительные приборы в них включены менее 1500 ч в год) КЛЛ надо менять не два раза в год, как лампы накаливания, а один раз в 8 лет. Немалую роль играет также мизерное содержание ртути в КЛЛ (около 3 мг). Велики и экологические преимущества КЛЛ: за срок службы лампа мощностью 18 Вт позволяет в два раза уменьшить выброс в атмосферу двуокиси углерода и на 7,5 кг — двуокиси серы (эти вещества выбрасывались бы в атмосферу на тепловых электростанциях при выработке того количества электроэнергии, которое потреблялось бы заменяемыми лампами накаливания).

Значительно более сложные, чем лампы накаливания, КЛЛ и стоят существенно дороже. Лампы отечественного производства (ОАО Лисма-ВНИИИС — www.vniiis.ru; Московский электроламповый завод МЭЛЗ — www.melz.ct.ru) стоят несколько дешевле, чем зарубежные брэнды. Вместе с тем, первоначальные затраты на покупку КЛЛ достаточно быстро окупятся и весь последующий период будут приносить чистый доход.

Соответствия некоторых серий компактных люминесцентных ламп OSRAM, GE Lighting, PHILIPS приведены в **табл. 3.18**.

Соответствия некоторых серий КЛЛ OSRAM, GE Lighting, PHILIPS *Таблица 3.18*

OSRAM	GE Lighting	PHILIPS Lighting
Четырехвыводные компактные люминесцентные лампы для работы с внешним электронным ПРА		
DULUX® S/E	Biax S/E	PL-S 4-PIN
DULUX® D/E	Biax D/E	PL-C 4-PIN
DULUX® T/E (IN)	Biax T/E	PL-T 4-PIN
DULUX® L (SP)	Biax L	PL-L 4-PIN
DULUX® F	–	–
–	Biax Q/E	Master PL-H
–	Biax 2D/E	PL-Q Pro
Двухвыводные (со встроенным в цоколь стартером) компактные люминесцентные лампы для работы с внешним электромагнитным ПРА		
DULUX® S	Biax S	PL-S 2-PIN
DULUX® D	Biax D	PL-C 2-PIN
DULUX® T	Biax T	PL-T 2-PIN
–	Biax 2D	PL-Q Pro
Компактные люминесцентные лампы с интегрированным в цоколь электронным ПРА и предназначенные для непосредственной замены ламп накаливания		
Dulux EL 2-turn E14	Electronic Biax M	ECOTONE Economy
Dulux EL 2-turn E27	Electronic Biax D	ECOTONE Economy
Dulux EL 3-turn LONGLIFE, FACILITY, ECONOMY, VARIO, SENSOR	Electronic Biax T	PL E-T
Dulux EL Globe	Electronic Biax Globe	PL E-D Decor Globe EL/A, Vanity Globe BC-EL/A
–	Electronic Biax Q	–
–	Genura R80 Induction Lamp	–
DULUX® EL CLASSIC	–	Ecotone AMBIANCE
DULUX® EL REFLECTOR	–	Reflector Flood BC-EL/A BR-30 Flood SLS/R30
CIRCOLUX® EL	–	FC8T9/SYS
–	–	Twister BC-EL/DT

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM LUMILUX® (группа цветопередачи 1B) приведены в **табл. 3.19**.

Характеристики КЛЛ OSRAM LUMILUX®
(группа цветопередачи 1В)

Таблица 3.19

Тип	Мощ-ность, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью				Длина L, мм
		860, Daylight	840, Cool White	830, Warm White	827, INTERNA	
OSRAM DULUX® T						
DULUX T 13W/...	13	–	900	900	900	90
DULUX T 18W/...	18	–	1200	1200	1200	100
DULUX T 26W/...	26	–	1800	1800	1800	115
OSRAM DULUX® T/E						
DULUX T/E 13W/...	13	–	900	900	900	90
DULUX T/E 18W/...	18	–	1200	1200	1200	100
DULUX T/E 26W/...	26	–	1800	1800	1800	115
DULUX T/E 32W/...	32	–	2400	2400	2400	131
DULUX T/E 42W/...	42	–	3200	3200	3200	152
DULUX T/E 57W/...	57	–	4300	4300	4300	181
OSRAM DULUX® D						
DULUX D 10W/...	10	–	600	600	600	87
DULUX D 13W/...	13	–	900	900	900	115
DULUX D 18W/...	18	–	1200	1200	1200	130
DULUX D 26W/...	26	–	1800	1800	1800	149
OSRAM DULUX® D/E						
DULUX D/E 10W/...	10	–	600	600	600	87
DULUX D/E 13W/...	13	–	900	900	900	115
DULUX D/E 18W/...	18	–	1200	1200	1200	130
DULUX D/E 26W/...	26	–	1800	1800	1800	149
OSRAM DULUX® S						
DULUX S 5W/...	5	–	250	250	250	85
DULUX S 7W/...	7	375	400	400	400	114
DULUX S 9W/...	9	565	600	600	600	144
DULUX S 11W/...	11	850	900	900	900	214
OSRAM DULUX® S/E						
DULUX S/E 5W/...	5	–	250	–	250	85
DULUX S/E 7W/...	7	–	400	400	400	114
DULUX S/E 9W/...	9	–	600	600	600	144
DULUX S/E 11W/...	11	–	900	900	900	214
OSRAM DULUX® F						
DULUX F 18W/...	18	–	1100	1100	1100	122
DULUX F 24W/...	24	–	1700	1700	1700	165
DULUX F 36W/...	36	–	2800	2800	2800	217
OSRAM DULUX® L						
DULUX L 18W/...	18	–	1200	1200	1200	217
DULUX L 24W/...	24	–	1800	1800	1800	317
DULUX L 36W/...	36	2750	2900	2900	2900	411
DULUX L 40W/...	40	3325	3500	3500	3500	533
DULUX L 55W/...	55	4550	4800	4800	4800	533
DULUX L 80W/...	80	–	6000	6000	–	570

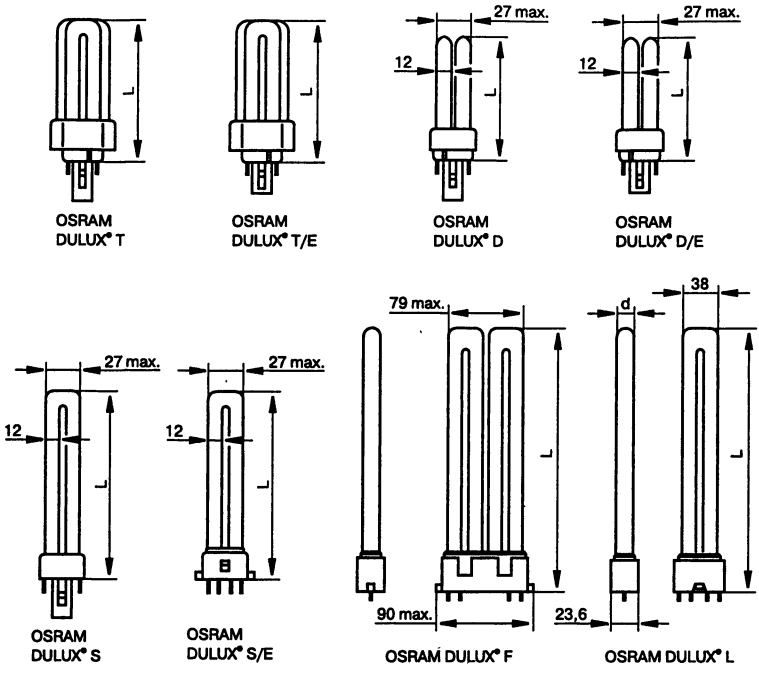


Рис. 3.24. *Габаритные размеры*

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM LUMILUX® DE LUXE (группа цветопередачи 1А) приведены в **табл. 3.20**.

Характеристики КЛЛ OSRAM LUMILUX® DE LUXE (группа цветопередачи 1А)

Таблица 3.20

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм, для ламп с цветностью			Длина L, мм
		950, Daylight	940, Cool White	930, Warm White	
КЛЛ OSRAM LUMILUX® DE LUXE					
DULUX L 18W/...	18	750	750	750	217
DULUX L 24W/...	24	1200	1200	1200	317
DULUX L 36W/...	36	1900	1900	1900	411
DULUX L 40W/...	40	2200	–	–	533
DULUX L 55W/...	55	3000	3000	3000	533

Технические характеристики компактных люминесцентных ламп OSRAM DULUX® EL с цветностью 827 INTERNA приведены в **табл. 3.21**.

Характеристики КЛЛ OSRAM DULUX® EL *Таблица 3.21*

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Диаметр d, мм	Длина L, мм
OSRAM DULUX® EL Mini				
DULUX EL 3W /827 E14	3	100	30	115
DULUX EL 5W /827 E14	5	240	36	124
DULUX EL 7W /827 E14	7	400	45	136
DULUX EL 11W /827 E14	11	600	45	148
OSRAM DULUX® EL				
DULUX EL 5W /827 E27	5	240	36	121
DULUX EL 7W /827 E27	7	400	45	131,5
DULUX EL 11W /827 E27	11	600	45	143
DULUX EL 15W /827 E27	15	900	52	140
DULUX EL 20W /827 E27	20	1200	52	153,5
DULUX EL 23W /827 E27	23	1500	58	173
OSRAM DULUX® EL CLASSIC				
DULUX EL CL B 5W /827 E14	5	150	46	131
DULUX EL CL A 5W /827 E27	5	150	60	111
DULUX EL CL B 7W /827 E14	7	280	46	131
DULUX EL CL A 7W /827 E27	7	350	60	111
DULUX EL CL A 10W /827 E27	10	500	60	123,5
DULUX EL CL A 11W /827 E27	11	550	70	147
DULUX EL CL A 15W /827 E27	15	800	70	149,5
OSRAM DULUX® EL FACILITY				
DULUX EL FCY 10W /827 E27	10	500	45	129
DULUX EL FCY 10W /827 E14	10	500	45	133
DULUX EL FCY 14W /827 E27	14	800	52	131
OSRAM DULUX® EL SENSOR PLUS				
DULUX EL 15W /Sensor	15	900	52	140
OSRAM DULUX® EL REFLECTOR				
DULUX EL-R 15W /827 E27	15	335	102	143
DULUX EL-R 20W /827 E27	20	450	117,5	161
OSRAM DULUX® EL GLOBE				
DULUX EL GL 15W /827 E27	15	700	100	169
DULUX EL GL 20W /827 E27	20	1150	120	190
OSRAM CIRCOLUX® EL				
CIRCOLUX EL 24W /827 E27	24	1700	225	99
OSRAM DULUX® EL VARIO				
DEL VAR 23W /827 E27	23	1500	58	173

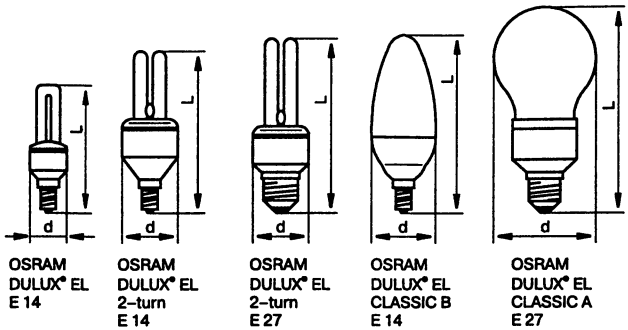


Рис. 3.25. *Габаритные размеры*

Характеристики ламп OSRAM DULUX® приведены в **табл. 3.22**.

Технические характеристики ламп OSRAM DULUX® *Таблица 3.22*

Лампа OSRAM DULUX®	Напряжение лампы, В		Ток лампы, мА		Яркость, кд/см²
	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	при 50 Гц	при ВЧ ПРА	
DULUX S 5W	35	–	180	–	2,5
DULUX S 7W	47	–	175/180	–	2,6
DULUX S 9W	60	–	170/180	–	2,8
DULUX S 11W	91	–	155/–	–	2,7
DULUX D 10W	64	–	190	–	4,0
DULUX D 13W	91	–	175	–	4,0
DULUX D 18W	100	–	220	–	4,5
DULUX D 26W	105	–	325	–	5,5
DULUX T 13W	91	–	175	–	4,2
DULUX T 18W	100	–	225	–	4,7
DULUX T 26W	105	–	325	–	6,0
DULUX S/E 5W	35	27	180	190	2,5
DULUX S/E 7W	47	37	175	175	2,6
DULUX S/E 9W	60	48	170	170	2,8
DULUX S/E 11W	91	75	155	150	2,7
DULUX D/E 10W	64	51	190	190	4,0
DULUX D/E 13W	91	77	175	165	4,0
DULUX D/E 18W	100	80	220	210	4,5
DULUX D/E 26W	105	80	325	300	5,5
DULUX T/E 13W	91	77	175	165	4,2
DULUX T/E 18W	100	80	220	210	4,7
DULUX T/E 26W	105	80	325	300	6,0
DULUX T/E 32W	–	100	–	320	6,5
DULUX T/E 42W	–	135	–	320	7,0
DULUX T/E 57W	–	182	–	320	7,0
DULUX L 18W	58	50	375	320	2,1
DULUX L 24W	87	75	345	300	2,1
DULUX L 36W	106	90	435	360	2,8
DULUX L 40W	–	126	–	320	2,3
DULUX L 55W	–	101	–	550	3,2
DULUX F 18W	58	50	375	320	2,4
DULUX F 24W	87	75	345	300	2,5
DULUX F 36W	106	90	435	360	3,0

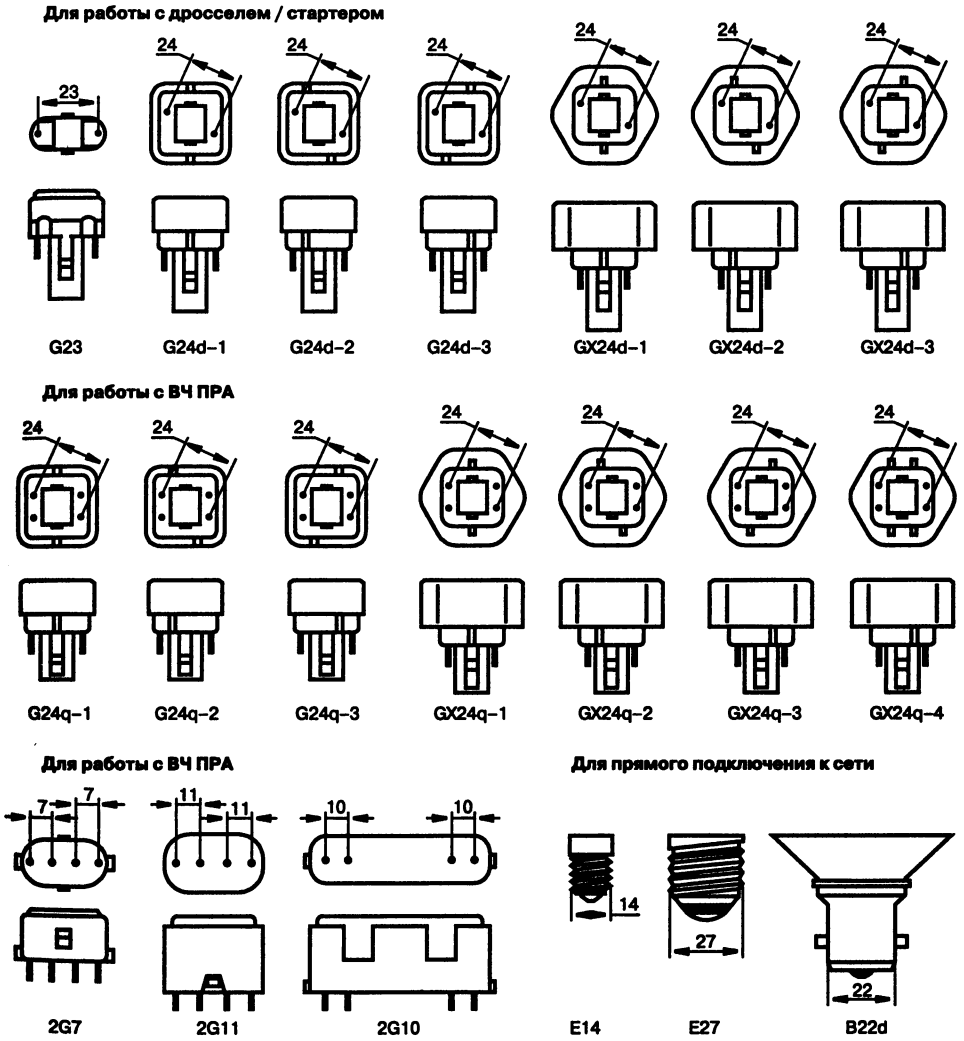


Рис. 3.26. *Цоколи*

Габаритные размеры КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E приведены в **табл. 3.23**. В **табл. 3.24** приведены характеристики этих ламп.

Габаритные размеры КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E *Таблица 3.23*

Мощность лампы, Вт	Габаритные размеры, мм, не более					
	A	B	C	L	D	MOL
42	51	51	163,3	135,5	58	154
57	51	51	163,3	135,5	58	178
70	51	51	193,3	165,5	58	208

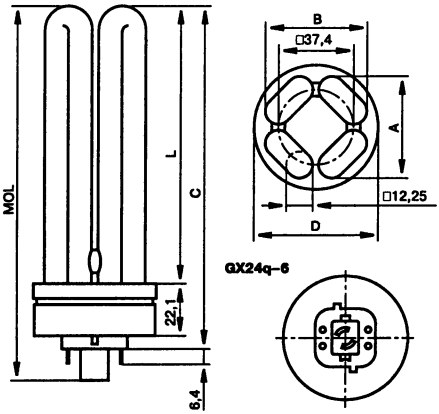


Рис. 3.27. *Габаритные размеры КЛЛ (к табл. 3.23)*

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ Q/E *Таблица 3.24*

Мощность, Вт	Код цветности	Световой поток, лм	Номинальный средний срок службы, тыс. ч	Напряжение лампы, В	Ток лампы, А
42	830, 835, 840	3200	10—12	140	0,3
57	827, 830, 835, 840, 850	4300	10—12	182	0,32
70	827, 830, 835, 840, 850	5200	10—12	219	0,32

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ 2D®/E (4 штырьковая) приведены в **табл. 3.25**.

Характеристики КЛЛ фирмы GE Lighting серии Biax™ 2D®/E *Таблица 3.25*

Мощность, Вт	Код цветности	Световой поток, лм	Номинальный средний срок службы, тыс. ч	Длина, мм
10	827, 835	650	10	92
16	827, 835	1050	10	142
21	827, 835, 860	1350	10	142
28	827, 835, 840	2050	10	205
38	827, 835	2850	10	205
55	827, 835	4000	10	205

Конструктивные группы КЛЛ

Все многообразие выпускаемых в настоящее время КЛЛ можно разделить на четыре основные группы.

Первая группа — лампы без внешней оболочки, с разрядной трубкой Н- или П-образной формы, специальным цоколем, выносной пускорегулирующей аппаратурой (ПРА) и встроенным стартером (**рис. 3.28**).

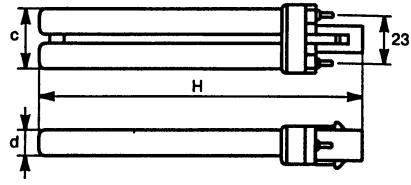


Рис. 3.28. *КЛЛ без внешней оболочки, с разрядной трубкой*

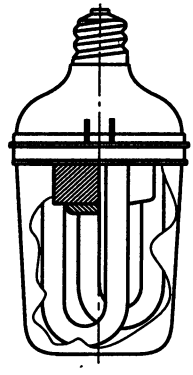


Рис. 3.29. *КЛЛ с призматической или опаловой внешней оболочкой*

В первую группу входят КЛЛ, получившие наибольшее распространение. Лампы имеют разрядную трубку с диаметром 12,5 мм и снабжены специальным двухштыревым цоколем G23. Они выпускаются отечественной промышленностью (под маркой КЛ/ТБЦ) и рядом зарубежных фирм. Лампы наполнены аргоном при давлении 400 Па, что обеспечивает нормальную работу катодов и условия разряда. Лампы легко зажигаются даже при температурах до –20 °С , время зажигания не превышает 10 с. Основные параметры таких ламп приведены в **табл. 3.26**.

Серия КЛЛ повышенной мощности состоит из трех ламп мощностью 18, 24 и 35 Вт длиной 251, 362 и 443 мм, с номинальным световым потоком, соответственно, 1250, 2000 и 2500 лм и сроком службы 5000 ч. Лампы изготавливают в трубках увеличенного до 15 мм диаметра и монтируют на специальном четырехштыревом цоколе.

Вторая группа — лампы с призматической или опаловой внешней оболочкой, сложно изогнутой разрядной трубкой, стандартным резьбовым (или штифтовым) цоколем и встроенным стартером и ПРА (**рис. 3.29**).

Во вторую группу входят довольно распространенные за рубежом КЛЛ со стеклянной или пластмассовой внешней оболочкой и стандартным резьбовым цоколем Е27. Внутри оболочки смонтированы ПРА, стартер и дважды U-образно изогнутая разрядная трубка. Основные параметры КЛЛ этого типа (отечественные КЛС.../ТБЦ и выпускаемые за рубежом) приведены в **табл. 3.26** (вторая группа).

Ввиду того, что разрядные трубки в этом виде ламп работают в закрытой внешней оболочке при температурах, заметно превышающих оптимальную, и нет возможности искусственно создать холодную зону, разрядные трубки наполняют амальгамой ртути.

Таблица 3.26

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, лм	Габариты, мм	Цоколь
Первая группа						
КЛ7/ТБЦ	11,2	45±5	0,18	400	27×13×135	Специальный
КЛ9/ТБЦ	12,8	60±6	0,17	600	27×13×167	G23
КЛ11/ТБЦ	14,8	90±9	0,155	900	27×13×235	
Вторая группа						
КЛС9/ТБЦ	9	220	0,093	425	Ø85×150	
КЛС13/ТБЦ	13	220	0,125	600	Ø85×160	Резьбовой
КЛС18/ТБЦ	18	220	0,18	900	Ø85×170	E27
КЛС25/ТБЦ	25	220	0,27	1200	Ø85×180	
Третья группа						
CIRCOLUX	12	220	—	700	Ø165×100	Резьбовой
CIRCOLUX	18	220	—	1000	Ø165×100	E27
CIRCOLUX	24	220	—	1450	Ø216×100	

Лампы предназначены для непосредственной замены ламп накаливания и дают большую экономию электроэнергии. К их недостаткам относят сравнительно большие габариты и особенно массу по сравнению с лампами накаливания, неразборность конструкции, в силу чего после выхода из строя разрядной трубки приходится заменять целиком всю лампу, включая дроссель. В связи с этим некоторые зарубежные фирмы выпускают такие лампы в разборном исполнении.

Третья группа — кольцевые лампы, без внешней оболочки со стандартным резьбовым (или штифтовым) цоколем и встроенным стартером и ПРА (**рис. 3.30**). В третью группу входит семейство кольцевых КЛЛ с резьбовым цоколем и встроенным ПРА, смонтированным в пластмассовом корпусе, расположенном по диаметру кольцеобразной разрядной трубки. Световая отдача кольцевых КЛЛ даже с полупроводниковыми ПРА уступает световой отдаче Н-образных КЛЛ соответствующих мощностей. Удобство кольцевых КЛЛ состоит в том, что ими можно непосредственно заменять лампы накаливания в осветительном приборе.

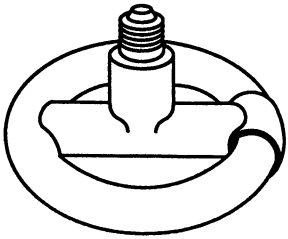


Рис. 3.30. *Кольцевые КЛЛ без внешней оболочки*

Четвертая группа — лампы со стеклянной внешней оболочкой, сложно изогнутой разрядной трубкой, специальным цоколем, выносным стартером и ПРА.

В четвертую группу входят лампы, имеющие цилиндрическую или грушевидную внешнюю оболочку, специальный 4-штыревой цоколь, выносные ПРА и стартер. Эти лампы имеют более низкие световые отдачи по сравнению с Н- и П-образными КЛЛ. Поэтому данные об этих лампах не приводятся.

Безэлектродные компактные люминесцентные лампы

В этих лампах для возбуждения свечения люминофоров используется разряд в парах ртути низкого давления в смеси с инертными газами (аргоном, криптоном). Поддержание заряда осуществляется за счет энергии электромагнитного поля, которое создается в непосредственной близости от разрядного объема. Создание безэлектродных КЛЛ стало возможным благодаря современной микроэлектронике, которая позволила создать малогабаритные и сравнительно дешевые источники высокочастотной энергии с высоким КПД.

Все возможные типы безэлектродных ламп состоят из **трех узлов**:

- малогабаритного **источника ВЧ-энергии**;
- устройства для эффективной передачи ВЧ-энергии в разряд, называемого **индуктором**;
- **разрядного объема**.

Различия в устройстве и конструкции узлов определяются выбранной для возбуждения разряда высокой частотой. В настоящее время известны три основных типа безэлектродных КЛЛ с примерно одинаковыми энергетическими параметрами: с **тороидальным индуктором** на ферромагнитном сердечнике (частоты от 25 до 1000 кГц); с **соленоидальным индуктором** (частоты от 3 до 300 МГц); **сверхвысокочастотные** (с частотой свыше 100 МГц).

Анализ показал, что в настоящее время наиболее целесообразно использовать конструкцию с соленоидальным индуктором и внешним по отношению к нему расположением разрядного объема. Конструкция подобной лампы показана на **рис. 3.31**.

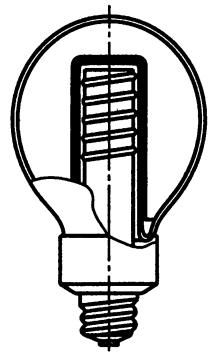


Рис. 3.31. *Конструкция безэлектродной КЛЛ*

Первые серийные образцы безэлектродных **индукционных люминесцентных ламп** (ИЛЛ) были выпущены компанией PHILIPS Lighting в 1991—1992 гг. под торговой маркой QL (Quality Lighting). Эти люминесцентные источники света, максимально приближенные по форме к лампе накаливания общего назначения.

Колба лампы имеет цилиндрическое углубление для размещения индуктора, покрыта изнутри люминофором и наполнена инертным газом с небольшим количеством ртути в виде амальгамы. Индуктор (соленоид) с ферритовым сердечником, на который надета колба, является индуктивностью выходного контура транзисторного ВЧ-генератора и связан с ним через коаксиальный кабель для уменьшения потерь на ВЧ-излучение.

Электромагнитное поле индуктора на частоте 2,65 МГц возбуждает разряд в парах ртути с УФ-излучением, воздействующим на люминофорное покрытие из трехкомпонентной смеси гексагональных алюминатов, активированных редкоземельными элементами, а люминофор, в свою очередь, излучает видимый свет.

Время полного разгорания разряда — около 1 мин. Люминофор и стекло защищены от ртутного загрязнения светопрозрачной защитной пленкой (как и в ЛЛ типа Т5), обеспечивающей спад светового потока менее 10% после 10—20 тыс. ч и 25% после 60 тыс. ч работы лампы. Без защитной пленки 25%-ный спад светового потока происходит после 8 тыс. ч, т. е. срок службы лампы QL с защитной пленкой увеличивается почти на порядок. (Отметим, что срок службы этих ламп существенно превышает срок службы транзисторов в ВЧ-генераторах.)

Благодаря чрезвычайно большому сроку службы ИЛЛ представляют собой идеальный источник света для освещения цехов с непрерывным режимом работы и в случаях, когда доступ к светильникам при обслуживании затруднен, например, при значительной высоте установки (потолки) и загроможденности зон подхода, а также там, где замена ламп связана со значительными материальными затратами.

На **рис. 3.32** показана эквивалентная замена рефлекторного светильника с лампой накаливания на безэлектродную ИЛЛ Genura.

Замена ЛН лампой Genura обеспечивает экономию электроэнергии в 4—5 раз и повышает продолжительность эксплуатации в 10—15 раз. Так, экономический эффект при замене ЛН типа R80 лампами Genura (при высокой начальной стоимости лампы Genura — около $ 25) достигается через 8 месяцев, а в течение всего срока службы (15 тыс. ч) эксплуатация 100 шт. ламп Genura обеспечивает общую экономию более $20000.

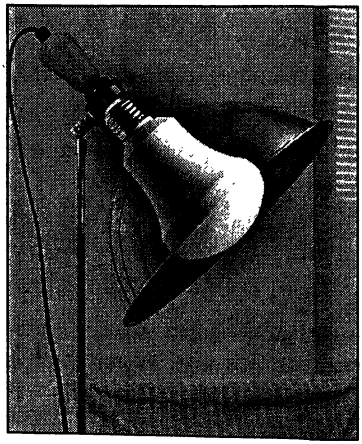


Рис. 3.32. *Замена ЛН на ИЛЛ Genura в рефлекторном светильнике*

По форме колбы и габаритным размерам лампа Genura™ R80 соответствует зеркальной ЛН типа R80 (100 Вт). В прицокольной части лампы размещен транзисторный генератор частотой 2,5 МГц, потребляющий 23 Вт от сети переменного тока напряжением 230 В. Колба лампы Genura покрыта изнутри люминофором марки «Полилюкс» и наполнена ксеноном

с небольшим количеством ртути. Внутреннее строение лампы Genura показано на **рис. 3.33**.

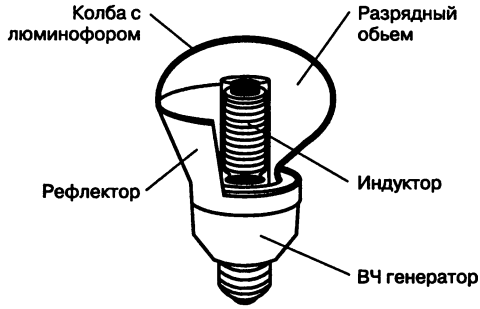


Рис. 3.33. *Внутреннее строение лампы Genura*

Гарантированный срок службы лампы Genura фирма GE Lighting скромно заявила как 15000 ч, ссылаясь на стандарт IEC 969.

Расположение индуктора с ферритовым сердечником внутри колбы лампы соответствует конструкции безэлектродной ИЛЛ типа QL. То обстоятельство, что ВЧ-генератор находится в самой лампе, ограничивает ее мощность и срок службы, который в основном определяется тепловой и радиационной стойкостью транзисторного генератора. Экранирующее действие слабого ВЧ-разряда, по-видимому, считается недостаточным, и в целях снижения уровня электромагнитных излучений от индуктора на поверхности колбы под слоем люминофора нанесено проводящее покрытие из тонкой пленки окиси цинка.

ИЛЛ типа Genura снабжена отражателем из белого полипропилена марки Валокс, сохраняющего свою форму при изменении температуры от –20 °С до +120 °С.

Технические характеристики ИЛЛ Genura приведены в **табл. 3.27**.

Технические характеристики ИЛЛ Genura *Таблица 3.27*

Параметры	Значение
Мощность лампы, Вт	23
Потребляемый ток, А	0,21
Световой поток, лм	1100
Световая отдача, лм/Вт	48
Цветовая температура излучения, К	2700
	3000
Индекс цветопередачи, R_a	82
Минимальная допустимая температура окружающего воздуха, °С	–20
Масса лампы, г	200
Цоколь	E27

На **рис. 3.34** показаны габаритные размеры ламп ENDURA®, в **табл. 3.28** приведены их технические характеристики.

Таблица 3.27 (продолжение)

Технические характеристики ламп OSRAM ENDURA® *Таблица 3.28*

Параметры		ENDURA® 75W	ENDURA® 100W	ENDURA® 150W
Мощность системы ENDURA®, Вт		75	100	150
Световой поток, лм		6500	8000	12000
Световая отдача, лм/Вт		80	80	80
Цветовая температура излучения, К		3000	3000	3000
		4000	4000	4000
Индекс цветопередачи, R_a		более 80	более 80	более 80
Потребляемый ток, А, от сети 220 В		0,4	0,64	0,7
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха (в закрытом светильнике), °С		от –25 до +50	от –25 до +50	от –25 до +50
Габаритные размеры (рис. 3.34)	Колбы (1)	L = 313 мм B = 139 мм H = 72 мм	L = 313 мм B = 139 мм H = 72 мм	L = 414 мм B = 139 мм H = 72 мм
	QUICKTRONIC® S-исполнение (2)	L = 181 мм B = 99 мм H = 42 мм		
	QUICKTRONIC® L-исполнение (3)	L = 423 мм B = 40 мм H = 30 мм		

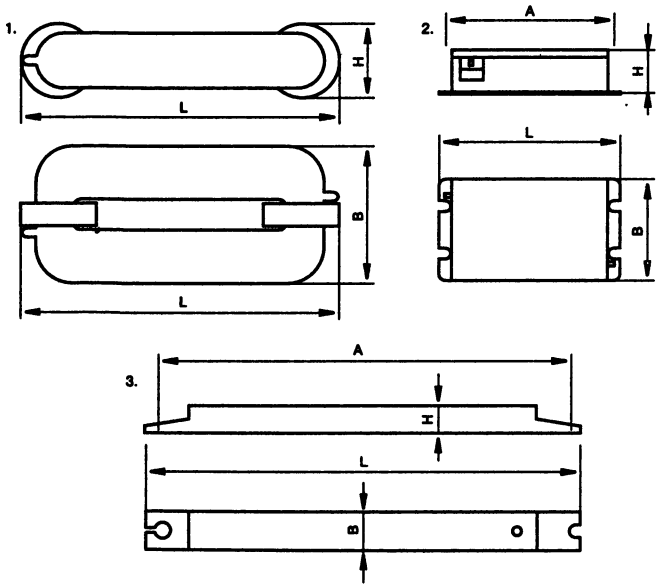


Рис. 3.34. *Габаритные размеры ламп ENDURA®*

Подробно о применении этих ламп см. в новой книге Давиденко «500 схем для радиолюбителей. Эффективное освещение», вышедшей в нашем издательстве в 2008 году.

3.6.2. Светильники с люминесцентными лампами и электромагнитными ПРА

Устройство и работа

В схему светильника, кроме лампы, включены: выключатель SA1; стартер E1 со встроенным конденсатором C1, служащим для подавления радиопомех; дроссель L1; конденсатор C2, служащий для повышения коэффициента мощности cos φ.

Поясню назначение конденсатора C2 подробнее. Дроссель почти не потребляет электроэнергию, т. е. ту энергию, которую он берет из сети при намагничивании, он почти полностью возвращает в сеть при размагничивании. Но эта «перекачка» энергии из сети в сеть загружает ее провода и вызывает в них тепловые потери. Чтобы разгрузить сеть от тока дросселя, в его цепь включают конденсатор (C2 на **рис. 3.35**). Тогда перекачка энергии происходит уже не между сетью и дросселем, а между дросселем и конденсатором, т. е. внутри самой установки.

Этапы работы светильника

В процессе зажигания люминесцентной лампы совершается ряд явлений. В общих чертах они состоят в последующей смене ряда этапов.

Первый этап. При замыкании выключателя SA1 к стартеру прикладывается напряжение сети. В **стартере** (небольшая неоновая лампочка) возникает слабый тлеющий разряд, который разогревает **электроды**.

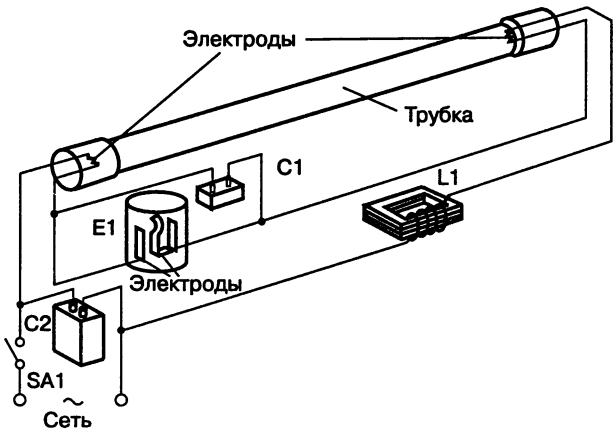


Рис. 3.35. *Схема светильника с люминесцентными лампами и электромагнитным ПРА*

Один из электродов — биметаллический. **Биметалл** — это пластинка из двух металлов с различными температурными коэффициентами линейного расширения. При нагревании один из металлов удлиняется больше, чем другой, а так как они скреплены, то вся пластинка изгибается. При охлаждении происходит распрямление пластинки. Под действием тепла он изгибается и касается другого электрода. В результате ток в цепи значительно увеличивается, а разряд в стартере гаснет.

Второй этап. Увеличившийся ток **разогревает электроды** люминесцентной лампы, и они начинают **испускать электроны** (это подготовка к зажиганию).

Третий этап. Электроды стартера остывают, биметалл распрямляется, и, наконец, между электродами образуется **зазор**. При этом сила тока в цепи резко уменьшается. При уменьшении тока в дросселе согласно закону Ленца возникает кратковременное значительное напряжение, стремящееся поддержать исчезающий ток. Это напряжение самоиндукции складывается с напряжением сети, в результате чего к электродам люминесцентной лампы оказывается приложенным импульс напряжений большего значения, чем напряжение сети. Под действием этого импульса в люминесцентной лампе возникает **разряд в аргоне**: лампа начинает несколько разогреваться.

Четвертый этап. Под действием теплоты капля ртути испаряется и создает в лампе **ртутные пары** необходимой плотности. Так как они ионизируются значительно легче паров аргона, то в дальнейшем разряд происходит в основном уже не в аргоне, а в ртутных парах.

Пятый этап. Когда лампа горит, напряжение на ее электродах, а следовательно, и на электродах стартера (который присоединен параллельно) ниже напряжения сети. Почему? Потому что последовательно с лампой включен дроссель L1, через который теперь проходит значительный ток, причем ток переменный.

В результате в дросселе индуцируется **электродвижущая сила** (ЭДС) **самоиндукции**, действующая согласно закону Ленца навстречу напряжению сети. В итоге на лампу и стартер приходится уже не полное напряжение сети, а разность между ним и напряжением самоиндукции. Это совершенно необходимо, иначе лампа погаснет.

Действительно, если бы при горящей лампе на стартере снова оказалось напряжение, равное напряжению сети (а не ниже), то в стартере вновь возник бы разряд и спустя небольшое время электроды стартера, сомкнувшись, закоротили бы лампу.

Внимание!

У дросселя еще одна важнейшая задача — он ограничивает возрастание тока, что имело бы место при включении люминесцентной лампы непосредственно в сеть. Таковы свойства газового разряда. Возрастание тока (при отсутствии дросселя) разрушило бы лампу или же привело к перегоранию предохранителей (отключению автоматического выключателя). Без дросселя люминесцентные лампы включать опасно.

Настенный светильник с U-образной люминесцентной лампой

Ознакомимся с несколькими светильниками с люминесцентными лампами для нормальных условий среды и рассмотрим примеры электроустановочных устройств, которые для них предназначены.

На **рис. 3.36** представлен настенный светильник с U-образной люминесцентной лампой

Рассеиватель установлен на отбортованное основание и закреплен винтом и съемной крышкой. На рисунке хорошо виден патрон, в который вставлен стартер, конденсатор, колодка для присоединения к сети и пружинный ламподержатель. Снизу лампа прикреплена перемычкой, а та в свою очередь привинчена к патрону винтом. Показаны четыре гнезда для включения лампы и два гнезда для стартера. Лампа показана отдельно (**рис. 3.37**).

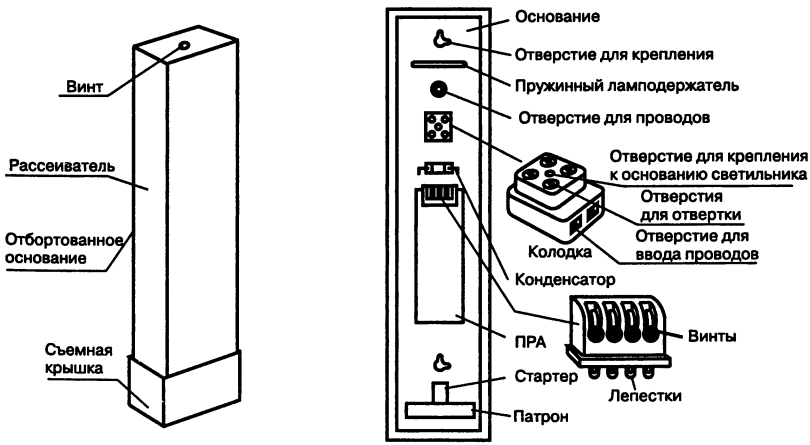
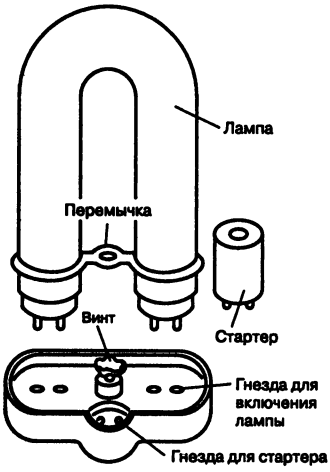
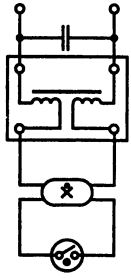


Рис. 3.36. *Настенный светильник с U-образной люминесцентной лампой*



а)



б)

Рис. 3.37. *Соединение элементов светильника и схема включения*

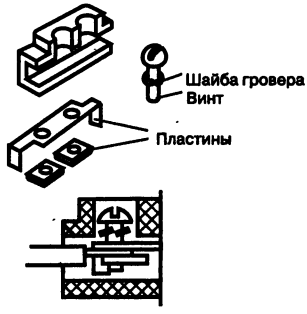


Рис. 3.38. *Устройство контактов*

Сетевые провода вводятся через отверстие и присоединяются к зажимам. Показано присоединение винтами внешних проводов. Внутренние провода припаяны к лепесткам. Основание светильника так выдавлено, что между ним и стеной провода проходят свободно.

Отверстия в колодке служат: для ввода проводов; для отвертки; для крепления к основанию светильника.

На **рис. 3.38** показано устройство контактов. Провода зажимают между пластинами. Пластины имеют насечку и отверстия с резьбой для винтов. На винты надеты пружинящие (разрезные) шайбы. Для крепления к стене служат два отверстия.

Светильник для общего локализованного освещения

Светильник для равномерного или общего локализованного освещения помещений общественных и жилых зданий показан на **рис. 3.39**. К основанию винтами привинчен рассеиватель. Форма отверстий дает возможность устанавливать светильник вертикально и горизонтально. В светильнике установлены патроны, стартеродержатель со стартером, колодка с зажимами, ПРА (привинчивается винтами) и конденсатор. Лампа показана отдельно.

Люминесцентные лампы имеют большую длину и не совсем одинаковы. Из-за этого лампа может не поместиться, а может и выпасть, если расстояние между патронами не соответствует ее длине. Чтобы пра-

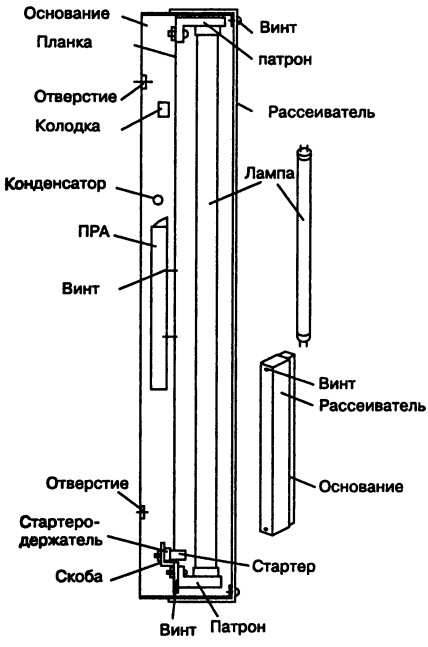


Рис. 3.39. *Светильник для равномерного или общего локализованного освещения*

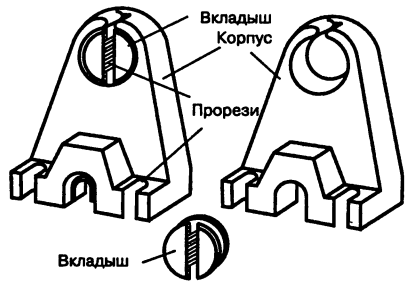


Рис. 3.40. *Устройство патрона*

вильно установить патроны, в них сделаны продольные прорези. Винты с шайбами ввинчиваются в отверстия планок. Верхний патрон непосредственно укреплен на планке, приваренной к основанию. Под нижний патрон подложена изогнутая скоба, на которой установлен стартеродержатель.

Устройство патрона показано на **рис. 3.40**. В корпусе размещены:

- снизу — контактный узел;
- спереди — поворотный вкладыш.

В контактном узле в колодку из изолирующего материала вставлены контактные пружины, ход которых ограничен упорами. Провода зажимают между торцами винтов и контактными пружинами. Винты ввинчивают в пластинки. Положение их зафиксировано пазами колодки.

Лампу вставляют в прорезь, а затем поворачивают на 90°. При этом соединяются штифты с контактными пружинами.

Потолочный светильник с электромагнитными ПРА

Потолочный светильник с фасонной кольцеобразной лампой показан на **рис. 3.41**. Его основанием служит диск с отбортованным краем, скобой и двумя отверстиями для крепления к потолку.

На основании установлены: ПРА; конденсатор; стартеродержатель со стартером; зажимы; три ламподержателя.

Рассеиватель прижат декоративной крышкой, которую держит винт, ввинченный в гайку. Лампа показана отдельно. Она закреплена тремя

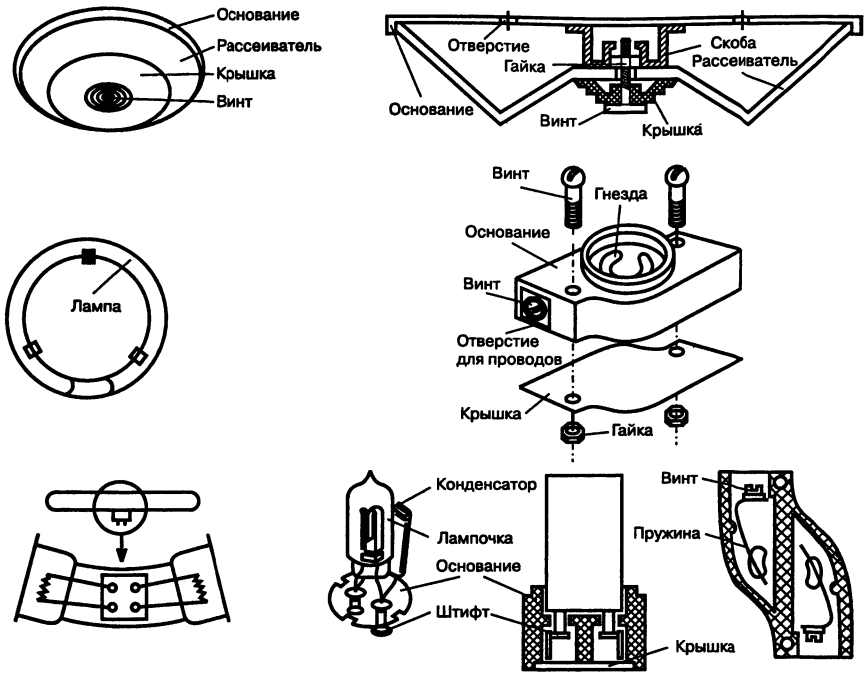


Рис. 3.41. *Потолочный светильник с фасонной кольцеобразной лампой*

ламподержателями, которые расположены под углами 120°. Для присоединения лампы служит **накидной патрон**. Выводные штырьки вставляются в его гнезда.

Стартеродержатель имеет пластмассовое основание, закрытое снизу тонкой крышкой из изолирующего материала. Винты и гайки служат и для крепления крышки. Провода вводят в отверстия и присоединяют винтами к пружинам. Когда штифты стартера вводят в гнезда стартеродержателя и затем стартер поворачивают до упора, **контактные пружины** раздаются, нажимают на **штифты стартера**, благодаря чему обеспечивается надежное соединение. Здесь же показано устройство стартера. Чехол, изолированный изнутри конденсаторной бумагой, прикреплен к основанию из изолирующего материала. Закраинки чехла сперва вставлены в прорези основания, а затем загнуты под прямым углом. В основание вставлены два штифта. К ним припаяны выводы **неоновой лампочки** с биметаллическим контактом и конденсатора для подавления радиопомех.

Устройство патрона показано на **рис. 3.42**. В полый корпус вставлены: снизу — контактный узел; спереди — поворотный вкладыш.

В контактном узле в колодку из изолирующего материала вставлены контактные пружины, ход которых ограничен упорами. Провода зажимают между торцами винтов и контактными пружинами. Винты ввинчивают в пластинки. Положение их зафиксировано пазами колодки. Лампу вставляют в прорезь, а затем поворачивают на 90°. При этом соединяются штифты с контактными пружинами.

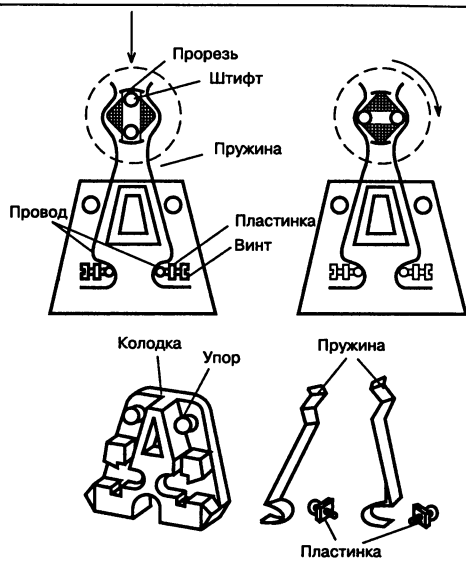


Рис. 3.42. *Устройство патрона*

Подвесной светильник с двумя лампами укрепляется на двух подвесах. Тот подвес, через который выведены из светильника провода, — трубчатый. На **рис. 3.43** показан корпус с подвесами, двумя стартерами и патронами.

В корпусе установлен: один двухламповый ПРА; или два однолампoвых: емкостный и индуктивный. К корпусу двумя замками-защелками (не видны) прикрепляется отражатель с экранирующей решеткой. Экранирующая решетка состоит из множества поперечных пластин (показаны только крайние) и одной продольной пластины, органического стекла (но не хрупкое и тяжелое, а пластины). В щель, образованную прорезями, вставляются рассеиватели из опалового силикатного стекла, так как силикатные стеклорассеиватели ничем не закреплены.

Поперечный упрощенный разрез светильника (**рис. 3.44**) показывает взаимное расположение ламп. Светильник над лампами открыт. Благодаря

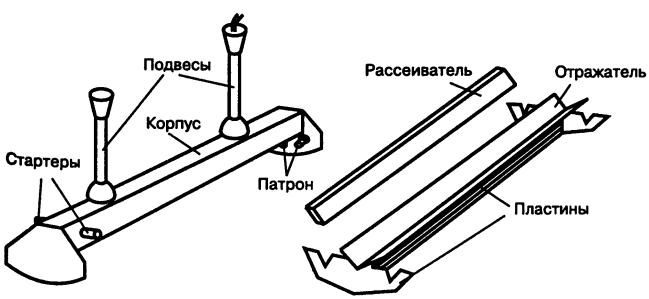


Рис. 3.43. *Подвесной светильник с двумя лампами и с электромагнитным ПРА*

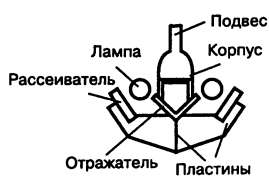


Рис. 3.44. *Поперечный упрощенный разрез светильника*

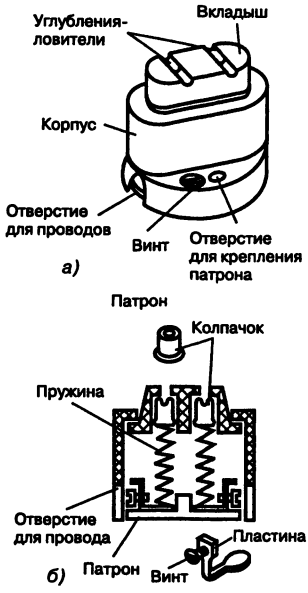


Рис. 3.45. *Устройство усовершенствованного патрона*

этому свет отражается от потолка, а лампы можно заменять, не снимая решетки-отражателя.

Патрон, с которым мы познакомились выше, неудобен тем, что при смене ламп его иногда приходится передвигать. Патрон на **рис. 3.45** значительно удобнее. Его корпус неподвижен, а вкладыш с контактными колпачками (в которые упираются штифты лампы) может перемещаться; при этом пружины сжимаются или разжимаются. Провода в патрон вводят через отверстия и присоединяют винтами, которые ввинчивают в пластины.

Пластины и винты укреплены на основании патрона. Корпус и основание соединены двумя винтами с гайками. Отверстия служат для крепления патрона. Лампу легко вставлять, так как на вкладыше сделаны углубления-ловители. Именно они направляют штифты лампы в углубления в колпачках.

Накидные патроны

Патроны, представленные на **рис. 3.42** и **3.45**, служат и для крепления, и для присоединения ламп, но они занимают относительно много места. Поэтому все чаще применяется независимое крепление ламп в светильниках, например, пружинящими проволочными замками в сочетании с двумя накидными патронами (**рис. 3.46, *а***).

В заключение расскажем о весьма распространенных **торцевых патронах**, установка которых схематически показана на **рис. 3.46, *б***. В комплект одной лампы входят два патрона. Один из них неподвижно

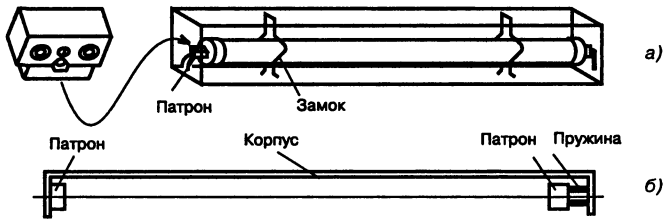


Рис. 3.46. *Накидные (а) и торцевые (б) патроны*

закреплен в одном из торцов корпуса светильника, другой имеет компенсирующие втулки, благодаря чему может перемещаться вдоль оси лампы, создавая автоматическую компенсацию допусков (4 мм) на длину лампы. Компенсирующие втулки (не показаны) представляют собой две полые металлические трубки с отогнутыми фланцами на концах и надетыми на них стальными винтовыми пружинами.

И, наконец, несколько слов о **креплении патронов**. Распространены крепления одним винтом, двумя винтами и безвинтовым способом. В последнем случае приливы в патроне фиксируют его в пазах корпуса светильника, но так, что патрон может отклоняться на 10—15° в наружную сторону от лампы, что автоматически компенсирует допуски на точность изготовления ламп и светильников.

Ремонт светильников с электромагнитными ПРА

Люминесцентные светильники с электромагнитными ПРА представляют собой устройство со многими конструктивными элементами и большим количеством контактов.

Внимание!
Люминесцентные лампы следует вынимать из патронов с большой осторожностью, чтобы не повредить цоколь и не разбить стекло лампы, так как в лампе находятся пары ртути, которые являются очень токсичными!

Еще одной особенностью эксплуатации люминесцентных ламп является наличие в схеме включения вспомогательной аппаратуры — стартера и дросселя. Если в данной схеме лампа не зажигается, необходимо проверить исправность электросети, а также отдельных элементов схемы включения лампы.

Нормальная эксплуатация лампы существенно зависит от внешних условий: от напряжения питающей сети; от температуры окружающего воздуха.

При эксплуатации люминесцентных ламп необходимо знать, что характер газового разряда в значительной степени определяется величиной давления газа или паров, в которых происходит разряд. При понижении температуры давление паров в лампе падает, и процесс зажигания и горения лампы ухудшается. Оптимальной температурой эксплуатации люминесцентных ламп является температура 20—25 °С. При исправно-

сти электросети и всех элементов схемы включенная лампа все же может не зажигаться, если температура окружающей среды меньше +10 °С и если колебание напряжения питающей сети превосходит 6—7%.

Зажигание лампы происходит обычно не сразу, а после нескольких срабатываний стартера. Полная длительность зажигания не должна превосходить 15 секунд. Если в течение этого времени лампа не загорится, то возможны неисправности, которые могут быть как в самой лампе, так и в отдельных элементах схемы включения. Неисправности в светильниках люминесцентных ламп приведены в **табл. 3.27**. Вольт-амперные характеристики дросселей представлены в **табл. 3.28**.

Неисправности в светильниках с люминесцентными лампами *Таблица 3.27*

Причина	Способ устранения
Срабатывает защита при включении светильника	
• Пробой компенсирующего конденсатора на входе светильника параллельно питающей сети. • Замыкание в цепях установки: проверить цепи за автоматом	• Заменить конденсатор. • Проверить наличие напряжения на контактах патронов лампы и стартера. • Заменить лампу. Если новая лампа зажигается, то замененная лампа была неисправной. • Проверить целостность спиралей лампы, взглянув на ее торец через стекло баллона. Черный налет по концам говорит о расходовании активного слоя катодов
Лампа не зажигается	
• Неисправности в электросети — наличие обрыва или плохого контакта • Неисправности стартера — не замыкает цепь накала электродов лампы. • Неисправности дросселя — обрыв в обмотке дросселя. • Неисправности патронов — отсутствие контактов. • Неисправности лампы — обрыв электродов лампы	• Проверить наличие напряжения на контактах патронов лампы и стартера. • Заменить лампу. Если новая лампа зажигается, то замененная лампа была неисправной. • Проверить целость спиралей лампы, взглянув на ее торец через стекло баллона. Черный налет по концам говорит о расходовании активного слоя катодов
При включении лампы свечение люминофора, обуславливаемое возникновением вспомогательного разряда, имеется только в одном конце лампы. Лампа мигает,но не зажигается	
• Замыкания в проводке. • Замыкания в патроне. • Замыкания в выходах лампы, где свечение люминофора отсутствует	• Лампу переставить так, чтобы неисправный и нормально светящиеся концы ее поменялись местами. Если при такой перестановке свечение будет отсутствовать, данная лампа является дефектной и должна быть заменена новой. • Если при замене лампы нет свечения, необходимо проверить схему включения и патрон лампы, устранить их замыкания, в случае необходимости патрон сменить
На концах включенной лампы появляется и исчезает тусклое оранжевое свечение, лампа не зажигается и через некоторое время свечение вообще исчезает	
В лампу попал воздух	Заменить лампу на новую

Таблица 3.27 (продолжение)

Причина	Способ устранения
Лампа зажигается нормально, но уже в первые часы горения наблюдается сильное потемнение ее концов и через некоторое время она перестает зажигаться	
Преждевременное потемнение концов лампы может быть вызвано плохим качеством ее катодов. Неисправен дроссель — пусковой и рабочий токи имеют значения, не соответствующие вольт-амперной характеристике	Проверить значение пускового и рабочего токов
Лампа зажигается нормально, но при горении разряд не заполняет равномерно все пространство между электродами на отдельных участках извивается в виде змейки	
Неисправен дроссель. Ток лампы слишком велик	• Проверить значение пускового и рабочего токов лампы, и, если они выходят за пределы, указанные в вольт-амперной характеристике, дроссель должен быть заменен новым. • Если значение токов не выходит за пределы, то может быть неисправна сама лампа — ее катоды обработаны недостаточно хорошо. Лампу следует несколько раз погасить и зажечь, повернуть ее в патронах по собственной оси на 120° и еще раз зажечь и погасить. Если и после этого разряд не заполнит все пространство между электродами, лампу нужно заменить.
Если лампа периодически зажигается и гаснет	
• Неисправна лампа. • Неисправен стартер	• Проверить падение напряжения в лампе. Если оно превышает значения, указанные в таблице, то данная лампа должна быть заменена новой. • Если напряжение зажигания разряда в стартере ниже минимально допустимого значения, то должен быть заменен стартер
Лампа зажигается нормально, но горит очень тускло, световой поток, излучаемый лампой, недостаточен	
Дроссель не обеспечивает надлежащего режимаработы лампы. В лампе мало ртути и ток лампы не выходит за нижний предел	• Если рабочий ток лампы меньше, чем минимально допустимое значение, указанное в таблице, то следует сменить дроссель. • Если ток лампы мал, но не выходит за нижний предел, значит, лампа должна быть заменена, поскольку в ней мало ртути
Изменение цвета свечения лампы	
Изменение состава люминофорапри большом сроке службы лампы	Заменить лампу
Лампа не зажигается или работает с перерывами	
Слабы или окислились зажимы вцепях до светильника, у дросселя, колодок лампы, у стартера, контакты ножек лампы и электродов стартера в гнездах	Проверить зажимы и контакты в проводке до светильника и в светильнике
При включении светильника перегорают спирали лампы	
Неисправен дроссель, т.к. в его обмотке частично или полностью пробита изоляция	Заменить дроссель
Нагрев поверхностей, на которых укрепляется светильник	
Нагрев дросселя светильника	• Поставить асбестовые прокладки под светильник. • Оставлять воздушный зазор под светильником

Таблица 3.27 (продолжение)

Причина	Способ устранения
Обрыв в дросселе или в конденсаторе балластного сопротивления	
	Заменить на новые дроссель или конденсатор балластного сопротивления
При работе светильника слышится гудение	
Колебание пластин магнитопровода дросселя	Заменить дроссель

Внимание!
При любой неисправности в светильниках с люминесцентными лампами: он должен быть немедленно отключен; должна быть выяснена причина неисправности; должна быть устранена данная неисправность, поскольку неисправность одного элемента может привести к выходу из строя других элементов.

Вольт-амперные характеристики дросселей *Таблица 3.28*

Номинальная мощность лампы, Вт	Напряжение лампы, В			Рабочий ток в лампе, А			Пусковой ток лампы, А	
	мин.	номин.	макс.	мин.	номин.	макс.	номин.	макс.
15	55	57	62	0,28	0,3	0,31	0,43	0,49
20	59	63	68	0,32	0,35	0,37	0,54	0,6
30	105	110	120	0,3	0,32	0,34	0,44	0,5
40	110	115	125	0,39	0,41	0,44	0,57	0,65

3.6.3. Светильники с электронным ПРА

Бурное развитие электронной промышленности позволило создать электронный ПРА, обеспечившее совершенно новое качество работы люминесцентных ламп и светильников.

Широкое использование электронных ПРА (они же ЭПРА, они же электронные балласты) связано с рядом их существенных ***достоинств и преимуществ*** по сравнению с электромагнитными ПРА. Разделим их на четыре группы.

1. Влияние на здоровье:

- приятный немерцающий свет без стробоскопических эффектов и отсутствие шума благодаря работе в высокочастотном диапазоне (30—100 кГц);
- слабое электромагнитное поле.

2. Комфортность:

- надежное и быстрое (без мигания) зажигание ламп;

- стабильность освещения независимо от колебаний сетевого напряжения;
- возможность регулировки светового потока;
- отключение по истечении срока службы лампы.

3. **Экономичность:**
   - высокое качество потребляемой электроэнергии — близкий к единице коэффициент мощности благодаря потреблению синусоидального тока с нулевым фазовым сдвигом (при использовании активного корректора мощности);
   - уменьшенное на 20% энергопотребление (при сохранении светового потока) за счет повышения светоотдачи лампы на повышенной частоте и более высокий КПД ЭПРА по сравнению с классическими электромагнитным ПРА;
   - увеличенный на 50% срок службы ламп благодаря щадящему режиму работы и пуска;
   - снижение эксплуатационных расходов за счет сокращения числа заменяемых ламп и отсутствия необходимости замены стартеров;
   - дополнительное энергосбережение до 70% при работе в системах управления светом.
4. **Экологичность:**
   - меньшее количество отходов ламп (на 30%) за счет увеличения срока службы ЛЛ.

Массовое внедрение электронных балластов началось на Западе еще в 80-е гг. прошлого столетия. Экономичность и высокая надежность электронных балластов полностью компенсирует их более высокую стоимость по сравнению с электромагнитными ПРА и, в зависимости от цены на электроэнергию, окупает первичные затраты в течение 2—3 лет эксплуатации.

Простой электронный балласт на IR2153

Рассмотрим **принцип работы** простого электронного балласта на IR2153. На структурной схеме электронного балласта (**рис. 3.47**) точка «А» подключается с помощью ключей Кл1 и Кл2 то к напряжению питания ($U_п$ = +310 В), то к общему проводу. Ключи, перезаряжая конденсатор, образуют переносное напряжение.

В результате в точке «А» возникают однополярные высокочастотные импульсы напряжения (частота коммутации обычно находится в пределах 30—100 кГц), которые, **во-первых**, зажигают лампу, а, **во-вторых**, не дают газу деионизироваться (отсутствие мерцания). При таком методе

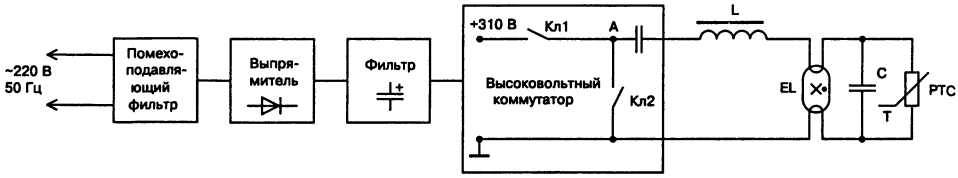


Рис. 3.47. *Структурная схема электронного балласта*

пуска и управления полностью исключен фальстарт, поскольку лампа гарантированно коммутируется на постоянное напряжение, провалы которого принципиально отсутствуют. Сокращаются размеры индуктивного элемента.

Регулировкой скважности (или фазы) импульсов коммутации можно добиться изменения яркости свечения. Чтобы зажечь лампу, нужно разогреть ее электроды. Поскольку в схеме электронного балласта отсутствует стартер, необходимо каким-то образом первоначально замкнуть силовую цепь, чтобы протекающий ток разогрел электроды, а затем схему пуска отключить.

В лампах небольшой мощности (единицы ватт) первоначальное замыкание цепи можно осуществить при помощи конденсатора С. Однако этот путь достаточно противоречив, поскольку для разогрева желательно иметь как можно большее значение емкости, в то время как для возникновения хорошего резонансного эффекта выбирать эту емкость слишком большой нельзя.

Разработчики поступили следующим образом. Они включили параллельно конденсатору термистор с положительным температурным коэффициентом PTC — позистор. В холодном состоянии сопротивление позистора мало, и ток разогревает электроды лампы. Вместе с электродами разогревается и позистор. При определенной температуре сопротивление позистора резко повышается, цепь разрывается, и индуктивный выброс зажигает лампу. Позистор шунтируется низким сопротивлением горящей лампы. Использование позистора позволяет лампе зажигаться плавно и снижает износ электродов, что продлевает срок службы лампы до 20 тыс. ч.

Существует также метод (более прогрессивный) предварительного прогрева катодов, заключающийся в том, что при прогреве частота драйвера выше резонансной частоты питания лампы. В результате лампа сначала прогревается и только после того, как частота драйвера снижается до резонансной, — поджигается.

Наиболее дешевые (китайско-польские) электронные балласты работают в автогенераторном режиме и собираются из дискретных элемен-

тов. Отсюда наличие нескольких сложных намоточных элементов — трансформаторов, большие габариты печатных плат, низкая надежность, сложность настройки.

Ведущие фирмы-разработчики выпускают довольно широкий перечень **микросхем управления балластами**. Существуют как микросхемы, требующие наличия внешних силовых транзисторов, так и модификации, в которых силовые ключи интегрированы в один корпус со схемой управления. Такие балласты довольно миниатюрны.

Совсем недавно появилось новое поколение микросхем управления электронными балластами, обладающее многими сервисными и защитными функциями. К сожалению, отечественные разработки микросхем управления электронными балластами находятся в зачаточном состоянии. Поэтому приходится рассказывать лишь о том, как преуспели на этом рынке зарубежные фирмы-производители силовой электроники.

Фирма International Rectifier (**http://www.irf.com**) производит микросхемы IR2156, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167, IR2520, требующие внешних силовых транзисторов, и микросхемы IR5xHxx с интегрированными силовыми ключами.

Фирма STMicroelectronics (**http://www.st.com**) производит микросхемы L6569, L6571, L6574.

Фирма Motorola — MC2151, MPIC2151, MC33157DW.

Фирма Unitrode (Texas Instilments) — UC3871, UC3872.

Фирма PHILIPS — UBA2014, UBA2021, UBA2024.

Микросхемы имеют цепь управления затвором верхнего ключевого транзистора с вольтодобавкой, защиту от сквозных токов (защитная пауза 1,2 мкс), узлы стабилизации внутреннего питания и защиту от пониженного напряжения сети. Кроме того, новое поколение микросхем MC33157DW, L6574, UBA2021, UBA2024, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167, IR2520 реализует:

- возможность установки времени прогрева накальных электродов;
- возможность установки скорости зажигания лампы за счет введения плавающей задающей частоты;
- возможность установки задержки включения силовых ключей;
- дополнительную защиту от незажигания лампы и включение защитного режима в момент ее отказа;
- защиту при перегорании накальных электродов и контроль наличия вставленной лампы;
- защиту от зажигания на частоте ниже резонансной;
- защиту от падения сетевого напряжения;

- автоматический перезапуск при кратковременном пропадании сетевого напряжения;
- защиту от перегрева кристалла.

Кроме того, микросхема IR2159 является диммером — умеет регулировать яркость лампы (фазовый метод регулировки); IR2166, IR2167 имеют встроенный корректор коэффициента мощности.

Для упрощения и ускорения проектирования новых поколений электронных балластов (IR2156, IR2157, IR2159, IR2166, IR2167) к лампам разной мощности и типов разработаны как детальные рекомендации Reference Designs (**http://www.irf.com/forms/eltdk.html**), так и ПО САПР IRPLBDA2/3 (International Rectifier Lighting Ballast Design Software v.3), обеспечивающее почти полную автоматизацию проектирования вплоть до перечня элементов схемы. САПР сегодня поддерживает 36 типов ламп и 7 различных конфигураций балласта, а также дает возможность добавлять новые. Более чем 20 параметров, включая частоту, напряжение, ток и номиналы компонентов, выбираются пользователем. О проектировании с помощью этой программы будет рассказано ниже.

А мы пока рассмотрю простую схему электронного балласта на микросхеме IR2153 (IR2151) (**рис. 3.48**).

Основные параметры IR2153:

максимальное напряжение на выводе V_B
относительнообщего провода ..... 600 В;
напряжение питания (V_{CC}) ..... 15 В;
ток потребления (I_{CC}) ..... 5 мА;
максимальный ток управления I_O ..... +100 мА / –210 мА;
время включения (t_{on}) ..... 80 нс;
время выключения (t_{off}) ..... 40 нс;
пауза коммутации (задержка) ..... 1,2 мкс.

Принципиальная электрическая схема электронного балласта, выполненного на основе IR2153, изображена на **рис. 3.49**.

IR2153 — это драйвер мощных полевых транзисторов с изолированным затвором (MOSFET), с внутренним генератором (он представляет собой точную копию генератора, использующегося в таймере серии 555, отечественный аналог — КР1006ВИ1), работающий непосредственно от шины постоянного напряжения через гасящий резистор R1. Внутренняя стабилизация напряжения предотвращает превышение напряжения V_{CC} выше 15,6 В, а блокировка по пониженному напряжению блокирует оба выхода управления затворами VT1 и VT2, когда напряжение V_{CC} ниже 9 В. DA1 имеет два управляющих выхода

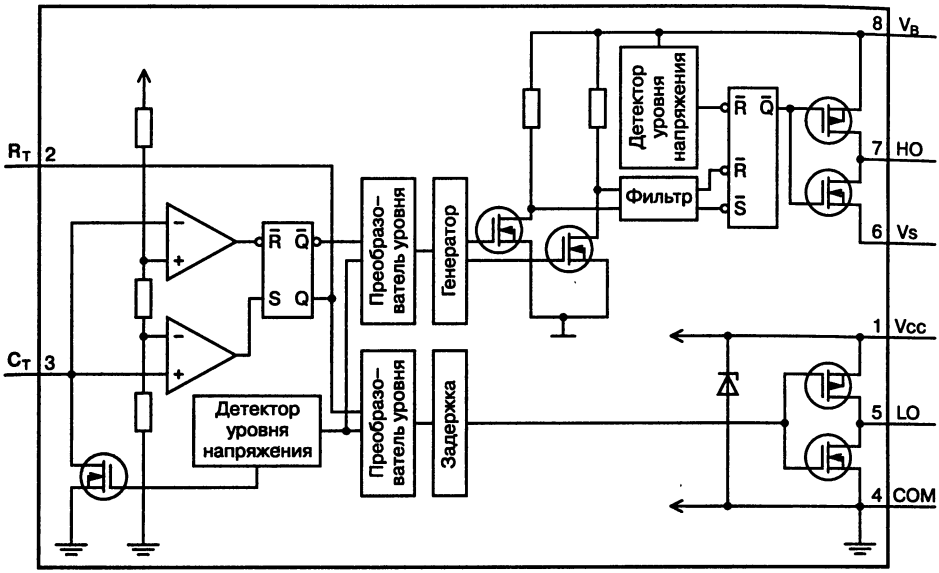


Рис. 3.48. *Структурная схема ИМС IR2153*

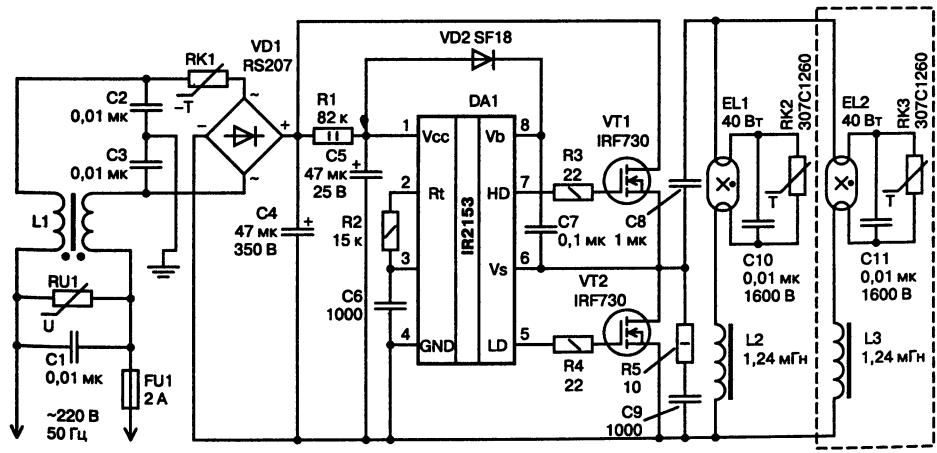


Рис. 3.49. *Принципиальная электрическая схема электронного балласта, выполненного на основе IR2153*

7 и 5; нижний 5 для управления VT2 и верхний 7 «плавающий» («плавающий», т. к. формирователь импульсов управления полевым транзистором VT1питается от плавающего источника питания, который образуют элементы VD2, C7), выход для управления VT1. При управлении силовыми ключами (VT1, VT2) микросхема IR2151 обеспечивает задержку коммутации продолжительностью 1,2 мкс для предотвраще-

ния ситуации, когда транзисторы VT1 и VT2 одновременно открыты и через них протекает сквозной ток, который моментально выводит оба транзистора из строя.

Данный балласт рассчитан на питание одной или двух ламп мощностью 40 (36) Вт (ток лампы — 0,43 А) от сети переменного тока 220 В 50 Гц.

При использовании двух ламп по 40 Вт необходимо добавить элементы, выделенные пунктиром (EL2, L3, C11, RK3). Следует заметить, что для устойчивой работы номиналы элементов в параллельных ветвях должны быть равными (L3, C11 = L2, C10), а длина проводов, подводимых к лампам, — одинаковой.

При работе одного драйвера на две лампы предпочтительнее использовать частотный прогрев электродов (без позисторов).

При использовании ламп другой мощности (18—30 Вт) следует изменить номиналы L2 = 1,8—1,5 мГн (соответственно); при использовании ламп мощностью 60—80 Вт — L2 = 1—0,85 мГн, а R2 — из условия выполнения $F_г \approx F_б$ (формулы расчета этих частот приведены ниже).

Напряжение сети 220 В поступает на сетевой фильтр (фильтр электромагнитной совместимости), образованный элементами C1, L1, C2, C3. Необходимость его применения вызвана тем, что ключевые преобразователи являются источниками электромагнитных радиочастотных помех, которые сетевые провода излучают в окружающее пространство как антенны. Действующие российские и зарубежные стандарты нормируют уровни радиопомех, создаваемых этими устройствами. Хорошие результаты дают двухзвенные LC-фильтры и экранировка всей конструкции.

На входе сетевого фильтра включен традиционный узел защиты от сетевых перенапряжений и импульсных помех, включающий варистор RU1 и предохранитель FU1. Терморезистор RK1 с отрицательным температурным коэффициентом (NTC) ограничивает бросок входного тока, обусловленный зарядом емкостного фильтра C4 на входе инвертора при подключении электронного балласта к сети.

Далее напряжение сети выпрямляется диодным мостом VD1 и сглаживается конденсаторам C4.

Цепочка R1C5 питает микросхему DA1 — IR2153.

Для обеспечения хорошего резонанса требуется выполнение следующего условия: частота внутреннего генератора должна быть примерно равна резонансной частоте балластной схемы, т. е. $F_г \approx F_б$. В нашем случае это условие выполняется.

3.7. Светильники на светодиодах

3.7.1. Устройство и принцип работы светодиодов

Определение и принцип действия

Определение.
Светодиод — *полупроводниковый прибор с электронно-дырочным p-n переходом или контактом металл-полупроводник, который генерирует при прохождении через него электрического тока оптическое (видимое, УФ, ИК) излучение.*

Сокращенно светодиод обозначается СИД — **с**вето**и**злучающий **д**иод, в английском варианте LED — **l**ight **e**mitting **d**iod. Если к p-n переходу приложить «прямое смещение», т. е. подсоединить источник электрического тока плюсом к p-части, то через него потечет ток. Но не всякий p-n-переход излучает свет:

- **во-первых**, ширина запрещенной зоны в активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света видимого диапазона;
- **во-вторых,** вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой, для чего полупроводниковый кристалл должен содержать мало дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения.

Конструкция светодиода

Самая распространенная конструкция светодиода — традиционный 5-миллиметровый корпус. На **рис. 3.50** показано строение традиционного 5-миллиметрового светодиода.

Светодиод имеет два вывода — **анод** и **катод**. На катоде расположен алюминиевый параболический рефлектор (отражатель) внешне выглядит, как чашеобразное углубление, на дно которого помещен светоизлучающий кристалл. Активный элемент — полупроводниковый монокристалл — в большинстве современных 5-мм светодиодах используется в виде кубика (чипа) размерами

Рис. 3.50. *Устройство светодиода*

0,3×0,3×0,25 мм, содержащего p-n или гетеропереход и омические контакты. Кристалл соединен с анодом при помощи перемычки из золотой проволоки. Оптически прозрачный полимерный корпус являющийся одновременно фокусирующей линзой вместе с рефлектором определяют угол излучения (диаграмму направленности) светодиода.

Величины, характеризующие светодиоды

Рассмотрим термины и величины, которые используют для характеристики светодиодов.

Определение.
Квантовый выход — *это число излученных квантов света на одну рекомбинировавшую электронно-дырочную пару.*

Различают внутренний и внешний квантовый выход. **Внутренний** — в самом p-n-переходе, **внешний** — для прибора в целом (ведь свет может теряться «по дороге» — поглощаться, рассеиваться). Внутренний квантовый выход для «хороших» кристаллов с мощным теплоотводом достигает почти 100%, рекорд внешнего квантового выхода для красных светодиодов составляет 55%, а для синих — 35%. Внешний квантовый выход — одна из основных характеристик эффективности светодиода.

Определение.
Светоотдача — *количество излучаемых люменов на единицу потребляемой мощности люмен/ватт (лм/Вт).*

Этот параметр показывает, сколько энергии поступающей на светодиод превращается в свет, а сколько — в тепло. Чем выше этот параметр, тем лучше.

Определение.
Световой поток — *величина, характеризующая количество излучаемого (поглощаемого или отраженного) света.*

Световой поток представляет собой мощность излучения, оцененную с позиции его воздействия на зрительный аппарат человека. Единица светового потока — **люмен (лм)**.

Определение.
Сила света *светодиода представляет собой количество светового потока, излучаемое вдоль выбранного направления в пространстве.*

Как правило, сила света излучателя зависит от направления излучения. Единица силы света — **кандела (кд)**. Упрощенно можно считать, что сила света показывает, какую долю светового потока отдает источник в рассматриваемом направлении.

Для каждой конструкции светодиода и типа кристалла характерна определенная диаграмма излучения. Поэтому некорректно говорить о силе света, не определяя угол излучения, и наоборот. Следует обращать внимание, на каком уровне от max прямого тока светодиода фиксируется полный угол излучения. Если поместить интересующий нас светодиод в центр окружности, разбитой на 360 секторов, а потом обойти вокруг него и измерить в каждом секторе силу света, то получится очень распространенный в светотехнике график, называемый **кривой силы света (КСС)**.

Некоторая сложность в чтении этого графика заключается в том, что он составляется не в привычной прямоугольной, а в так называемой **полярной системе координат**. Первой координатой является собственно значение силы света, откладываемой по прямой оси. Вторую координату представляет собой угол поворота этой оси относительно нулевого направления. Таким образом, по графику КСС можно без труда определить силу света источника в любом направлении

Не менее важным параметром является **яркость** светодиода или освещенной им поверхности.

Определение.
Яркость — *это физическая величина, которая характеризует количество света, излучаемого или отражаемого в данном направлении, однако не в абсолютном выражении, как сила света, а в отношении к площади излучающей (переизлучающей) поверхности.*

Таким образом, источник площадью 1 м² и силой света 10 кд будет иметь такую же яркость, как источник площадью 0,5 м² и силой света 5 кд, несмотря на то, что световые потоки и силы света этих источников будут различны. Тем не менее, их поверхности будут восприниматься

человеческим глазом, как разные по размеру, но одинаково яркие, в этом и заключается физиологический смысл понятия яркости. Яркость измеряется в **канделах на квадратный метр (кд/м²)**.

Проблемы современных светодиодов

Примечание.
Главными проблемами, мешающими массовому внедрению этих перспективнейших источников света на сегодня являются ***высокая цена вырабатываемой светодиодами световой энергии и отвод тепла****.*

Пример.
Стоимость одного клм/ч*, выработанного самыми дешевыми китайскими белыми светодиодом со сроком службы 50 тыс. часов и световой отдачей 30 лм/Вт, составляет около 20 коп., а выработанного даже дорогими ЛЛ мощностью 35 Вт с колбой диаметром 16 мм и сроком службы 18 тыс. часов — менее 2 коп. По данным специального приложения к немецкому журналу «Licht-Special», стоимость одного клм/ч, вырабатываемого мощными светодиодами, составляет от 1,33 до 2,78 евроцентов, а вырабатываемого КЛЛ мощностью 10 Вт — 0,07 евро-центов.*

Что касается теплоотвода, то ранее эта проблема не возникала просто потому, что более 90 % всех выпускаемых в мире СД были мощностью (0,01—0,08) Вт. Она появилась с появлением СД мощностью от 1 Вт. Сейчас мощные СД ведущих фирм делаются фланцевой конструкции, аналогично мощным транзисторам, и требуют применения дополнительных внешних радиаторов.

Питание светодиодов

Специализированне электрическе питание светодиодов и светодиодных модулей — важная проблема:

- **во-первых,** блок электропитания должен сохранять работоспособность в течение назначенного временного ресурса порядка 50 000 часов и более, обеспечивая при этом требуемые характеристики;

- **во-вторых,** питание должно быть стабилизированным по току (идеальный вариант — величина тока должна стабилизироваться по температурной зависимости светоизлучающего кристалла), иметь защиту от импульсов перенапряжения и обратной полярности;
- **в-третьих,** цена всего вышеуказанного не должна существенно превышать стоимость светодиодного модуля.

Рассмотрим более подробно **особенности питания белых светодиодов**. Как известно, светодиод имеет нелинейную вольтамперную характеристику с характерной «пяткой» на начальном участке (**рис. 3.51**).

Рис. 3.51. *Вольт-амперная характеристика светодиода белого свечения*

Как мы видим, светодиод начинает светиться, если на него подано напряжение больше 2,7 В. При превышении порогового напряжения (выше 3 В) ток через светодиод начинает быстро расти, и здесь требуется ограничить ток — стабилизировать его на определенном уровне. Простейшим ограничителем тока через светодиод является **резистор**.

Существует несколько вариантов схемотехнического включения светодиодов. Они делятся на схемы с параллельным, последовательным и смешанным включением.

Последовательное включение преследует цель либо повысить мощность излучения, либо увеличить излучаемую поверхность (**рис. 3.52**). **Недостатки** последовательного включения:

- с увеличением числа светодиодов увеличивается и напряжение питания;
- увеличение числа светодиодов понижает надежность системы;

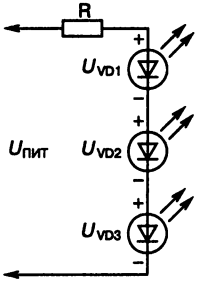


Рис. 3.52. *Схема последовательного включения излучающих диодов*

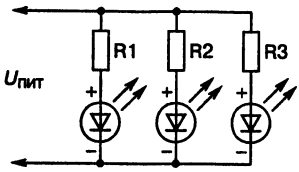


Рис. 3.53. Схема параллельного включения излучающих диодов

- при выходе из строя одного из светодиодов перестают работать все последовательно включенные светодиоды.

При параллельном включении светодиодов через каждый излучатель протекает отдельный ток, задаваемый отдельным токозадающим резистором. На **рис. 3.53** показана схема параллельного включения излучающих диодов.

Преимуществом параллельного включения является высокая надежность, так как при выходе из строя одного из излучателей остальные продолжают работать. **Недостатки** таковы:

- каждый светодиод потребляет отдельный ток и повышается энергопотребление;
- увеличиваются потери на токозадающих резисторах.

Примечание.
Наиболее эффективным является **последовательно-параллельное** *включение светодиодов.*

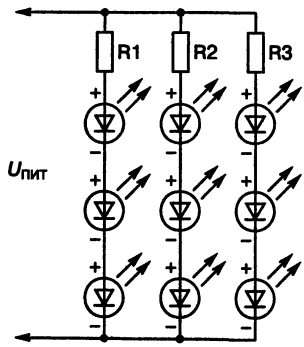


Рис. 3.54. Схема смешенного последовательно-параллельного включения излучающих диодов

Схема такого включения показана на **рис. 3.54**. В этом случае число последовательно включенных излучателей ограничено напряжением питания, а число параллельных ветвей выбирается в зависимости от требуемой мощности. Смешанное соединение включает в себя положительные свойства вариантов параллельного и последовательного включения.

В связи с тем, что зрительный аппарат человека является инерционным, довольно часто при питании светодиодов используют **импульсный ток**. Как уже упоминалось, резистор является элементом, ограничивающим ток, протекающий через светодиод. Но резистор удобно применять, если питающее напряжение постоянно.

Примечание.
На практике часто случается, что напряжение нестабильно. В этом случае широко применяют линейные стабилизаторы тока.

Простейший линейный стабилизатор тока можно собрать на широко распространенных микросхемах типа КР142ЕН12(А), LM317 (и их многочисленных аналогах). Схема включения приведена на **рис. 3.55.**

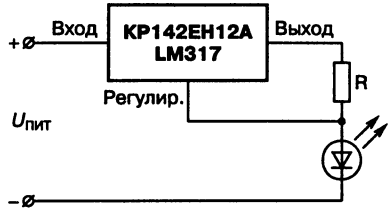


Рис. 3.55. *Схема просейшего стабилизатора напряжения*

Резистор R выбирается в пределах 0,25—125 Ом, при этом ток через светодиод определяется выражением:

$$Ivd = 1{,}25 / R$$

Схема построения таких стабилизаторов тока отличается простотой (микросхема и один резистор), компактностью и надежностью. Надежность дополнительно обусловлена развитой системой защиты от перегрузок и перегрева, встроенной в микросхему стабилизатора.

Для стабилизации токов от 350 мА и выше можно использовать и более мощные микросхемы линейных регуляторов с малым падением напряжения серий 1083, 1084,1085 различных производителей либо отечественные аналоги КР142 ЕН 22А / 24А/ 26А.

Примечание.
У линейных стабилизаторов тока есть один существенный недостаток. Это низкий КПД, большие потери сильный нагрев при регулировки больших токов. Поэтому в данный момент все чаще применяются импульсные преобразователи и стабилизаторы для питания светодиодов и светодиодных модулей.

3.7.2. Практические конструкции светильников на светодиодах

Примечание.
Эти и другие конструкции будут рассмотрены в новой книге Давиденко «500 схем для радиолюбителей. Эффективное освещение», вышедшей в издательстве Наука и Техника» в 2008 году.

Светодиодная лампа

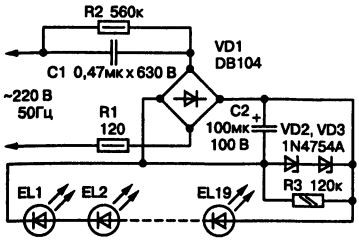


Рис. 3.56. *Принципиальная схема простойсветодиодной лампы*

Сгруппировав подходящие светодиоды можно изготовить простую светодиодную лампу самостоятельно. На **рис. 3.56** показана принципиальная схема подобной светодиодной лампы.

Основные элементы устройства — диодный мост VD1, конденсаторы C1 (балластный, его емкость выбрана такой, чтобы ток через светодиоды не превышал 26 мА) и C2 (сглаживает пульсации напряжения, выпрямленного мостом VD1.

Совет.
Для того чтобы увеличить ток, емкость конденсатора следует увеличить.

При включении «лампы» в сеть конденсатор C2 замыкает собой импульс зарядного тока конденсатора C1. В первом полупериоде напряжение распределяется между конденсаторами обратно пропорционально их емкости, и конденсатор C2 заряжается всего до

$$220\sqrt{2\frac{0,47}{100}} = 1,5\,B.$$

Если количество светодиодов требуется увеличить, то соответственно следует увеличить и напряжение стабилизации защитных стабилитронов и напряжение конденсатора C2.

Пока светодиоды исправны, закрытые стабилитроны не влияют на их работу. При обрыве в цепи светодиодов стабилитроны открываются, не позволяя напряжению на конденсаторе достичь опасного уровня.

Резистор R1 ограничивает амплитуду импульса зарядного тока конденсатора C1. Только в этот момент рассеиваемая на резисторе энергия значительна, поэтому его номинальная мощность выбрана с большим запасом. Резисторы R2 и R3 служат для быстрой разрядки конденсаторов после отключения питания.

Все детали «лампы» смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. В качестве корпуса и цоколя удобно использовать корпус от КЛЛ (компактной люминесцентной лампы).

Светодиодные лампы на светодиодах Lighting Class

Определение.
«Lighting Class» — *это термин, использующийся для обозначения мощных белых светодиодов с номинальным рабочим током 350—1000 мА, параметры которых,* ***в первую очередь — световой поток,*** *светоотдача и время жизни, позволяют использовать их в системах общего освещения.*

Мощные светодиоды *Таблица 3.29*

Производитель	Серия	Наименование	Световой поток, м	Цветовая температура, К	Питание
Cree, Inc. http://www.cree.com/	XLamp XR-E	XREWHT-L1-0000-00D01 XREWHT-L1-0000-009E4 XREWHT-L1-0000-008E7	107 80 74	6500 4000 3200	350 мА
Philips Lumileds Lighting Company http://www.lumileds.com/	LUXEON Rebel	LXML-PWC1-0100 LXML-PWN1-0080 LXML-PWW1-0060	100 80 60	6500 4000 3100	350 мА
OSRAM Opto Semiconductors http://www.osram-os.com/	OSTAR	LE W E3A	400	5000	350—700 мА
Nichia Corporation http://www.nichia.com		NS6W083A	80		350 мА
	NICHIAGAIA	NJSW107	100		
Seoul Semiconductors http://www.seoulsemicon.co.kr	Z-Power LED P4	W42182 S42182 N42182	95 70 60	6500 4000 3100	350 мА
	ACRICHE	AN2231 AW2231			от сети 220 В
Edison Opto Corporation http://www.edison-opto.com.tw	K- серия	EDSW-KLC8-B3 EDSX-KLC8-A3	100 80	6000 3200	350—700 мА

Рабочий ток этих светодиодов составляет 0,3—1 А. Поэтому необходимы соответствующие блоки питания. Безтрансформаторные схемы на гасящем конденсаторе для питания мощных светодиодов не подходят. **Путей решения проблемы** несколько.

Первый способ питания. Можно использовать подходящий по мощности импульсный блок питания с напряжением на выходе 12—36 В от любой бытовой или офисной аппаратуры. А стабилизацию тока через светодиоды можно осуществлять с помощью Step-Down (Buck) преобразователя на ZXSC300, ZXSC310, ZXSC400 (рассмотренного ранее) либо

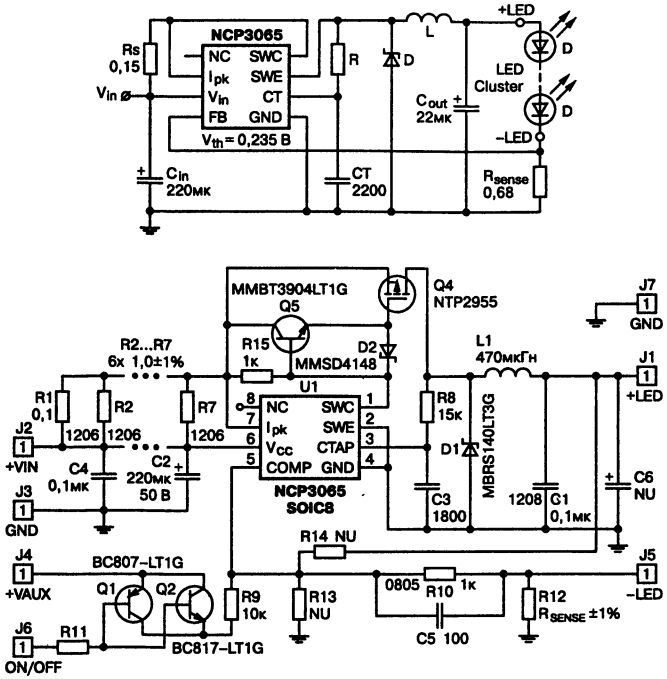


Рис. 3.57. Схема включения NCP3065

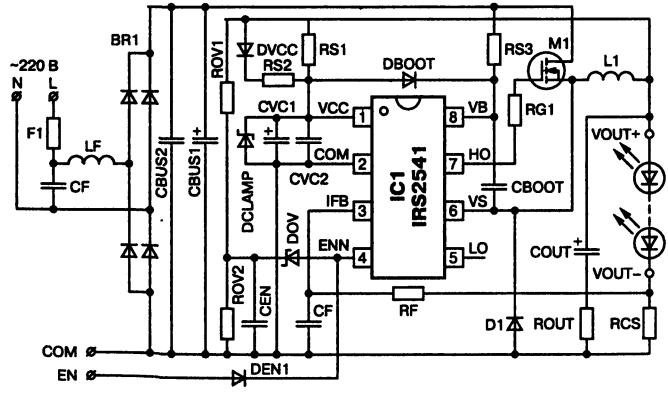


Рис. 3.58. Принципиальная схема преобразователя на микросхеме IRS2541

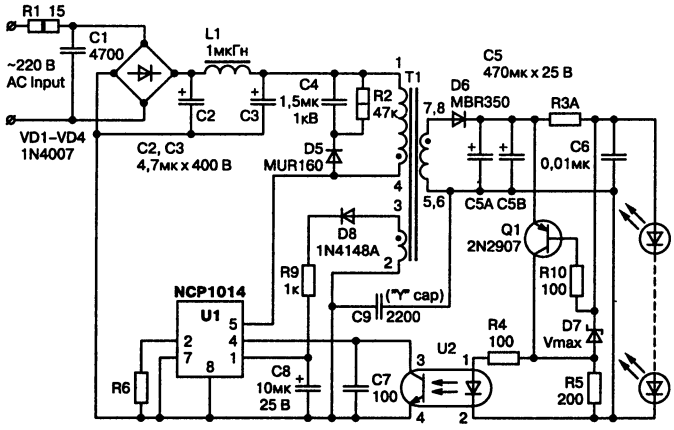


Рис. 3.59. *Принципиальная схема блока питания на микросхеме NCP1014*

других специализированные микросхемы, например, NCP3065. Схема включения NCP3065 показана на **рис. 3.57.**

Второй способ питания светодиодов Lighting Class от сети 220 В заключается в использовании специализированных микросхем преобразователей, работающих непосредственно от сети 220 В. **Например**, можно использовать преобразователь на микросхеме **IRS2541** от известного нам уже производителя **www.irf.com**. Принципиальная схема на **рис. 3.58.** Вариант еще одного блока питания на микросхеме NCP1014 показан на **рис. 3.59.**

Примечание.

*Не всем светодиодам необходим внешний преобразователь и стабилизатор тока. Фирма Seoul Semiconductor серийно производит светодиоды серии **Acriche**. Данные светодиоды и светодиодные модули на их базе отличаются тем, что питаются непосредственно от сети переменного тока 220 В.*

ГЛАВА 4

УЧЕТ И ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

4.1. Индукционные электросчетчики

Назначение

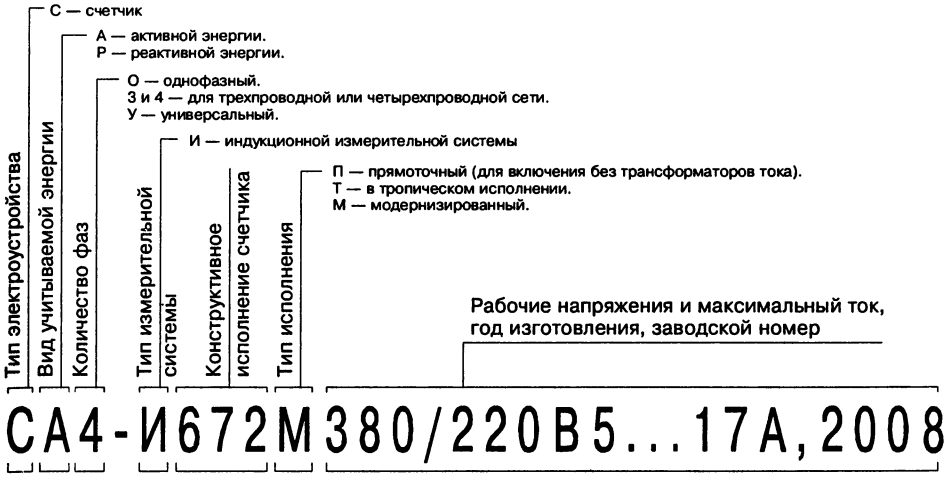
Для учета потребленной электроэнергии предназначены **счетчики активной энергии** и для учета реактивной мощности — **счетчики реактивной мощности**. Счетчики предназначены для учета расхода электроэнергии в следующих типах сетей:

- в двухпроводных однофазных сетях;
- в трехпроводных трехфазных сетях без нулевого провода;
- в четырехпроводных трехфазных сетях с нулевым проводом.

Классификация и обозначения

Счетчики электрической энергии в зависимости от их конструкции, назначения и схемы включения изготавливают различных типов и маркируют буквами и цифрами.

Пример.
Счетчик СА4-И672М 380/220 В 5—17 А, 2008 год — счетчик активной энергии трехфазный, индукционной измерительной системы, модернизированный на линейное напряжение 380 В, ток в сети 5—17 А, изготовлен в 2008 году.



О точности счетчиков

Точность измерительных приборов определяется так называемым **классом точности**. Наиболее распространенные квартирные счетчики имеют класс точности 2,5. Это значит, что совершенно исправный счетчик может учитывать на 2,5% больше или меньше его номинальной мощности.

Пример.
Идеальный счетчик на 220 В, 5 А должен за 1 ч учесть: 220 x 5 = = 1100 Вт·ч. Но, принимая во внимание класс точности, исправным нужно считать счетчик, учитывающий при тех же условиях: 1100 + (1100 × 2,5) : 100 = 1127,5 Вт·ч, и 1100 – (1100 × 2,5) : 100 = 1072,5 Вт·ч.

Исправный счетчик должен работать в пределах класса точности при допустимых перегрузках. При малых нагрузках точность показаний снижается, а при очень малых нагрузках диск исправного счетчика может не вращаться.

Особенности установки счетчиков

Счетчики должны быть непосредственного включения и иметь пломбу с клеймом госповерителя давностью на момент установки не более: трехфазные — 12 месяцев, однофазные — 2 лет. В жилых зданиях квартирного типа следует устанавливать один однофазный счетчик на каждую квартиру.

В жилых домах, принадлежащих гражданам на правах личной собственности, допускается установка трехфазных счетчиков по специальному разрешению энергоснабжающей организации, при этом на осветительную нагрузку устанавливается однофазный счетчик.

Подключение счетчиков в сеть производится в соответствии с принятой схемой (на внутренней стороне крышки зажимной коробки), соблюдая последовательность фаз. В сетях 220 В, в которых предусматривается длительная работа в режиме неравномерных нагрузок фаз, следует применять трехэлементные четырехпроводные счетчики.

Для измерения и учета количества электроэнергии в однофазных сетях напряжением 220 В применяются однофазные счетчики типов СО-И446, СО-5У и др., в трехфазных трехпроводных и четырехпроводных сетях используются счетчики серий САЗ и СА4, а также счетчики реактивной энергии серии СР. В настоящее время в домах наиболее распространены счетчики типа СО-И446. Им на смену приходят электронные счетчики.

Щиток счетчика

На щитке счетчика написаны:

- обозначение, например, для квартирных счетчиков СО-2, СО-5 и т. п., где буквы СО — счетчик однофазный;
- наименование единицы учета электроэнергии, например, киловатт·часы;
- номинальное напряжение, например, 220 В, ток, например, 5 А, частота —50 Гц;
- максимальный ток, при котором погрешность учета не выходит из класса точности (см. ниже). Значения токов пишут в строчку.

Пример.
На щитке написано 5-15 А. *Это обозначает, что 5 А — номинальный, а 15 А — максимальный токи. В старых счетчиках значение максимального тока указано в скобках, например, 5 (15) А. Если максимальный ток не указан, то счетчик допускает двойную нагрузку по сравнению с номинальной.*

- класс точности — арабские цифры в кружке, например, 2,5;
- передаточное число счетчика, например 1 кВт·А = 1250 оборотов диска. Для удобства счета числа оборотов на ребре диска имеется

метка. Стрелка у прорези диска указывает направление вращения (слева направо), при котором показания счетного механизма увеличиваются;

- номер счетчика и год его изготовления.

Схема включения счетчика расположена на обратной стороне коробки с зажимами.

Схемы включения счетчиков

Счетчики имеют измерительные токовые обмотки ОТ и обмотки напряжения ОН. Токовые обмотки однофазных счетчиков включаются в рассечку цепи непосредственно. Токовые обмотки трехфазных счетчиков в зависимости от номинального тока могут включаться в цепь непосредственно, либо через трансформаторы тока. Схемы включения счетчиков представлены на **рис. 4.1**.

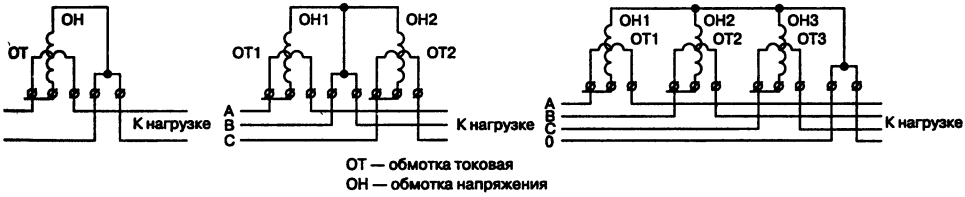


Рис. 4.1. *Схемы включения счетчиков*

Каким образом должен быть включен счетчик

На **рис. 4.2** дан пример деления нагрузки в квартирах на группы и изображены два счетчика: общий — для всей квартиры и контрольный, учитывающий расход электроэнергии только двух комнат № 3 и 4. Подробная схема включения этих счетчиков приведена на **рис. 4.3**. Номера комнат, указанные на этой схеме, соответствуют **рис. 4.2**.

Общий счетчик учитывает расход электроэнергии во всей квартире, так как через его токовую обмотку 1 проходит ток всех потребителей. Контрольный счетчик учитывает расход только в комнатах № 3 и 4, так как через его токовую обмотку 2 проходит ток потребителей этих комнат.

Обратите внимание: через токовую обмотку счетчика обязательно должна проходить фаза. Предохранители могут быть заменены автоматическими выключателями по любому из вариантов (см. **рис. 4.4**).

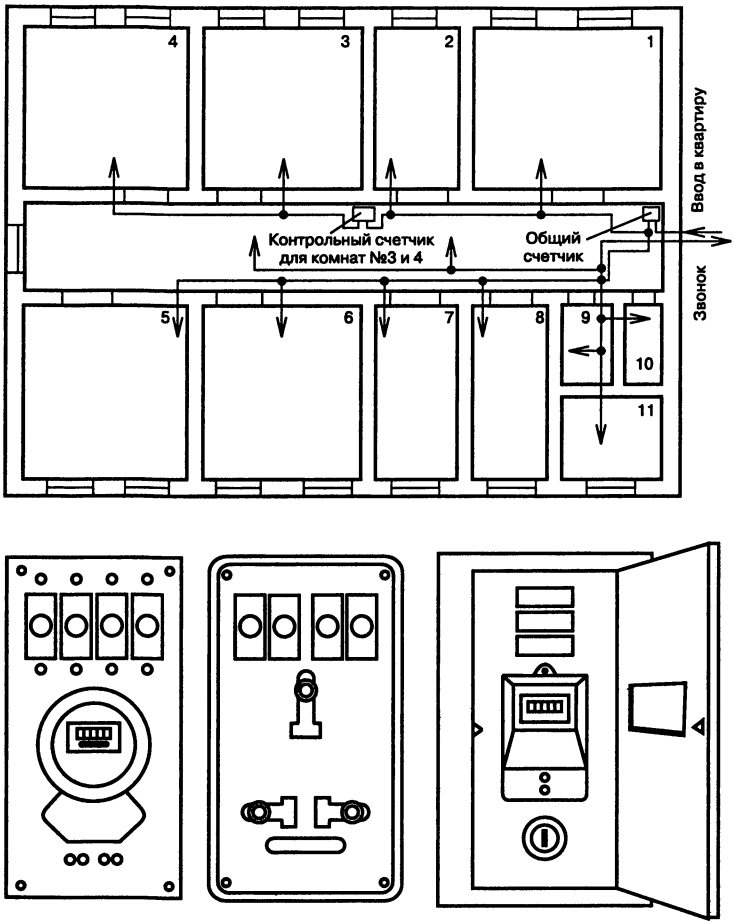


Рис. 4.2. *Пример деления нагрузки в квартирах на группы. Примеры щитков*

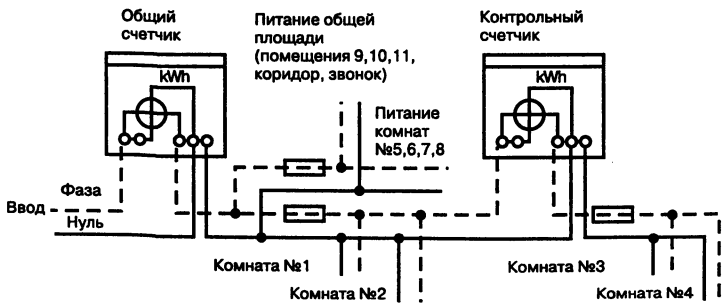


Рис. 4.3. *Примеры включения счетчиков*

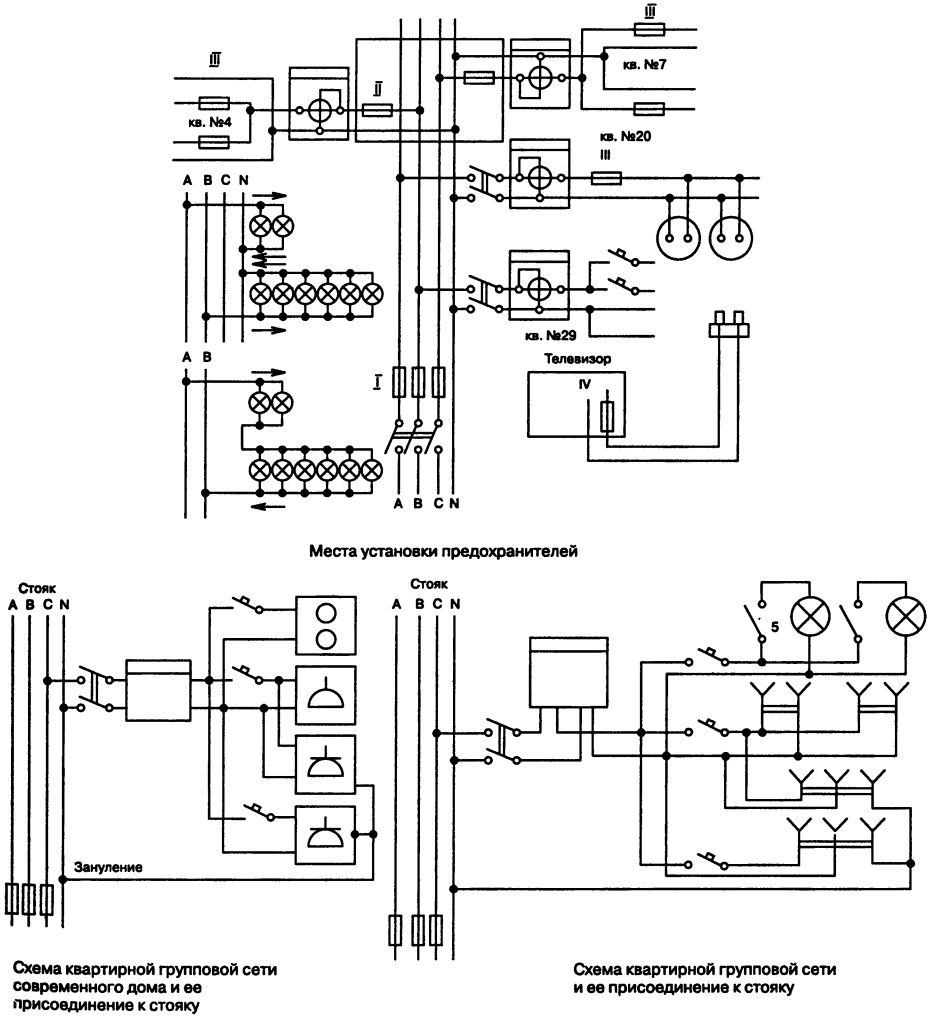


Рис. 4.4. *Схемы квартирных электросетей со счетчиками*

Предохранители, показанные штриховой линией, после контрольного счетчика, строго говоря, не нужны, но их обычно оставляют, так как они (или автоматические выключатели) уже имеются на стандартных квартирных щитках (см. **рис. 4.2**).

Технические характеристики индукционных счетчиков

Данные некоторых счетчиков приведены в **табл. 4.1**.

Таблица 4.1

Тип счетчика	Класс точности	Подключение токовой обмотки	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В
Однофазные счетчики активной энергии				
СО-И446	2,5	Непосредственно	10...30	127...220
СО-5У	2,5	Непосредственно	10...30	220
СО-ИБМ1	2,5	Непосредственно	10	220
Трехфазные счетчики активной энергии				
СА3-И681	1	Через трансформатор тока	Первичный 10...10000Вторичный 5	220, 380
СА4-682	1	Через трансформатор тока	Первичный 10...10000 Вторичный 5	220, 380
СА4-И672Д	2	Непосредственно	5, 10	220, 380
СА4-И672Д	1	Через трансформатор тока	Первичный 20...15000 Вторичный 5	220, 380
СА-ИБ60	2	Непосредственно	10	220, 380
СА4У-ИТ12	2	Через трансформатор тока	Вторичный 5	220, 380
Счетчики реактивной энергии				
СР-И637Д	3	Непосредственно	5, 10	220, 380
СР-И637Д	2	Через трансформатор тока	Первичный 20...15000 Вторичный 1,5 и 5	220, 380

Отличительные особенности счетчиков

Счетчики для однофазных сетей, или однофазные счетчики, применяются в основном на вводах в индивидуальные дома или в квартиры в многоквартирных домах. Схема счетчика показана на **рис. 4.5**.

Измерительная система индукционного счетчика содержит токовую обмотку, показанную толстой линией, и обмотку напряжения, показанную тонкой линией. По токовой обмотке проходит потребляемый ток, а обмотка напряжения подключается на напряжение между проводами сети. На счетчике имеются зажимы для присоединения проводов, идущих от сети питания, и проводов в сеть потребителя. На счетчике под стеклом на панели имеется прорезь для цифр счетного механизма и надписи о данных счетчика.

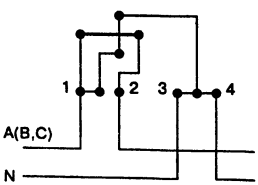


Рис. 4.5. *Схема однофазного счетчика*

Обычно фазный провод присоединяется к зажиму 1, тогда нулевой должен присоединяться только к зажиму 3 (или 4), а не 2, потому что в

последнем случае токовая обмотка окажется под напряжением, на которое она не рассчитана, и выйдет из строя.

Назначение зажимов следующее:

- вход — 1 и 3;
- выход — 2 и 4.

Трехфазные счетчики применяются в электроустановках, где используется трехфазный ток, а также на вводе установок, где используется однофазный ток, но подводятся три фазы, например, в жилых домах и учреждениях. Обычно трехфазные счетчики не могут пропустить ток, потребляемый установкой, поэтому они применяются с трансформаторами тока. На **рис. 4.6** показана схема счетчика, предназначенного для включения с трансформаторами тока в четырехпроводную сеть.

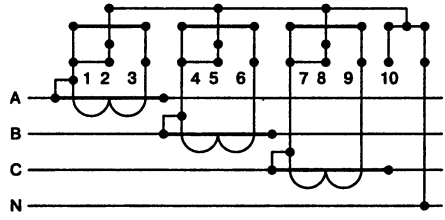


Рис. 4.6. *Схема трехфазного счетчика*

Как видно из схемы, токовые обмотки счетчика присоединяются ко вторичным обмоткам трансформатора тока через зажимы 1 и 3, 4 и 6, 7 и 9. Зажимы 1, 4, 7 присоединяются к фазам и к первым концам обмоток напряжения, вторые концы которых соединены вместе и присоединяются к нулевому проводу.

Могут быть трехфазные счетчики для непосредственного включения, а также счетчики для включения с трансформаторами напряжения. Счетчики непосредственного включения изготовляются на ток 5, 10, 20, 30, 50 А, а счетчики с трансформаторами тока, у которых первичный ток может быть различной величины в пределах от 10 до 10 000 А, вторичный ток — 5 А, изготовляются на ток 5 А.

Устройство и принцип действия однофазного индукционного счетчика

Алюминиевый диск может вращаться на оси 0, с которой через червячную и зубчатую передачи связан счетный механизм с цифрами, указывающими расход электроэнергии (**рис. 4.7**).

Так как счетчик должен учитывать **расход электроэнергии**, а он пропорционален произведению тока нагрузки I напряжения U, подведенного к нагрузке, и времени t, в течение которого нагрузка включена, то конструкция счетчика должна иметь элементы, автоматически перемно-

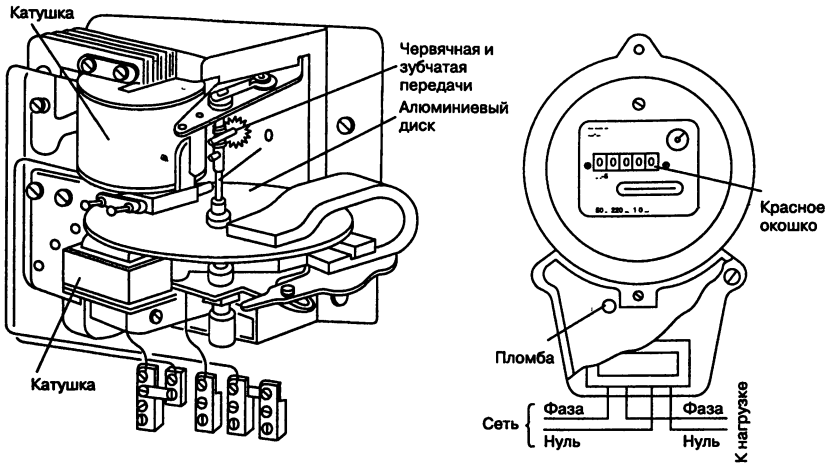


Рис. 4.7. *Устройство и внешний вид однофазного индукционного счетчика*

жающие I, U и t. В общих чертах это достигается следующим образом. Диск счетчика в конечном итоге вращается за счет электромагнитных сил, которые создаются **катушками**.

Первая катушка включается в сеть последовательно и создает силу, пропорциональную току I. **Вторая** включается параллельно и создает силу, пропорциональную напряжению U. Поэтому частота вращения алюминиевого диска, расположенного между катушками, пропорциональна произведению U · I.

Если нагрузка равна нулю, диск неподвижен и показания счетчика не изменяются. При нагрузке диск вращается, причем тем быстрее, чем больше нагрузка. Время t автоматически учитывается, потому что чем дольше вращается диск, тем больший путь совершается обоймами счетного механизма, а на них написаны цифры, которые видны в окошечке на крышке счетчика.

На обоймах написаны цифры 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Обоймы закрыты щитком, и мы в его окошечках видим только по одной цифре на каждой из них. Допустим, что алюминиевый диск счетчика начинает вращаться по стрелке, когда во всех окошечках видны нули. Наблюдая за счетчиком, мы увидим, как самый правый нуль поднимется и исчезнет, уступая место единице. Ее сменит двойка и т. д. А когда вместо девятки в окошечке снова появится нуль, то в соседнем окошечке слева окажется единица. Таким образом, полному обороту первого диска, считая справа, соответствует 1/10 оборота второго диска, полному обороту второго — 1/10 оборота третьего и т. д.

Число зубьев червячной и зубчатой передач подобрано таким образом, что счетчик отсчитывает, как правило, киловатт·часы (цифры в черных окошечках) и их доли (цифры в красном окошечке).

Определение расхода по данным счетчиков различных видов

Определение расхода электроэнергии за данный промежуток времени производится при счетчиках без трансформаторов тока вычитанием начального показания счетчика из конечного показания за данный промежуток времени.

Определение расхода электроэнергии за данный промежуток времени производится при счетчиках с трансформаторами тока — умножением этой разницы на коэффициент трансформации трансформатора тока, что можно представить формулами:

$$Э = П_К - П_Н \text{ и } Э = (П_К - П_Н) \cdot К_Т,$$

где Э — расход энергии, кВт·А, $П_К$, $П_Н$ — конечное и начальное показание счетчика, $К_Т$ — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Что можно определить по счетчику, кроме расхода электроэнергии

Во-первых, можно определить, имеются ли в данный момент где-нибудь в квартире включенные лампы или электроприборы. Если диск счетчика вращается, значит, имеются. Если неподвижен — все выключено.

Во-вторых, какой мощности приборы сейчас включены. Пользуясь секундной стрелкой часов, определим, за сколько времени диск совершит, например, 40 оборотов. Это легко сделать, так как на диске имеется зачерненная полоска, которая отчетливо видна в окошечке всякий раз, когда диск заканчивает один оборот и начинает следующий. Допустим, на 40 оборотов затрачено 75 с. Затем читаем на счетчике, например, «1 кВт·А — 5000 оборотов» и составляем пропорцию, исходя из следующего.

Если при 1 кВт·А = 1000 × 3600 = 3 600 000 ватт·секунд (Вт·с) совершается 5000 оборотов, а при X Вт·с — 40 оборотов, то

$$X = 3\,600\,000 \times 40 : 5000 = 28\,800 \text{ Вт·с}.$$

Зная, что 28 800 Вт·с израсходовано за 75 с, нетрудно определить мощность включенных приборов. Для этого достаточно 28 800 : 75 = 384 Вт.

В-третьих, какой ток проходит через счетчик. Разделив определенную только что мощность на номинальное напряжение сети, получим 384 Вт : 127 В = 3 А (или 384 : 220 =1,74 А).

В-четвертых, можно узнать по счетчику, не перегружена ли сеть. Зная, какое сечение имеют провода, идущие от счетчика, легко определить длительно допустимый через них ток, например, 20 А. Умножив этот ток на номинальное напряжение сети, узнаем, какая ему соответствует мощность. В данном примере это 20 А × 127 В = 2540 Вт (или 20 А × 220 В = = 4400 Вт). Задаемся каким-нибудь промежутком времени, например, 30 с, и, перемножив 2540 и 30, узнаем, что счетчик должен отсчитать 2540 × 30 = 76 200 Вт·с. Пусть на счетчике написано «1 кВт·А — 5000 оборотов».

Следовательно, при 1 кВт·А = 3 600 000 Вт·с совершается 5000 оборотов, а при 76 200 Вт·с должно совершиться 76 200 × 5000 : 3 600 000 = 106 оборотов. Итак, если провода не перегружены, то диск счетчика за полминуты делает не более 106 оборотов.

В-пятых, можно определить, не перегружен ли сам счетчик? Пусть на нем написано «5-15 А, 220 В, 1 кВт·А = 1250 оборотов». Максимальному току соответствуют мощность 15 × 220 = 3300 Вт, расход электроэнергии за 30 с 3300 × 30 = 99 000 Вт·с и 99 000 × 1250 : 3 600 000 = 34 оборота диска. Значит, если за 30 с диск сделает не более 34 оборотов, то счетчик не перегружен.

В-шестых, можно рассчитать, сколько израсходовано электроэнергии на общую площадь коммунальной квартиры? Допустим, в большой квартире два расчетных счетчика, нагрузка между которыми распределена примерно поровну. Кроме того, каждая из пяти семей имеет контрольные счетчики. За месяц один общий счетчик отсчитал 125, другой 95 кВт·А.

Значит, всего израсходовано 125 + 95 = 220 кВт·А. А контрольными счетчиками учтено 40 + 51 + 44 + 27 + 31 = 193 кВт·А , откуда следует, что на общую площадь израсходовано 220 – 193 = 27 кВт·А.

Условия надежной работы счетчиков и их ремонт

Счетчик должен обладать определенной **точностью**. Проверить ее можно только в электротехнической лаборатории, а право проверки и пломбирования счетчиков дано не всякой лаборатории. Однако есть признаки, по которым можно оценить работу счетчика и в домашних условиях.

При отключении нагрузки диск счетчика должен останавливаться, совершив не более одного оборота. Если же диск без нагрузки продол-

жает вращаться (под действием напряжения, поданного на зажимы его параллельной обмотки), значит, имеет место самоход — счетчик неисправен.

Самоход легче всего определить ночью, потому что ночью сеть мало нагружена и напряжение поэтому немного повышено. При проверке на отсутствие самохода иногда допускают ошибки:

- чтобы видеть счетчик, в коридоре включают свет, т. е. нагружают счетчик;
- забывают отключить радиоприемник и телевизор;
- оставляют включенным в сеть холодильник. А ведь электродвигатель холодильника может автоматически включиться в любой момент и нагрузить счетчик. Звонок при проверке отключать не нужно, так как создаваемая им нагрузка очень мала.

Жужжание счетчика, если оно не сопровождается самоходом, не является признаком неисправности.

Сильные искажения показаний счетчика также можно обнаружить в квартире. Первым их признаком служит повышенный счет за электроэнергию. В мае, например, было израсходовано 120 кВт·А. В июне дни длиннее, кроме того, 12 июня выехали на дачу. И нетрудно прикинуть, что ожидаемый расход за июнь не должен превышать 60 кВт·А. А счетчик, тем не менее, показал 95 кВт·А, т. е. явно много.

Проверили самоход — самохода нет. Попробуем тогда поступить следующим образом. Включим лампы такой мощности, чтобы счетчик был нагружен примерно наполовину. Вычислим, сколько оборотов должен совершать диск, и, наконец, сравним фактическое число оборотов с вычисленным.

Пример.
Пусть на счетчике написано: «5 А, 127 В, 1 кВт·А — 5000 оборотов». Значит, полная нагрузка 5 А × 127 В = 635 Вт. Для испытаний нужна примерно половина нагрузки, т. е. 300—350 Вт. Ее легко получить, включив люстру из пяти ламп по 60 Вт и настольную лампу на 40 Вт.

Итак, нагрузка 5 × 60 + 1 × 40 = 340 Вт. Количество энергии, расходуемое за минуту, 340 Вт × 60 с = 20 400 Вт·с. А если 1 кВт·А = 3 600 000 Вт·с соответствует 5000 оборотов, значит, при 20 400 Вт·с должно совершиться 5000 × 20 400 : 3 600 000 = 28 оборотов.

Допустим, что диск за 1 с совершил 40 оборотов, т. е. больше, чем следует, в 40 : 28 = 1,43 раза. Значит, счетчик **явно завышает показания**.

В завершении скажу **о требованиях к устройствам**, содержащим счетчики. Они должны устанавливаться в сухих помещениях, не содержащих агрессивных примесей в воздухе, с температурой в зимнее время не ниже 0 °С.

Счетчики не разрешается устанавливать в помещения, где температура часто может быть выше +40 °С. В зимнее время разрешается подогрев счетчиков электрическими нагревателями, но так, чтобы температура у счетчиков была не выше +20 °С.

Осмотр и ремонт счетчиков допускается производить лицам и организациям, уполномоченным на это. Некоторые отказы счетчиков приведены в **табл. 4.2**.

Примеры отказов счетчиков *Таблица 4.2*

Причина	Устранение
Не вращается счетный механизм	
Диск зажимается выдавленным стеклом счетчика	Приклеить стекло, сняв крышку корпуса
Нарушение контактов в зажимах присоединения счетчика	Переделать зажимы
Механизм вращается при отсутствии нагрузки — самоход счетчика	
Неисправности внутри счетчика	Счетчик сдать в ремонт
Диск вращается с перерывами, треск внутри счетчика	
Окисление слабых зажимов присоединение проводов к счетчику	Зачистить зажимы на счетчике или перезаделать зажимы, откусив плоскогубцами окисленные концы проводов
Сгорание изоляции катушек счетчика	
Перегрузка счетчика	Счетчик сдается в ремонт
Неправильное присоединение к счетчику	
Перенапряжения, в том числе грозовые	

4.2. Микропроцессорные многотарифные счетчики

Особенности отечественной системы учета

В последние годы у потребителей появилась возможность приобретать по более низкой стоимости современные измерительные приборы — счетчики, осуществляющие регистрацию энергопотребления по тарифным зонам. Это микропроцессорные, полностью электронные приборы, которые совмещают в одном корпусе функции одного или двух индукционных счетчиков.

Основными преимуществами этих приборов являются:

- высокая надежность и точность (классы точности 0,2; 0,5; 1,0; 2,0);
- малая чувствительность к изменениям температуры окружающей среды (они работают в интервале температур от –40 °С до +60 °С);
- возможность передачи информации по цифровым и импульсным каналам;
- учет электроэнергии по тарифным зонам.

Счетчики могут измерять как **активную**, так и **реактивную энергию**. В них заложена также возможность автоматического пересчета электроэнергии на первичную сторону, т. е. с учетом коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Эти счетчики по своим внутренним часам осуществляют переключение тарифных зон в соответствии с заданным расписанием. Всего возможно задание от одной до четырех тарифных зон. В процессе работы любой такой счетчик учитывает электроэнергию, разбивая ее по тарифным зонам.

В приборах предусмотрена возможность автоматического перехода на летнее и зимнее время. Учет электроэнергии по тарифным зонам осуществляется, соответственно, по летнему или зимнему времени.

Имеется возможность задания режимов выходных и праздничных дней, что тоже выгодно энергопотребителям, если в указанные дни используется льготный тариф по отношению к рабочим дням.

Вся коммерческая информация снимается непосредственно с жидкокристаллического индикатора счетчика, считывается по оптическому порту счетчика или по цифровому интерфейсу.

Помимо разбиения потребленной электроэнергии по тарифным зонам, счетчиком фиксируется максимальная мощность за расчетный период, например, за месяц, на 30-минутном отрезке времени в каж-

дой тарифной зоне с указанием даты и времени фиксации максимальной мощности. Часто это может быть полезным в случае возникновения спорных ситуаций с энергоснабжающей организацией.

За потребленную электроэнергию 95% потребителей рассчитываются по приборам, в отличие, например, от потребителей тепловой энергии или воды, где оснащенность приборами учета гораздо меньше. Но и здесь, по мнению экспертов, проблемы будут в ближайшее время только нарастать.

Как известно, в области электроэнергетики существует **субсидирование бытовых потребителей за счет промышленности** — граждане платят за электроэнергию в 2-3 раза меньше себестоимости ее производства. В ближайшее время в рамках проведения реформы жилищно-коммунального хозяйства такой подход будет ликвидирован.

Сегодня население потребляет 12—14% всей электроэнергии страны. В то же время только 5—7% в денежном балансе энергокомпаний составляет стоимость электроэнергии, отпускаемой населению.

Такой низкий процент в денежном балансе позволяет энергокомпаниям использовать для собирания денег **систему самообслуживания**, которой нет в любом другом государстве, где доля платежей населения намного выше. Когда доля в платежном балансе населения поднимется до уровня 12—14% в среднем по стране даже при оплате по себестоимости, а тем более достигнет критической величины 20%, тогда компаниям придется принимать специальные меры по сбору денег от населения. А к такому сценарию развития пока никто не готов.

Электросчетчики и тарифы

Сегодня в России эксплуатируется более 20 млн. электросчетчиков низкого класса, парк которых устарел. Системы дистанционного снятия показателей широко не используются. Тарифная система примитивна. А вот в развитых странах действуют блочные или ступенчатые тарифы, составленные с учетом положения различных социальных слоев населения — стоимость электроэнергии увеличивается с ростом удельного потребления на одного человека. Кроме того, тарифные ставки дифференцированы в зависимости от того, в какое время суток потребляется электроэнергия. У нас широкого опыта в применении дифференцированных тарифов нет. Ввести их, не изменив систему самообслуживания, проблематично.

Устанавливается социальная норма потребления на 1 гражданина, например, 100 кВт, за которые потребитель платит цену ниже себестоимости в 2 раза. При потреблении, допустим, от 100 до 200 кВт потребитель платит по себестоимости, а уже свыше 200 кВт — в 8 раз выше себестоимости электроэнергии.

Система блочных тарифов дает возможность дотировать потребление электроэнергии социально незащищенными слоями общества за счет обеспеченных, а энергокомпаниям — получать оплату за электроэнергию не ниже себестоимости. При отказе от системы самообслуживания потребуется модернизировать систему приборного парка электросчетчиков, создать систему дистанционного снятия показаний с них, а также внедрить автоматизированную систему учета и контроля бытовых потребителей. Первые шаги в этом направлении уже делаются.

Вновь возведенные дома, а также дома после капремонта оснащаются **автоматизированной системой учета потребления**. В новом издании «Правил устройства электроустановок...» по настоянию Госэнергонадзора включена рекомендация оснащать жилые здания системами дистанционного снятия показаний электросчетчиков. РАО ЕЭС разработала концепцию развития учета электроэнергии, потребляемой в быту. Проводятся работы по массовой замене старых изношенных электросчетчиков и внедрению автоматизированных систем учета.

Уже разработаны и серийно производятся на заводах электроизмерительной техники современные автоматизированные системы учета электропотребления **с передачей показателей потребления по силовой сети**. На Западе такие системы уже давно активно внедряются. На европейских научно-практических конференциях около трети докладов обычно посвящено проблемам передачи показателей электропотребления по силовой сети.

Кроме того, интересна и заслуживает изучения тарифная политика, действующая за границей. В развитых европейских странах оплата за электроэнергию исчисляется по более чем десяти различным вариантам тарифов:

- стоимость одного киловатт-часа меняется несколько раз в день; в выходные дни расценки отличаются от тех, которые действуют в рабочие дни; причем — субботний и воскресный тарифы имеют свои особенности;
- установлены сезонные тарифы, различающиеся по регионам, и т. д.

Двухтарифная система учета потребляемой электроэнергии

В Санкт-Петербурге с января 1999 г. действует двухтарифная система учета потребленной электроэнергии. Переход на эту систему дал потребителю определенную выгоду. Это особенно актуально в связи с появлением в наших квартирах энергоемких приборов.

Двухтарифная система — это раздельный учет потребляемой электроэнергии по времени суток: дневной (с 7.00 до 23.00) и ночной (с 23.00 до 7.00). Такая система оплаты снижает расходы, так как ночью электричество дешевле.

Для начала такого учета необходимо установить в квартире или на даче, например, электронный многотарифный счетчик марки ЭЭ8003, который учитывает потребляемую электроэнергию раздельно по времени суток. «Программа ресурсоэнергосбережения России», утвержденная Правительством РФ, предусматривает переход от двухтарифной системы к многотарифной.

Тогда экономичный тариф будет действовать в выходные и праздничные дни круглосуточно. Такая система оплаты действует уже в ряде городов России. Не следует забывать и такой момент, что устаревшие модели счетчиков — индукционные, имеют большую погрешность измерения. И вполне возможно, что потребитель платит даже больше, чем на самом деле потребляет электроэнергии.

Трехзонные тарифы для промышленных потребителей

Для обеспечения более равномерного потребления электроэнергии промышленными потребителями, постановлением Федеральной энергетической комиссии (ФЭК), с октября 1997 года введены **трехзонные тарифы**.

Это Постановление в определенной степени должно стимулировать потребителей электроэнергии снижать потребление в часы максимальных нагрузок и увеличить потребление в менее загруженные часы суток, используя разные тарифные ставки за потребленную электроэнергию в зависимости от времени суток.

Ведь потребление электроэнергии в энергосистемах в течение суток не равномерно и имеет, как правило, три режима: режим малого потребления, режим среднего потребления и режим максимального потребления электроэнергии. В соответствии с этими режимами электропотребления, сутки разбиваются на следующие зоны:

- зона минимального потребления электроэнергии — часы ночной тарифной зоны;

- зона среднего потребления электроэнергии — часы полупиковой тарифной зоны;
- зона максимального потребления электроэнергии — часы пиковой тарифной зоны.

Как правило, выделяются **часы утреннего и вечернего максимального потребления** (утренняя и вечерняя пиковые зоны). Загрузка генерирующих мощностей в часы максимума в несколько раз выше, чем в часы ночного минимума.

Одной из главных причин введения дифференцированных тарифов является стремление к выравниванию графика нагрузки в энергосистемах, что позволяет откладывать ввод новых генерирующих мощностей за счет уменьшения потребления электроэнергии в часы максимума.

Для этого необходимо, чтобы потребители электроэнергии изменили графики электропотребления собственного производства, т. е. перевели энергоемкие производства из зон максимального потребления электроэнергии в зоны среднего и минимального потребления. Это будет возможно только в том случае, если потребителю это будет экономически выгодно.

В России с декабря 2000 г. введены новые тарифные ставки. Например, для МОСЭНЕРГО стоимость кВт·А по трем дифференцированным тарифным зонам определены следующие расценки:

- пиковая тарифная зона – 53 коп. за кВт·А;
- полупиковая тарифная зона — 29 коп. за кВт·А;
- ночная тарифная зона — 11 коп. за кВт·А.

Расписание тарифных зон, т. е. включение того или иного тарифа для учета электроэнергии определяется Региональными энергетическими комиссиями (**рис. 4.8**). Из приведенного выше соотношения тарифных ставок видна возможность получения существенной экономии средств

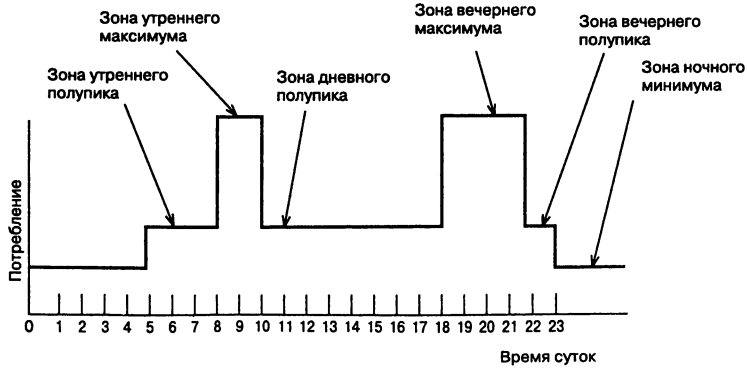


Рис. 4.8. *Примерное распределение тарифных зон по времени суток*

потребителя электроэнергии при переходе на расчет по дифференцированным тарифам.

Осуществление перехода на расчет **по дифференцированным тарифам** требует замены существующего парка приборов учета на потребительском рынке.

В последние годы, совершенствование измерительных приборов и одновременное снижение их стоимости, позволило потребителям приобретать счетчики, осуществляющие регистрацию энергопотребления по тарифным зонам.

Учет электроэнергии микропроцессорными счетчиками

Рассмотрим современную организацию учета с использованием микропроцессорных счетчиков электроэнергии. Они позволяют повысить точность учета, перейти на расчет за потребленную электроэнергию по дифференцированным тарифам и по фактическому потреблению мощности, автоматизировать процесс коммерческого учета и начать управлять нагрузкой.

Внедрение современных микропроцессорных счетчиков, благодаря их высокой точности 0,2S и 0,5S, позволяет получить более достоверную информацию об энергопотреблении. А это значит точное сведение балансов, нахождение потерь и выявление неучтенных потребителей. Только на этом экономия может составить до 2—5%.

Современный микропроцессорный счетчик — это фактически компьютер, установленный в точке учета. Он не только измеряет активную и реактивную электроэнергию в двух направлениях, но фиксирует дату и время максимальной нагрузки для каждой тарифной зоны. После считывания информации со счетчика в компьютер строится график потребления активной энергии.

Предприятие и энергосистема строят **графики нагрузки** каждого участка, цеха или производства за день, неделю или месяц. Анализ графиков и определение совмещенного максимума показывает, как надо скорректировать технологический режим работы. Это поможет в несколько раз снизить потребляемую мощность в часы пиковых нагрузок энергосистемы.

Установка современных счетчиков позволит избежать штрафов за превышение заявленной мощности. Например, счетчик АЛЬФА **может сигнализировать** о превышении заданного порогового значения мощности. Этот сигнал может использоваться как предупредительный, или

для отключения нагрузки. Оперативный контроль за режимом энергопотребления позволит вовремя обнаружить и не допустить превышения заявленной мощности и избежать штрафов.

Можно организовать **контроль качества электроэнергии**. К примеру, все новые счетчики серии АЛЬФА имеют возможность измерять и контролировать ряд параметров электроэнергии, такие как: текущие значения фазных токов, напряжений, частоту сети и коэффициент мощности, фиксировать в памяти и сигнализировать о выходе параметров за пределы уставок.

Установка современных счетчиков электроэнергии — это первый этап по построению автоматизированной системы контроля учета энергоресурсов (АСКУЭ) всего предприятия. Для работы в АСКУЭ счетчики серии АЛЬФА имеют как цифровые (ИРПС токовая петля, RS232, RS485), так и импульсные интерфейсы связи.

Система АСКУЭ позволяет, не выходя из кабинета, при помощи компьютера собрать все данные со счетчиков, провести анализ потребления, сделать прогноз и подготовить отчеты, необходимые для осуществления платежей. Автоматизация сбора данных со счетчиков и взаимных расчетов энергоснабжающими организациями позволяет повысить эффективность этих работ при меньших временных, денежных и людских затратах.

Современные технологии учета электроэнергии проверены и признаны во всех регионах России и СНГ. Полученный опыт показал правильность применяемых инженерных решений и широкие возможности систем АСКУЭ, выполненных на принципах цифровой передачи данных со счетчиков.

Отсутствие подвижных деталей, современная элементная база обеспечивают надежную и не требующую ремонта работу микропроцессорных счетчиков. Это подтверждается длительной эксплуатацией таких приборов в России и других странах. Например, счетчики АЛЬФА имеют максимальный среди других производителей температурный диапазон работы: от –40 °С до +60 °С. Это особенно важно в России, с ее суровым зимним климатом. Ведь зачастую счетчики стоят в неотапливаемых помещениях.

Отечественные производители электронных счетчиков

В настоящее время производится широкая гамма трехфазных электронных и микропроцессорных электросчетчиков, позволяющих использовать их в системах автоматизированного учета.

Высокую надежность (средний срок службы 24 года) имеет счетчик электронный однофазный **многотарифный ЭЭ8003/2 (ПО «Электроизмеритель»)**. Расход энергии измеряется по четырем тарифам с отдельным тарифом для выходных дней и отдельным тарифом для часов «пик». Сертифицирован: Россия, Беларусь, Украина, Казахстан. Предполагает использование интерфейса RS-485.

Специалистами **НПО «Симметрон»** по техническому заданию Энергосбыта ОАО «Ленэнерго» разработан многотарифный электронный однофазный счетчик электроэнергии типа ЦЭ2706.

Прибор отличается высокой надежностью, точностью измерения, может работать в составе АСКУЭ любой конфигурации, совместим с многофункциональным прибором энергетика ПЭМ.

Полный номенклатурный ряд средств измерения, необходимых для установки в квартирах, выпускает петербургское предприятие **АО «ЛЭМЗ»** — ЦЭ2726, ЦЭ2727, Ф669.

Электросчетчики завода имеют стандартные габаритно-установочные размеры и поэтому при замене старых устройств на новые проблем не возникает.

В Санкт-Петербурге рекомендуется использовать электронные счетчики, запрограммированные на два тарифа, Ленинградского электромеханического завода (ЛЭМЗ) и витебского завода «Электроизмеритель». Цена их — 1725 и 1900 рублей, соответственно.

В настоящее время заводы и предприятия РФ производят широкую гамму трехфазных электронных и микропроцессорных электросчетчиков, позволяющих их использовать в системах АСКУЭ. Основными изготовителями являются:

Концерн «Энергомера» (г. Ставрополь) выпускает электронные электросчетчики активной электроэнергии в одном и двух направлениях: кл. 0,2 (ЦЭ6808В), кл. 0,5 (ЦЭ6805В), кл. 1,0 (Ф68700В) и микропроцессорные: ЦЭ6822, ЦЭ6823, ЦЭ6850 класса 0,5 и 1,0. Электронные электросчетчики имеют числоимпульсный, а микропроцессорные — и цифровой интерфейс.

СП АББ ВЭИ «Метроника» (г. Москва) выпускает высококачественные многофункциональные микропроцессорные электросчетчики серий АЛЬФА, А2 АЛЬФА Плюс, ЕвроАЛЬФА кл. 0,2S, 0,5S, 1,0. Все они имеют числоимпульсный и цифровые (ИРПС, RS-232, RS-485) интерфейсы.

Мытищинский электротехнический завод (Московская обл.) производит электронные электросчетчики ПСЧ-4, СЭТА-1 кл. 0,5, СЭТА-1 и СЭТР-1 кл. 1,0, снабженные числоимпульсным интерфейсом.

Нижегородский завод им. Фрунзе производит электронные электросчетчики ПСЧ-4ПА, ПСЧ-4-1 кл. 0,5 с числоимпульсным интерфейсом и микропроцессорные электросчетчики ПСЧ-4ТА, СЭТ-4ТМ кл. 0,5 с числоимпульсным и цифровым интерфейсом (RS-485).

Государственный Рязанский приборный завод выпускает электронные электросчетчики СЭТ3а-01, СЭТ3а-01П кл. 0,5; 1,0; СЭТ3р-01-09 кл. 1,0, последний — для измерения активной и реактивной электроэнергии в одном корпусе. Все электросчетчики имеют числоимпульсный интерфейс с двумя гальванически развязанными выходами.

Все выпускаемые заводами микропроцессорные электросчетчики имеют встроенные часы и память для запоминания графика мощности и других параметров и позволяют вести многотарифный учет.

Российские производители электросчетчиков полностью удовлетворяют спрос **систем АСКУЭ** как по классам точности, так и по своим функциональным и техническим возможностям.

К недостаткам следует отнести отсутствие унификации протоколов и циклов доступа к информации микропроцессорных электросчетчиков. Производители микропроцессорных электросчетчиков излишне увлечены многофункциональностью, в т.ч. показателями качества и многотарифностью, при этом набор параметров для пользователей оказывается избыточен, а для целей АСКУЭ недостаточен.

Многотарифные счетчики Украины и Белоруси

Некоторые потребители обратили внимание на украинские **счетчики «ОБЛІК»**, в которых реализована принципиально новая технология дискретных измерений системы трехфазных токов и напряжений, получившая название «принцип двойного сканирования». Эта технология измерений позволяет полностью устранить погрешности, связанные с неодновременностью замеров.

На базе таких счетчиков можно эффективно реализовать автоматизированную систему диспетчерского управления режимами энергопотребления предприятий. Применение счетчика этой марки в качестве автоматизированной системы диспетчерского управления режимами энергопотребления предприятий позволяет получить экономию за счет увеличения точности измерения приблизительно на 1,5%; за счет оперативного управления энергопотоками — приблизительно на 5%; за счет расчетов по тарифам, дифференцированным по времени суток, — приблизительно на 12%.

В качестве датчика приращения электроэнергии в информационно-измерительных системах учета электроэнергии Минский электромеханический завод рекомендует использовать свои изделия, например, счетчик СО-ЭЭ610. Модель предназначена для учета потребляемой активной электрической энергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока. Высокая электропрочность изоляции его телеметрического и поверочного выходов защищает обслуживающий персонал и оборудование от пробоя в работе. В приборе обеспечена защита от хищения электрической энергии по постоянной составляющей в цепи тока.

Многотарифные счетчики зарубежного производства

Из зарубежной техники следует остановиться на счетчике **ION-8500**, являющемся совместной разработкой концерна ABB и **канадской компании Power Measurement**. Счетчики предназначены для измерения активной и реактивной энергии и мощности в двух направлениях с классом точности 0,2S.

По некоторым оценкам, на сегодняшний день это довольно совершенный счетчик, имеющий мощную микропроцессорную систему, увеличенную память до 4 МБ для хранения до 320 измеренных параметров, два цифровых интерфейса для одновременного удаленного доступа к счетчику из 2 различных мест, гибкую тарифную систему. Измерительный прибор отвечает всем требованиям современного рынка электроэнергии.

Счетчики измеряют энергию и мощность в двух направлениях, высшие гармоники до 63 включительно, ток в нулевом проводе и проводят расчеты для компенсации потерь в трансформаторе. В наибольшей степени отвечают требованиям ГОСТ 13109-97 и могут использоваться не только для целей учета электроэнергии, но также для целей аудита качества электроэнергии.

Технология ION выводит анализ и контроль качества электроэнергии на новый уровень. Счетчики этой серии анализируют все (кроме фликера) параметры качества электроэнергии и работы сети. Этот счетчик является интеллектуальным прибором нового поколения, который не только анализирует параметры электроэнергии, но контролирует их и сигнализирует обо всех изменениях и отклонениях параметров сети от нормальных допусков. Приборы могут использоваться также и в качестве аварийного осциллографа с разрешающей способностью до 160 мкс для фиксации (записи) параметров во время аварии. К приборам нового

поколения относятся также приборы учета потребления энергии: M2X, Centron MC3, Indigo+, SL7000. **Электронные счетчики серии Indigo+** — одна из самых новых разработок компании «Шлюмберже».

Многофункциональные счетчики электроэнергии, обладающие максимальной универсальностью применения, разработаны для удовлетворения растущих потребностей как энергоснабжающих организаций, так и конечных потребителей электроэнергии.

Для предотвращения аварийных ситуаций и попыток хищений электроэнергии счетчик располагает набором специальных функций. Благодаря расширенным коммуникационным возможностям и открытости протоколов информационного обмена счетчик легко встраивается в информационно-измерительные системы АСКУЭ. Счетчики изготавливаются в соответствии с классом точности 0,5S или 1,0.

Многофункциональные трехфазные счетчики электрической энергии нового поколения **серии SL7000** представляют собой программируемые электронные приборы, позволяющие, помимо измерений параметров энергопотребления, проводить ряд дополнительных измерений качества электрической энергии.

Счетчики обладают расширенными функциональными возможностями, позволяющими организовывать многотарифный учет электроэнергии на предприятиях энергетики и промышленности, автоматическое считывание и архивацию расчетных параметров. Счетчики серии SL7000 изготавливаются в соответствии с классом точности 0,2S, 0,5S или 1,0.

M2X — новый однофазный счетчик активной электроэнергии (кВт·А) класса точности 2,0. Прибор предназначен для учета потребления активной электроэнергии в двухпроводных цепях переменного тока. Имеет улучшенную конструкцию отсчетного устройства и полностью отвечает требованиям стандарта МЭК 521 и ГОСТ 6570. Конструкция счетчика разработана с учетом необходимости работы в сложных условиях эксплуатации. Счетчик может иметь двухтарифное отсчетное устройство, управляемое по сигналу внешнего тарификационного блока.

Centron MC3 — новый трехфазный электронный счетчик активной электроэнергии (кВт·А) класса точности 2,0 или 1,0. Имеет вывод информации в стандартные системы АСКУЭ, отсчетное устройство барабанного типа и защиту от хищений электроэнергии. Измерительный прибор предназначен для учета потребления активной электроэнергии. Также разработан для сложных условий эксплуатации. Полностью соответствует требованиям МЭК 61036. Может иметь двухтарифное отсчетное устройство, управляемое по сигналу внешнего тарификационного блока.

ГЛАВА 5

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В ДОМЕ

5.1. Электрическая защита

Почему важна электрическая защита

Когда профессору Сергею Петровичу Капице задали вопрос, без какого достижения современной цивилизации он не представляет себе жизни, последовал ответ: «Без электричества». **Это великое благо для человечества, но благо достаточно опасное**. Его использование во всех областях деятельности человека, резкое увеличение количества электроприборов в быту и на производстве естественным образом повлекли за собой повышение опасности поражения человека электрическим током. Поэтому не удивительно, что вслед за расширением использования электрической энергии в промышленности и быту развивалась и система обеспечения электробезопасности или электрической защиты.

Электрическая защита необходима для того, чтобы безопасно эксплуатировать домашнюю электросеть, не допуская поражения человека электрическим током, возгораний, повреждение электротехники грозовыми разрядами. В общем, электрическая защита — понятие комплексное. Задача защитных устройств — отключить напряжение в кратчайший срок при нарушении параметров сети. Какие устройства для этого применяются?

Для защиты человека от смертельного исхода при прикосновении к корпусу неисправного электроприбора служит **УЗО**, которое подробно будет рассмотрено далее в этой главе.

Определение.
Функционально **устройство защитного отключения** *(УЗО) можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электросети.*

Как можно защитить человека от смертельного поражения электрическим током? Во-первых, это **организационные меры:** обеспечение недоступности для человека токоведущих частей электрооборудования; снижение величины тока через тело человека до безопасного значения; ограничение времени воздействия электрического тока на организм человека.

Разработаны и **технические меры защиты** от поражения электрическим током: применение низких напряжений; защитное разделение сетей; контроль, профилактика изоляции, обнаружение ее повреждений, защита от замыканий на землю; компенсация емкостных токов утечки; защитное заземление; защитное зануление; защитное отключение; система уравнивания потенциалов; двойная изоляция, изолирование рабочего места; защита от перехода напряжения с высшей стороны на низшую; грозозащита.

Воздействие электрического тока на человека

Рассмотрим механизм воздействия электрического тока на человека. С самого начала промышленного применения электричества ученые всего мира занимались изучением этого воздействия и его последствий. Однозначно установлено, что при воздействии электрического тока на человека **наиболее уязвимым органом является сердце**. Беспорядочные сокращения мышц сердца могут возникать даже при малых значениях тока. Но результат воздействия электрического тока на организм человека зависит не только от значения тока, но и от продолжительности его протекания, пути тока через тело человека, а также, в меньшей степени, от частоты тока, формы кривой, коэффициента пульсаций и других факторов.

По причине неопределенности реального значения сопротивления тела человека для расчетной оценки опасности электропоражения в электроустановке принято использовать в качестве критерия опасности ток через тело человека, а не напряжение, приложенное к нему.

Предельно допустимые уровни токов определены ГОСТом в производственных и бытовых электроустановках в зависимости от времени воздействия (**табл. 5.1**).

Таблица 5.1

t, °C	0,01—0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$I_{произв}$, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50
$i_{быт}$, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25

Защитное отключение — одно из наиболее эффективных электрозащитных средств. Должна быть обеспечена защита человека от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях: как при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования, так и при косвенном прикосновении].

Под **косвенным прикосновением** понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям электроприбора, на которых в исправном состоянии отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от **прямого прикосновения** служат меры, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям: изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости.

Дополнительная защита от электропоражения при прямом прикосновении достигается путем применения устройств защитного отключения.

УЗО является превентивным электрозащитным устройством и в сочетании с современными системами заземления (TN-S, TN-C-S) обеспечивает высокий уровень электробезопасности при эксплуатации электроприборов.

Защита от поражения при косвенном прикосновении обеспечивается применением УЗО и **защитных нулевых проводников** в электроустановках зданий с системой заземления TN или **защитных проводников** в электросети зданий с системой заземления TT в комплексе с устройствами защиты от сверхтока, таких как предохранителями, автоматическими выключателями.

Принцип действия защитного отключения

Устройства защитного отключения, реагирующие на дифференциальный ток, наряду с устройствами защиты от сверхтока, относятся к **дополнительным видам защиты** человека от поражения при косвенном прикосновении, обеспечиваемой путем автоматического отключения питания. Защита от сверхтока (при применении защитного зануления) обеспечивает защиту человека при косвенном прикосновении — путем отключения автоматическими выключателями или предохранителями поврежденного участка цепи при коротком замыкании на корпус.

При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно

эффективно, поэтому в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от электропоражения.

В основе действия защитного отключения, как электрозащитного средства, лежит **принцип ограничения продолжительности протекания тока через тело человека** (за счет быстрого отключения) при непреднамеренном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением. Из всех известных электрозащитных средств УЗО является единственным, обеспечивающим защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к одной из токоведущих частей.

Вспомогательным, но не менее важным свойством УЗО является его **способность осуществлять защиту от возгорания и пожара**, возникающих вследствие возможных повреждений изоляции, неисправностей электропроводки и электрооборудования. Ведь более трети всех пожаров происходят по причине возгорания электропроводки в результате нагрева проводников по всей длине, искрения, горения электрической дуги на каком-либо элементе, вызванных токами короткого замыкания.

Короткие замыкания, как правило, образуются из-за дефектов изоляции, замыканий на землю, утечек тока на землю. УЗО, реагируя на ток утечки на землю или защитный проводник, заблаговременно, до развития КЗ, отключает электроустановку от источника питания, предотвращая тем самым недопустимый нагрев проводников, искрение, возникновение дуги и возможное последующее возгорание.

Защита от последствий короткого замыкания

Последовательно с УЗО для защиты от возгорания при КЗ или перегрузке в электросети устанавливаются **пробки, автоматические выключатели**. Принцип их действия и устройство подробно рассмотрены далее.

Рассмотрим, **откуда может возникнуть КЗ?** Естественно поставить перед собой вопрос: в чем проявляется нагрузка, например, проводов? Что может перегружаться и изнашиваться, если нет механического движения? Что и от чего нужно защищать? Чтобы ответить на эти вопросы, вспомним, как включена лампа. К ней присоединены два провода. По одному из них ток подходит к нити, по другому — возвращается в сеть. Чтобы направить ток именно по этому пути, провода друг от друга изолированы.

Мы можем безопасно вводить в наши квартиры электроэнергию, включать и отключать лампы и приборы по нашему усмотрению именно

потому, что в электросети применяются не только проводники и не только изоляция, а правильное и глубоко продуманное сочетание тех и других. Без проводников нельзя подвести ток к лампам и приборам. Без изоляции (резина, пряжа, бумага, пластмасса) нельзя ни направлять электроэнергию по нужным путям, ни выключать ток.

Изнашивается в электроприборах и проводке в основном **изоляция**. Резина, например, высыхает, растрескивается и осыпается, пряжа и бумага обугливаются, пластмассы оплавляются и размягчаются. Но все это происходит при достаточно высокой температуре. Пока эта температура не превышена (для резины, например, 65 °С), изоляция работает устойчиво и надежно и служит достаточно долго.

Причиной повышения температуры изоляции является **нагрев проводников**, которые она окружает. А проводники нагреваются потому, что проходящий через них ток преодолевает их электрическое сопротивление, на что расходуется электроэнергия, которая и переходит в теплоту.

Температура одного и того же провода зависит от силы тока, проходящего по нему, называемого в электротехнике нагрузкой. Чем нагрузка больше, тем провод горячее. Ток не должен нагревать провод выше допустимой температуры. Ток, вызывающий чрезмерный нагрев, является **перегрузкой**.

Нужно знать, что перегрузки очень резко сокращают срок службы. Достаточно, например, всего на 10 °С повысить температуру катушки электромагнита по сравнению с расчетной, чтобы срок ее службы сократился вдвое. При больших перегрузках изоляция быстро разрушается (перегорает) и между проводами возникает короткое замыкание.

С крайней опасностью перегрузок и КЗ столкнулись еще первые электротехники. Поэтому в числе самых первых, самых необходимых аппаратов (рубильников, патронов) были созданы и простейшие предохранители — приспособления, автоматически прерывающие ток при длительных перегрузках и практически мгновенно — при коротких замыканиях.

Чтобы разобраться, на чем основана защита и как содержать ее в исправном состоянии, нужно отдать себе отчет во взаимной связи некоторых явлений.

Количество теплоты и температура

Количество теплоты, выделяющейся в проводнике при прохождении по нему тока, пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока.

Значит, чем дольше включены лампы, приборы, провода, тем больше теплоты в них выделяется. При этих условиях, казалось бы, и температура должна непрерывно возрастать. Однако из повседневного опыта каждый знает, что это не так.

Накал лампы не увеличивается с течением времени, плитка при включении в сеть действительно накаляется постепенно, но, достигнув определенного накала, больше не разогревается. В чем же здесь дело?

Дело в том, что одновременно с нагреванием всегда происходит охлаждение, причем, чем выше температура, тем охлаждение интенсивнее. Поэтому рост температуры постепенно замедляется и, наконец, при некоторой температуре, наступает равновесие: сколько теплоты выделяется, столько же и отводится.

Как же поступить, если температура слишком высока, а нагрузку снизить нельзя? Здесь есть два пути: либо улучшить охлаждение, либо уменьшить количество выделяющейся теплоты. Но так как устраивать вентиляцию для охлаждения проводов и приборов практически невозможно, то идут по второму пути. При этом уменьшать можно только сопротивление, но не ток (это значило бы ограничить величину потребления электроэнергии) и не время (это значило бы отключить потребителей раньше, чем нужно).

А уменьшить сопротивление можно просто: либо вместо алюминиевых проводов взять медные, так как медь лучше проводит электричество, либо увеличить поперечное сечение проводов. Так обычно и поступают, руководствуясь нормами, где указаны предельные нагрузки для проводов каждого сечения.

Температуры различных частей одной и той же цепи

На **рис. 5.1** изображена электрическая цепь, во всех частях которой, т. е. и через провода и через лампу, проходит один и тот же ток. Однако нить лампы раскалена до 2500 °С , а провода холодные. Почему? Потому что, **во-первых**, сопротивление нити велико (1936 Ом), а проводов мало (2,5 Ом), значит в нити выделяется в 1936 : 2,5 = 775 раз

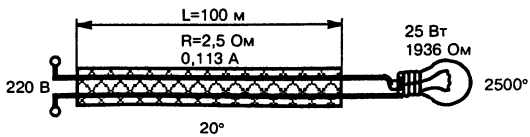


Рис. 5.1. Схема цепи питания лампы

больше теплоты. **Во-вторых**, масса нити мала и сосредоточена в небольшом пространстве, масса проводов значительно больше и провода растянуты на 100 м. Значит нить охлаждается плохо, а провода хорошо. Одним словом, в одной и той же цепи могут быть участки, имеющие различные температуры.

Классификация приборов по способу защиты от поражения током

Теперь расшифрую смысл указанного на электроприборе **класса его защиты**. ГОСТ Р МЭК 536-94 определяет классы оборудования. Разделение на классы защиты отражает не уровень безопасности оборудования, а лишь указывает на то, каким способом осуществляется защита от поражения электрическим током.

Электроприборы класса 0 — это оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т. п.).

Электроприборы класса I — это оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки. В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты. У оборудования, предназначенного для использования с гибким кабелем, к этим средствам относится защитный проводник, являющийся частью гибкого кабеля.

Электроприборы класса II — это оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции. В приборах класса II отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

В некоторых специальных случаях (например, для входных клемм электронного оборудования) в оборудовании класса II может быть предусмотрено защитное сопротивление, если оно необходимо и его применение не приводит к снижению уровня безопасности. Оборудование класса II может быть снабжено средствами для обеспечения постоян-

ного контроля целостности защитных цепей при условии, что эти средства составляют неотъемлемую часть оборудования и изолированы от доступных поверхностей в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оборудованию класса II.

В некоторых случаях необходимо различать оборудование класса II «полностью изолированное» и оборудование «с металлической оболочкой». Оборудование класса II с металлической оболочкой может быть снабжено средствами для соединения оболочки с проводником уравнивания потенциала, только если это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование. Оборудование класса II в функциональных целях допускается снабжать устройством заземления, отличающимся от устройства заземления, применяемого в защитных целях, при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Электроприборы класса III — это оборудование, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения и в котором не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения. В оборудовании класса III не должно быть заземляющего зажима.

Оборудование класса III с металлической оболочкой допускается снабжать средствами для соединения оболочки с проводником уравнивания потенциала при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование. Оборудование класса III допускается снабжать устройством заземления в функциональных целях, отличающимся от устройства заземления, применяемого в защитных целях, при условии, что это требование предусмотрено стандартом на соответствующее оборудование.

Необходимые термины

Рассмотрим некоторые термины, которые могут понадобиться при рассмотрении материала этой главы, а также назначение применяемых устройств.

Автоматические выключатели предназначены для бытового и промышленного применения для защиты однофазных и трехфазных цепей с номинальным током защиты от 0,5 А до 125 А.

Кнопки и посты кнопочные предназначены для дистанционного управления реверсивными и нереверсивными электромагнитными пускателями и контакторами электрических талей с односкоростными и двухскоростными электродвигателями в электрических цепях управ-

ления напряжением до 220 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

Контакторы предназначены для частых (до нескольких тысяч в час) дистанционных коммутаций электрической цепи при нормальном режиме работы. Маркировка контакторов переменного тока буквенно-цифровая. Первые две буквы КТ обозначают контактор переменного тока, третья буква П — включающая катушка питается постоянным током. Первые две цифры обозначают серию контактора. Третья цифра от 1 до 6 шифрует величину контактора, которая обуславливает его номинальный ток.

Концевые и пакетные выключатели предназначены для установки в электрических цепях управления, в автоматических линиях, станках-автоматах напряжением до 220 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления (пуска, останова и реверса) и защиты от перегрузок асинхронных двигателей. Пускатель состоит из контактора и теплового реле. В маркировке пускателя используются буквенные сочетания, обозначающие серию пускателей. Первая цифра от 0 до 6 обозначает величину пускателя и шифрует его номинальный ток. Сочетание остальных цифр указывает на степень защиты от воздействия внешней среды, наличие режима реверса, теплового реле, кнопок управления и др.

Предохранители плавкие предназначены для защиты электрооборудования промышленных установок и электрических сетей от перегрузок и коротких замыканий. Номинальное напряжение — 380 В переменного тока частоты 50, 60 Гц и 220 В постоянного тока.

Рубильники предназначены для включения, пропускания и отключения переменного тока номинальным напряжением до 660 В, номинальной частоты 50 и 60 Гц и постоянного тока номинальным напряжением до 440 В в устройствах распределения электрической энергии.

Устройства защитного отключения (УЗО) предназначены для защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования или при непреднамеренном контакте с открытыми токопроводящими частями электроустановок, а также для предотвращения возгораний и пожаров, возникающих вследствие протекания токов утечки и замыканий на землю.

Современные требования безопасности распределения электроэнергии предполагают защиту от утечки тока. При выборе УЗО важно оценить вид утечки тока, возможную величину тока утечки, а также

номинальное значение тока нагрузки (до 80 А). УЗО выпускаются в двухполюсном и четырехполюсном исполнении для переменного-пульсирующего и переменного тока утечки. Ток утечки 30 мА рекомендуется для защиты от поражения человека электрическим током, ток утечки 100 мА, 300 мА, 500 мА — для отключения при механическом повреждении кабеля электропередачи.

Щиты этажные предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии переменного тока напряжением 220 В частоты 50 Гц систем с глухозаземленной нейтралью, для защиты линий от перегрузок, токов короткого замыкания и токов утечки, а также для размещения устройств радиотрансляционной, телефонной и телевизионной сетей. Они предназначены для установки в нишах лестничной клетки, и в зависимости от исполнения позволяют подключать 2, 3 или 4 квартиры жилого дома.

Щиты квартирные предназначены для распределения и учета электрической энергии, также для защиты исходящих линий при перегрузках, коротких замыканиях и недопустимых токах утечки на землю в однофазных и трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью.

5.2. Плавкие предохранители

5.2.1. Назначение и принцип действия

Определение и назначение

Определение.
Плавкий предохранитель — *это коммутационный электрический элемент, предназначенный для отключения защищаемой цепи путем расплавления защитного элемента.*

Изготовляют плавкие элементы из свинца, сплавов свинца с оловом, цинка, меди. Предназначены для защиты электрооборудования и сетей от токов короткого замыкания и недопустимых длительных перегрузок.

Режимы работы предохранителя

Работа предохранителя протекает в двух резко различающихся режимах: в нормальных условиях; в условиях перегрузок и коротких замыканий.

Первый этап — работа в штатном режиме сети. В нормальных условиях нагрев плавкого элемента имеет характер установившегося про-

цесса, при котором все выделяемое в нем количество теплоты отдается в окружающую среду. При этом, кроме элемента, нагреваются до установившейся температуры и все другие детали предохранителя. Эта температура не должна превышать допустимых значений.

Силу тока, на которую рассчитан плавкий элемент для длительной работы, называют номинальной силой тока плавкого элемента ($I_{ном}$). Она может быть отлична от номинальной силы тока самого предохранителя. Обычно в один и тот же предохранитель можно вставлять плавкие элементы на различные номинальные значения силы тока.

Номинальная сила тока предохранителя, указанная на нем, равна наибольшему значению тока плавкого элемента, предназначенного для данной конструкции предохранителя. При номинальной силе тока избыточное количество теплоты вследствие теплопроводности материала элемента успевает распространиться к более широким частям, и весь элемент практически нагревается до одной температуры.

Второй этап — возрастание силы тока в сети. Чтобы значительно сократить время плавления вставки при возрастании силы тока, элемент выполняют в виде пластинки с вырезами, уменьшающими ее сечение на отдельных участках. На этих суженных участках выделяется большее количество теплоты, чем на широких.

При коротком замыкании нагревание суженных участков происходит настолько интенсивно, что отводом количества теплоты практически можно пренебречь. Плавкий элемент расплавляется («перегорает») одновременно во всех или в нескольких суженных местах, причем сила тока в цепи при коротком замыкании не успевает достичь установившегося значения.

В момент расплавления элемента в месте разрыва цепи возникает электрическая дуга. Гашение дуги в современных предохранителях происходит в ограниченном объеме патрона предохранителя. При этом плавкие предохранители делают такими, чтобы жидкий металл не мог повредить окружающие предметы.

Общее устройство и конструкция

В общем случае современный предохранитель состоит из двух основных частей: фарфорового основания с металлической резьбой; сменной плавкой вставки (**рис. 5.2**).

Плавкая вставка такого предохранителя рассчитана на номинальные токи 10, 16, 20 А. По своей конструкции предохранители могут быть

резьбового типа (пробочные) или трубчатые. На **рис. 5.3** представлен предохранитель ППТ-10 с плавкой вставкой ВТФ (вставка трубчатая фарфоровая) на 6 или 10 А для установок до 250 В. Основание пластмассовое, крепится к несущей конструкции винтом. Внутри трубки (ВТФ) находится сухой кварцевый песок. Трубка устанавливается в отверстие крышки предохранителя. К основным параметрам предохранителей относятся: номинальный ток; номинальное напряжение; предельно отключаемый ток.

Рис. 5.2. *Общий вид предохранителя со сменной вставкой*

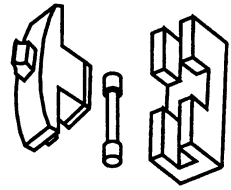


Рис. 5.3. *Конструкция плавкого предохранителя*

Принцип действия

Плавкая вставка при протекании по ней тока нагревается. Во время протекания через нее большого тока за счет перегрузки или короткого замыкания она перегорает. Время перегорания предохранителей зависит от силы тока, проходящего через нить. Так, при коротком замыкании, предохранители перегорают достаточно быстро, и в этом наиболее опасном случае служат простой, дешевой и надежной защитой. Чтобы при перегорании плавкой вставки в предохранителе не проявилось опасное явление электрической дуги, вставка помещается в фарфоровую трубку.

Пример.

*Введем в цепь на **рис. 5.4** предохраняющий участок длиной 30 мм из медной проволочки диаметром 0,2 мм. Площадь ее поперечного сечения:*

$$S = p \times r^2 = p/4 \cdot d^2 = 3{,}14 \times 0{,}2^2 : 4 = 0{,}0031\ (мм^2).$$

Сопротивление предохраняющего участка составляет 0,029 Ом. Затем мысленно выделим участок такой же длины, сопротивление рабочего алюминиевого провода сечением 2,5 мм² такой же длины равно 0,00063 Ом. Так как при равных условиях количество теплоты пропорционально

Рис. 5.4. *Принцип действия плавкого предохранителя при КЗ*

сопротивлению, в проволочке предохранителя выделится в 0,029 : 0,00063 = 46 раз больше теплоты.

Выводы.
При длительно допустимом для данного провода токе, он нагревается умеренно, а температура проволочки значительно выше, но она при этом не перегорает. При коротком замыкании проволочка настолько быстро нагревается, что перегорает. За это время рабочий провод не успевает нагреться до температуры, опасной для его изоляции.

Важнейшая характеристика предохранителя — зависимость времени перегорания плавкого элемента от силы тока — времятоковая характеристика представлена на **рис. 5.5**.

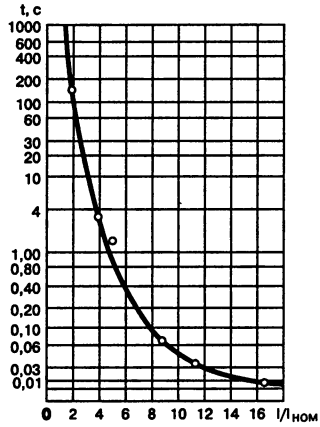


Рис. 5.5. *Времятоковая характеристика предохранителей серии ПН-2*

Достоинства плавких предохранителей

1. Время перегорания предохранителей зависит от силы тока, проходящего через нить. Так, при коротком замыкании, когда ток очень велик, предохранители перегорают достаточно быстро, и в этом наиболее опасном случае служат простой, дешевой и надежной защитой.
2. В большинстве плавких предохранителей предусмотрена возможность безопасной замены плавкой вставки под напряжением.

Недостатки плавких предохранителей

1. Если ток в цепи незначительно превышает допустимый, плавкие предохранители плохо выполняют защитную роль.

Примеры.
При перегрузках до 30% срок службы проводки заметно сокращается, а предохранители не перегорают. При больших величинах перегрузок (до 50—70%) время перегорания предохранителей составляет от минуты до десятков минут. За это время изоляция перегруженных проводов успевает сильно перегреться.

2. Другим недостатком предохранителей является их повреждаемость. После перегорания пробку нужно заменять новой (перезаряжать). Для простоты восстановления в конструкции плавких предохранителей применяются сменные калиброванные плавкие вставки.

5.2.2. Разновидности и устройство предохранителей

Процесс совершенствования конструкции и потребительских свойств плавких предохранителей происходит непрерывно. В ходе совершенствования появились в их конструкции защитные элементы от применения плавкой вставки большего номинала, увеличилось количество номиналов плавких вставок, предохранители стали удобнее в эксплуатации.

Предохранитель с задним присоединением проводов

Применялся в старых домах. Монтировался на щитке из изоляционного материала. Вводные шпильки (**рис. 5.6**) проходили через отверстия в щитке, он отстоял достаточно далеко от стены. В настоящее время не устанавливаются.

Рис. 5.6. *Предохранитель с задним присоединением*

Предохранитель в виде гриба

Применялся в старых домах на лестничных клетках (**рис. 5.7**). Через пробку, внутри которой проходит калиброванная проволока (она и явля-

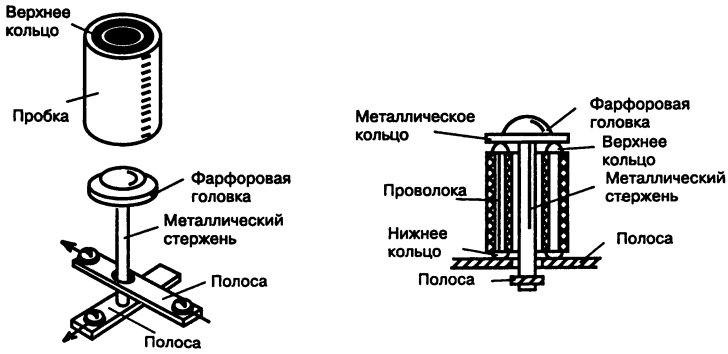


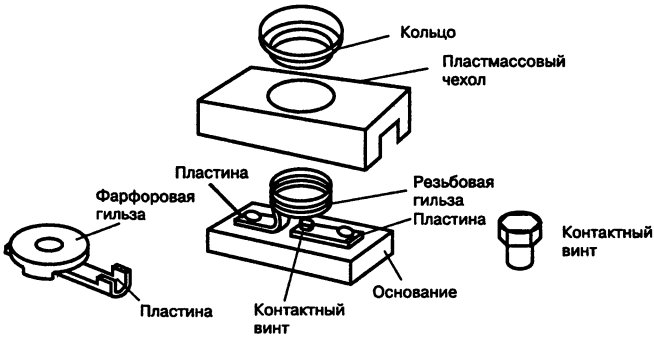
Рис. 5.7. *Предохранители в виде гриба*

ется плавкой вставкой), соединяется металлическая полоса, включенная в провод стояка, с металлической полосой, от которой сделано ответвление в квартиру. Достигается это следующим образом. В полосе имеется широкое отверстие, в центре которого проходит сравнительно тонкий металлический стержень, соединенный с полосой. На стержень надевается пробка, затем навинчивается фарфоровая головка гриба, в которой снизу есть металлическое кольцо. При этом получается соединение: верхняя полоса — нижнее кольцо — проволока — верхнее кольцо — головка — стержень — нижняя полоса.

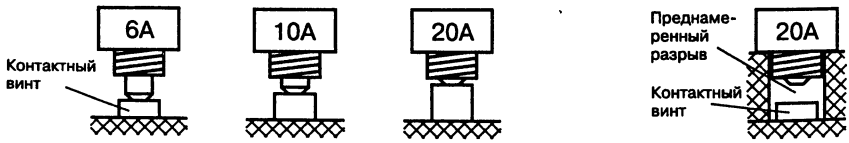
Предохранитель с контактными винтами

Предохранитель однополюсный резьбовой Е27 (рис. 5.8) предназначен для переднего присоединения проводов к пластинам, которые укреплены на фарфоровом основании. Одна пластина соединена с резьбовой гильзой, в другую пластину ввинчен контактный винт. Пластмассовый чехол укрепляется на предохранителе при ввинчивании кольца.

Особенностью этих предохранителей является применение контактного винта, задачей которого является не допустить ввинчивания по ошибке в него пробки, рассчитанной на больший ток. Если контактного винта нет, то пробка не достанет до пластины, и цепь будет разорвана.



Устройство предохранителей с контактными винтами



Принцип действия контактного винта

Рис. 5.8. *Предохранители с контактными винтами*

Это нужно знать, так как по неведению можно купить пробки и контактные винты не соответствующие друг другу.

Внимание!
Каждому сечению проводов должны соответствовать вполне определенные предохранители, иначе они не обеспечат электрической защиты.

И контактные винты исключают применение пробок на ток больший, чем допустимо. Чем больше ток, тем пробка короче, а контактный винт длиннее. Таким образом конструктор предупредил возможную ошибку. Отмечу, что на сегодняшний момент предохранители с контактными винтами — конструкция устаревшая.

Предохранители с контрольными гильзами

В этих предохранителях роль элемента, который исключает ввинчивание пробки, рассчитанной на больший ток, выполняет контрольная фарфоровая гильза с отверстием в центре.

В предохранителях на 6,3 А диаметр отверстия таков, что в него входит плавкая вставка диаметром 6 мм, но вставки больших диаметров не входят. В предохранителях на 10 А в отверстие входят вставки диаметром 8 мм, в предохранителях на 16 А — 10 мм, на 20 А — 12 мм. Все вставки имеют одну и ту же длину. Сказанное иллюстрирует **рис. 5.9**.

Предохранители с контрольными гильзами комплектуются **разборными пробками** со сменными плавкими вставками заводского изготовления.

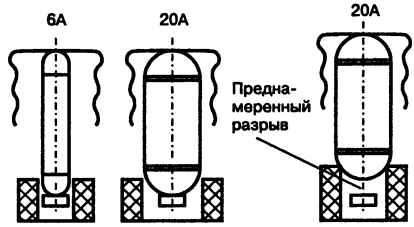


Рис. 5.9. *Предохранители с контрольными гильзами*

Разновидности ввинчиваемых пробок

Неразборная пробка. Общий вид неразборной пробки и схема ее устройства представлены на **рис. 5.10**. Детали соединены калиброванной проволокой. Если пробка перегорает, то ее нужно выбрасывать, т. к. правильно перезарядить пробку в домашних условиях невозможно.

Внимание!
Нельзя восстанавливать предохранители проволокой или гвоздями («жучком»), то есть вставлять вместо сгоревшей проволочки другую, более мощную. С установкой «жучка» появляется опасность короткого замыкания и возгорания, потому что «жучок» не будет предохранять вашу сеть от перегрузок.

Рис. 5.10. *Внешний вид неразборной пробки*

В настоящее время предохранители с неразборными пробками заменены **предохранителями с разборными пробками**, со сменными плавкими вставками заводского изготовления.

Пробки со сменными плавкими вставками. На **рис. 5.11** слева показаны, пробки первого исполнения на 6,3 и 10 А, а справа — второго исполнения на 6,3; 10; 16 и 20 А. В головку предохранителя свободно вставляется вставка — фарфоровая или стеклянная трубка, которая заканчивается металлическими деталями. Внутри трубки они соединены калиброванной проволокой. Головка со вставленной вставкой ввинчивается в предохранитель (**рис. 5.12**).

В настоящее время существуют более совершенные способы защиты электрических цепей, чем плавкие предохранители, осуществляемые с помощью **автоматических выключателей**. Именно поэтому, даже в тех случаях, когда в доме на электрических щитках смонтированы патроны для установки плавких предохранителей, в них часто вместо пробок с плавкими вставками ввинчивают предохранители (П) автоматические (А) резьбовые (Р) типа ПАР-6,3 (ПАР-10) на номинальные токи 6,3 и 10 А, соответственно.

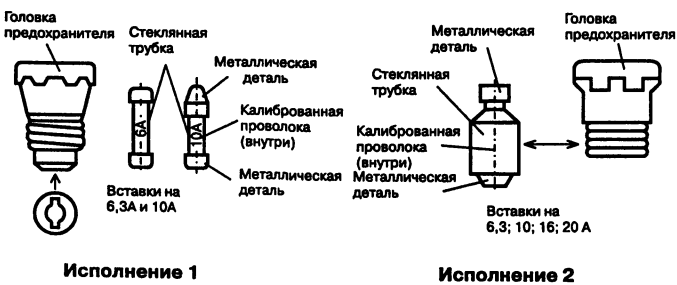


Рис. 5.11. *Пробки со сменными плавкими вставками*

Рис. 5.12. *Схема включения*

Резьбовые предохранители ПРС (фарфоровые, пробочные) изготовляют на напряжение до 440 В и силу тока 6, 25, 63 и 100 А. В предохранители могут быть установлены элементы на 1, 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 40, 63, 80 и 100 А (**рис. 5.13**).

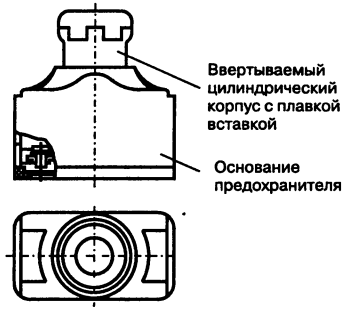


Рис. 5.13. *Предохранитель серии ПРС*

Трубчатые предохранители с закрытыми разборными патронами ПР-2 для небытового применения выпускаются промышленностью на номинальное напряжение 220 В (короткий патрон) и 500 В (длинный патрон) и номинальную силу тока 15, 60, 100, 200, от 350 до 1000 А, а плавкие элементы к ним — на номинальную силу тока 6, 10, 15, 20, 25, 35, 45, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300 А и более.

Данные плавких предохранителей массового применения показаны в **табл. 5.2**. Данные предохранители имеют заполнение корпуса в виде кварцевого песка, у предохранителей НПН стеклянный корпус круглого сечения, а у ПН2 — фарфоровый корпус прямоугольного сечения.

Данные плавких предохранителей массового применения *Таблица 5.2*

Тип предохранителя	Номинальный ток, А		Набольший отключаемый ток при напряжении до 500 В, А
	предохранителя	плавких вставок	
НПН15	15	6, 10, 15	10 000
ПНП60М	60	20, 25, 35, 45, 60	60 000
ПН1-100	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	50 000
ПН1-250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	40 000
ПН1-400	400	200, 250, 300, 350, 400	25 000
ПН1-600	600	300, 400, 500, 600	25 000
ПН1-1000	1000	500, 600, 50, 800, 1000	10 000

5.2.3. Расчеты при выборе предохранителей

Прикидочный расчет номинала необходимой плавкой вставки

Исходя из суммарной мощности потребителей в вашей квартире необходимо определить рабочий ток, по которому производится выбор плавкой вставки предохранителя.

Правила

1. *При однофазной нагрузке на 1 кВт мощности приходится ток, равный 5 А.*
2. *При трехфазной нагрузке на 1 кВт мощности приходится ток, равный 3 А.*

Зная нагрузку, определяют номинальный ток плавкой вставки или автоматического выключателя.

Пример 1.

Необходимо выбрать защиту для электропроводки в доме.

1. *Определяем суммарную нагрузку в доме сложением, получаем 2,2 кВт.*
2. *Из правила 1 получаем: 2,2 × 5 = 11 (А).*
3. *Номинальный ток плавкой вставки предохранителя должен быть больше рабочего тока. Выбираем плавкую вставку на 16 А.*

Таким образом, токи плавких вставок для проводов осветительной сети выбирают по номинальному току: $I_{пл.вст}$ должен быть больше $I_{ном}$.

Пример 2.

Необходимо выбрать защиту для трехфазного электродвигателя мощностью 3 кВт.

1. *Из правила 2 получаем: 3 × 3 = 9 (А).*
2. *Выбираем пробку на 10 А.*

Выбор плавких вставок для защиты асинхронных электродвигателей

При выборе плавких вставок для защиты асинхронных электродвигателей необходимо учитывать, что пусковой ток двигателя в 5—7 раз больше номинального. Поэтому выбирать плавкую вставку по номинальному току нельзя, так как она при пуске электродвигателя перегорит.

Для асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при небольшой частоте включения и легких условиях пуска ($t_{пуск}$ = 5—10 с) номинальный ток плавкой вставки должен быть не менее 0,4 пускового тока электродвигателя.

При тяжелых условиях работы (частые пуски, продолжительность разбега до 40 с) соотношение рекомендуется увеличить с 0,4 до 0,6.

5.3. Автоматические выключатели

Назначение

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для защиты электрических цепей от короткого замыкания, изменения напряжения, перегрузок и других нарушениях режима работы цепи, а также для ручного отключения и включения линий и потребителей энергии. Автоматические выключатели относятся к защитным устройствам многократного действия.

Включают цепь автоматитеским выключателем вручную, а **отключать ее** могут как вручную, так и автоматически, в результате срабатывания вмонтированного в корпус **расцепителя**. Последний представляет собой блок, встроенный в корпус выключателя и предназначенный для отключения выключателя под действием тока, превышающего ток настройки.

Во всех автоматах **расцепляющее устройство** конструируют так, что исключается возможность удерживания контактов выключателя во включенном положении (кнопкой, рукояткой или дистанционным приводом) при отклонении от режима работы в защищаемой цепи. **Быстрота отключения** не зависит от оператора, а определяется исключительно конструкцией расцепителя.

Преимущества автоматов перед плавкими предохранителями

Во-первых, срабатывают надежнее, чем плавкие предохранители.

Во-вторых, при защите трехфазного устройства устраняется возможность его работы в неполнофазном режиме, так как при перегрузках и коротких замыканиях отключаются сразу же все три фазы.

В-третьих, значительно снижаются простои электрооборудования из-за того, что на включение сработавшего автомата требуется меньше времени, чем на замену перегоревшего предохранителя.

Основные требования к автоматическим выключателям

Во всех автоматах главная контактная система должна:

- обеспечивать, не перегреваясь и не окисляясь, продолжительный режим работы при номинальной силе тока;
- не повреждаясь, отключать цепь при токах короткого замыкания.

Виды применяемых расцепителей

Конструкции автоматических выключателей различаются **расцепителями** — встроенными устройствами в виде защитных реле для дистанционного отключения.

Автоматы **с тепловыми расцепителями** предназначены для защиты от перегрузок. В качестве теплового расцепителя служит биметаллическая пластинка. При прохождении по ней тока перегрузки она изгибается и приводит в действие расцепляющий механизм, отключающий автомат. Тепловые расцепители отключают цепь в зависимости от длительности и силы тока, превышающего уставку теплового расцепителя.

Совет.
Силу тока уставки теплового расцепителя выбирают равной 125—150% от значения длительной силы тока максимально допустимой нагрузки.

Автоматы **с электромагнитным расцепителем** служат для защиты от коротких замыканий. Автомат с электромагнитным расцепителем в каждой фазе имеет электромагнитное реле максимального тока, состоящее из катушки, сердечника и пружины. Ток короткого замыкания, проходя по катушке, содействует втягиванию внутрь ее сердечника, который сжимает пружину и приводит в действие расцепляющее устройство. Такое отключение называют отсечкой. Электромагнитные расцепители срабатывают практически мгновенно (за 0,02 с).

Совет.
Силу тока уставки электромагнитного расцепителя выбирают на 20—30% выше наибольшей силы тока кратковременной перегрузки, возможной, например, при пуске электрических двигателей.

Автоматы **с комбинированным расцепителем** имеют как тепловой, так и электромагнитный расцепители. При наличии комбинированного расцепителя выключатель мгновенно срабатывает при сверхтоках и с выдержкой времени от перегрузок, определяемой тепловым расцепителем.

Расцепитель минимального напряжения срабатывает при снижениях напряжения до 70—30% номинального.

Для выключателя данной величины может быть несколько расцепителей, имеющих свои разные номинальные токи, которые могут регули-

роваться. Установка на ток мгновенного срабатывания, или ток отсечки, означает, что при данном токе срабатывает электромагнитный расцепитель данного выключателя.

Предельная коммутационная способность означает предельный ток, который может отключить выключатель.

Кроме того, автоматические выключатели разных серий и типов различают по следующим признакам:

- вид тока (переменный, постоянный);
- напряжение и номинальная сила тока автомата;
- количество полюсов (1, 2 и 3);
- номинальная сила тока расцепителей.

Сокращенные обозначения расцепителей

Т — только тепловой.

М — только электромагнитный.

МТ — комбинированный, т. е. тепловой и электромагнитный вместе.

Основные типы применяемых автоматических выключателей

Автоматические выключатели можно разделить на две группы:

- Автоматы без регулировки силы тока уставки тепловых расцепителей. К нерегулируемым автоматам относятся выключатели серий А3100, АЕ1000, АЕ2000, АК63, АБ25.
- Автоматы с регулировкой силы тока уставки расцепителей. К ним относятся выключатели серий АП50, А3700, АВ, АВМ. Конструкции некоторых серий этих автоматов весьма сложны. Есть, например, автоматы с часовым механизмом, с электродвигательным приводом для включения, с гидравлическим замедлителем отключения расцепителя.

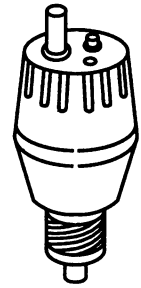


Рис. 5.14. *Общий вид автоматического резьбового предохранителя типа ПАР-6,3*

Выбор типа автоматического выключателя

При выборе автомата исходят из того, что его номинальное напряжение должно быть выше или равно номинальному напряжению сети. Определяют также с помощью расчетов **максимальную силу тока короткого замыкания** в зоне защиты и предельно допустимую силу тока автоматического выключателя выбирают больше этой величины.

Номинальная сила тока расцепителя, кроме того, должна быть несколько больше значения силы тока длительной максимальной нагрузки, иначе автомат будет отключать цепь не только при отклонении силы тока от своего заданного значения, но и при нормальном режиме работы.

Кроме всего этого, необходимо обеспечить **избирательность (селективность) действия автомата**: он должен отключать защищаемый объект раньше, чем другие аппараты защиты, расположенные ближе к источнику питания, отключат всю группу потребителей.

В домах в зависимости от используемой сети применяются либо трехполюсные, либо однополюсные автоматические выключатели. **Трехполюсные** служат для защиты электроприемников трехфазного тока, например, двигателей насосов водоснабжения, теплоснабжения и лифтов. Каждый полюс трехполюсного автоматического выключателя вводится в фазный провод сети. При срабатывании автоматического выключателя одновременно отключаются все три фазы. **Однополюсные** автоматические выключатели вводятся в фазные провода осветительных сетей.

Расчет характеристик автоматического выключателя

Во-первых, определим токи уставки теплового и электромагнитного расцепителей. Напомню, что тепловой расцепитель автомата защищает электроустановку от длительной перегрузки по току. Ток уставки теплового расцепителя принимается на 15—20% больше рабочего тока:

$$I_{T.P.} = (1{,}15—1{,}2) \cdot I_P,$$

где I_P — рабочий ток электроустановки, А.

Электромагнитный расцепитель автомата защищает электроустановку от коротких замыканий. Ток уставки электромагнитного расцепителя определяется из следующих соображений: автомат не должен срабатывать от пусковых токов двигателя электроустановки $I_{пуск.дв}$, срабатывания электромагнитного расцепителя $I_{эмр}$ выбирается кратным току срабатывания теплового расцепителя:

$$I_{эмр} = K \cdot I_{TP},$$

где K = 4,5—10 — коэффициент кратности тока срабатывания электромагнитного расцепителя.

Во-вторых, выбранный автоматический выключатель проверяется по отключающей способности.

Автоматы с номинальным током до 100 А должны срабатывать при условии:

$$I_{эмр} = K \cdot I_{о к з},$$

где $I_{о.к.з.}$ — ток однофазного короткого замыкания.

Автоматы с номинальным током более 100 А должны срабатывать при:

$$I_{эмр} = 1{,}26 \cdot I_{о к з}.$$

В-третьих, выбранный автоматический выключатель проверяется по чувствительности.

Чувствительность автомата, имеющего только тепловой расцепитель, определяется соотношением:

$$I_{т.р} = 3 \cdot I_{о к з}.$$

Отключающая способность автомата с электромагнитным расцепителем определяется величиной тока трехфазного короткого замыкания:

$$I_{эмр\,откл} i\ 1{,}26 \cdot I_{т.к з}.$$

Области применения автоматов различных типов

В осветительных сетях наиболее часто применяются:

- резьбовые автоматические выключатели типа ПАР на 6,3 А; 10 А и 16 А 250 В (**рис. 5.14**);
- автоматические выключатели АЕ10 на 16 А; 25 А 250 В (**рис. 5.15**).

Автоматы, предназначенные для защиты квартирных групповых сетей от перегрузок и коротких замыканий, имеют наиболее простое устройство.

Для защиты трехфазных электрических сетей применяют **трехфазные автоматические выключатели серий АЕ20, АП50Б** и др. с номинальными токами на 6,3; 10; 16; 25 и 40 А.

Выключатель АК63 разработан с целью замены выключателя АП50, имеющего малую коммутационную способность. Выключатель имеет расцепители максимального тока на 0,63—63 А, 500 В переменного и 220 В постоянного напряжения, его коммутационная способность в 2,5 раза больше, чем у выключателя АП50. В отличие от выключателей АП50

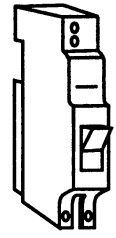


Рис. 5.15. *Автоматический выключатель типа АЕ10*

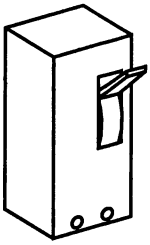


Рис. 5.16. Однофазный автоматический выключатель типа АЕ1000

выключатели АК63 имеют открытые выводы, для закрывания которых могут поставляться крышки. Открытые выводы, не соприкасающиеся с корпусом выключателя, имеют лучший теплоотвод, а при нагреве выводов не происходит выгорания корпуса выключателя.

Для защиты участков сетей жилых и общественных зданий предназначены **выключатели серии АЕ1000 (рис. 5.16)**. Они являются однополюсными с расцепителями тепловыми, электромагнитными или комбинированными на токи 6; 10 и 16 А.

Для защиты участков с большим током (например, от перегрузок и токов короткого замыкания асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором) применяются **автоматические выключатели АЕ2000**. Они разрабатывались с целью замены всех других выключателей на ток до 100 А. Они имеют величины на 25, 63 и 100 А с расцепителями максимального тока на 0,6 А и выше, тепловыми и комбинированными расцепителями. Их применяют во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Для защиты электрических установок от перегрузок и коротких замыканий (особенно изолированных проводов и кабелей от недопустимого нагревания в этих режимах), а также для нечастых коммутаций силовых электрических цепей служат **автоматы серии А3100 (рис. 5.17)**.

Области применения других типов автоматов указаны в специализированных справочниках.

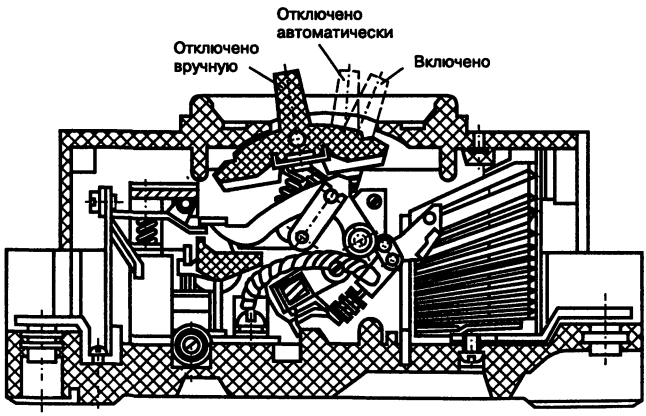


Рис. 5.17. Установочный автомат серии А3100

Принцип действия автоматического выключателя серии ПАР

Теперь рассмотрим детально принцип действия основных типов автоматических выключателей. На корпусе выключателя написаны номинальные данные:

- предельное напряжение сети, в которой может применяться ПАР, например, 250 В;
- номинальный ток, например, 6,3 или 10 А.

Когда автоматический выключатель включен, кнопка для его включения утоплена. На кинематических схемах детали показаны простейшим образом: оси обозначены точками (кружками), детали, изготовленные из изоляционных материалов, заштрихованы крест-накрест.

Первый этап — работа в штатном режиме сети. ПАР включен (**рис. 5.18**). Ток проходит от центрального контакта через неподвижные контакты, соединенные контактным мостиком, биметаллическую пластину (или через проволоку, навитую на нее, в зависимости от конструкции), гибкий проводник и обмотку электромагнита к гильзе. Под действием тока нагрузки биметаллическая пластина нагревается и несколько изгибается, а в электромагните возникают механические усилия, которые тянут сердечник вниз, внутрь электромагнита. Однако, пока сила протекающего тока не превосходит допустимой, ни изгибание биметалла, ни усилия электромагнита не могут изменить положения деталей автоматического выключателя, и он остается включенным.

Второй этап — работа при значительной перегрузке сети. При возникновении долго продолжающейся значительной перегрузки:

- биметаллическая пластина успевает сильно изогнуться. Изгиб происходит тем быстрее, чем перегрузка больше;
- штифт, связанный с пластиной, перемещается влево и переходит в положение, изображенное на **рис. 5.19**;
- рычаг соскакивает со штифта;
- пружина выталкивает вверх цилиндрическую деталь;
- рычаг поворачивается вокруг оси О и благодаря этому ПАР отключается.

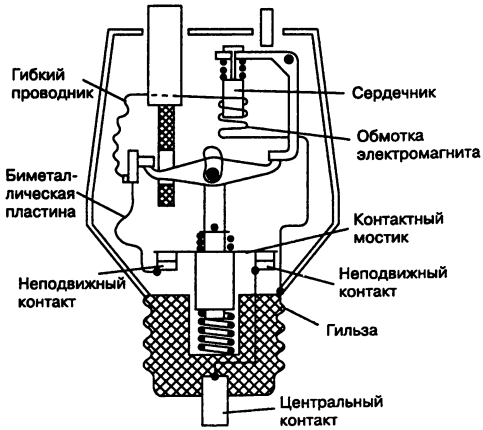


Рис. 5.18. *Работа ПАР в штатном режиме*

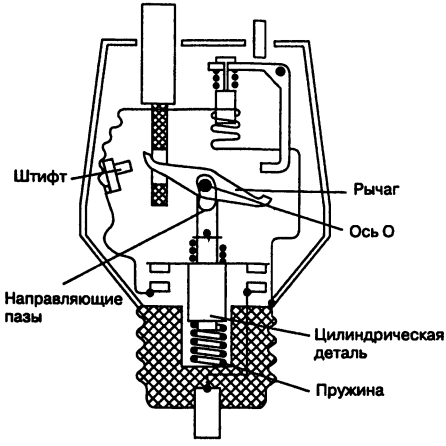


Рис. 5.19. *Работа ПАР при значительной нагрузке*

Ось при этом перемещается вверх по направляющим пазам.

Третий этап — восстановление температурного режима автомата. Через несколько минут биметаллическая пластинка остывает, после чего автоматический выключатель может быть вновь включен. Если к этому времени причина перегрузки уже устранена, то автоматический выключатель может быть включен и работать в штатном режиме. Если перегрузка не устранена, он через некоторое время опять отключится.

Четвертый этап — ручное включение после восстановления. Автоматический выключатель включается кнопкой. При этом рычаг повернется вокруг оси О и займет положение, показанное на **рис. 5.18**. Контакты замкнутся, и механизм во включенном положении будет зафиксирован благодаря тому, что левый конец рычага будет удерживаться штифтом, а правый — защелкой.

Пятый этап — работа при коротком замыкании в сети. Если ток в сети резко и значительно возрастает:

- сердечник мгновенно втягивается вниз (**рис. 5.20**);
- защелка поворачивается вокруг оси O_1 и освобождает рычаг;
- в результате этого автоматический выключатель отключается.

Описанное выше мгновенное отключение называется отсечкой. При последующем включении ПАР, если повреждение в сети не устранено (например, касаются друг друга оголенные провода), ПАР немедленно отключается, независимо от того, сколько вре-

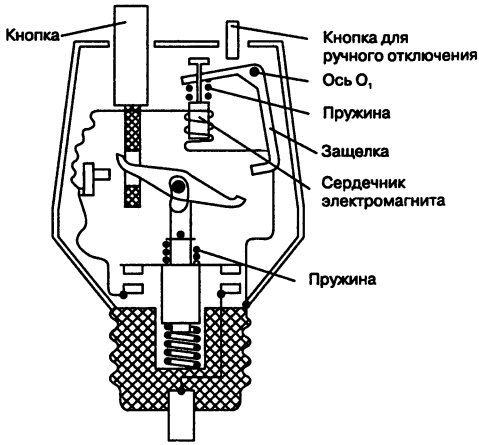


Рис. 5.20. *Работа ПАР при коротком замыкании в защищаемой сети*

мени нажата кнопка включения, и повторно включиться не сможет. Это обязательное требование к автоматическим выключателям (при нажатии кнопки включаться в случае поврежденной сети только 1 раз) обеспечивается так называемым свободным расцеплением. Чтобы повторно включить автомат, надо произвести сознательное действие, в нашем примере отпустить кнопку, а потом еще раз ее нажать.

Шестой этап — отключение вручную. Производится нажатием кнопки для ручного отключения:

- кнопка надавливает на защелку;
- процесс отключения происходит так же, как при автоматическом отключении.

Пружина определяет необходимое положение защелки и сердечника электромагнита. Пружина создает контактное нажатие.

5.4. Современные устройства защиты от превышения и «скачков» напряжения

5.4.1. Автоматические выключатели серии ASP

При аварийных ситуациях в электросети жилых домов, квартир, учреждений вместо 220 В может быть подано напряжение до 380—400 В. При таком высоком напряжении горит вся электротехника и резко увеличивается вероятность пожара жилья.

Внимание!

Явление перенапряжения в основном связано с обрывом общих питающих нулевых проводников, когда питающее напряжение делится между потребителями неравномерно. Обрыв нулевых проводников может произойти:

- *при перегрузке электрической сети (с каждым годом энергоемкость жилья неуклонно возрастает);*
- *при неблагоприятных погодных условиях, там, где питание подведено воздушной линией (ветер, упавшее дерево — основные причины обрыва нулевых проводов);*
- *при коротких замыканиях в электрической сети;*
- *при плохом контакте в местах соединения нулевых проводников;*

- *при краже цветного металла (проводов);*
- *при старой, ветхой электропроводке внутридомовой сети;*
- *из-за ошибок обслуживающего персонала.*

При трехфазной системе питания в основном промышленного оборудования, часто выходят из строя электродвигатели, компрессоры холодильных агрегатов, блоки питания и т. д. из-за пропадания одной из фаз, «перекоса» фаз, неравномерном напряжении между фазами. Существуют как однофазные, так и трехфазные устройства защиты серии ASP.

Устройство монтируется в распределительном, этажном или квартирном щитке, исключающем прямое прикосновение человека к токоведущим частям. Запрещается эксплуатация устройства при повреждениях корпуса и изоляции присоединительных проводников электросети.

Внимание!
Запрещается устанавливать автоматические выключатели ASP в цепи питания трехфазных электродвигателей, а также на объекты, где отключение напряжения может привести к аварии!

Далее приводим описание ряда наиболее широко применяемых моделей автоматических выключателей. Подробно эта информация рассматривается на сайте http://mentorv.narod.ru.

Автоматический выключатель ASP-3H

Предназначен для защиты однофазных нагрузок квартиры, частного дома, офиса от превышения и «скачков» сетевого напряжения, токов короткого замыкания и токов перегрузки. Схема включения представлена на **рис. 5.21**.

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В ..... 200—240
Частота, Гц ..... 50—60
Ток нагрузки, А 10, 16, 25, 32, 40, 50, 63
Напряжение отсечки, U_{max}, В ..... 260 ±5
Уставка (магнитный расцепитель), А ..... 10 I_n
Уставка (тепловой расцепитель), А ..... 1,25 I_n
Время отключения, не более, с 0,1

Максимальное сечение
подключаемых проводов, мм² 25
Диапазон рабочих температур, °С .....–20—+40

Когда напряжение в сети (или потребляемый ток) выходит за пределы допустимых значений, происходит автоматическое отключение от сети потребителей электроэнергии. При однофазной системе питания ASP-3H устанавливается на вводе. При трехфазной системе питания ASP-3H устанавливается на розеточные группы и группы освещения.

Устройство предназначено для крепления на монтажную планку (DIN-рейку) шириной 35 мм. Рукоятка устройства имеет два положения, обозначенных на лицевой панели: ON (включено) и OFF (выключено).

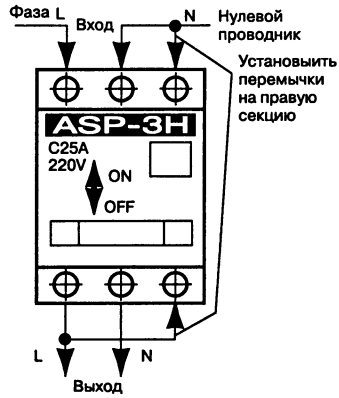


Рис. 5.21. *Схема включения ASP-3H*

При отключении устройства в случае возникновения перенапряжения, тока короткого замыкания, тока перегрузки рукоятка переходит в положение OFF. В этом случае необходимо выявить причину, вызвавшую срабатывание ASP. Если обнаружится, что на вводе квартиры, частного дома, офиса напряжение выходит за пределы допустимых значений (более 242 В), то необходимо сообщить об этом в аварийную службу электросетей.

Для приведения устройства в рабочее состояние после тщательного контроля защищаемой электроустановки и устранения причин, вызвавших срабатывание ASP, рукоятка устройства должна быть взведена в положение ON. Чтобы проверить работоспособность автоматического выключателя, необходимо включить его по схеме подать напряжение 220 В, включить его и нажать кнопку TEST. Отключение устройства означает, что оно исправно.

Внимание!

Если величина питающего напряжения находится выше нормы — включить устройство невозможно. Чтобы отключить защиту по напряжению, надо отсоединить одну из перемычек на правой секции выключателя, предварительно выключив его переводом рукоятки вниз из положения ON в положение OFF.

Автоматическое устройство контроля и защиты при авариях в электросети ASPauto1

Представляет собой микропроцессорное устройство, работающее по безопасному алгоритму. Позволяет контролировать качество подаваемой электроэнергии.

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В	220
Частота, Гц	50—60
Напряжение отключения, U_{max}, В	255 ±3
Напряжение отключения, U_{min}, В	185 ±3
Напряжение включения, U_{max}, В	245 ±3
Напряжение включения, U_{min}, В	195 ±3
Рабочее граничное напряжение, В	40—420
Время отключения, не более, с	0,15
Время задержки на включение, мин	2 ±0,5
Диапазон рабочих температур, °С	–20—+40

Если напряжение в сети выйдет за пределы допустимых значений, произойдет отключение от сети всех нагрузок. Как только напряжение восстановится до нормальных значений, происходит автоматическое включение с выдержкой времени. Все режимы работы индицируются двухцветным светодиодным индикатором. Автоматическое устройство ASPauto1 применяется совместно с магнитным пускателем, катушка которого рассчитана на напряжение 220 В. Устанавливается на вводе электроэнергии.

При эксплуатации ASPauto1 возможны два ***вида световой индикации:*** при первоначальной подаче напряжения на устройство, индикатор горит ***красным цветом***, идет измерение входного напряжения; если уровень напряжения в сети нормальный, то через 3 секунды произойдет включение пускателя и индикатор загорится ***зеленым цветом***. Устройство готово к работе!

При монтаже устройства ASPauto1 нужно соблюдать правильность подключения к электрической сети. При подаче напряжения на вход ASPauto1 (верхние клеммы) — выходные (нижние) клеммы находятся под напряжением.

Внимание!

Запрещается подключать к выходным клеммам ASPauto1 посторонние нагрузки вместо катушек магнитных пускателей! Запрещается устанавливать ASPauto1 на объекты, где отключение напряжения может привести к аварии!

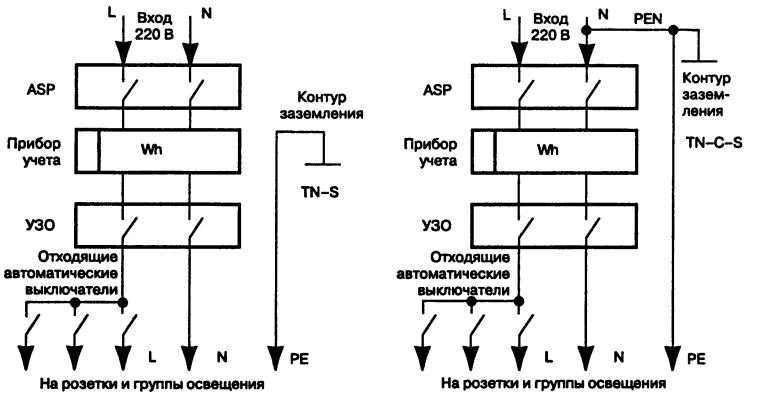
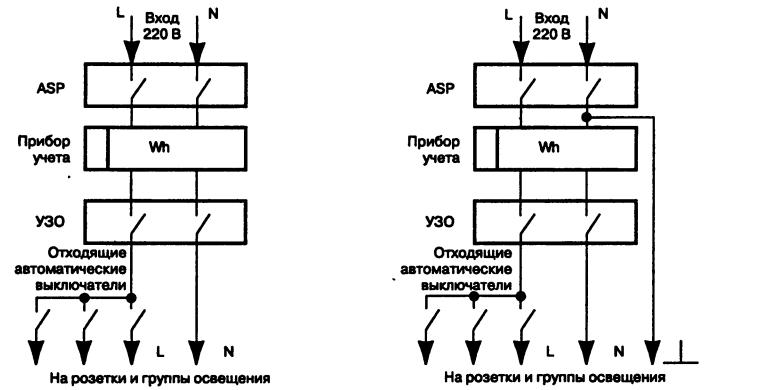


Рис. 5.22. *Рекомендуемые схемы включения при системе заземления TN-S и TN-C-S*



а) При двухпроводном питании

б) При трехпроводном питании с использованием защитного зануления

Рис. 5.23. *Рекомендуемые схемы включения при отсутствии защитного заземления*

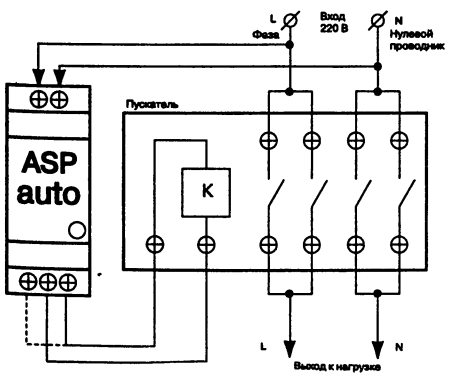


Рис. 5.24. *Схема подключения ASPauto1*

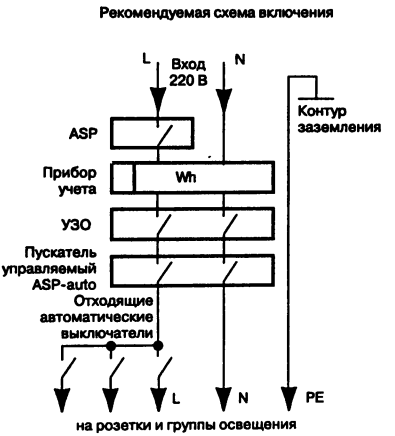


Рис. 5.25. *Рекомендуемая схема включения ASPauto1*

Scanbooks.ru

Аварийная индикация (нагрузка отключается от сети):

- Индикатор часто мигает красным цветом. Напряжение больше нормы!
- Индикатор редко мигает красным цветом. Напряжение меньше нормы!
- Индикатор горит красным цветом. Произошел скачок или кратковременное пропадание (посадка) напряжения. Повторное включение через 2 минуты. Если включения не происходит, а индикатор продолжает гореть красным цветом, это означает, что скачки напряжения повторяются.

Предупредительная индикация (нагрузка не отключается от сети):

- Индикатор часто мигает желто-зеленым цветом. Напряжение 240—245 В.
- Индикатор редко мигает желто-зеленым цветом. Напряжение 195—200 В.

Схемы включения ASPauto1 представлены на **рис. 5.24** и **рис. 5.25**.

Автоматическое устройство контроля и защиты при авариях в электросети ASPauto1R

Это микропроцессорное устройство, работающее по безопасному алгоритму, позволяет контролировать качество электроэнергии, подаваемой к потребителю.

Рабочее напряжение, В	220
Частота, Гц	50—60
Напряжение отключения, U_{max}, В	255 ±3
Напряжение отключения, U_{min}, В	185 ±3
Напряжение включения, U_{max}, В	245 ±3
Напряжение включения, U_{min}, В	195 ±3
Рабочее граничное напряжение, В	40—420
Время отключения не более, С	0,15
Время задержки на включение, мин	2 ±0,5
Диапазон рабочих температур, °С	–20—+40

Если напряжение в сети выйдет за пределы допустимых значений, произойдет отключение от сети всех нагрузок. Как только напряжение восстановится до нормальных значений, происходит автоматическое включение с выдержкой времени. Все режимы работы индицируются двухцветным светодиодным индикатором. Имеет релейный выход.

Может устанавливаться на вводе электроэнергии или на розеточные группы, если ток нагрузки не превышает 16 А. При трехфазном питании устанавливается на розеточные группы. При токах нагрузки более 16 А применяется совместно с магнитным пускателем.

Устройство расположено в двухмодульном корпусе (евростандарт) и предназначено для крепления на монтажную планку (DIN-рейку) шириной 35 мм. При первоначальной подаче напряжения на устройство, индикатор горит красным цветом, идет измерение входного напряжения. Если уровень напряжения в сети нормальный, то через 3 секунды произойдет включение и индикатор загорится зеленым цветом. Устройство готово к работе!

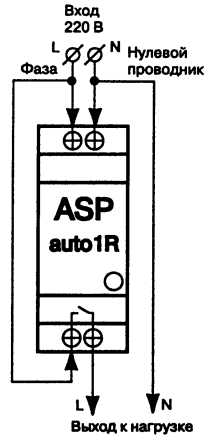


Рис. 5.26. *Схема подключения ASPauto1R*

Внимание!

При монтаже устройства ASPauto1R нужно соблюдать правильность подключения к электрической сети. Запрещается подключать к выходным клеммам ASPauto1R нагрузки более 16 А! Если ток нагрузки превышает 16 А, то необходимо в качестве силового управляющего элемента применять пускатель. Запрещается устанавливать ASPauto1R на обьекты, где отключение напряжения может привести к аварии!

Аварийная индикация (нагрузка отключается от сети):

- Индикатор часто мигает красным цветом. Напряжение больше нормы!
- Индикатор редко мигает красным цветом. Напряжение меньше нормы!
- Индикатор горит красным цветом. Произошел скачок или кратковременное пропадание (посадка) напряжения. Повторное включение через 2 минуты. Если включения не происходит, а индикатор продолжает гореть красным цветом, это означает, что скачки напряжения повторяются.

Предупредительная индикация (нагрузка не отключается от сети):

- Индикатор часто мигает желто-зеленым цветом. Напряжение 240—245 В.
- Индикатор редко мигает желто-зеленым цветом. Напряжение 195—200 В.

Внимание!
После каждого аварийного отключения включение происходит только через 2 минуты. Индикатор при этом горит красным цветом! Необходимо оберегать устройство от загрязнения и попадания влаги.

Если нет возможности установить ASPauto1R на вводе электроэнергии, то защитное устройство устанавливается непосредственно у защищаемого аппарата или группы аппаратов. Для этого необходимо: отрезать вилку удлинителя, зачистить концы и подключить их к ASPauto1R, как показано на **рис. 5.28**. Сам ASPauto1R подключается непосредственно в розетку, с помощью шнура с вилкой. Схемы включения ASPauto1R представлены на **рис. 5.26** и **рис. 5.27**.

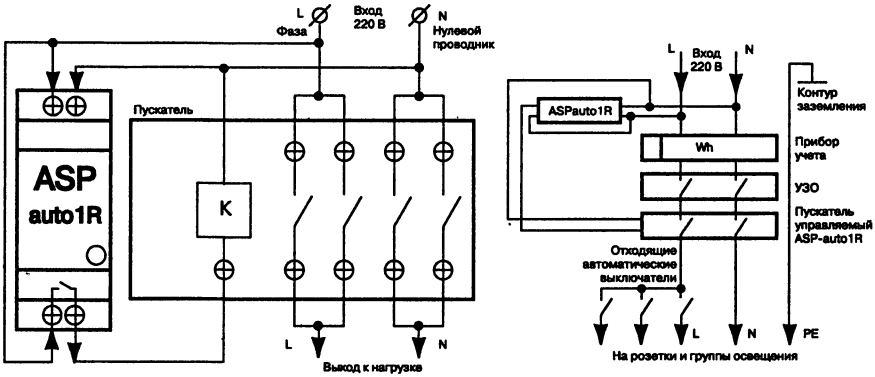


Рис. 5.27. *Рекомендуемая схема включения при использовании магнитного пускателя*

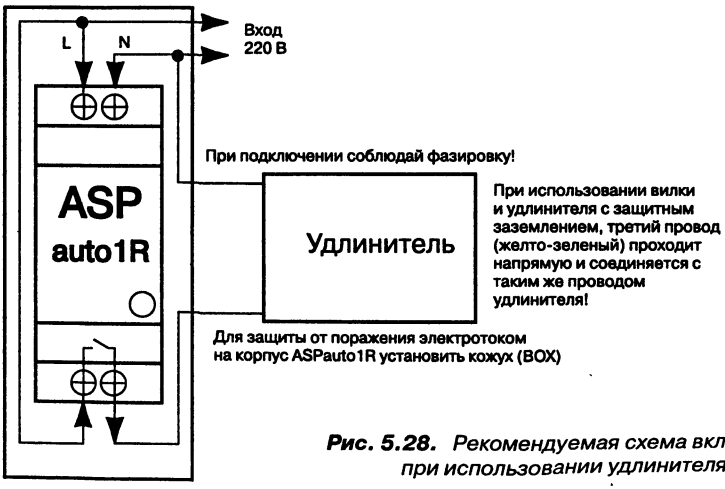


Рис. 5.28. *Рекомендуемая схема включения при использовании удлинителя*

Автоматическое устройство контроля и защиты при авариях в электросети ASPauto3

Устройство предназначено для защиты квартиры, частного дома, офиса, от: превышения, понижения и «скачков» сетевого напряжения; «перекоса» фаз (при трехфазном питании); пропадании одной из фаз (при трехфазном питании). Устройство контролирует порядок чередования фаз (при трехфазном питании).

Рабочее напряжение, В	220/380
Частота, Гц	50—60
Напряжение отключения (фазное), U_{max}, В	255 ±3
Напряжение отключения (фазное), U_{min}, В	185 ±3
Напряжение включения (фазное), U_{max}, В	245 ±3
Напряжение включения (фазное), U_{min}, В	195 ±3
Граничное рабочее напряжение, В	40—420
Время отключения не более, с	0,15
Время задержки на включение, мин	2 ±0,5
Диапазон рабочих температур, °С	–20—+40

ASPauto3 — это микропроцессорное устройство, работающее по безопасному алгоритму, позволяет контролировать качество электроэнергии, подаваемой к потребителю. Если напряжение в сети выйдет за пределы допустимых значений, произойдет отключение от сети всех нагрузок. Как только напряжение восстановится до нормальных значений, происходит автоматическое включение с выдержкой времени. Все режимы работы индицируются двухцветным светодиодным индикатором.

Устройство обеспечивает контроль как однофазной, так и трехфазной сети. В трехфазной сети контролируется каждая фаза. Автоматическое устройство ASPauto3 применяется совместно с магнитным пускателем, катушка которого рассчитана на напряжение 220 В. Устанавливается на вводе электроэнергии.

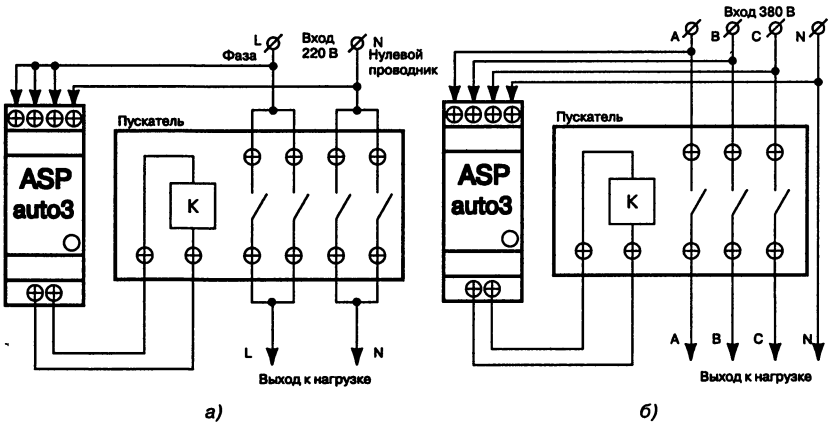
Устройство расположено в двухмодульном корпусе (евростандарт) и предназначено для крепления на монтажную планку (DIN-рейку) шириной 35 мм. При эксплуатации ASPauto3 возможны два вида световой индикации:

При первоначальной подаче напряжения на устройство, индикатор горит ***красным*** цветом, идет измерение входного напряжения.

Если уровень напряжения в сети нормальный, то через 3 секунды произойдет включение пускателя и индикатор загорится ***зеленым*** цветом. Устройство готово к работе!

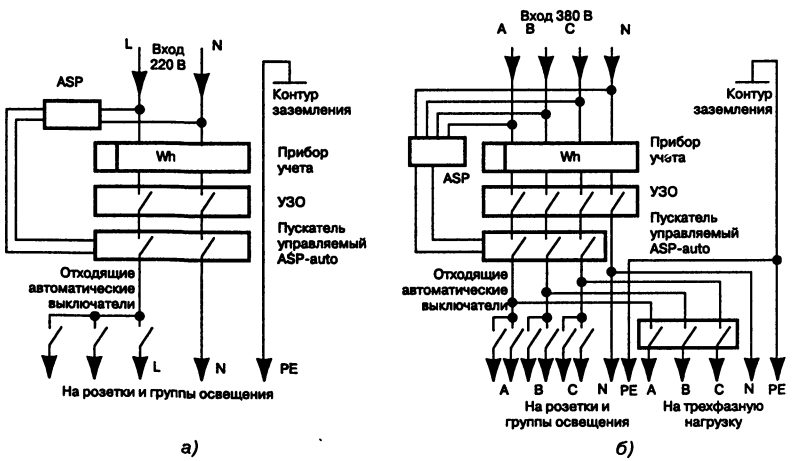
Аварийная индикация (нагрузка отключается от сети):

- Индикатор часто мигает красным цветом. Напряжение больше нормы!
- Индикатор редко мигает красным цветом. Напряжение меньше нормы или отсутствует одна из фаз (при трехфазном питании).
- Индикатор горит красным цветом. Произошел скачок или посадка напряжения. Повторное включение через 2 минуты. Если включения не происходит, а индикатор продолжает гореть красным цветом, это означает, что скачки напряжения повторяются.
- Индикатор часто мигает красным цветом по три раза. Неправильное чередование фаз (при трехфазном питании).



а) б)

Рис. 5.29. *Рекомендуемые схемы подключения:*
а) при однофазном питании; б) при трехфазном питании



а) б)

Рис. 5.30. *Рекомендуемые схемы включения:*
а) при однофазном питании; б) при трехфазном питании

Предупредительная индикация (нагрузка не отключается от сети):

- Индикатор часто мигает желто-зеленым цветом. Напряжение (фазное) находится в пределах 240—245 В.
- Индикатор редко мигает желто-зеленым цветом. Напряжение (фазное) находится в пределах 190—200 В.

Схемы подключения ASPauto3 представлены на **рис. 5.29** и **рис. 5.30**.

Внимание!

После каждого аварийного отключения — включение происходит через 2 минуты. Индикатор при этом горит красным цветом! Необходимо оберегать устройство от загрязнения и попадания влаги. При монтаже устройства ASPauto3 нужно соблюдать правильность подключения к электрической сети. При подаче напряжения на вход ASPauto3 (верхние клеммы) — выходные (нижние) клеммы находятся под напряжением. Запрещается устанавливать ASPauto3 на объекты, где отключение напряжения может привести к аварии!

Автоматическое устройство контроля и защиты при авариях в электросети ASPauto3R

Предназначено для защиты квартиры, частного дома, офиса, магазина, промышленного и бытового электрооборудования от превышения/понижения и «скачков» сетевого напряжения; «перекоса» фаз (при трехфазном питании); пропадании одной или двух фаз (при трехфазном питании). Устройство контролирует порядок чередования фаз (при трехфазном питании).

Рабочее напряжение, В	220/380
Частота, Гц	50—60
Напряжение отключения (фазное), U_{max}, В	55 ±3
Напряжение отключения (фазное), U_{min}, В	185 ±3
Напряжение включения (фазное), U_{max}, В	245 ±3
Напряжение включения (фазное), U_{min}, В	195 ±3
Граничное рабочее напряжение, В	40—420
Время отключения не более, с	0,15
Время задержки на включение, мин.	2 ±0,5
Диапазон рабочих температур, °С	–20—+40

ASPauto3R — это микропроцессорное устройство, работающее по безопасному алгоритму, позволяет контролировать качество электроэнергии,

подаваемой к потребителю. Если напряжение в сети выйдет за пределы допустимых значений, произойдет отключение от сети всех нагрузок. Как только напряжение восстановится до нормальных значений, происходит автоматическое включение с выдержкой времени. Все режимы работы индицируются двухцветным светодиодным индикатором.

Устройство обеспечивает контроль как однофазной, так и трехфазной сети. В трехфазной сети контролируется каждая фаза. Автоматическое устройство ASPauto3R применяется совместно с магнитным пускателем, если ток нагрузки выходного реле превышает 5 А. Устанавливается на вводе электроэнергии.

При первоначальной подаче напряжения на устройство, индикатор горит красным цветом, идет измерение входного напряжения. Если уровень напряжения в сети нормальный, то через 3 с произойдет включение пускателя, и индикатор загорится зеленым цветом. Устройство готово к работе!

Аварийная индикация (нагрузка отключается от сети):

- Индикатор часто мигает красным цветом. Напряжение больше нормы!
- Индикатор редко мигает красным цветом. Напряжение меньше нормы или отсутствует одна из фаз (при трехфазном питании).
- Индикатор горит красным цветом. Произошел скачок или просадка напряжения. Повторное включение через 2 минуты. Если включения не происходит, а индикатор продолжает гореть красным цветом, это означает, что скачки напряжения повторяются.
- Индикатор часто мигает красным цветом по три раза. Неправильное чередование фаз (при трехфазном питании).

Предупредительная индикация (нагрузка не отключается от сети):

- Индикатор часто мигает желто-зеленым цветом. Напряжение (фазное) находится в пределах 240—245 В.
- Индикатор редко мигает желто-зеленым цветом. Напряжение (фазное) находится в пределах 195—200 В.
- После каждого аварийного отключения включение происходит только через 2 минуты. Индикатор при этом горит красным цветом! Если обнаружится, что на вводе квартиры, частного дома, офиса напряжение выходит за пределы допустимых значений, то необходимо сообщить об этом в аварийную службу электросетей. Устройство не требует обслуживания, но необходимо оберегать его от загрязнения и попадания влаги. Схемы включения ASPauto3R представлены на **рис. 5.31** и **рис. 5.32**.

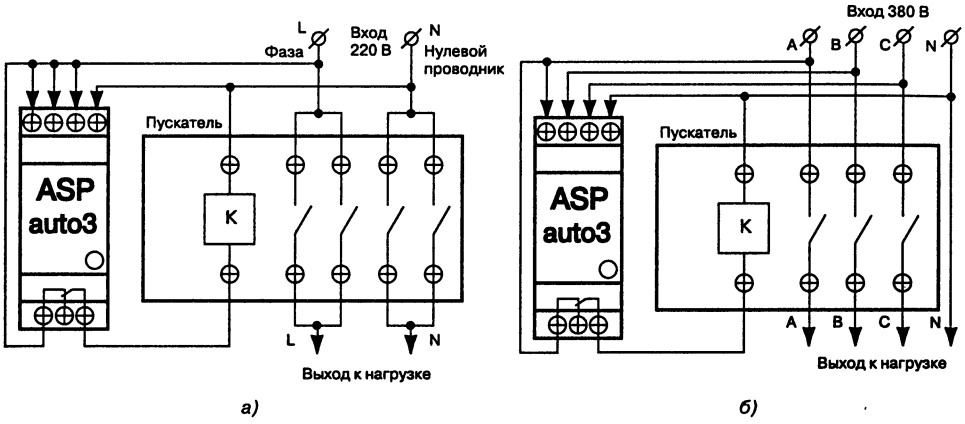


Рис. 5.31. *Схемы подключения ASPauto3R:*
а) при однофазном питании; б) при трехфазном питании

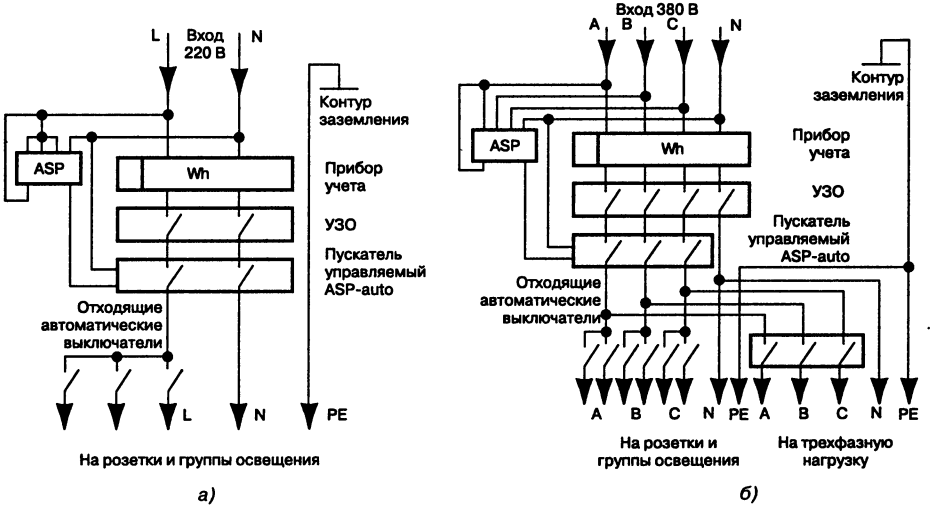


Рис. 5.32. *Рекомендуемые схемы включения:*
а) при однофазном питании; б) при трехфазном питании

Реле включения нагрузки ASP-power

Предназначено для поочередного подключения нагрузок к электрической сети с выдержкой времени, во избежания перегрузки сети при пуске нескольких потребителей: электродвигателей, компрессоров холодильных агрегатов и т. д., подключенных к одному вводу. Реле рассчитано на работу с магнитными пускателями, катушки которых питаются напряжением 220 В.

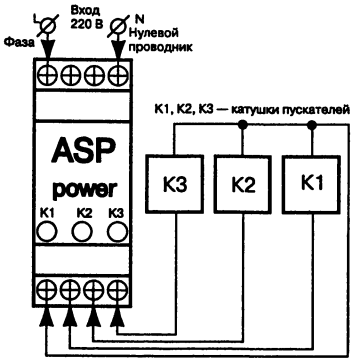


Рис. 5.33. Схема подключения к электросети

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В 220
Частота, Гц ..... 50—60
Число каналов 3
Время задержки между каналами, с 10
Время задержки на включение при исчезновении напряжения, мин. 2
Диапазон рабочих температур, °С .....–20—+40

Автоматический выключатель с независимым расцепителем

Предназначен для дистанционного отключения нагрузки от средств различной автоматики, от кнопок аварийного отключения и т. д.

Основные параметры:

Рабочее напряжение, В 220/380
Частота, Гц ..... 50—60
Ток нагрузки, А 10, 16, 25, 32, 40, 50, 63
Напряжение независим. расцепителя, В 220
Уставка (магнитный расцепитель), А ..... 8—10 I_n
Уставка (тепловой расцепитель), А .....1,25 I_n
Максимальное сечение подключаемых проводов, мм^2 25
Диапазон рабочих температур, °С .....–20—+40

Отключение происходит путем подачи переменного напряжения на выводы расцепителя. Выпускаются в двухмодульном исполнении для однофазной сети и в четырехмодульном исполнении для трехфазной сети. Рукоятка устройства имеет два положения, обозначенных на лицевой панели: ON (включено) и OFF (выключено). Устройство не требует обслуживания, но необходимо оберегать его от загрязнения и попадания влаги. Схемы включения автоматического выключателя представлены на **рис. 5.34**.

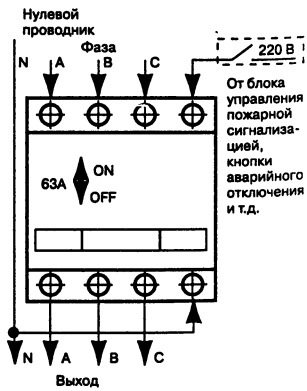


Рис. 5.34. Схема подключения выключателя в трехфазную цепь

5.4.2. Автоматические выключатели серии ВА

Особенности серии

Высококачественные автоматические выключатели серии ВА101, ВА102, ВА103, ВА201 производятся на крупнейших предприятиях КНР и России. Они уже более 10 лет успешно продаются в России под торговой маркой ДЭК, пользуясь широким спросом. Автоматические выключатели серии ВА предназначены для применения в электрических цепях переменного тока, их защиты от перегрузок и токов короткого замыкания (КЗ). Также могут использоваться для нечастых оперативных включений и отключений защищаемых цепей. Для более детального ознакомления рекомендую.

Корпуса автоматических выключателей сделаны из прочной, не поддерживающей горение пластмассы, снабжены замками для установки на DIN-рейку. Выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении. Оснащены медными токовыми расцепителями с посеребренными контактами и снабжены многопластинчатыми дугогасительными камерами, что обусловливает высокие характеристики коммутационной износостойкости и предельной коммутационной способности. Комбинированные зажимы из посеребренной меди и анодированной стали обеспечивают надежный контакт с медными и алюминиевыми проводниками.

Они имеют два типа защиты:

- **тепловую**, выполненную на биметаллической пластине, предназначенную для защиты от длительных токовых перегрузок;
- **динамическую**, выполненную на электромагнитной катушке, предназначенную для защиты от токов короткого замыкания.

Автоматические выключатели ВА101 и ВА102 отличаются лишь возможностью соединения ВА102 с помощью контактной шины. А вот на усовершенствованную конструкцию ВА103 стоит обратить особое внимание. Это новая разработка фирмы ДЭК.

Автомат ВА103 снабжен двенадцатипластинчатой четырехсторонней дугогасительной камерой (в отличие от десятипластинчатой у других типов), благодаря чему обладает более высокими характеристиками коммутационной износостойкости и предель-

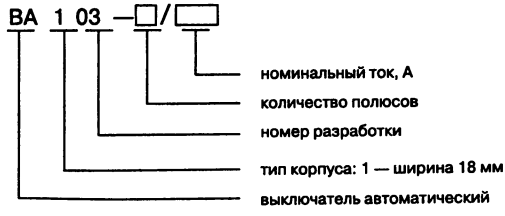


Рис. 5.35. *Структура условного обозначения выключателей*

ной коммуникационной способности. Усовершенствованная конструкция контактов обеспечивает более эффективное сцепление/расцепление. Все это, конечно, значительно увеличивает стоимость устройства, зато обеспечивает большую надежность, долговечность эксплуатации и повышает безопасность автоматических выключателей ВА103 по сравнению с ВА101 и ВА102.

По умолчанию, выключатели ВА101 и ВА102 имеют характеристику С, выключатели ВА201 — характеристику D. В зависимости от установки электромагнитного расцепителя выключатели ВА103 могут иметь защитную характеристику типа В, С или D. Времятоковые рабочие характеристики автоматических выключателей ВА101, ВА102, ВА201, ВА103 представлены в **табл. 5.3**, а технические характеристики — в **табл. 5.4**.

Времятоковые рабочие характеристики *Таблица 5.3*

Начальное состояние	Тестовый ток	Пределы времени расцепления или нерасцепления	Результаты испытаний	Примечание
		ВА101		
Холодный	$1{,}13I_n$	$T \geq 1$ ч (при $I_n \leq 63$ А)	Без расцепления	
		$T \geq 2$ ч (при $I_n > 63$ А)		
Сразу после предыдущего теста	$1{,}45I_n$	$T < 1$ ч (при $I_n \leq 63$ А)	Расцепление	Непрерывное нарастание тока в течение 5 с
		$T < 2$ ч (при $I_n > 63$ А)		
Холодный	$2{,}55I_n$	1 с $< T < 60$ с (при $I_n \leq 32$ А)	Расцепление	
		1 с $< T < 120$ с (при $I_n > 32$ А)		
Холодный	$3I_n$	$T \geq 0{,}1$ с	Без расцепления	В-тип
	$5I_n$	$T < 0{,}1$ с	Расцепление	
	$5I_n$	$T \geq 0{,}1$ с	Без расцепления	С-тип
	$10I_n$	$T < 0{,}1$ с	Расцепление	
	$10I_n$	$T \geq 0{,}1$ с	Без расцепления	D-тип
	$50I_n$	$T < 0{,}1$ с	Расцепление	
		ВА103		
Холодный	$1{,}13I_n$	$T \geq 1$ ч	Без расцепления	
Сразу после предыдущего теста	$1{,}45I_n$	$T < 1$ ч	Расцепление	Непрерывное нарастание тока в течение 5 с
Холодный	$2{,}55I_n$	1 с $< T < 60$ с (при $I_n \leq 32$ А)	Расцепление	
		1 с $< T < 120$ с (при $I_n > 32$ А)		

Таблица 5.3 (продолжение)

Начальное состояние	Тестовый ток	Пределы времени расцепления или нерасцепления	Результаты испытаний	Примечание
Холодный	$3I_n$	T ≥ 0,1 с	Без расцепления	
	$5I_n$	T < 0,1 с	Расцепление	
	$5I_n$	T ≥ 0,1 с	Без расцепления	
	$10I_n$	T < 0,1 с	Расцепление	
	$10I_n$	T ≥ 0,1 с	Без расцепления	
	$50I_n$	T < 0,1 с	Расцепление	

Технические характеристики *Таблица 5.4*

Модель	BA101	BA102	BA201	BA103
Род тока	Переменный, частота 50 (60) Гц			
Номинальное напряжение, В	Для 1-полюсных — 230			
	Для 2-, 3-, 4-полюсных — 400			
Номинальный ток выключателя (расцепителя), А	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16,20 ,25, 32, 40, 50, 63		25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20 ,25, 32, 40, 50, 63
Тип защитной характеристики	B, C, D		C, D	B, C, D
Число полюсов	1, 2, 3, 4			
Коммутационная износостойкость, не менее	4000 циклов			10000 циклов
Предельная коммутационная способность, А	3000		6000	
Степень защиты	IP20			
Номинальные поперечные сечения подключаемых проводников, мм²	1—25	1—16	2,5—50	1—25

Устройство и принцип действия

Рассмотрим устройство выключателей. Автоматический выключатель включает в себя механизм управления, электромагнитный и тепловой расцепители, дугогасительную камеру и т. д. Все узлы выключателя заключены в корпус, изготовленный из неподдерживающей горения пластмассы. Выключатели BA102 имеют возможность соединения между собой и с УЗО01 ДЭК с помощью U-образной контактной шины.

Выключатели BA201 имеют усовершенствованную конструкцию механизма управления и механизма свободного расцепления для снижения эффекта дребезжащего контакта, вследствие чего, во время включения, замыкание контактов происходит мгновенно независимо от скорости движения рукоятки управления.

Когда в защищаемой линии возникает перегрузка, ток перегрузки заставляет биметаллическую пластину изогнуться, которая в свою оче-

редь толкает рычаг, воздействующий на механизм свободного расцепления. Подвижный контакт отходит от неподвижного, осуществляя защиту линии от перегрузки. Когда в защищаемой линии возникает ток КЗ, сердечник электромагнитного расцепителя втягивается и тянет за собой рычаг, который воздействует на механизм свободного расцепления. Подвижный контакт отходит от неподвижного, защищая тем самым линию от воздействия токов КЗ.

Порядок установки

При выборе номинала выключателя необходимо иметь в виду, что приведенные технические характеристики действительны для выключателей, работающих при температуре +30—+5 °С. При изменении температуры на каждые 10 °С номинальный ток автоматического выключателя изменяется в обратной пропорции на 5%. Монтаж должен производиться в защищенном от снега и дождя, проветриваемом помещении при температуре не выше +40 °С , не ниже –25 °С. Установку выключателя должен производить только квалифицированный специалист.

Выключатели крепятся на **рейку DIN** 35·7,5 мм (стандарт ЕН 50022). Рабочее положение выключателей вертикальное, обозначение ВЫКЛ. вверх, с отклонением до 5° в любую сторону от указанной плоскости. Перед установкой выключателя необходимо проверить автомат на отсутствие внешних повреждений, также произвести несколько включений и отключений чтобы убедиться, что механизм работает исправно.

Для подсоединения необходимо использовать медные провода (кабели) или медные соединительные шины. Рекомендуется использовать проводники с классом жил не менее 2 (многопроволочные), при этом жилы необходимо оконцевать медными тонкостенными гильзами. Также рекомендуется применять специальные кабельные наконечники **SC(MCB)** и **DTL(MCB)**. В случае, когда используются проводники с жилой 1-го класса (однопроволочные), жилы необходимо складывать вдвое для создания лучшего контакта.

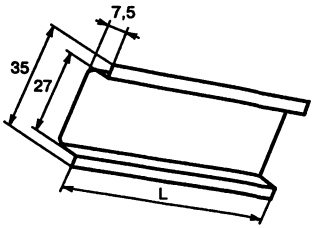


Рис. 5.36. DIN-рейка

Подвод напряжения к выводам выключателя от источника питания осуществляется со стороны выводов 1, 3, 5, 7. Проверьте маркировку на автомате, соответствует ли она требуемым условиям.

5.5. Устройства защиты от поражения током

5.5.1. Назначение, устройство и работа УЗО

История развития устройств защитного отключения

Первое устройство защитного отключения (УЗО) было запатентовано германской фирмой RWE в 1928 г., когда принцип токовой дифференциальной защиты, ранее применявшийся для защиты генераторов, линий и трансформаторов, был применен для защиты человека от поражения электрическим током.

В 1937 г. фирма Schutzapparategesellschaft Paris & Co. изготовила первое действующее устройство **на базе дифференциального трансформатора и поляризованного реле**, имевшее чувствительность 0,01 А и быстродействие 0,1 с. В том же году с помощью добровольца (сотрудника фирмы) было проведено испытание УЗО. Эксперимент закончился благополучно, устройство сработало четко, доброволец испытал лишь слабый удар электрическим током, хотя и отказался от участия в дальнейших опытах.

Все последующие годы, за исключением военных и первых послевоенных, велась интенсивная работа по изучению действия электрического тока на организм человека, разработке электрозащитных средств и в первую очередь — совершенствованию и внедрению УЗО.

В нашей стране проблема применения устройств защитного отключения впервые возникла в связи с электрической и пожарной безопасностью школьников около 20 лет назад. Именно в этот период были разработаны и запущены в производство **УЗОШ (УЗО школьное)** для оборудования школьных зданий. Интересно, что УЗО такого типа ставят в школьных зданиях до сих пор, хотя в силу устаревших технологий эти устройства уже не вполне удовлетворяют современным требованиям электрической и пожарной безопасности.

Другим событием, обострившим проблему установки УЗО, была реконструкция московской гостиницы «Россия» после печально известного пожара, который возник по причине самого заурядного короткого замыкания. Дело в том, что при строительстве этого гостиничного комплекса были нарушены принципы электроснабжения. Несколько трагических случаев, приведших к гибели обслуживающего персонала, заставило руководство гостиницы наметить проведение установки устройств защитного отключения с целью обеспечить электро- и пожарную безо-

пасность. В то время подобные установки выпускались только для промышленного применения.

Разработать установку защитного отключения для коммунально-бытового назначения было поручено одному из оборонных предприятий. Но трагедии предотвратить не успели, и возникший в результате короткого замыкания пожар в гостинице «Россия» привел к многочисленным жертвам. После пожара при восстановлении здания проводились работы по установке УЗО в каждом номере. Поскольку отечественные УЗО были изготовлены в очень сжатые сроки и имели недостатки, их постепенно стали заменять на устройства фирмы SIEMENS (Германия).

К этому времени над проблемой производства бытовых УЗО стали задумываться и наши электротехнические предприятия. Так, Гомельский завод «Электроаппаратура» и Ставропольский электротехнический завод «Сигнал» разработали и стали выпускать бытовые устройства защитного отключения. И уже с 1991-1992 годов началось массовое внедрение устройств защитного отключения в домостроении, по крайней мере, в Москве.

В 1994 году был принят стандарт «Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования». В этом же году вышло постановление правительства Москвы о внедрении УЗО, которое предписывало обязательное оснащение новостроек Москвы устройствами защитного отключения.

В 1996 году вышло «Письмо Главного управления государственной службы МВД России от 05.03.96 №20/2.1/516. **О применении устройств защитного отключения (УЗО)».** А правительством Москвы было принято еще одно решение о повышении надежности электроснабжения всего жилого фонда, независимо от года постройки. Можно сказать, что с этого момента началось узаконенное массовое внедрение УЗО в строительстве жилья. В настоящее время уже четко расписаны области применения УЗО — действует ряд нормативных документов, регламентирующих технические параметры и требования к применению УЗО в электроустановках зданий. Сегодня УЗО является обязательным элементом любого распределительного щита, этими устройствами оборудованы в обязательном порядке все передвижные объекты (жилые домики-прицепы на кемпинговых площадках, торговые фургоны, фургоны общественного питания, малые временные электроустановки наружной установки, например, устраиваемые на площадях на время праздничных гуляний), ангары, гаражи.

Кроме того, УЗО встраивают **в розеточные блоки или вилки**, через которые подключаются электроинструмент или бытовые электроприборы, эксплуатируемые в особо опасных — влажных, пыльных, с проводящими полами и т. п. помещениях.

Страховые компании при оценке риска, определяющего страховую сумму, обязательно учитывают наличие на объекте страхования УЗО и их техническое состояние.

В настоящее время на каждого жителя развитых стран приходится в среднем по два УЗО. Тем не менее, десятки фирм на протяжении многих лет стабильно, в значительных количествах производят эти устройства самых различных модификаций, постоянно совершенствуя их технические параметры.

О терминологии защитного отключения

Термин **устройство защитного отключения — УЗО**, принятый в отечественной специальной литературе, наиболее точно определяет назначение данного устройства и его отличие от других коммутационных электрических аппаратов — автоматических выключателей, выключателей нагрузки, магнитных пускателей и т. д.

Но иногда встречается неточность, даже вкравшаяся в стандарты. Это определение УЗО, как **«устройства, управляемого остаточным током»**. Здесь нарушена элементарная причинно-следственная связь. Устройство не управляется этим током, а реагирует на него!

В последних отечественных стандартах (серии ГОСТ Р 51326, 51327) также нарушена терминология: в отличие от принятого в основном стандарте (ГОСТ Р 50807-95) определения, УЗО называется то **«выключатель дифференциального тока — ВДТ»**, то **«автоматический выключатель дифференциального тока — АВДТ»**, что вводит в заблуждение специалистов.

Часто применяется другое, не соответствующее стандартам название УЗО — **«дифференциальный выключатель»**. Это название распространилось из переведенных не специалистами-электриками проспектов зарубежных фирм.

За рубежом приняты следующие обозначения:

- В Германии, Австрии — Fehlerstrom-Schutzschalter (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung). Сокращенно: FI-Schutzschalter (F-Fehler — повреждение, неисправность, утечка, I — символ тока в электротехнике, Schutzschalter — защитный выключатель, Schutzeinrichtung — защитное устройство);

- Во Франции — **DD** — disjoncteur differentiel (дифференциальный выключатель).
- В Великобритании — **e.l.c.b.** (earth leakage circuit breaker — выключатель тока утечки на землю).
- В США — **GFCI** (Ground Fault Circuit Interrupter — размыкатель тока утечки на землю).

В настоящее время действует международная классификация УЗО, разработанная международной электротехнической комиссией (МЭК):

- **RCD** (residual current protective device) — защитное устройство по дифференциальному (разностному) току, общее название УЗО.
- **PRCD** (portable residual current protective device) — переносное защитное устройство по дифференциальному току.
- **PRCD-S** (portable residual current protective device-safety) — переносное защитное устройство по дифференциальному току (в кабеле-удлинителе).
- **SRCD** (fixed socket outless residual current protective device) — защитное устройство по дифференциальному току (встроенное в розетку).
- **RCCB** (residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection) — защитное устройство по дифференциальному току без встроенной защиты от сверхтоков.
- **RCBO** (residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection) — защитное устройство по дифференциальному току со встроенной защитой от сверхтоков.
- **RCM** (residual current monitor) — устройство контроля дифференциального тока (тока утечки).

Кроме того, принято общее название — **RCD** — residual current protective device. Точный перевод — защитное устройство по разностному (дифференциальному) току.

Принцип действия УЗО

Функционально УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

Основные функциональные блоки УЗО представлены на **рис. 5.37**.

Важнейшим функциональным блоком УЗО является **дифференциальный трансформатор тока**. В абсолютном большинстве УЗО, производимых и эксплуатируемых в настоящее время во всем мире, в качестве дат-

чика дифференциального тока используется именно трансформатор тока.

Пусковой орган (пороговый элемент) выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах. **Исполнительный механизм** включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода (**рис. 5.38**).

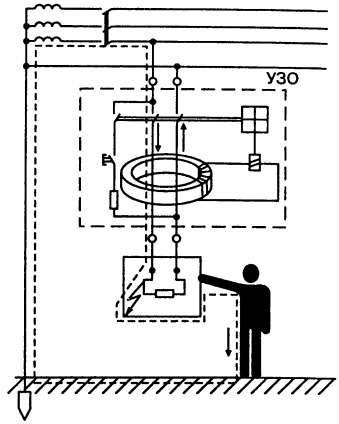
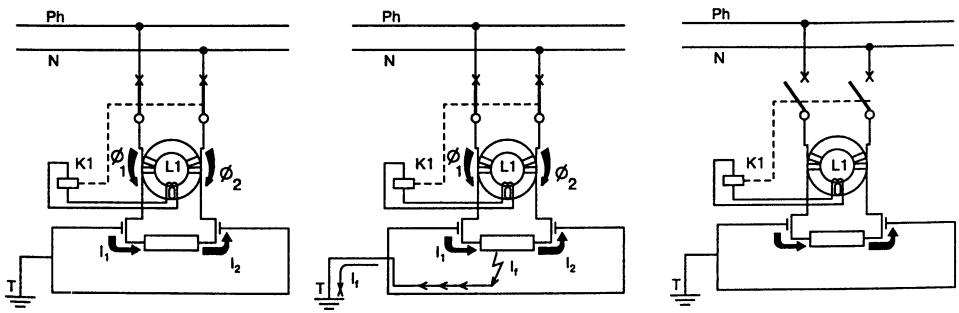


Рис. 5.37. *Структура УЗО*

Режимы работы УЗО

УЗО предназначено для непрерывной, продолжительной работы. Оно должно отключать защищаемый участок сети при появлении в нем синусоидального переменного или пульсирующего постоянного (в зависимости от модификации) тока утечки, равного отключающему дифференциальному току устройства. УЗО, функционально не зависящее от напряжения питания, не должно срабатывать при снятии и повторном включении напряжения сети. УЗО не должно производить автоматическое повторное включение. УЗО, функционально не зависящее от напряжения питания, не должно зависеть от наличия напряжения в контролируемой сети, должно сохранять работоспособность при обрыве нулевого или фазного проводов. УЗО должно срабатывать при нажатии кнопки **ТЕСТ**.



Когда изоляция цела и утечки тока нет, в катушке L1 отсутствует магнитный поток, а на катушке нет ЭДС. Контакты замкнуты, оборудование функционирует нормально

Режим 1

При нарушении изоляции в катушке L1 появляется магнитный поток...

Режим 2

...на катушку K1 поступает ЭДС, контакты размыкаются, автоматически прекращается подача напряжения на оборудование

Режим 3

Рис. 5.38. *Режимы работы УЗО*

Конструкция контрольного эксплуатационного устройства должна исключать возможность попадания сетевого напряжения в цепь, подключенную к выходным выводам УЗО при нажатии кнопки **ТЕСТ**, когда УЗО находится в разомкнутом состоянии. Это означает, что тестовая цепь должна быть подключена к входному выводу УЗО через контакт, сблокированный с силовой контактной группой.

УЗО защищается от токов короткого замыкания **последовательным защитным устройством (ПЗУ)**: автоматическим выключателем или предохранителем, отвечающими требованиям соответствующих стандартов. При этом номинальный ток ПЗУ не должен превышать номинальный рабочий ток УЗО.

Рассмотрим **основные режимы работы УЗО**.

Режим №1. В нормальном режиме, при отсутствии дифференциального тока — тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока, протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока. Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке, как I_1, а от нагрузки как I_2, то можно записать равенство: $I_1 = I_2$.

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2. Результирующий магнитный поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю. Пусковой орган находится в этом случае в состоянии покоя.

Режим №2. При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки I_1, протекает дополнительный ток — ток утечки (I_D), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным).

Неравенство токов в первичных обмотках ($I_1 + I_D$ в фазном проводнике) и (I_2, равный I_1, в нейтральном проводнике) вызывает неравенство магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм.

Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает

электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

Режим №3. Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования. При нажатии кнопки ТЕСТ искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно. К УЗО, в силу его особого назначения — защиты жизни и имущества человека, предъявляются чрезвычайно высокие требования по надежности, помехоустойчивости, термической и электродинамической стойкости, материалам и исполнению конструкции. Этими особыми требованиями отчасти объясняется сравнительно высокая стоимость современных УЗО.

Схемы включения УЗО

Конструкции УЗО различных производителей могут отличаться друг от друга не только параметрами, но и схемами подключения. На **рис. 5.3** приведены наиболее распространенные схемы включения УЗО. Кроме того, показано включение УЗО в одно-, двух- и трехфазном вариантах.

При включении УЗО по неполнофазному варианту необходимо обратить внимание на правильность подключения проводников к клеммам устройства — должна быть подключена цепь тестирующего резистора. Схема подключения приведена на лицевой или боковой поверхности корпуса УЗО.

Классификация УЗО по условиям функционирования

По условиям функционирования УЗО подразделяются на типы:

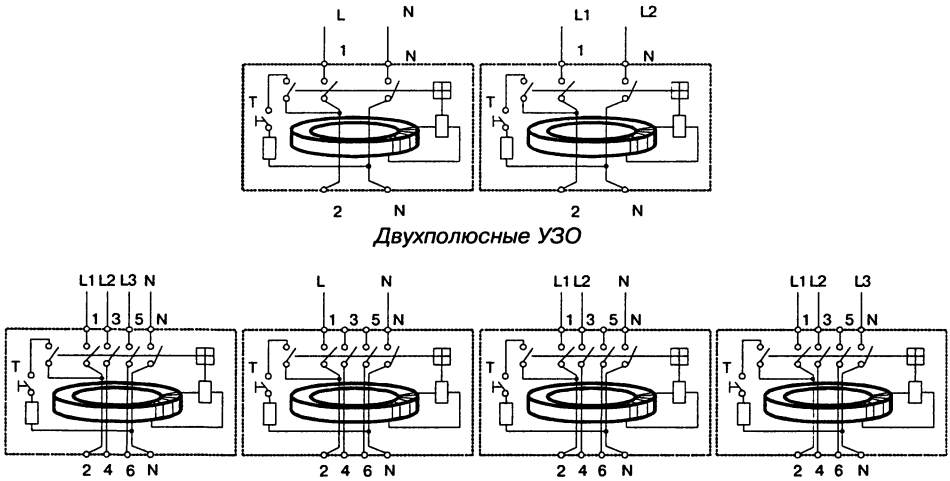
AC — устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий;

A — устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие;

B — устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи;

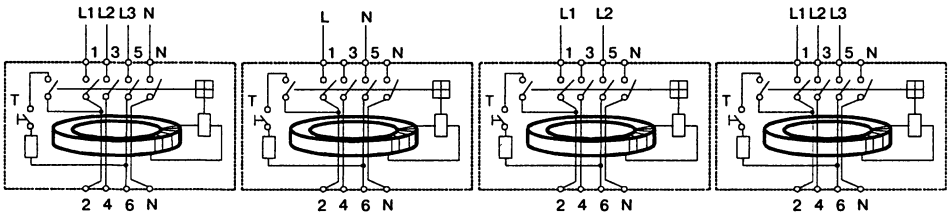
S — устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения);.

G — то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени.



Двухполюсные УЗО

Четырехполюсные УЗО, в которых резистор, имитирующий дифференциальный ток, подключен в фазное напряжение



Четырехполюсные УЗО, в которых резистор, имитирующий дифференциальный ток, подключен на линейное напряжение

Рис. 5.39. *Схемы подключения УЗО*

Применение УЗО типа А целесообразно в обоснованных случаях, например, в цепях, содержащих потребители с тиристорным управлением без разделительного трансформатора. УЗО типа В применяют в промышленных электроустановках со смешанным питанием — переменным, выпрямленным и постоянным токами.

Классификация УЗО по способу технической реализации

По способу технической реализации имеется два типа УЗО.

Электромеханические — функционально не зависят от напряжения питания. Источником энергии, необходимой для функционирования — выполнения защитных функций, включая операцию отключения, явля-

ется для устройства сам сигнал — дифференциальный ток, на который оно реагирует.

Электронные — функционально зависят от напряжения питания. Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника. Применение таких устройств более ограничено в силу их меньшей надежности, подверженности воздействию внешних факторов и др.

Следует отметить, что **основной причиной меньшего распространения электронных УЗО** является их неработоспособность при часто встречающейся и наиболее опасной по условиям вероятности электропоражения неисправности электроустановки, а именно — при обрыве нулевого проводника в цепи до УЗО по направлению к источнику питания. В этом случае «электронное» УЗО, не имея питания, не функционирует, а на электроустановку по фазному проводнику поступает опасный для жизни человека потенциал.

В развитых европейских странах электротехнические нормы допускают применение только УЗО, не зависящих от напряжения питания. УЗО второго типа разрешено применять в цепях, защищаемых электромеханическими УЗО, только в качестве дополнительной защиты для конечных потребителей, например, для электроинструмента, нестационарных электроприемников.

В конструкции электронных УЗО, производимых в США, Японии, Южной Корее и в некоторых европейских странах (**рис. 5.40**), как правило, заложена функция отключения от сети защищаемой электроустановки при исчезновении напряжения питания. Эта функция конструктивно реализуется с помощью электромагнитного реле, работающего в режиме самоудерживания. Силовые контакты реле находятся во включенном положении только при протекании тока по его обмотке, что аналогично магнитному пускателю.

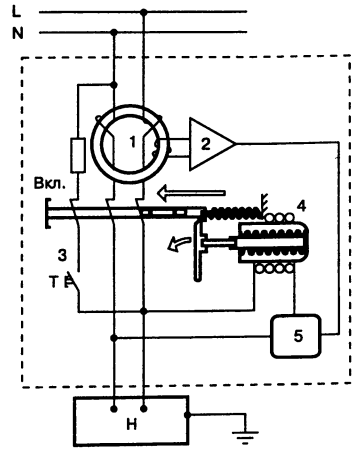


Рис. 5.40. *«Электронное» УЗО с функцией отключения сети: 1 — дифференциальный трансформатор тока; 2 — электронный усилитель; 3 — цепь теста; 4 — удерживающее реле; 5 — блок управления; Н — нагрузка; Т — кнопка ТЕСТ*

При исчезновении напряжения на вводных зажимах устройства якорь реле отпадает, при этом силовые кон-

такты размыкаются, защищаемая электроустановка обесточивается. Подобная конструкция УЗО обеспечивает гарантированную защиту от поражения человека в электроустановке и в случае обрыва нулевого проводника. В США применяются в основном УЗО, встроенные в розеточные блоки. На одном объекте, например, небольшой квартире устанавливается по 10—15 устройств. Розетки, не оборудованные УЗО, обязательно запитываются шлейфом от розеточных блоков с УЗО.

Работа УЗО на базе автоматического выключателя

В нашей стране, в отличие от общепринятой в мировой практике концепции, целым рядом предприятий производятся электронные УЗО на базе типового автоматического выключателя. Эти устройства функционируют следующим образом.

При возникновении дифференциального тока с модуля защитного отключения, содержащего дифференциальный трансформатор и электронный усилитель, на скомпонованный с модулем автоматический выключатель подается либо электрический сигнал (на модифицированную катушку токовой отсечки), либо с якоря промежуточного реле через поводок осуществляется механическое воздействие на механизм свободного расцепления выключателя. В результате автоматический выключатель срабатывает и отключает защищаемую цепь от сети. При отсутствии напряжения на входных зажимах такого устройства (например, при обрыве нулевого проводника до УЗО), во-первых, из-за отсутствия питания не функционирует электронный усилитель, во-вторых, отсутствует энергия, необходимая для срабатывания автоматического выключателя.

Таким образом, **в случае обрыва нулевого проводника** в питающей сети устройство неработоспособно и не защищает контролируемую цепь. При этом в данном аварийном режиме (при обрыве нулевого проводника) опасность поражения человека электрическим током усугубляется, так как по фазному проводнику через неразомкнутые контакты автоматического выключателя в электроустановку поступает потенциал. Пользователь, полагая, что в сети напряжения нет, теряет обычную бдительность по отношению к электрическому напряжению и часто предпринимает попытки устранить неисправность и восстановить электропитание — открывает электрический щит, проверяет контакты, подвергая тем самым свою жизнь смертельной опасности.

УЗО со встроенной защитой от сверхтоков

Существует класс приборов — УЗО со встроенной защитой от сверхтоков (RCBO), так называемые **«комбинированные» УЗО (рис. 5.41)**. Практически все фирмы-производители УЗО имеют в своей производственной программе УЗО со встроенной защитой от сверхтоков. Как правило, их доля в общем объеме выпускаемых устройств защитного отключения не превышает одного-двух процентов. Это объясняется довольно ограниченной областью их применения — незначительная, неизменяемая нагрузка, автономный электроприемник и т. п.

Показательным примером является освещение рекламных щитов, установленных на уличных павильонах остановок общественного транспорта, где питание двух-трех люминесцентных ламп осуществляется через комбинированное УЗО с номинальным рабочим током 6 А и номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

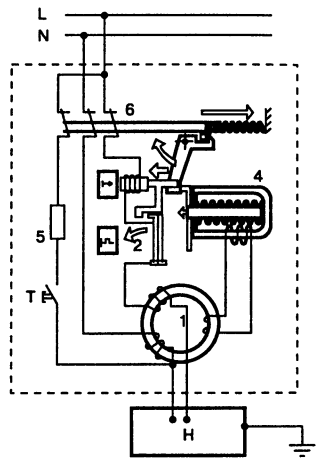


Рис. 5.41. *Устройство УЗО со встроенной защитой от сверхтоков: 1 — катушка токовой отсечки; 2 — биметаллическая пластина; 3 — дифференциальный трансформатор тока; 4 — магнитоэлектрический расцепитель, реагирующий на дифференциальный ток; 5 — тестовый резистор; 6 — силовые контакты; Н — нагрузка; Т — кнопка ТЕСТ*

Конструктивной особенностью УЗО со встроенной защитой от сверхтоков является то, что механизм размыкания силовых контактов запускается при воздействии на него любого из трех элементов — катушки с сердечником токовой отсечки, реагирующей на ток короткого замыкания, биметаллической пластины, реагирующей на токи перегрузки и магнитоэлектрического расцепителя, реагирующего на дифференциальный ток. Применение УЗО со встроенной защитой от сверхтоков, целесообразно лишь в обоснованных случаях, например, для одиночных потребителей электроэнергии.

Маркировка на корпусе УЗО

На каждом УЗО должна быть стойкая маркировка с указанием всех или, при малых размерах, части следующих данных.

1. Наименование или торговый знак (марка) изготовителя.
2. Обозначение типа, номера по каталогу или номера серии.

3. Номинальное напряжение Un.
4. Номинальная частота, если УЗО разработано для частоты, отличной от 50 и (или) 60 Гц.
5. Номинальный ток нагрузки In.
6. Номинальный отключающий дифференциальный ток IDn.
7. Номинальная наибольшая включающая и отключающая коммутационная способность Im.
8. Номинальный условный ток короткого замыкания Inc.
9. Степень защиты (только в случае ее отличия от 1P20).
10. Символ [S] для устройств типа S, [G] для устройств типа G.
11. Указание, что УЗО функционально зависит от напряжения сети, если это имеет место.
12. Обозначение органа управления контрольным устройством — кнопки ТЕСТ — буквой Т.
13. Схема подключения.
14. Рабочая характеристика: тип АС — символ ~, тип А — символ ⩘.

Маркировка по пп. 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 14 должна быть расположена так, чтобы быть видимой после монтажа УЗО. Информация об устройстве по пп. 1, 7, 13 может быть нанесена на боковой или задней поверхности устройства, видимых только до установки изделия. Информация об устройстве по пп. 4, 9, 11, а также значения интеграла Джоуля I^2t и пикового тока I_p должны быть приведены в эксплуатационной документации. Выводы, предназначенные исключительно для соединения цепи нулевого рабочего проводника, должны быть обозначены буквой «N». Стандартные значения температуры окружающей среды (–5—+40 °С) могут не указываться. Диапазон температур (–25—+40 °С) обозначается символом -25.

Особенности применения УЗО при различных системах заземления

В настоящее время в нашей стране специалисты ведут активную работу по повышению уровня электробезопасности в электроустановках жилых и общественных зданий. В руководящих документах теперь предписано: *«В жилых и общественных зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, должны выполняться трехпроводными (фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники). Питание стационарных однофазных электро-*

приемников следует выполнять трехпроводными линиями. При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим». Таким образом, сделан первый шаг по внедрению в России для электроустановок жилых и общественных зданий системы заземления TN-C-S.

Так, в ПУЭ (7-е издание) сформулированы требования к выполнению групповых сетей. Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный — L, нулевой рабочий — N и нулевой защитный — PE проводники). Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать под общий контактный зажим.

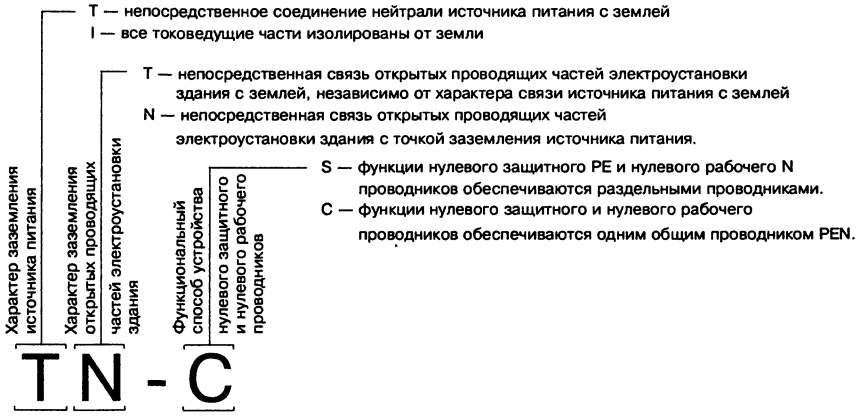
Выбор сечения проводников следует проводить согласно требованиям соответствующих глав ПУЭ. Однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок, должны иметь сечение нулевых рабочих N проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих N проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм^2 по меди и 25 мм^2 по алюминию, а при больших сечениях — не менее 50% сечения фазных проводников, но не менее 16 мм^2 по меди и 25 мм^2 по алюминию.

Сечение PEN проводников должно быть не менее сечения N проводников и не менее 10 мм^2 по меди и 16 мм^2 по алюминию независимо от сечения фазных проводников. Сечение PE проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до 16 мм^2, 16 мм^2 при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм^2 и 50% сечения фазных проводников при больших сечениях. Сечение PE проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм^2 — при наличии механической защиты и 4 мм^2 — при ее отсутствии. В новое издание ПУЭ 2001 года новые требования вошли в окончательной формулировке.

5.5.2. Практическая реализация электробезопасности

Классификация системы заземления



Практические схемы систем заземления

Существуют следующие системы заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT.

В России до настоящего времени применяется система подобная TN-C (**рис. 5.42**), в которой открытые проводящие части электроустановки (корпуса, кожухи электрооборудования) соединены с заземленной нейтралью источника совмещенным нулевым защитным и рабочим проводником PEN, т. е. «занулены». Эта система относительно простая и дешевая. Однако она не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности.

Системы TN-S (**рис. 5.43**), и TN-C-S (**рис. 5.44**) широко применяются в европейских странах — Германии, Австрии, Франции и др. В системе TN-S все открытые проводящие части электроустановки здания соединены отдельным нулевым защитным проводником PE непосредственно с заземляющим устройством источника питания.

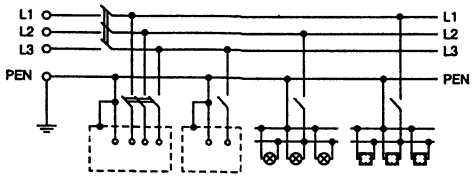


Рис. 5.42. *Система TN-C*

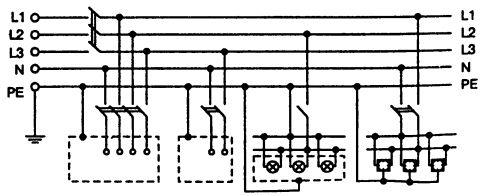


Рис. 5.43. *Система TN-S*

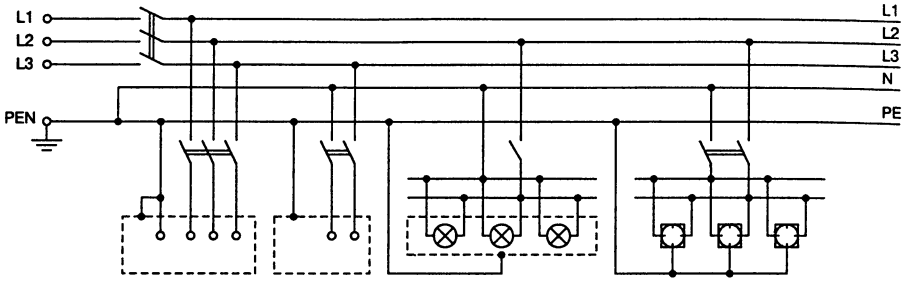


Рис. 5.44. *Система TN-C-S*

При монтаже электроустановок правила предписывают применять для нулевого защитного проводника PE провод с желто-зеленой маркировкой изоляции.

В системе TN-C-S (**рис. 5.44**) во вводном устройстве электроустановки совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник PEN разделен на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники.

В системе TN-C-S нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлен, в то время как нулевой рабочий проводник N не должен иметь соединения с землей.

Наиболее перспективной для нашей страны является система TN-C-S, позволяющая в комплексе с широким внедрением УЗО обеспечить высокий уровень электробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции.

Внимание!
В электроустановках с системами заземления TN-S и TN-C-S электробезопасность потребителя обеспечивается не собственно системами, а устройствами защитного отключения (УЗО), действующими более эффективно в комплексе с этими системами заземления и системой уравнивания потенциалов.

Собственно сами системы заземления (без УЗО) не обеспечивают необходимой безопасности. Например, при пробое изоляции на корпус электроприбора или какого-либо аппарата, при отсутствии УЗО отключение этого потребителя от сети осуществляется устройствами защиты от сверхтоков — автоматическими выключателями или плавкими вставками.

Быстродействие устройств защиты от сверхтоков, **во-первых**, уступает быстродействию УЗО, а, **во-вторых**, зависит от многих факторов — кратности тока короткого замыкания, которая в свою очередь зависит

от сопротивления проводников, переходного сопротивления в месте повреждения изоляции, длины линий, точности калибровки автоматических выключателей и др.

Наличие на объекте металлических корпусов, арматуры и пр., соединенных с PE-проводником, повышает опасность электропоражения, поскольку в этом случае вероятность образования цепи «токоведущий проводник — тело человека — земля» гораздо выше. Только УЗО осуществляет защиту от прямого прикосновения.

Внедрение систем TN-S и TN-C-S в европейских странах, к опыту которых мы вынуждены постоянно обращаться, поскольку там рассматриваемые проблемы решались на два десятилетия раньше, также проходило с большими трудностями. Например, в литературе описан случай, когда электромонтер при подключении одного объекта ошибочно подключил фазу на защитный проводник, что повлекло за собой смертельное поражение нескольких человек.

В плане обеспечения условий электробезопасности при эксплуатации электроустановки серьезной альтернативой вышерассмотренным системам заземления является сравнительно новое, но все более широко применяемое эффективное электрозащитное средство — двойная изоляция.

Достижения химической промышленности в области производства пластиков и керамик, имеющих великолепные механические и электроизоляционные характеристики, позволили значительно расширить ассортимент электробезопасных электроприборов и электроинструментов в исполнении «двойная изоляция», при применении которых тип системы заземления в плане обеспечения условий электробезопасности не имеет значения. Изделия в исполнении «двойная изоляция» маркируются знаком ⧈.

Рассмотрим **систему TT (рис. 5.45)**. Все открытые проводящие части, защищенные одним защитным устройством, должны присоединяться защитным проводником к одному заземляющему устройству. Если несколько защитных устройств установлены последовательно, то это требование применяется отдельно к каждой группе открытых проводящих частей, защищаемой каждым устройством.

Нейтральная точка или, если таковой не существует, фаза питающего генератора, или трансформатора должны быть заземлены. Должно выполняться следующее условие: $R_A I_a = < 50$ В, где R_A — суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника; I_a — ток срабатывания защитного устройства.

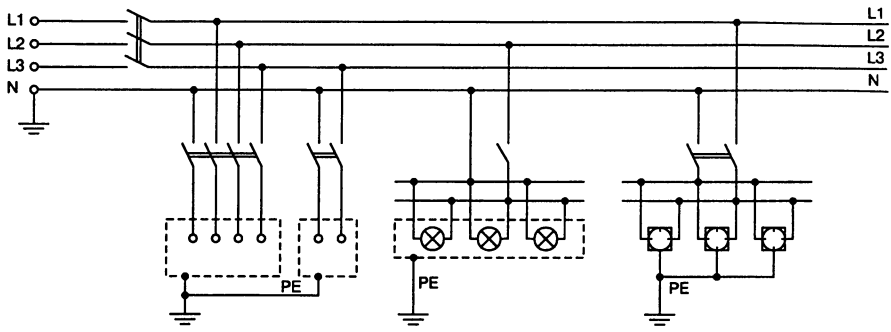


Рис. 5.45. *Система TT*

Если защитное устройство является устройством защитного отключения и реагирует на дифференциальный ток, то под I_a подразумевается уставка защитного устройства по дифференциальному току I_{Dn}.

Если защитное устройство — устройство защиты от сверхтока, то оно должно быть либо устройством с обратно зависимой времятоковой характеристикой и I_a — значение тока, обеспечивающее время срабатывания устройства не более 5 с, либо устройством с отсечкой тока и тогда I_a — уставка по току отсечки.

Системы IT (рис. 5.46), как правило, не должны иметь нулевого рабочего проводника. Однако в случаях применения системы IT с нулевым рабочим проводником необходимо предусматривать устройства обнаружения сверхтока в нулевом проводнике каждой цепи с воздействием на отключение всех проводников соответствующей цепи, находящихся под напряжением, включая нулевой рабочий проводник.

Не требуется выполнения таких мер, если нулевой рабочий проводник надежно защищен от коротких замыканий с помощью устройства, установленного со стороны питания или рассматриваемая цепь защи-

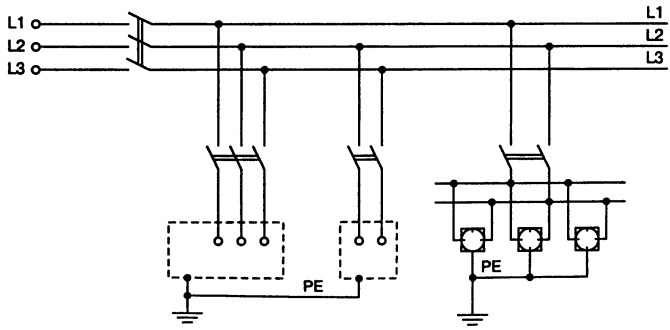


Рис. 5.46. *Система IT*

щена с помощью устройства защитного отключения, реагирующего на дифференциальный остаточный ток с током уставки не более 0,15 максимально допустимого тока нулевого рабочего проводника. Такое устройство должно отключать все находящиеся под напряжением проводники соответствующей цепи, в том числе нулевой рабочий проводник.

Если требуется отключение нулевого рабочего проводника, то он должен отключаться после отключения фазных проводников, а включаться одновременно с фазными проводниками или ранее.

Применение УЗО в системе заземления TN

До настоящего времени большая часть электроустановок в нашей стране работает с системой заземления подобной TN-C. В такой электроустановке при пробое изоляции на корпус электроприемника в случае, если этот корпус не заземлен (например, холодильник или стиральная машина на изолирующем основании), УЗО, включенное в цепь питания электроприемника, не сработает, поскольку нет цепи протекания тока утечки — отсутствует разностный (дифференциальный) ток. При этом на корпусе электроприемника окажется опасный потенциал относительно земли.

В этом случае при прикосновении человека к корпусу электроприемника и протекании через его тело тока на землю, превышающего номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО (ток уставки) — I_{Dn}, УЗО среагирует и отключит электроустановку от сети, в результате жизнь человека будет спасена. Это означает, что в рассмотренном случае с момента нарушения изоляции и возникновения на корпусе электроприемника электрического потенциала до момента отключения дефектной цепи от сети существует период потенциальной опасности поражения электрическим током.

Таким образом, в электроустановках с системой заземления TN-C применение УЗО также оправдано, поскольку это устройство и в таких электроустановках обеспечивает эффективную защиту от электропоражения. Электроустановки с системами заземления TN-S, TN-C-S, TT в данном аспекте обладают значительным преимуществом: в аналогичной ситуации — при пробое изоляции на корпус, УЗО мгновенно отключит электропитание, поскольку все корпуса имеют надежное соединение с защитным проводником.

Подключение защитных проводников PE и уравнивание потенциалов

Следует особо пояснить правила подключения защитного проводника PE. Совмещенный нулевой и рабочий проводник PEN разделяется на нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники во вводном устройстве (**рис. 5.47**).

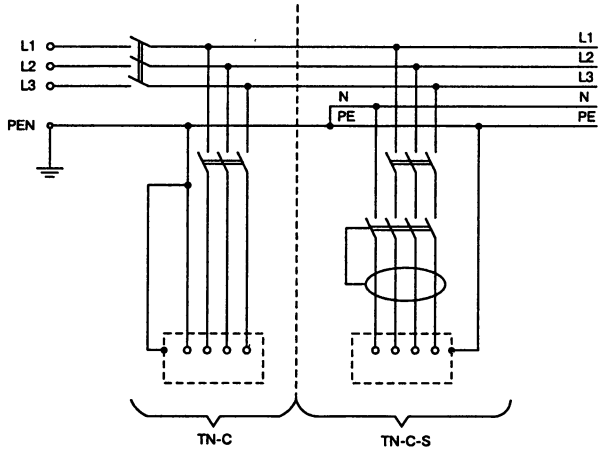


Рис. 5.47. *Выполнение системы заземления TN-C-S*

Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать под общий контактный зажим. Смысл этого требования заключается в необходимости, в целях обеспечения условий электробезопасности, сохранения соединения защитного проводника с заземлением в случае разрушения (выгорания) контактного зажима.

На **рис. 5.48** показаны примеры выполнения этого подключения в этажном или квартирном щитках.

Для обеспечения условий электробезопасности в конкретной электроустановке важное значение имеет система уравнивания потенциа-

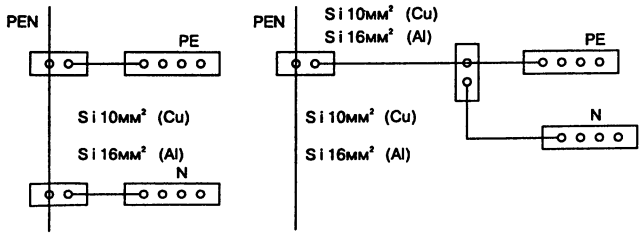


Рис. 5.48. *Примеры выполнения подключения проводников PE и N к PEN*

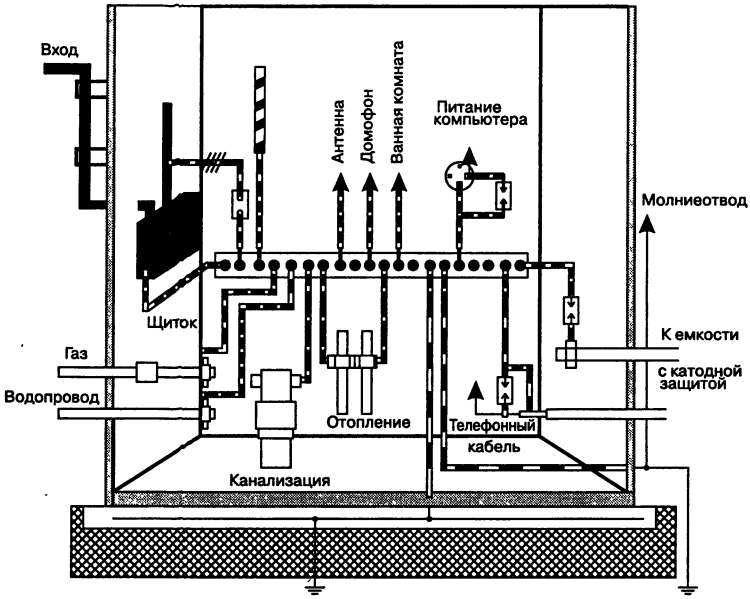


Рис. 5.49. *Пример выполнения системы уравнивания потенциалов*

лов. Правила выполнения системы уравнивания потенциалов определены стандартом МЭК 364-4-41 и ПУЭ (7-е изд.). Эти правила предусматривают подсоединение всех подлежащих заземлению проводников к общей шине (**рис. 5.49**).

Такое решение позволяет избежать протеканию различных непредсказуемых циркулирующих токов в системе заземления, вызывающих возникновение разности потенциалов на отдельных элементах электроустановки.

На **рис. 5.50** приведен пример выполнения системы уравнивания потенциалов в электроустановки жилого дома.

В последнее время, с повышением оснащенности современных жилых домов и производственных зданий различными электроприборами и постоянным развитием их электроустановок, все чаще стали наблюдаться явления ускоренной коррозии трубопроводов систем водоснабжения и отопления. За короткое время — от полугода до двух лет — на трубах как подземной, так и воздушной прокладки образуются точечные свищи, быстро увеличивающиеся в размерах. Причиной ускоренной точечной (питтинговой) коррозии труб в 98% случаев является протекание по ним блуждающих токов.

Применение УЗО в комплексе с правильно выполненной системой уравнивания потенциалов позволяет ограничить и даже исключить про-

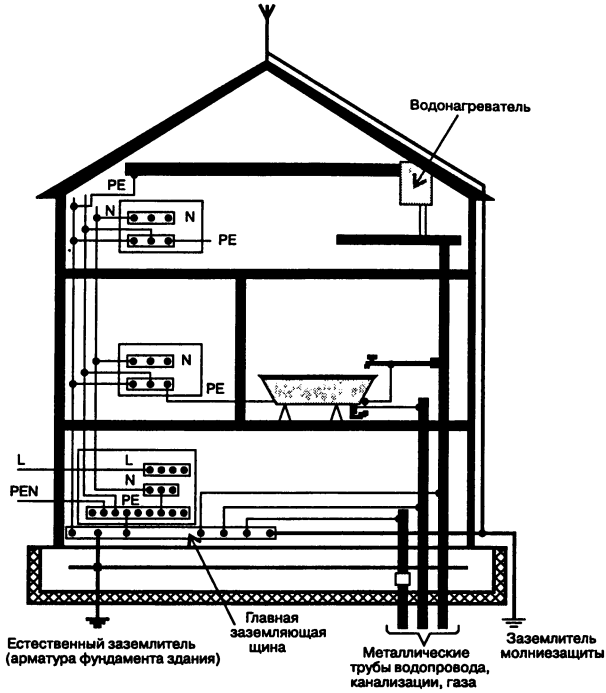


Рис. 5.50. *Пример выполнения системы уравнивания потенциалов электроустановки здания*

текание токов утечки, блуждающих токов по проводящим элементам конструкции здания, в том числе и по трубопроводам.

Анализ причин срабатывания УЗО и алгоритм поиска неисправностей

При срабатывании УЗО необходимо определить вид неисправности в электросети. Порядок действий электрика следующий.

1. Взвести УЗО. Если УЗО взводится, то это значит, что в электроустановке имела место утечка тока на землю, вызванная нестабильным или кратковременным нарушением изоляции. В этом случае необходимо провести общий контроль состояния изоляции. Проверить работоспособность УЗО нажатием кнопки ТЕСТ.
2. Если УЗО взводится и мгновенно срабатывает, то это означает, что либо в электроустановке имеет место дефект изоляции какого-либо электроприемника, электропроводки, монтажных проводников электрощита, либо УЗО неисправно. В этом случае необходимо произвести следующие действия:

3. Отключить все автоматические выключатели групповых цепей, защищаемых УЗО.
4. Если автоматические выключатели однополюсные или трехполюсные и не размыкают нулевые рабочие проводники, то с учетом того, что утечка тока возможна и с нулевого рабочего проводника, для обнаружения дефектной цепи возможно понадобится выполнить отсоединение всех нулевых рабочих проводников от сборной шины.
5. Взвести УЗО.
6. Если УЗО взводится, проверить работоспособность УЗО нажатием кнопки ТЕСТ. Мгновенное отключение УЗО означает, что оно исправно, но в защищаемой цепи имеется утечка тока. Если УЗО не взводится, то это означает, что имеет место неисправность изоляции монтажных проводников электрощита или неисправность УЗО.
7. Последовательно включать автоматические выключатели.
8. Если УЗО срабатывает при включении определенного автоматического выключателя, то это означает, что в цепи данного выключателя имеется повреждение изоляции.
9. Отключить или отсоединить все электроприемники в цепи выключателя, при включении которого сработало УЗО.
10. Взвести УЗО.
11. Если УЗО взводится, то это означает, что неисправность изоляции в каком-то из электроприемников. Если УЗО не взводится при всех отключенных электроприемниках данной цепи, то это означает, что дефектна изоляция электропроводки.
12. Последовательно включать каждый электроприемник данной цепи.
13. УЗО срабатывает при включении определенного электроприемника.
14. Отключить дефектный электроприемник.
15. Подключить все электроприемники (кроме дефектного), взвести УЗО, убедиться, что УЗО не срабатывает. Проверить работоспособность УЗО нажатием кнопки ТЕСТ.

Обзор рынка зарубежных УЗО

Электромеханические УЗО производят ведущие европейские фирмы — SIEMENS, ABB, GE Power, ABL Sursum, Hager, Kopp, AEG, Baco, Legrand, Merlin-Gerin, Circutor и др. Хорошо зарекомендовавшая себя фирма ABB предлагает устройства F360, F370, DS640/DS650, DS652 и DS654. Средняя стоимость этих изделий в магазинах группы фирм ТФС — 90 у.е.

Французская фирма MERLIN-GERIN, входящая в промышленную группу SCHNEIDER, выпускает УЗО DPN N Vigi, Vigi C60, Vigi NC100, C60, NC 100 или NC 125. Их средняя стоимость по прайс-листу ТФС — 85 у. е.

Широкий выбор УЗО предлагает концерн SIEMENS. В его каталогах десятки устройств, разнообразие которых может удовлетворить любые требования покупателей. Наиболее популярная модель — двухполюсное УЗО NFI5SZ3227. Стоимость изделий «Siemens» почти не отличается от аналогов вышеназванных фирм. Французская фирма LEGRAND поставляет в Россию УЗО типа DX/D40, двух- и четырехполюсные. Их стоимость в магазинах группы фирм ТФС — до 90 у.е.

Тут самое время еще раз напомнить, что дать сравнительную характеристику устройствам защитного отключения, поставляемым на российский рынок, так же невозможно, как составить «табель о рангах» производителей и поставщиков этих устройств в Россию. Хотите увидеть соответствие покупаемого УЗО или дифференциального автомата требуемым параметрам? Соотнесите характеристики вашего прибора с аналогичными для УЗО-2000 и для АСТРО*УЗО. Если импортные аналоги им уступают, купите отечественные изделия. По возможности, советуйтесь со специалистами. Что касается качества и надежности устройств, тут можно положиться на репутацию их производителей и продавцов. Предпочтение следует отдавать специализированным магазинам и электротехническим торговым домам.

Обзор отечественного рынка УЗО

В настоящее время в России для производителей устройств защитного отключения наступили благодатные времена. И прежде всего потому, что разработаны и приняты нормативные документы и правила по их установке. И на российском рынке электротехнического оборудования широко представлены УЗО как зарубежных, так и отечественных производителей. Причем потребителям предлагается как продукция очень высокого класса европейского производства, так и просто качественная европейская продукция, отвечающая европейским стандартам.

На отечественном рынке представлены УЗО таких мировых лидеров, как ABB, SIEMENS, Moeller, Merlin-Gerin. Свой сегмент рынка занимает и продукция производителей из Турции, Южной Кореи и Китая, устройства которых имеют более скромные качественные показатели.

Самые качественные устройства защитного отключения полностью изготавливаются из металла, такую продукцию продолжают выпускать в Германии. Но вообще у производителей во всем мире наметилась тен-

денция замены отдельных наименее важных деталей на пластмассовые. Но здесь важно подчеркнуть, что используемые в производстве УЗО пластмассы должны полностью отвечать всем технологическим требованиям. Даже корпуса УЗО делаются из специальных пластмасс, которые обладают повышенной твердостью, термостойкостью, не должны гореть и плавиться от высоких температур.

В России уже более десятка отечественных электротехнических предприятий наладили производство устройств защитного отключения. Спрос подстегивает производителей. Но большинство из них выпускают электронные УЗО. Что вполне объяснимо. Для создания производства всех необходимых комплектующих (а их около 50) из металла и высококачественных пластмасс (корпус устройства) необходимы солидные инвестиции.

Помимо этого, одним из основных узлов электромеханического УЗО является сердечник, выполненный из специального материала — аморфного железа вакуумной плавки. Это самая дорогостоящая деталь в устройстве. В Европе такие сердечники выпускают всего два завода. В России подобные сердечники, по нашим данным, не выпускаются. Чтобы развернуть их производство опять-таки требуются вложения. А в электронных УЗО для сердечников может использоваться менее качественная сталь, усиление сигнала в них достигается за счет электроники.

Из российских предприятий производство электромеханических УЗО освоили курский ОАО «Электроаппарат» и «Московский завод электроизмерительных приборов». Разворачивает свое производство электромеханических УЗО «Чебоксарский электроаппаратный завод», при этом в традиционное устройство защитного отключения чебоксарские электротехники внесли ряд новшеств, которые значительно расширяют сферу его использования.

Кроме крупных электротехнических заводов в России в настоящее время существуют небольшие предприятия, которые успешно осваивают производство современной электротехнической продукции. Так, например, **ЗАО «АСТРО-УЗО»**, которое наладило выпуск, а точнее сборку высококачественных электромеханических устройств защитного отключения из комплектующих зарубежного производства. Помимо сборки на предприятии на специальном оборудовании производится полный комплекс работ по регулировке и настройке УЗО, что позволяет изготавливать изделия, соответствующие европейским стандартам. Приведем примеры УЗО, представленные на российском рынке, отвечающих требованиям Госстандарта и Главгосэнергонадзора (по материалам журнала *«Идеи Вашего дома»*).

Ставропольский завод СИГНАЛ производит электронное «УЗО-20». По сведениям МНИИТЭП пять лет назад в Москве было установлено около 45000 устройств этой модели. Следует иметь в виду, что они получили многочисленные нарекания специалистов и пользователей из-за многочисленных отказов в работе. Стоимость УЗО-20 — одна из самых низких, для электрозащитных изделий данного типа.

ОАО ТЕХНОПАРК-ЦЕНТР производит по австрийской лицензии электромеханическое устройство АСТРО*УЗО. Оно разрешено для применения в жилых, общественных и производственных зданиях, имеет сертификат соответствия. АСТРО*УЗО сохраняет работоспособность при любых колебаниях и даже при отсутствии напряжения в сети, например, при обрыве нулевого или фазного проводников.

Семейство АСТРО*УЗО насчитывает 9 модификаций, отличающихся друг от друга количеством полюсов (двух- и четырехполюсные), параметрами номинального тока (16, 25, 40 и 63 А) и номинального отключающего тока (30 и 100 мА). Срок службы АСТРО*УЗО — не менее 10 лет, ресурс — 4 000 электрических и 10 000 механических циклов.

В **ОАО «НИИ Проектэлектромонтаж»**, на основе обобщения многолетнего опыта работы института в области электробезопасности, разработано и производится электронное УЗО-2000. Выпускается в комбинации с автоматическим выключателем.

Устройство защитного отключения УЗО01

Применяется в низковольтных электрических сетях бытового и промышленного назначения для защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования или при контакте с открытыми токопроводящими частями электроустановок, а также для предотвращения возгораний, возникающих вследствие протекания токов утечки и замыканий на землю. Они функционируют при любых колебаниях напряжения в сети и даже при его отсутствии, например, при обрыве нулевого или фазного проводников.

УЗО01 предназначено для работы в сети, где защитный проводник «земля» и рабочий «ноль» разделены. Эти электромеханические устройства могут работать и в двухпроводных сетях. Но в таких случаях перед УЗО в цепь должно подключаться заземление.

Основные параметры:

Количество полюсов 2, 4

Номинальное напряжение U_n, В 240/415

Частота, Гц 50
Номинальный отключающий
дифференциальный ток (уставка) I_n, мА 10, 30, 100, 300
Номинальный неотключающий дифференциальный ток I_{no}, мА ..... $0{,}5I^n$
Номинальная включающая и отключающая способность I_m, А 1500
Номинальный условный ток короткого замыкания (КЗ) I_{nc}, А 3000
Время отключения (срабатывания) при I_n, не более, с 0,05
Номинальный ток нагрузки I_n, А:
2-полюсное 16, 25, 32, 40, 63, 80, 100
4-полюсное 16, 25, 32, 40, 63, 80

Механическая износостойкость:
Механических циклов, не менее 10000
Коммутационная износостойкостьэлектрических циклов, не менее 2500
Сечение подключаемого провода, мм^2 ..... 1—35
Степень защиты IP20
Функциональное исполнение ..... AC*

* — данное исполнение означает, что УЗО реагирует на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно нарастающий (ГОСТ Р 50807-95).

Конструкция. УЗО01 — электромеханическое устройство, не имеющее собственного потребления энергии, состоит из следующих частей: дифференциальный трансформатор тока (ДТТ), электромагнитный расцепитель на постоянном магните, механизм свободного расцепления, пятипластинчатые дугогасительные камеры, комбинированные зажимы из посеребренной меди и анодированной стали, рукоятка управления ВКЛ-ВЫКЛ и т. д. Прибор оборудован кнопкой ТЕСТ для периодической проверки работоспособности.

Все узлы УЗО заключены в корпус, изготовленный из негорючей пластмассы. УЗО-01 имеет возможность соединения с автоматическими выключателями ВА102 ДЭК с помощью U-образной контактной шины.

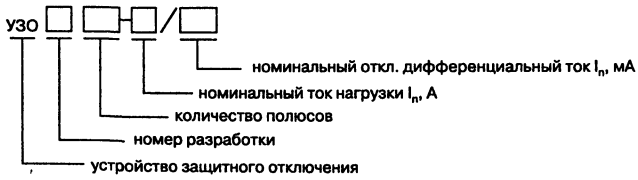


Рис. 5.51. *Структура условного обозначения*

5.6. Ресурсы сети Интернет

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Автономные пожарные извещатели	ООО «Берег-пс» (г. Москва)	http://www.beregps.ru
Блоки грозозащиты	Промышленная группа «Мида» (г. Ульяновск)	http://midaus.com
Высоковольтное защитное оборудование	ООО «Разряд» (г. С-Петербург)	http://www.razrad.sp.rr
Грозозащита, защита от перенапряжений	ЗАО «Хакель-Рос» (г. С-Петербург)	http://hakel.ru
Грозозащита, защита от перенапряжений	Компания «Антанта» (г. Ростов-на-Дону)	http://www.antanta-group.com
Заземление, грозозащита	ЗАО «Тезиз» (г. С-Петербург)	http://www.teziz.ru/
Молниезащита	ООО «Электра» (г. Москва)	http://www.elekmos.ru
Пожарная автоматика и оборудование	ЗАО Научно-производственная компания «Эталон» (г. Волгодонск)	http://www.etalon.inc.ru
Пожарная безопасность	ООО «Балта» (г. С-Петербург)	http://www.balta.info
Представитель крупнейшего мирового производителя систем молниезащиты Citel	Компания «Яхонт», ООО (Луганская обл.)	http://www.yahont.com.ua
Продажа резинотехнических изделий и средств защиты	ЧП «Электрокомплект» (г. Симферополь)	http://electrokomplect.com.ua
Продажа средств электрической защиты	Технологическая группа «Экипаж» (г. Харьков)	http://ekipage.com
Проектирование внутренних и внешних электрических сетей, пожарная безопасность	ООО «Апекс» (г. С-Петербург)	http://www.apexspb.ru
Производство диэлектрической продукции	Компания «Эластомет» (г. Москва)	http://www.elasto.ru
Производство переносных заземлений	ООО «Элприм» (г. Москва)	http://www.elprim.narod.ru
Производство УЗО и средств контроля изоляции	ЗАО «Астра-УЗО» (г. Москва)	http://www.uzo.ru
Средства пожарной безопасности	ООО «Акцент СБ» (г. Москва)	http://www.akcentsb.ru/

ГЛАВА 6

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ, ДИАГНОСТИКА, РЕМОНТ

6.1. Электромонтажные работы и обслуживание электропроводки

6.1.1. Рекомендации по проведению монтажных работ

Электрическая проводка

Электрическая проводка состоит из проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями.

Внутренняя электрическая проводка может быть:

- **открытой**, проложенной по поверхности стен и потолков;
- **скрытой**, проложенной внутри строительных конструкций зданий и сооружений, а также под слоем штукатурки.

Выбор вида и способа прокладки электрической проводки определяется проектом, учитывающим, в первую очередь, требования электробезопасности. При выборе проводов учитывают условия, для которых предназначены провода.

По степени опасности поражения электрическим током все помещения делят на три группы:

- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения;
- помещения без повышенной опасности.

Помещения **по условиям среды** делят:

- **сухие** — отапливаемые помещения, где относительная влажность не превышает 60%;
- **влажные** — сухие неотапливаемые помещения (лестничные клетки) или помещения, в которых пары выделяются лишь временно в небольших количествах, а относительная влажность в пределах 60—75%, например, столовые;
- **пыльные** — помещения, в которых выделяемая пыль может оседать на проводах, проникать внутрь электроприборов, например, склады цемента;
- **сырые** — помещения, где относительная влажность длительно превышает 75%, например, овощехранилища, кухни общественных столовых, туалеты;
- **особо сырые** — помещения с относительной влажностью воздуха 100%, а потолок, стены, полы и предметы покрыты влагой, например, моечные, теплицы, парники, наружные установки под навесом;
- **помещения с химически активной средой** — склады минеральных удобрений, ядохимикатов;
- **пожароопасные** — склады минеральных масел, деревообрабатывающие цеха и мастерские, библиотеки;
- **взрывоопасные** — аккумуляторные, хранилища нефтепродуктов.

Выбор вида и способа прокладки электропроводки

Выбор вида и способа прокладки определяют в зависимости от условий надежности, долговечности, безопасности, гигиеничности, а также из эстетических соображений. С учетом этих положений в цехах промышленных предприятий и во вспомогательных помещениях жилых и общественных зданий применяют преимущественно открытые виды электрической проводки с прокладкой проводов и кабелей на тросах, изоляторах, роликах непосредственно по поверхности стен и потолков, а также открыто в стальных тонкостенных, винипластовых и других трубах, на лотках и в коробах.

Во вновь строящихся жилых и общественных зданиях, в школах, административных зданиях, к которым предъявляются повышенные гигиенические и эстетические требования, применяют преимущественно скрытые виды электрической проводки.

При подборе проводов или кабелей для электроустановок необходимо выбрать не только провод или кабель подходящей марки, но и необхо-

димую площадь сечения токоведущих жил. Площадь сечения проводов и кабелей должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы рабочий ток не создавал перегрева проводов, была обеспечена достаточная механическая прочность электрической проводки и обеспечивался требуемый уровень напряжения у электроприемников.

Подготовительные работы

Монтаж внутренней проводки условно делят на две стадии:

- **подготовительную**, во время которой выполняют разметочные и заготовительные работы;
- **основную**, во время которой прокладывают провода и делают все необходимые соединения.

К подготовительным работам относятся:

- ознакомление с рабочими чертежами проекта электроустановки и монтажными схемами;
- разметка мест установки электрооборудования, светильников, арматуры, коммутационных аппаратов, электрических щитков и линий прокладки проводов;
- выполнение в строительных основаниях отверстий и гнезд;
- сверление проходов через стены и другие элементы строительных конструкций, изготовление борозд (штрабов) для скрытой проводки;
- установка крепежных деталей, предназначенных для закрепления на них оборудования (закладных и гвоздевых дюбелей);
- установка и закрепление электрооборудования щитков, коммутирующих аппаратов, осветительных приборов.

Разметка

Разметка является ответственным видом подготовительных электромонтажных работ. Этапы разметки:

- **определение точек закрепления** светильников, выключателей, штепсельных розеток;
- **разметка трассы** электропроводки, начиная от группового щитка.

Одиночные светильники размещают в центре потолка. Если светильников несколько, их располагают на пересечении диагоналей одинаковых прямоугольников, на которые разбивают площадь потолка. В некоторых случаях разметку производят на полу, перенося затем точки подвеса светильников с пола на потолок с помощью отвесов.

Пример.
Нужно установить один светильник в центре помещения. На полу из противоположных углов натягивают по диагонали два шнура. Точку их пересечения на полу намечают мелом. Затем при помощи отвеса переносят эту точку на потолок. Линии при разметке рекомендуется наносить мелом, углем или карандашом. При больших длинах разметочных линий их отбивают разметочным шнуром, окрашенным синькой, сухой охрой или другими красящими веществами.

Незащищенную открытую проводку, рассчитанную на напряжение выше 42 В, располагают на высоте не менее 2 м в помещениях без повышенной опасности и не менее 2,5 м в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных. **Открытую проводку** на напряжение до 42 В в любых помещениях прокладывают на высоте не ниже 2 м. Высота прокладки **защищенных проводов, кабелей и проводов в трубах**, металлорукавах не нормируется.

Выключатели, устанавливаемые у входа в помещение (внутри или вне его), размещают обычно так, чтобы их не закрывала открывающаяся дверь. Ставят выключатели на высоте 1,5 м от пола. В детских учреждениях и в помещениях для пребывания детей выключатели устанавливают на высоте 1,8 м от пола, а **штепсельные розетки** — 1,5 м от пола. В обычных помещениях штепсельные розетки устанавливают на высоте 0,8—1,0 м от пола, в удалении от заземленных частей (трубопроводов, плиток, раковин) на расстоянии не менее 0,5 м.

При открытой электропроводке размечают места установки **подрозетников**, на которых в дальнейшем будут крепиться выключатели или штепсельные розетки защищенного исполнения.

При установке выключателей и штепсельных розеток **скрытого исполнения** размечают места размещения **коробок** диаметром 70 мм.

Пробивные работы

Пробивные работы являются наиболее трудоемкими. Содержание работ включает выполнение в строительных конструкциях отверстий:

- под закладные детали;
- под гнезда и ниши для осветительных и установочных коробок, групповых щитков;
- для проходов трасс сквозь стены и перекрытия.

В современном строительстве принимают необходимые меры для того, чтобы все эти работы выполнялись в заводских условиях в процессе изготовления соответствующих строительных конструкций. Однако остается еще много случаев, когда все-таки приходится выполнять их на месте. В этих случаях применяют различные средства механизации:

- для получения отверстий используют ударные дрели со сверлами, снабженными на режущих кромках твердосплавными пластинками, и перфораторы;
- для создания борозд используют механизмы, рабочим инструментом которых служит фреза, прорезающая борозду глубиной 20 мм и шириной 6—8 мм.

Применяют при выполнении вышеуказанных работ и **ручные инструменты**. Так, для изготовления гнезд и борозд используют **зубило** или **скарпель** с твердосплавной напайкой, для ручной пробивки отверстий небольшого диаметра — **пробойники** типов ПО-1 (диаметром 4,8 мм) и ПО-2 (диаметром 7,8 мм). Для удобства работы пробойники вставляют в предохранительную оправку ОПКМ.

Крепления электромонтажных изделий к строительным конструкциям

Для крепления электромонтажных изделий к строительным конструкциям из бетона или кирпича используют **закладные дюбеля**. Наиболее просты, дешевы и удобны в применении **капроновые дюбеля** (**рис. 6.1**), состоящие из пластмассового корпуса и стального шурупа с шайбой. Длина корпуса (у разных типов) составляет 25—80 мм, диаметр 6—20 мм. Он слегка сужен к одному концу и вдоль своей оси имеет разрез, не доходящий до широкого конца. Вдоль оси у дюбеля имеется сквозное отверстие под шуруп. Для установки дюбеля в кирпичном или бетонном основании делают отверстие так, чтобы дюбель плотно входил в него. При завертывании крепежного шурупа в дюбель создается распор, прочно удерживающий его в отверстии.

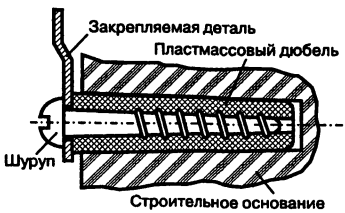


Рис. 6.1. *Крепление капроновым дюбелем*

Вместо дюбелей иногда применяют **заменители**. Кусок пластмассовой трубки надрезают вдоль, свертывают и вставляют в отверстие, затем ввинчивают шуруп. Он распирает полученную таким образом гильзу, и она прочно закрепляется в основании.

Находят применение также **стальные гвоздевые дюбеля**. Их изготовляют из качественных конструкционных сталей и подвергают термической обработке, придающей им высокую прочность. Эти дюбеля можно забивать в прочные строительные основания, пользуясь специальными **оправками** (**рис. 6.2**). Такие дюбеля применяют, в частности, при прокладке проводов и кабелей с применением крепежных изделий.

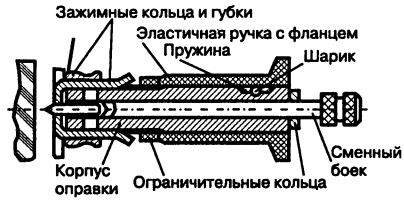


Рис. 6.2. *Оправка ОД-6 с зажатым дюбелем для ручной забивки*

Установочные изделия, а также ролики нередко крепят к кирпичным и бетонным стенам с помощью **проволочной спирали** и **алебастра**. В этом случае спираль делают из мягкой проволоки, накручивая ее на шуруп так, чтобы он легко ввинчивался в спираль и вывинчивался из нее и, кроме того, чтобы снаружи оставались выступающие части. Алебастр разводят до густоты сметаны. Пробитое отверстие, освобожденное от пыли и слегка увлажненное, заполняют разведенным алебастром и в него вдавливают спираль с полностью ввинченным в нее шурупом. Через несколько минут, когда алебастр застынет, шуруп можно вывинчивать и крепить изделие.

Крепление установочных изделий

При выполнении подготовительных работ крепят установочные изделия: выключатели и переключатели; штепсельные розетки; потолочные и настенные патроны для ламп; ответвительные коробки для соединения и ответвления проводов при скрытой электропроводке.

Установочные (для выключателей и штепсельных розеток) и ответвительные коробки помещают в предварительно подготовленные **гнезда** так, чтобы их лицевые крышки находились в плоскости оштукатуренных стен. Крепление коробок в гнездах производят **алебастровым раствором**.

Коробки для установки выключателей, переключателей и штепсельных розеток при скрытой электропроводке изготовляют в большинстве своем из стали. На коробках сделаны надрубы для ввода проводов. **Надрубы**, которые соответствуют направлению трассы, перед установкой коробки в гнездо удаляют.

В корпусах ответвительных коробок, служащих для соединения и ответвления проводов для скрытой проводки, имеются тонкие участки,

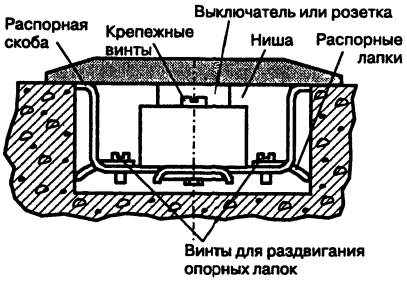


Рис. 6.3. *Крепление розетки с помощью распорной скобы*

предназначенные **для ввода проводов**. При электромонтаже эти участки удаляют.

Выключатели, штепсельные розетки крепят в установочных коробках или в специальных гнездах с помощью **распорных лапок** (**рис. 6.3**). Для этого штепсельную розетку или выключатель привинчивают к **распорной скобе**, которую вместе с корпусом выключателя устанавливают в предназначенном для выключателя гнезде. При этом распорные лапки должны упираться в стенки и хорошо держаться. Винты служат для раздвигания распорных лапок.

При выполнении открытой проводки штепсельные розетки, выключатели, переключатели, настенные и потолочные патроны привинчивают двумя шурупами к деревянным подрозетникам диаметром, немного превосходящим диаметр изделия. **Деревянную розетку** крепят к кирпичным и бетонным стенам с помощью пластмассовых дюбелей или, что хуже, с помощью деревянных колышков, забитых в подготовленные для них гнезда, о чем говорилось выше.

На подготовительной стадии электромонтажных заготовок готовят также **комплектные линии** осветительной проводки с применением изделий и узлов заводского изготовления. Для этого по проекту:

- определяют количество типовых помещений;
- на каждый тип помещения или квартиры в целом составляют **развернутую схему проводки** с указанием на ней всех размеров магистралей и ответвлений с учетом запаса проводов для соединений и подсоединения к приборам.

По схеме рассчитывают **раскрой проводов**, после чего собирают схему всей проводки в соответствии с количеством помещений каждого типа. Затем схему электропроводки проверяют («прозванивают»), сваривают или спрессовывают и изолируют все соединения и ответвления проводов. Заготовленную электропроводку сматывают в бухты и маркируют по типам помещений.

Под термином **«прозванивают»** понимают проверку целостности жил (цепей) и отсутствия их замыкания между собой или на землю. Происхождение термина «прозванивать» связано с тем, что первоначально для выполнения таких проверок применяли электрические звонки, зуммеры и т. п., которые включали в цепь, содержащую прове-

ряемый проводник, источник тока и прибор-индикатор, а они сигнализировали о наличии тока в цепи, т. е. о ее целостности.

Монтаж заготовленной электропроводки в помещениях (это относится уже к основным работам) сводится к прокладке и креплению проводов и ответвительных коробок, сборке соединений отдельных участков схемы и подсоединению к щиткам и светильникам. Такая последовательность электромонтажных работ позволяет большую часть их выполнять в удобных стационарных условиях, что увеличивает производительность труда и повышает качество электромонтажных работ. Основные работы сводятся к тому, что:

- отмеряют, отрезают, правят, прокладывают и крепят провода;
- проверяют правильность монтажа и соответствие его проекту электроустановки;
- проверяют работу электроустановки под напряжением и сдают ее в эксплуатацию.

Монтаж открытой электропроводки с применением крепежных изделий или изолирующих опор

Проводка внутри зданий может быть выполнена:

- **открыто** — по поверхности стен, потолков (применяют, в основном, в производственных помещениях);
- **скрыто** — в стенах, перекрытиях, полу (применяют в общественных зданиях и жилых домах).

Открытую прокладку проводов производят:

- с применением крепежных изделий (пластмассовых закреп-пряжек, закреп-кнопок, металлических полосок) для крепления проводов и кабелей к строительным конструкциям;
- на изолирующих опорах (роликах, изоляторах).

Выбор способа крепления электропроводки определяется проектом и зависит:

- от строительных и конструктивных особенностей здания;
- от типа провода;
- от категории помещения;
- от условий эксплуатации.

В качестве электропроводки **внутри здания** применяют:

- изолированные провода;
- небронированные кабели.

В осветительных сетях открытую проводку чаще всего осуществляют с помощью плоских проводов, имеющих разделительное основание. Их крепят к поверхностям с помощью гвоздей. Однако в ряде случаев такая проводка оказывается неприемлемой:

- не допускается открытая прокладка плоских проводов в пожароопасных помещениях и на чердаках;
- не допускается открытая и скрытая проводка во взрывоопасных, особо сырых помещениях и в помещениях с активной агрессивной средой, а также по деревянным основаниям в детских и лечебных учреждениях, зрелищных предприятиях.

Во всех перечисленных случаях, в силовых сетях применяют соответствующие этим условиям марки проводов и кабелей. Крепление их к строительным основаниям осуществляют с применением **крепежных средств**.

Укрепляют провода металлическими **скобами**:

- с одной лапкой на горизонтальных участках (при этом лапки скоб располагают ниже провода или кабеля);
- с двумя лапками при вертикальной прокладке по стенам, потолкам, при прокладке проводов и кабелей пучками, а также на поворотах и у вводов (**рис. 6.4**).

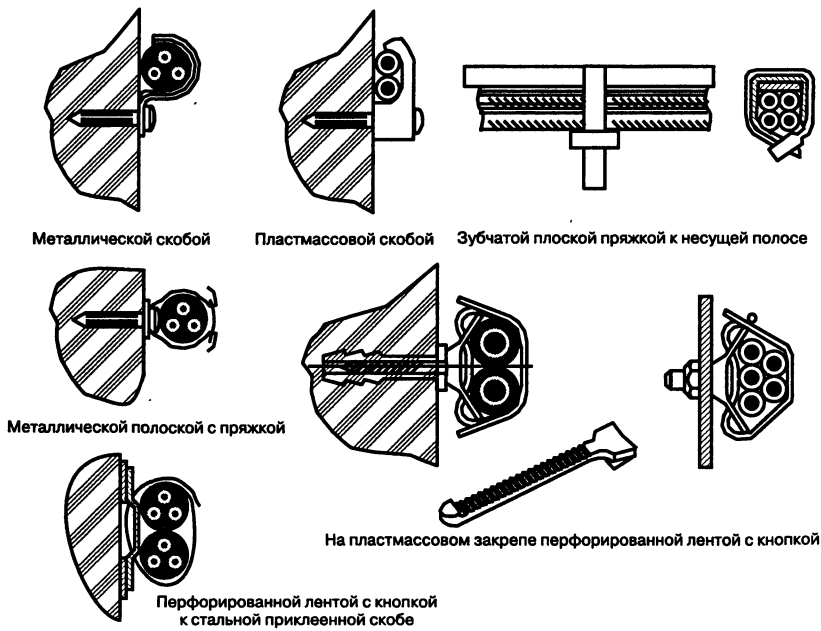


Рис. 6.4. *Примеры крепления небронированных проводов и кабелей*

Для крепления некоторых видов проводов и кабелей сечением до 6 мм^2 используют **полиэтиленовые скобы**. В строительное основание вбивают дюбеля-гвозди так, чтобы между головкой дюбеля и основанием оставалось расстояние 5—7 мм. В нижней части скобы сделана прорезь, предназначенная для надевания скобы на выступающую часть гвоздя. При нажатии на скобу она как бы защелкивается вокруг дюбеля. Окончательную установку скобы осуществляют легкими ударами молотка по дюбелю.

Крепление металлических и пластмассовых (кроме полиэтиленовых) крепежных деталей к бетонным, железобетонным, керамическим, асбоцементным, стеклянным строительным основаниям выполняют с помощью клея **БМК-5К**. Для этой цели применяют пластмассовые **закреп-кнопки** и **закреп-пряжки** с рифленой опорной поверхностью, увеличивающей прочность крепления.

В производственных помещениях провода и кабели нередко крепят скобами или пряжками к несущим струнам или лентам, которые натягивают вплотную к стене (**рис. 6.4**). В качестве несущей струны применяют оцинкованную проволоку диаметром 2—4 мм.

Места установки опорных конструкций и крепежных деталей размечают в следующей последовательности:

- у коробок;
- у электроприемников;
- на поворотах;
- у проходов через стены;
- в точках промежуточных креплений.

Места установки крепежных деталей, поддерживающих или закрепляющих провода и кабели, располагают вдоль трассы на одинаковых расстояниях. Максимальные расстояния между точками крепления открытой осветительной электропроводки защищенными проводами и кабелями сечением жилы до 4 мм^2 составляет:

- не более 0,5 м при горизонтальной прокладке;
- не более 1,0 м при вертикальной прокладке.

Электропроводку на изоляторах применяют в промышленных сооружениях и помещениях сельскохозяйственного назначения. В непроизводственных помещениях открытую проводку на роликах и изоляторах выполняют в подвалах, душевых, на чердаках, снаружи по стенам зданий, под навесами.

Незащищенные изолированные провода на роликах и изоляторах в помещениях без повышенной опасности прокладывают на высоте не

менее 2 м от уровня пола. Это требование не распространяется на спуски к выключателям и розеткам.

При проходе через стены изолированные провода прокладывают в неразрезанных изоляционных полутвердых трубках, которые должны быть:

- оконцованы в сухих помещениях изолирующими втулками;
- в сырых и при выходе наружу оконцованы воронками.

При проходе из одного сухого помещения в другое такое же помещение допускается прокладывать провода в общей изоляционной трубке, а при проходах из сухого помещения в сырое каждый провод прокладывают в отдельной изоляционной трубке, а концевые воронки заливают изолирующим составом.

В настоящее время проводку шнурами и проводами на роликах применяют очень редко. На роликах прокладывают провода марок **ПР, АПР, ПРВ, АПРВ, ПВ, АПВ, ПРД**. В сельской местности разрешается прокладывать на роликах и плоские провода марок **ППВ, АППВ**.

Монтаж электропроводки плоскими проводами

Плоские провода прокладывают открыто или скрыто. Способ прокладки определяется:

- видом строительного основания (т. е. материалом стен и перегородок);
- наличием или отсутствием у провода разделительного основания;
- изоляцией проводов (если провод покрыт изоляцией без красителя, прозрачной, несветостойкой, его нельзя прокладывать открыто).

Открытую прокладку выполняют по стенам и перегородкам из любого материала, покрытого штукатуркой. Провод, имеющий разделительное основание, прибивают гвоздями с малой шляпкой через каждые 2—4 м. Строительным основанием могут быть также стены и перегородки из несгораемого материала, покрытые обоями. Прокладку этим проводом ведут поверх обоев, верхнюю горизонтальную проводку — выше обоев. При открытой прокладке по деревянной стене под провод надо подкладывать по всей длине полоску асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающую по обе стороны провода не менее чем на 5 мм. Забивать гвозди следует осторожно, пользуясь оправкой, чтобы не повредить изоляцию.

Кроме крепления гвоздями, провода приклеивают специальным клеем или прикрепляют пластмассовыми или резиновыми скобами.

Трассы проводок рекомендуется проводить по архитектурным линиям помещений (вдоль карнизов, плинтусов — на расстоянии не менее 20 мм от плинтуса).

Скрытую под штукатуркой прокладку выполняют в специальных бороздах и без них по кирпичным и бетонным основаниям. Провод закрепляют («примораживают») строительным гипсом (алебастром).

Если строительным основанием являются деревянные стены и перегородки, покрываемые мокрой штукатуркой, то провод прокладывают по слою листового асбеста толщиной не менее 5 мм. Асбест или намет алебастра кладут либо поверх дранки, либо в борозду, вырезанную в дранке. Асбест или намет алебастрового раствора должен выступать по обе стороны провода на менее чем на 5 мм. Провод в этом случае также закрепляют алебастром. Не допускается крепление скрытой проводки гвоздями.

По деревянным стенам и перегородкам, покрываемым сухой гипсовой штукатуркой, провод прокладывают либо в сплошном слое алебастрового намета, либо между двумя слоями листового асбеста, выступающего с каждой стороны не менее чем на 5 мм.

Плоскими проводами выполняют проводку в перекрытиях из несгораемых плит — в бороздах, зазорах между плитами с заделкой их алебастровым раствором, в каналах пустотелых железобетонных плит, поверх плит перекрытия в слое алебастрового или цементного намета.

Если плоские провода проходят рядом друг с другом, то они не должны соприкасаться, между ними необходимо оставлять просветы. При пересечении проводов один из них (верхний) дополнительно изолируют тремя-четырьмя слоями изоляционной ленты.

При изгибе проводов на ребро (поворот трассы) в месте изгиба следует вырезать пленку разделителя между жилами на участке 40—60 мм и отвести одну жилу от вершины угла. Это исключит соприкосновение жил.

Параллельная прокладка, пересечение и изгибание проводов, имеющих разделительное основание, показаны на **рис. 6.5**.

В местах ввода проводов в выключатели, штепсельные розетки, ответвительные коробки разделительную пленку удаляют, а участки, где проводники могут соприкасаться, изолируют дополнительно.

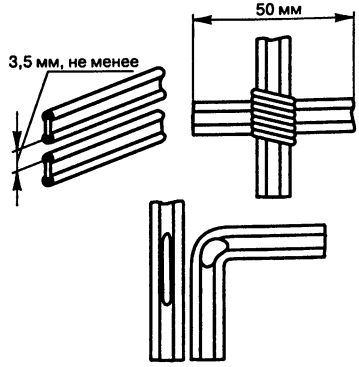


Рис. 6.5. *Варианты прокладки плоских проводов*

Соединение плоских проводов выполняют только в ответвительных пластмассовых или металлических коробках. Причем металлические коробки внутри имеют обкладку из изолирующего материала. В некоторых случаях для этой цели используют ниши в стеновых панелях, закрываемые специальными крышками. Для протяжки проводов и разветвления их при скрытых электропроводках применяют ответвительные стальные коробки:

- У197 (высота 46 мм, диаметр 77 мм);
- У198 (высота 45 мм, диаметр 100 мм).

Для протягивания проводов и разветвления их при открытой и скрытой электропроводке сечением до 4 мм^2 применяют ответвительные пластмассовые коробки:

- У191М (высота 20,5 мм, диаметр 96 мм);
- У192М (высота 35,5 мм, диаметр 96 мм);
- У194М (высота 20 мм, диаметр 70 мм);
- У195М (высота 35 мм, диаметр 70 мм).

Для ввода в коробку у проводов вырезают разделительное основание по длине 100 мм. Вводят провода в коробку либо через специальное отверстие, либо удаляя в стенках коробки специально для этого предназначенные более тонкие участки, называемые подпрессовками.

В коробках без зажимов для соединений проводов применяют пайку, сварку или опрессовку. Места соединений изолируют с помощью изоляционной ленты. Для изоляции мест соединения проводов сечением до 4 мм^2 применяют также пластмассовые колпачки (длина 45 мм, диаметр в зависимости от марки — 9, 12 или 15 мм).

В тех случаях, когда сварку и опрессовку по какой-либо причине выполнить нельзя, применяют ответвительные коробки с зажимами. Для удобства монтажа зажимы расположены на выемной шайбе.

Внимание!

При соединении алюминиевых проводов будьте внимательны. Алюминий под давлением «течет», вследствие чего контакт ухудшается. Поэтому к зажимам для алюминиевых проводов предъявляются особые требования: постоянный нажим и предотвращение выдавливания провода из зажима. Болтовое контактное соединение, применяемое в этих случаях, показано на ***рис. 6.6****. На кольцо провода надевают звездочку (или скобу). Звездочка (скоба) не дает кольцу раздаваться в стороны. Шайбы гровера пружинят, поддерживая давление винта постоянным.*

Зажимы установочных изделий, выпускаемых в настоящее время, приспособлены для присоединения алюминиевых проводов.

Прогрессивным способом соединения жил проводов является опрессовка. Она позволяет получить надежный электрический контакт, обладающий в то же время и достаточной механической прочностью. Место соединения проводов при опрессовке заключают в металлическую гильзу и сжимают с помощью пресс-клещей. В зависимости от сечения жил применяют механические или ручные пресс-клещи (например, ПК-3У1, предназначенные для ручной опрессовки).

Широко применяют также монтажные гидравлические клещи ГКМ с набором сменных матриц (**рис. 6.7, *а,в***). Деформация гильзы и жил проводов между матрицей и пуансоном показана на **рис. 6.7, *б***.

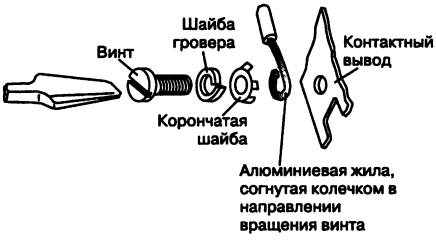


Рис. 6.6. *Устройство винтового зажима*

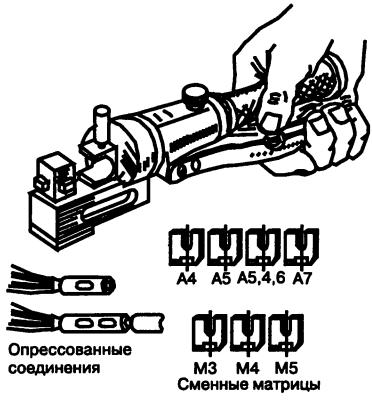


Рис. 6.7. *Применение пресс-клещей ГКМ*

Соединение и оконцевание проводов опрессовкой

1. Снимите изоляцию с концов проводов.
2. Зачистите оголенные участки жил наждачной бумагой под слоем вазелина или кварцевазелиновой пасты.
3. Протрите зачищенные жилы и смажьте их сразу же кварцевазелиновой пастой.
4. Зачистите внутреннюю поверхность гильзы и смажьте ее кварцевазелиновой пастой.
5. Вставьте подготовленные жилы в гильзу.
6. Спрессуйте гильзу (одностороннюю гильзу опрессовывают одним вдавливанием, двустороннюю — двумя).

7. Изолируйте место опрессовки (полиэтиленовым колпачком или липкой изоляционной лентой).
8. Подготовьте провод для оконцевания и выберите для него наконечник. Наденьте после зачистки наконечник на жилу и спрессуйте их.

Соединение проводов в ответвительной коробке, содержащей болтовой зажим

1. На концах провода вырежьте разделительное основание, длиной 100 мм.
2. Введите провода в коробку либо через специальные отверстия (в металлических коробках), либо через отверстия, получаемые удалением подпрессовок (в пластмассовых коробках). При вводе в коробку оставьте запас проводов не менее 50 мм.
3. Измерьте диаметр контактного винта. Определите длину жилы, необходимую для получения кольца.
   Снимите ножом изоляцию с конца подсоединяемой жилы, на найденном расстоянии плюс 2—4 мм.
4. Зачистите оголенную часть жилы до металлического блеска наждачной бумагой, покройте ее сразу же после зачистки слоем чистой кварцевазелиновой пасты, равномерно распределив ее по всей зачищенной части жилы.
5. В ответвительных коробках, имеющих зажимы с контактными винтами, изогните с помощью клещей КУ-1 или круглогубцев подготовленный конец жилы для подсоединения под контактный винт.
   Плотно прижмите подготовленное кольцо к пластине винтом через ограничивающую «звездочку» или скобу и пружинящую шайбу с помощью отвертки (см. **рис. 6.6**). Если одним винтом присоединяете два провода, то между ними проложите шайбу. Загнутые края скобы или «звездочек», надетые на кольца, не должны давать им разойтись в стороны.
6. В коробках для безвинтового соединения проводов введите подготовленный конец жилы под скобу, на которую давит пружина.
7. В коробках, в которых зажимы расположены на выемной шайбе, уложите смонтированную шайбу на дно и закройте крышкой.

Соединение проводов в ответвительной коробке, не содержащей зажимов

1. Удалите подпрессовки в пластмассовых стенках ответвительной коробки и введите в нее провод. Запас проводов при вводе в коробку оставьте не менее 50 мм.
2. Снимите изоляцию клещами или монтерским ножом на расстоянии 25—30 мм (**рис. 6.8**).
3. Зачистите концы жил стеклянной шкуркой.
4. Скрутите плотно жилы плоскогубцами или пассатижами.
5. Покройте скрутку проводов раствором канифоли и пропаяйте с помощью паяльника.
6. Изолируйте пайку двумя-тремя слоями липкой изоляционной ленты.
7. Покройте соединения влагостойким лаком (изолировать пайку можно также с помощью специального пластмассового колпачка).
8. Уложите изолированные концы в коробку и закройте крышкой.

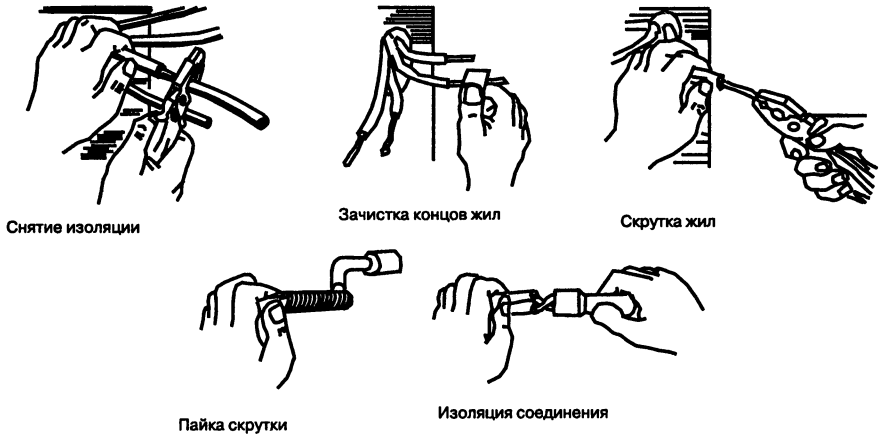


Рис. 6.8. *Соединение и ответвление медных жил в коробках*

Соединение медных однопроволочных жил скруткой с последующей пайкой

1. Снимите изоляцию с концов жил.
2. Зачистите концы жил наждачной бумагой.
3. Изогните концы их под углом 90° и заведите один за другой.
4. Навейте по 5—7 витков одной жилы на другую с помощью двух пассатижей (см. **рис. 6.9**).
5. Уплотните соединение с помощью двух пассатижей, концы проволок плотно пригните.

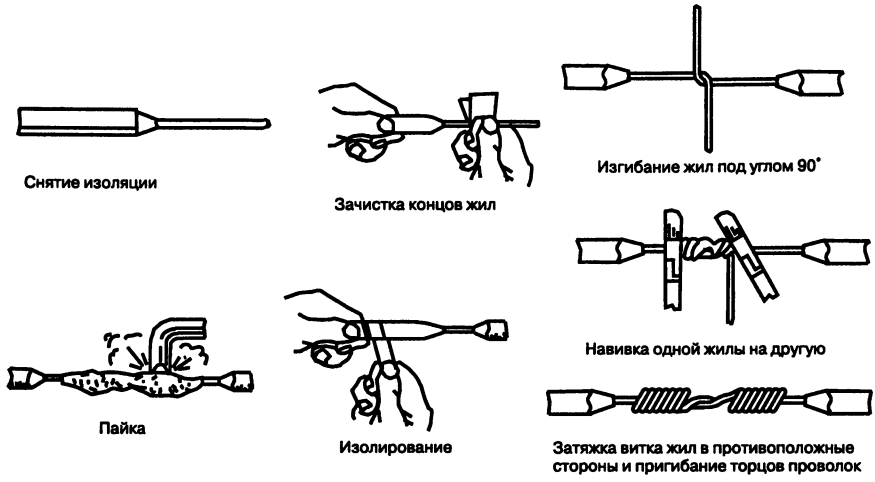


Рис. 6.9. *Соединение медных однопроволочных жил скруткой с последующей пайкой*

6. Покройте скрутку раствором канифоли и пропаяйте.
7. Наложите изоляцию из липкой изоляционной ленты. Соединение должно обладать необходимой механической прочностью, не иметь острых наплывов припоя и повреждений изоляции от перегрева. Витки липкой изоляционной ленты должны перекрывать друг друга и захватывать часть изоляции провода.

Ответвление от провода с медной однопроволочной жилой

1. Снимите изоляцию на том участке, где будет выполняться ответвление, а также с конца проводника, который будет ответвляться, зачистите жилу наждачной бумагой до металлического блеска (**рис. 6.10**).
2. Навейте 10—15 витков жилы ответвления вокруг основной жилы, уплотните ответвление, плотно пригните конец проволоки.
3. Покройте скрутку раствором канифоли и пропаяйте.

Ответвление от провода с многопроволочной жилой

Последовательность операций в основном та же, но жилы на конце ответвляемого провода после зачистки их до металлического блеска надо разделить на два одинаковых пучка и навить в двух противоположных направлениях (**рис. 6.11**).

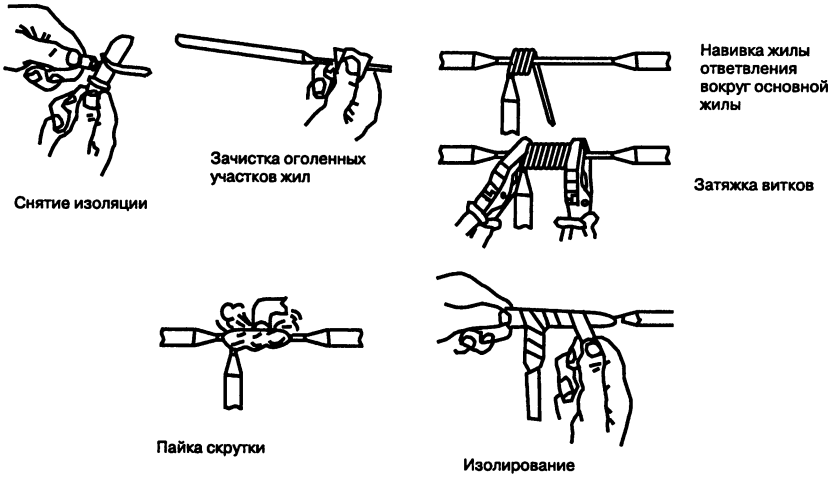


Рис. 6.10. *Ответвление от провода с медной однопроволочной жилой*

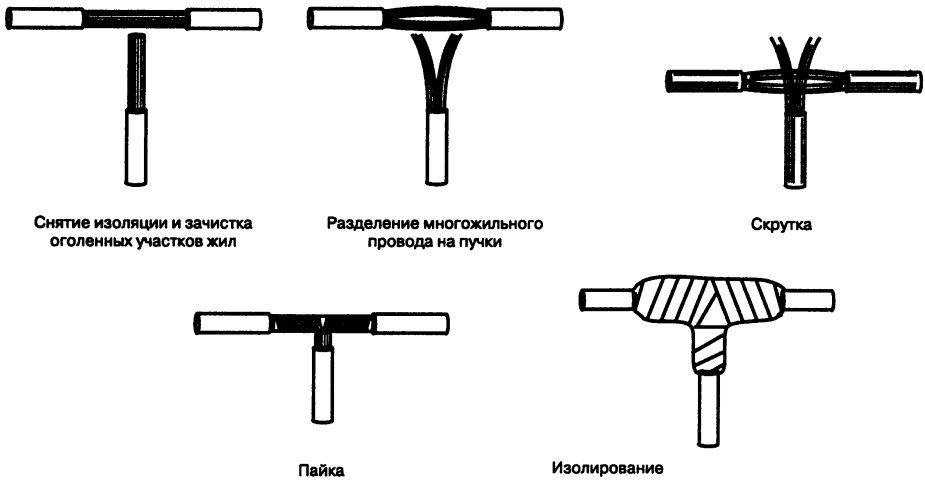


Рис. 6.11. *Ответвление от провода с многопроволочной жилой*

6.1.2. Монтаж осветительной электросети

Элементы электросети

Значительная доля электромонтажных работ связана с электроустановочными изделиями:

- с установкой и зарядкой ламповых патронов, выключателей, переключателей, штепсельных розеток, вилок, предохранителей и т. п.;

- с установкой осветительных щитков светильников, аппаратов управления, приборов учета расхода электроэнергии.

Для включения и выключения лампы в осветительных сетях применяют установочные выключатели, переключатели. По принципу действия и форме рукояток управления выключатели бывают:

- поворотные;
- рычажные;
- клавишные;
- одно- и двухкнопочные;
- проходные (монтируемые на проводах к настольным лампам и к другим передвижным приборам).

Выключатели изготовляют как для открытой, так и для скрытой проводки, устанавливают открыто на стене или скрыто («утопленно») в нише. В некоторых крупнопанельных зданиях применяют подпотолочные выключатели с управлением шнуровой тягой.

Для защиты и управления освещением с осветительных щитков в промышленных и общественных зданиях, а также в жилых домах используют установочные **автоматы** и **пакетные выключатели**.

Переносные осветительные, нагревательные и другие электрические приборы присоединяют к электросети через **штепсельные соединения**, состоящие из неподвижно установленной штепсельной розетки и вилки. В штепсельных соединениях всегда есть оголенные токоведущие части — штифты вилок. В связи с этим во многих конструкциях штепсельных соединений предусмотрены специальные меры безопасности.

В осветительных сетях находят применение штепсельные соединения с цилиндрическими и плоскими контактами.

Для подсоединения переносных электроприемников с заземляемыми корпусами устанавливают штепсельные розетки и вилки, снабженные заземляющим защитным контактом для присоединения заземляющего проводника.

Оформление концов жил для присоединения проводов к установочным изделиям

1. Отмерьте на конце провода часть его, необходимую для получения кольца под заданный диаметр винтового зажима плюс расстояние для образования 2-3 витков вокруг жилы. Снимите изоляцию на отмеренном участке с помощью монтерского ножа. Следите за тем, чтобы не надрезать проволочки токоведущих жил.

2. Зачистите проволочки жилы наждачной бумагой до металлического блеска. Восстановите повив проволок жилы, оставив ослабленным только участок для навива на жилу после изгибания кольца.
3. Изогните конец жилы в кольцо круглозубцами и сделайте 2-3 витка вокруг жилы, уплотнив их, навив с помощью плоскогубцев.
4. Покройте кольцо канифолью (лучше использовать раствор канифоли в спирте) и пропаяйте (облудите) кольцо.
5. Изолируйте оконцевание изоляционной лентой. Каждый последующий виток ленты должен перекрывать предыдущий не менее чем на половину ширины ленты. Ленту слегка натяните и прижмите к жиле.
6. Выполните оконцевание тычком (для арматуры, контакты которой имеют вид трубок с боковым винтом): снимите с конца провода изоляцию, ослабьте повив проволок жилы, пропаяйте, изолируйте оконцевание изоляционной лентой так, чтобы остался конец жилы (тычок) длиной около 20 мм. Тычок вставьте в трубчатый контакт, закрепите его боковым винтом и лишнюю часть провода, выступающую из трубки, удалите кусачками.

Полезные советы по эксплуатации электросети

- Выполняя какие-нибудь электротехнические работы, соблюдайте правила техники безопасности.
- Для исправления контактов в винтовых соединениях необходимо плотно затянуть винты и гайки. Если нет шайб, нужно их подложить. Если контакт плох потому, что провод окислен, грязен или с него недостаточно тщательно удалена изоляция, нужно провод зачистить.
- Если нагреваются контакты и участки проводов, расположенные вблизи контактов, значит соединение неплотное и его нужно подтянуть.
- Если поврежден какой-нибудь один прибор, а остальные исправны, значит искать повреждение нужно именно в нем. Если исправная лампа не горит, плитка, утюг, чайник и т. п. не нагреваются, пылесос не работает, то дело в нарушении контакта: лампа не доходит до контактов патрона, перегорела спираль, штырек вилки не касается гнезда, обломан провод.
- Если появился запах горелой резины, немедленно ищите плохой контакт, а найдя его — исправьте. Плохой контакт — источник пожара.

- Имейте в виду, что обычно повреждаются либо контакты, либо изоляция.
- Нарушение изоляции приводит к коротким замыканиям и перегоранию предохранителей.
- Не выдергивайте штепсельную вилку за провод. Распрямляйте перекрученные провода и шнуры.
- Не красьте и не белите арматуру, шнуры и провода, проложенные на роликах.
- Не оставляйте в эксплуатации разбитые основания и крышки штепсельных розеток, разбитые ролики, оголенные провода; патроны с металлическими корпусами надо заменить.
- Ни при каких обстоятельствах проводки различного назначения не должны соприкасаться. Ведь в квартире есть проводки: телефонная, радиотрансляционная, ввод от антенны. Они требуют бережного обращения.
- Никогда не забивайте гвозди и не сверлите стены в квартирах со скрытой электропроводкой, не определив, в каких местах могут быть проложены провода. Борозды с проводкой идут по кратчайшим расстояниям от коробок к местам установки выключателей и штепсельных розеток. Они могут идти между коробками, между штепсельными розетками, установленными в один ряд.
- Ничего не подвешивайте к проводам.
- Плохие контакты у выключателей, как правило, связаны с поломкой. Отламываются пружинящие контактные пластины или они теряют упругость. Чинить их бессмысленно, надо просто заменить выключатель.
- Позаботьтесь о запасных пробках, причем если в квартире пробки на 10 А, то в стояке должны быть пробки на 16 А.
- Помните, что прибор работает, но «бьет», когда оголенный проводник где-нибудь касается корпуса или если неправильно изолирован вывод из прибора.
- Постарайтесь выяснить для своей квартиры: каково номинальное напряжение в квартире; от каких предохранителей (автоматических выключателей) питается квартира; как распределены по группам комнаты и общая площадь и от каких предохранителей на щитке в квартире питается каждая группа. Очень полезно сделать на щитке надписи или же начертить схему питания и повесить ее у щитка.
- Разрыв провода, как правило, встречается в местах частых перегибов. Чтобы провода не перегибались, у переносных приборов не-

редко можно встретить шланговые провода в прочной оболочке либо пружину, предохраняющую провод от перегибания.

- Следует знать, какова пропускная способность проводов и счетчика, чтобы никогда не перегружать провода и счетчик.
- Считать неисправным прибор можно лишь в том случае, если другие, заведомо исправные приборы, работают от той же штепсельной розетки, так как может случиться, что не прибор плох, а розетка неисправна. Если при включении прибора сыплются искры, сильно тускнеет и даже гаснет свет, перегорают пробки, ищите в приборе нарушенную изоляцию между выводами или закороченные витки.

6.1.3. Что делать, если погас свет и обесточилась квартира?

Прежде всего, нужно выяснить, при каких обстоятельствах это произошло. Если, например, свет погас в момент включения электроприбора, значит, причина, по всей вероятности, в нем. Прибор нужно немедленно отключить и без проверки больше не включать. Если это произошло при включении люстры, то чаще всего при этом перегорела лампа, а от броска тока выбило пробку.

Если причина выбивания пробок осталась пока не известной, следует вынуть вилки из всех розеток, а выключатели повернуть в другое положение. Этими действиями нужно отсоединить участок с поврежденной изоляцией.

Помня о наличии зон защиты, разберитесь, какие же пробки перегорели (какие автоматические выключатели отключились). При этом нужно руководствоваться следующими соображениями.

1. Если в квартире несколько групп, но погасли не все лампы, а только лампы, относящиеся к одной группе, значит, трогать пробки на лестнице не нужно — они наверняка целы.
2. Если в квартире несколько групп и все погасли, с пробками в квартире делать нечего, а искать нужно на лестнице или же в начале стояка. А также разобраться, где именно? Для этого нужно знать, исправен ли свет в других квартирах, питающихся от этой же фазы стояка. Если исправен, ищите на своей площадке. Если погас свет в нескольких квартирах, дело в предохранителях в начале стояка.

Внимание!

На лестничных клетках ни в коем случае нельзя проверять предохранители контрольной лампой, потому что легко попасть на «чужую» фазу, а напряжение между фазами 380 В (в сети 380/220 В), т. е. значительно выше, чем между фазой и нейтралью (нулем) 220 В, вводимых в квартиры.

Никогда не вставляйте в предохранители, даже на мгновение, отвертки, гвозди или другие металлические предметы. Если в сети имеется короткое замыкание, то в лучшем случае от таких испытаний перегорят следующие предохранители и вместо одной группы (квартиры) погаснет свет во всех группах (квартирах). Но может окончиться и хуже — ослепительный свет электрической дуги обожжет глаза.

Перед сменой предохранителей в бытовом электроприборе, радиоприемнике, телевизоре необходимо выключить штепсельную вилку. Под напряжением заменять предохранители запрещается.

6.1.4. Устранение неисправностей скрытой проводки

Замечу сразу, что в поиске скрытой проводки не следует полностью полагаться на пунктуальность и добросовестность строителей. Однако существуют определенные правила прокладки скрытой проводки, знание которых упрощает ее поиск и диагностику. Эти правила регламентируются «Инструкцией по монтажу электрооборудования и электросетей жилых и общественных зданий», разработанной ОАО НИИ «ПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ», и являются обязательными для всех проектных и строительных организаций. Согласно принятым нормам, электропроводка в стене, как правило, должна быть заключена в пластмассовые трубы и коробки.

При этом провода в стеновые панели (если дом панельный) закладываются параллельно архитектурно-строительным линиям помещения (вертикально и горизонтально), в панели перекрытий — по кратчайшим расстояниям между начальными и конечными точками. На наличие канала в строительных конструкциях указывают соединительные и ответвительные коробки, а в многопустотных панелях перекрытий — специальные пластмассовые крышки для закрывания отверстий.

Если вы обнаружили канал в стене из монолитного железобетона, имейте в виду, что в нем может находиться до 12 проводов групповых сетей квартир жилых домов.

Допускается прокладка скрытой проводки без труб, специальными проводами (например, АППВ) в бороздах стен, под штукатуркой. Провода в этом случае также должны проходить параллельно архитектурно-строительным линиям. При этом расстояние между горизонтально проложенными проводами и плитами перекрытия не должно превышать 200 мм. Это как раз тот самый тип проводки, в который легче всего угодить гвоздем, сверлом дрели (что очень опасно), или нарушить ее в процессе перепланировки квартиры.

Электропроводку в гипсокартонных перегородках выполняют в стальных или поливинилхлоридных трубах, а также кабелями и проводами, имеющими оболочки из трудносгораемых материалов. На наличие проводки внутри полых перегородок указывают стальные и пластмассовые коробки специальной конструкции, в которых осуществляется монтаж узлов ответвлений, а также устанавливаются штепсельные розетки и выключатели.

6.2. Приборы для обнаружения и диагностики скрытой проводки

6.2.1. Диагностические отечественные приборы

Существуют ли устройства и приборы, с помощью которых производится поиск скрытой проводки и ее диагностика? Конечно, существуют, и отечественные, и импортные. Рассмотрим некоторые из них. С помощью отечественного **фазоуказателя ЭИ-5001** контактным путем можно определить фазный провод, а с помощью **переносного указателя УНП-1-750** выяснить, находится ли провод под напряжением.

Фазоуказатель ЭИ-5001

Предназначен для определения порядка чередования фаз в трехфазных цепях переменного тока в диапазоне частот от 40 до 1000 Гц.

Область напряжений от 50 до 600 В.

Продолжительность включения не более 3 с с интервалами между включениями не менее 30 с.

Габаритные размеры: 65×65×45 мм.

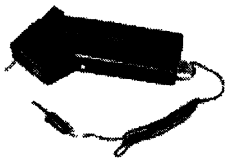
Масса: 0,19 кг.

Указатель напряжения переносной УНП-1-750

Предназначен для проверки наличия (или отсутствия) напряжения между неизолированными токоведущими частями, а также между ними и заземленными частями в цепях переменного и постоянного тока с номинальным напряжением от 75 до 750 В.

Технические характеристики:

Диапазон переменного напряжения ..... 75—750 В, 50 Гц;
Диапазон постоянного напряжения ..... 90—750 В;
Режим работы ..... повторно-кратковременный;
Длительность рабочего цикла..... не более 10 с;
Диапазон рабочих температур ..... от –45 °С до +45 °С.



Универсальный пробник ПУ-82

Прибор контактным путем поможет определить наличие обрыва в сети и находится ли она под напряжением.

Указатель высокого напряжения переносной УВНП-1-10000

Предназначен для проверки наличия напряжения в высоковольтных установках переменного тока промышленной частоты с напряжением от 2 до 10 кВ. Вместе с дополнительным сопротивлением указатель может применяться для фазировки воздушных линий, кабелей и трансформаторов. Принцип действия указателя основан на свечении индикатора при протекании емкостного тока.

Технические характеристики:

Диапазон переменного напряжения ..... 2—10 кВ;
Режим работы ..... повторно-кратковременный;
Длительность рабочего цикла..... не более 10 с;
Диапазон рабочих температур .....от -45 °С до +45 °С.

Пробник (отвертка-индикатор) MS-18

Предназначен для профессионального использования в электрике и электронике, а также он необходим и в быту. Прибор изготовлен с использованием космических технологий из высокопрочного, надежного и безопасного пластика. Прибор должен использоваться при температуре от –10 °С до +50 °С и частоте от 50 до 500 Гц.

Технические характеристики:

Определение переменного напряжения контактным способом ..... 70—250 В;
Определение переменного напряжения бесконтактным способом ..... 70—600 В;
Определение постоянного напряжения ..... до 250 В;
Определение полярности ..... 1,5—36 В;
Проверка целостности цепи ..... 0—5 МОм;
Определение микроволнового излучения ..... от 5 мВт/см^2.

Пробник MS-48M

Предназначен для проверки наличия переменного напряжения, определения провода/гнезда с фазой и точки обрыва в проводах с переменным напряжением, точек с высоким напряжением и скрытой проводки. Проверка осуществляется контактным и бесконтактным методом. Применим в домашних условиях.

Технические характеристики:

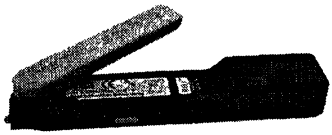
Определение переменного напряжения контактным способом ..... 70—250 В;
Определение переменного напряжения бесконтактным способом ..... 70—10000 В;
Определение постоянного напряжения ..... до 250 В;
Определение полярности ..... 1,2—36 В;
Проверка целостности цепи:
«О» от 0 до 5 МОм, «L» от 0 до 50 МОм, «Н» от 0 до 100 МОм;
Определение микроволнового излучения ..... от 5 мВт/см^2.

Пробник MS-58M

Предназначен для обнаружения металлических предметов, скрытой проводки и электромагнитного излучения. Обнаруживает следующие металлы: сталь, медь, железо, алюминий, золото и т. д. Позволяет обнаружить в стене шурупы, винты, гвозди, металлическую арматуру, трубы и другое. Не может обнаружить металлические предметы в стенах, покрытых снаружи экранированными

материалами (фольга и т. д.). Не обнаруживает пластиковые трубы водоснабжения. Может обнаружить кабели в металлической или полихлорвиниловой обмотке. Глубина, на которой прибор обнаруживает металлический объект, зависит от типа материала, от его размеров и его массы.

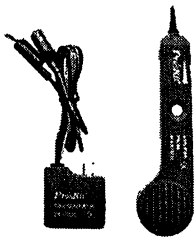
Металлоискатель MS-158M



Предназначен для обнаружения металлических предметов (глубина до 5 см), скрытой проводки (от 70 до 600 В) и электромагнитного излучения, а также для определения полярности батарей (аккумуляторов) от 6 до 36 В (от 2 В — для MS-58ASM) и проверки целостности цепи (от 0 до 50 МОм). MS-58ASM питается от батарей типа A76, AG13, LR44

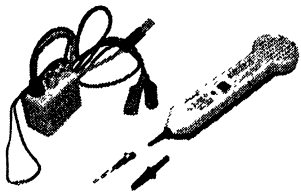
MS-158M питается от батарей типа «Крона», NEDA 1604/1604A и имеет функцию подсветки.

Бесконтактный индукционный прибор для прозвонки линий HL-TG



Прибор служит для поиска нужной пары в пучке кабеля или поиска скрытой проводки. Принцип действия следующий. Генератор импульсов подсоединяется к одному из концов искомого провода. При приближении приемника к другому концу кабеля или к месту прохождения кабеля в стене, он издает звуковой сигнал.

Бесконтактный индукционный прибор для прозвонки Progessive Inc. 701K



Прибор служит для поиска нужной пары в пучке кабеля или поиска скрытой проводки. Его принцип действия аналогичен ранее рассмотренному прибору.

Сигнализатор скрытой проводки Е121 (ДЯТЕЛ)

Назначение:

- проверка правильности фазировки (подключения) бытовых элект-росчетчиков без снятия пломбы и защитной крышки;
- обнаружение скрытой проводки;
- обнаружение фазного провода на изолированных и неизолированных токоведущих частях электрических сетей переменного тока без непосредственной связи с этими частями;
- проверка исправности предохранителей, плавких вставок, определения обрывов в проводах, находящихся под напряжением;
- индикация с поверхности земли наличия напряжения на ВЛ 10 кВ и выше;
- индикация с поверхности земли наличия напряжения контактной сети троллейбусов и трамваев;
- обнаружение электромагнитных полей ПК, телевизоров и др. бытовой техники;
- обнаружение утечек СВЧ-печей.

Основная область применения — при обслуживании электросчетчиков, электроустановок и электрических сетей. Принцип действия сигнализатора основан на использовании электростатической индукции в переменном электрическом поле, возникающем вокруг токоведущего проводника.

Сигнализатор обеспечивает проверку наличия напряжения в цепях переменного тока номинальным напряжением 380 В промышленной частоты без электрического контакта с проводником. Сигнализатор имеет четыре диапазона чувствительности к электрическому полю, создаваемому проводником: «1» — 0—10 ±5 мм, «2» — 0—100 ±50 мм, «3» — 0—300 ±150 мм, «4» — 0—700 ±350 мм. Сигнализатор имеет режим самоконтроля. Габаритные размеры — 210×80×45 мм. Масса прибора — 250 г.

Прибор обнаружения скрытой электрической проводки ПОСП-1

Предназначен для поиска скрытой электрической проводки различных строительных конструкций, предупреждения о наличии переменного электрического поля в коммутационных устройствах различного вида (шкафа, электрощитки и т. д.).

Прибор состоит из самого индикатора, размещенного в современном корпусе с поворачивающейся антенной с устройством световой и звуковой индикации. Для подзарядки аккумуляторов в комплект входит зарядное устройство. Футляр предназначен для переноса и транспортировки прибора.

Технические характеристики:

Максимальная глубина регистрации проводки 220 В 50 Гц в зависимости от штукатурки, не менее ..... 50 мм;
Максимальное расстояние регистрации проводов в воздухе при напряжении 220 В, не менее ..... 300 мм;
Температурный режим работы ..... от 0 до +35°С;
Источник питания ..... аккумуляторы (3 шт.);
Масса прибора ..... 150 г.

6.2.2. Диагностические зарубежные приборы

Тестер напряжения GVT-92 помогает различать нулевой и фазный проводники при любом напряжении, **индикатор GVD-503**, помимо дифференциации проводников, еще и уточняет, находятся ли они под напряжением, **индикатор напряжения GVD-504A** наряду с этими функциями обладает «умением» определять местонахождение скрытой проводки, находящейся под напряжением от 50 до 600 В переменного тока.

GVD-503

GVT-92

Но наиболее совершенной следует признать модель **VP-440** (журнал *«Идеи Вашего дома» №4(6), апрель 1998*), с помощью которой бесконтактным путем можно обнаружить разрывы в проводах и кабелях, определить трассу скрытой проводки, выявить сгоревшие предохранители внутри штепселей, различить фазный и нейтральный проводники в одно- и трехфазных источниках питания, найти кабели под напряжением в соединительных коробках, отыскать испорченный выключатель и испорченные лампы при последовательном включении, проверить работу автоматических выключателей. При переменном напряжении в сети 220 В лампочка индикатора светится на расстоянии 4 мм от проводника.

6.2.3. Устройства для протягивания проводов и кабелей

FTS-100

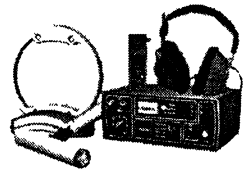
Как же заменить провод, когда дефект найден и установлена трасса проводки? Если только провод не закреплен под штукатуркой на закрепах, а проложен в трубах или каналах, его несложно заменить с помощью устройства для протягивания проводов и кабелей через трубы и полости в панелях.

В основу его работы заложен принцип пружины. Гибкая, длиной до 30 м, пружинная проволока сама, подобно ленте рулетки, выталкивается из кассеты в канал, через который будет затянут провод. Как только конец проволоки со специальным наконечником появляется в разветвительной или соединительной коробке, за него цепляется провод, и проволока сматывается обратно в кассету. Американская фирма GARDNER BENDER предлагает устройство сразу в трех модификациях — **FTS-100B, FTX-100, FTFK-100**, отличающихся друг от друга, главным образом, наличием или отсутствием лампочки подсветки на конце проталкиваемой в канал проволоки (что особенно удобно, когда важно знать, в какое из ответвлений эта проволока попала). Заменить провод в канале можно и «старым дедовским способом», то есть с помощью старого испорченного провода зацепить конец нового и протащить его в канал. Если, конечно, старый провод не перебит или не перегорел. Если в канал заводится толстый кабель большой длины, для его протаскивания существует машина с электрическим приводом.

6.3. Металлоискатели для обнаружения подземных кабелей

6.3.1. Основные функции и особенности кабелеискателей

Перед началом проведения земляных работ, а также при возникшей неисправности подземного кабеля возникает необходимость использования металлоискателя. Промышленность выпускает несколько специальных металлоискателей.



Типовой комплект кабелеискателя

Все они позволяют обученному оператору производить:

- трассировку подземного кабеля;
- определение глубины залегания кабеля;
- определение места пересечения трубопровода с обесточенным кабелем и кабелем, находящимся под напряжением;
- обнаружение обрыва силовых кабелей и линий катодной защиты;
- поиск скрытой проводки.

Особенности функционирования современных кабелеискателей:

- высокая точность обнаружения (30—50 см при глубине до 5 м);
- трассировка без непосредственного подключения к объекту с использованием индуктивной антенны;
- трассировка дальностью до 5 км (использование генератора мощностью 100 или 200 Вт);
- компактность и простота эксплуатации позволяют работать с прибором одному оператору, заменив лабораторию на базе автомобиля;
- стабильная работа и высокая чувствительность позволяет избежать ошибок и сократить временные и материальные затраты на ликвидацию аварии.

6.3.2. Современные отечественные кабелеискатели

Кабелеискатель «Альтернатива КБИ-211»

Предназначен для определения местоположения и глубины залегания скрытых коммуникаций на глубине до 5 м, обследования участков местности перед проведением земляных работ, проведения работ по поиску скрытой проводки.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха –20—+45 °С , относительная влажность — до 90%, атмосферное давление 86—106 кПа.

Состав комплекта: электромагнитный датчик (приемник электромагнитного поля) ЭМД-226 и приемник АП-004, предназначенный для усиления принимаемого сигнала.

Принцип работы следующий. **Электромагнитный датчик**, подсоединенный к приемнику, преобразует электромагнитный сигнал в электрический. Электрический сигнал усиливается предварительным усили-

телем и поступает в **приемник**, где происходит его основное усиление. Усиленный сигнал подается на **головные телефоны**. Оператор по уровню сигнала в головных телефонах определяет местоположение кабельной трассы.

Технические характеристики приемника АП-004 *Таблица 6.1*

Режимы работы:	
Режим 1	«Широкая полоса»
Режим 2 *	1024 Гц
Режим 3 *	8928 Гц
Общий коэффициент усиления прибора, дБ, не менее	30
Полоса пропускания по уровню 3 дБ, не более, Гц:	
Режим 1 (ШП)	50...1200
Режим 2 (1024 Гц)*	±18
Режим 3 (8928 Гц)*	±150
Точность установки центральной частоты среза:	
Режим 2*	1024 ± 5 Гц
Режим 3*	8928 ±30 Гц
Индикация принимаемого сигнала	звуковая на головные телефоны
Мощность, подводимая к головным телефонам, не менее, мВт	50
Напряжение питания, В	9
Индикация разряда батареи	звуковая на встроенный пьезоэлемент
Тип источника питания	NiCd аккумуляторная батарея типа 6F22
Габаритные размеры приемника, мм	186×60×25
Вес приемника, кг	0,3

Технические характеристики электромагнитного датчика ЭМД-226 *Таблица 6.2*

Тип преобразователя	Резонансная ферритовая магнитная антенна
Частота резонанса, Гц В режиме 2* В режиме 3*	 1024 ±35 8928 ±60
Тип питания	внешний источник питания, кабелем, соединяемым с ЭМД
Коммутация резонанса	Принудительная, подаваемая с приемника при выборе соответствующего режима

* — режимы используются при работе с генератором, который можно заказать дополнительно в фирме-изготовителе.

Кабелеискатель «Успех КБИ-206»

Предназначен для определения местоположения и глубины залегания скрытых коммуникаций (силовые и сигнальные кабели, трубопроводы) на глубине до 5 м, обследования участков местности перед проведением земляных работ, проведения работ по поиску скрытой проводки.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха –20—+45 °С , относительная влажность до 90%, атмосферное давление 86—106 кПа.

Состав комплекта: электромагнитный датчик ЭМД-227 и приемник АП-005.

Технические характеристики приемника АП-005 *Таблица 6.3*

Режимы работы:	
Режим 1	50 Гц
Режим 2	100 Гц
Режим 3	1024 Гц
Режим 4	8928 Гц
Режим 5	ШП (широкая полоса)
Режим 6	ФНЧ (фильтр низких частот)
Режим 7	ПФ (полосовой фильтр)
Режим 8	КП (контроль питания)
Полоса пропускания, не более, Гц	
Режим 1 (50 Гц)	±0,5
Режим 2 (100 Гц)	±1
Режим 3 (1024 Гц)	±10
Режим 4 (8928 Гц)	±30
Режим 5 (ШП)	140 ... 2400
Режим 6 (ФНЧ)	В 10-ти диапазонах фильтра низких частот с плавающей частотой среза 4-го порядка
Режим 7 (ПФ)	В 10-ти диапазонах полосового фильтра с плавающей центральной частотой 4-го порядка
Точность установки частоты, Гц	
Режим 1	50 ±0,1
Режим 2	100 ±0,2
Режим 3	1024 ±2
Режим 4	8928 ±10
Общий коэффициент усиления по звуковому тракту, не менее, дБ	30
Напряжение питания, В	9

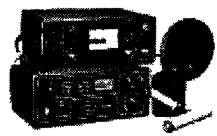
Таблица 6.3 (продолжение)

Точность установки частоты, Гц	
Выходное напряжение для электромагнитного датчика, В	9±3
Выходное напряжение питания для акустического датчика, В	9±3
Выходная мощность на разъемах для головных телефонов, мВт	100
Потребляемая мощность, не более, Вт	0,9
Габаритные размеры прибора, мм	250×90×150
Масса, не более, кг	1,5

Технические характеристики электромагнитного датчика ЭМД-227 *Таблица 6.4*

Тип преобразователя	Резонансная ферритовая магнитная антенна
Частота резонанса, Гц: режим 1 режим 2	 8928 Гц ±60 Гц 1024 Гц ±35 Гц
Коэффициент усиления электрического тракта, не менее, дБ	30
Тип питания	Внешний источник питания, кабелем, соединяемым с приемником
Коммутация резонанса	Принудительная, подаваемая с приемника при выборе соответствующего режима

Течетрассопоисковый комплект «Успех АТГ-209»



Предназначен для определения местоположения и глубины залегания скрытых коммуникаций (силовые и сигнальные кабели, трубопроводы) на глубине до 5 м и удалении до 3 км от места подключения генератора, определения мест повреждения кабельных линий, обследования участков местности перед проведением земляных работ, проведения работ по поиску скрытой проводки, а также для обнаружения мест разгерметизации трубопроводов на глубине до 6 м.

Особенности: универсальный приемник для течепоиска и трассировки, расширенный диапазон частот, в том числе для поиска линий катодной защиты газопроводов.

Дополнительная возможность трассировки с помощью подключения магнитной рамки к генератору, для «наводки» сигнала на все коммуникации при отсутствии возможности прямого подключения к трассе с подстанции или колодца. Особенно удобно и безопасно для проведения локального обследования территории перед земельными работами.

Можно быстро и без повреждений оценить локальный участок со всеми проходящими коммуникациями, газопроводами, трубопроводами, линиями связи, силовыми кабелями. Удобно при ремонте теплосетей, для строительных работ, для составления схем силовых коммуникаций протяженной длины.

Есть модификации с одновременным использованием двух датчиков (электромагнитного и акустического) для одновременной трассировки и поиска повреждений кабельных линий.

Существует **модификация АТГ-209** с более мощными генераторами: переносным — АТЛЕТ-100 и стационарным — АТЛЕТ-500.

Состав комплекта: генератор АГ-102, приемник АП-005, электромагнитный датчик ЭМД-227, рамочная антенна ИЭМ-301 и акустический датчик АД-200.

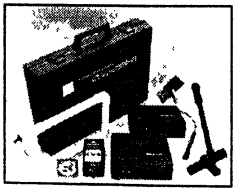
Технические характеристики *Таблица 6.5*

Точность определения трассы, м	0,3
Точность определения места утечки в трубопроводе, м	0,3
Рабочий диапазон частот генератора, Гц	1024, 8926
Чувствительность акустического датчика, V/g	5
Рабочие частоты приемника, Гц	50, 100, 1024, 8924, ШП, ФНЧ, ПФ
Мощность излучения генератора, Вт	5(8)
Вид поиска трассы	Активный, пассивный

Область применения: коммунальное хозяйство, связь, электро- и теплоэнергетика и другие отрасли.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха –20—+45 °С , относительная влажность до 90%, атмосферное давление 86—106 кПа.

Трассоискатели СТАЛКЕР



Предназначен для определения местоположения и глубины залегания скрытых коммуникаций (силовые и сигнальные кабели, трубопроводы), определения мест повреждений кабельных линий, поиска пар проводов в сигнальных кабелях, работы по скрытой проводке, обследования участков местности перед проведением земляных работ.

Особенности:

- наличие трех рабочих частот и регулируемая выходная мощность позволяют наиболее эффективно выбрать режим работы трассоискателя, отстроиться от помех и найти повреждение;
- мини-датчик, подключаемый к приемнику, делает удобной работу при отборе жил в кабеле, при работе в каналах прокладки кабелей или внутри помещений;
- с помощью передающей рамки возможно бесконтактное (дистанционное) подключение к коммуникации;
- встроенный в ПС-01 громкоговоритель позволяет работать без головных телефонов;
- линейный светодиодный индикатор облегчает работу в условиях недостаточной освещенности;
- компактность трассоискателя (вес комплекта в кейсе 6 кг).

Технические характеристики приемника ПС-01 *Таблица 6.6*

В режиме узкой полосы	
Рабочие частоты, Гц	526, 1024, 8928 (±1,0%)
Чувствительность прибора, мкВ	не хуже 30,0
Ширина полосы пропускания, Гц	10
Питание (элементы 343)	3 x 1,5 В
Масса, кг	1,0
В режиме широкой полосы	
Чувствительность прибора, мкВ	не хуже 30,0
Полоса пропускания, Гц	400...3000

Технические характеристики генераторов *Таблица 6.7*

ГС-01, ГС-02, ГС-02-8	ГС-01	ГС-02-8	ГС-02
Рабочие частоты, Гц	526, 1024, 8928	526, 1024, 8928	526, 1024, 8928
Выходная мощность, Вт, не менее	8	8	75
Коэффициент гармоник, %	15...20	15...20	15...20
Сопротивление нагрузки, 0м	1, 2, 100, 200	1...400	1...40
Питание	от сети перемен. тока 220 ±22 В, 50 ±1 Гц от аккумулятора 11...14,5 В		
Мощность потребления от сети, ВА, не более	60	20	150
Сила тока, потребляемая от аккумулятора, А, не более	4	2	10
Масса, кг	1,6	2,0	2,0

Состав комплекта СТАЛКЕР-ГС-01: приемник ПС-01, антенна, мини-датчик, комплект проводов, кейс.

Состав комплекта СТАЛКЕР-ГС-02: согласующее устройство, приемник ПС-01, антенна, мини-датчик, комплект проводов, кейс.

Передающая рамка поставляется отдельно. Возможна отдельная поставка приемника или генератора.

6.3.3. Методика поиска места повреждения силового кабеля

Типы повреждений и первоочередные мероприятия

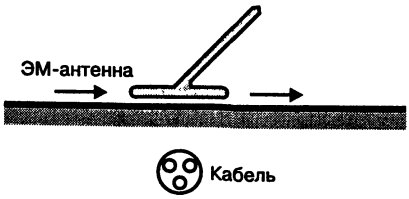
При возникновении **неисправности силового кабеля** (обрыв, короткое замыкание, пробой изоляции), как правило, срабатывает защита, и кабель отключается от сети электроснабжения. Для выяснения причины неисправности необходимо провести анализ причины отключения и тип повреждения.

Типы повреждения:

- однофазное замыкание на «землю»;
- межфазное КЗ;
- двухфазное КЗ на «землю»;
- обрыв жилы кабеля.

Рассмотрим **последовательность поиска места повреждения** с использованием описанных выше приборов. Для поиска места повреждения кабеля необходимо подготовить рабочее место: отключить и отсоединить кабель с двух сторон, а также проверить по схеме, что нет никаких транзитных ответвлений.

После выполнения организационно-технических мероприятий необходимо провести измерение сопротивления изоляции ($R_{из}$) между фазами и между фазами и «землей» и провести анализ состояния сопротивления изоляции кабеля. По состоянию сопротивления изоляции кабеля можно сделать вывод о типе повреждения.



Принцип поиска подземного кабеля

Подсоединив рефлектометр (Р-5-10, Р-5-13 или другой) к жилам кабеля, просмотреть эпюры по фазам и определить предварительное расстояние до места повреждения.

Если повреждение однофазное КЗ или переходное сопротивление большое,

то кабель необходимо «дожечь». Для этого используются установки прожига (дожига) кабеля типа: **УП-7, АПК-14, МПУ-3 «Феникс»** и т. д.

После предварительного определения места повреждения кабеля проводится **поиск точного места повреждения**. Для точной локализации места повреждения используются поисковые комплекты **«Успех АТГ-209».**

Поиск места повреждения индукционным методом

Подключить генератор к жилам кабеля по принятой схеме (в зависимости от типа повреждения). Согласовать нагрузку. При помощи электромагнитного датчика (ЭМД), приемного блока (ПБ) и головных телефонов (ГТ) произвести поиск места повреждения кабельной линии. В месте повреждения сигнал генератора резко возрастает, а затем затухает.

Поиск места повреждения акустическим методом

Включить генератор типа ГВИ-5000 (ГИ-20-2), подключенный к жилам кабеля, и при помощи акустического датчика (АД), ПБ и ГТ прослушать кабельную линию в предполагаемом месте повреждения. В точке повреждения кабеля будут прослушиваться характерные «щелчки» с заданной частотой.

6.3.4. Зарубежные кабелеискатели

Индуктивный метод поиска подземных кабелей

В основе индуктивного метода поиска подземных коммуникаций лежит **принцип электромагнитной индукции**. При помощи задающего генератора, подключенного к отыскиваемой токопроводящей трассе, вокруг нее искусственно создается переменное электромагнитное поле определенной частоты. **Магнитная составляющая** этого поля будет индуцировать во внесенном в поле замкнутом контуре переменный ток той же частоты. Так как напряженность магнитного поля изменяется в плоскости, перпендикулярной к направлению токопроводящей коммуникации, то, перемещая в этой плоскости приемное устройство (антенну), наблюдатель по изменению индукционного тока может судить о местоположении коммуникации.

Определение положения трассы может проводиться двумя методами: **минимума/максимум** и **Supermax**, реализованных, например, в

трассоискателях Seba KMT FL10, рассмотренных далее (подробнее см. **www.agp.ru**). Отличием методов минимума и максимумума является ориентация антенны приемника относительно электромагнитного поля, т. е. ток, индуцирующийся в антенне, зависит от вертикальной или горизонтальной составляющей магнитного поля.

При методе минимума индуцируется ток, наведенный только вертикальной составляющей, вектор которой направлен нормально к плоскости витков катушки индуктивности.

Вектор горизонтальной составляющей магнитного поля в этом случае параллелен плоскости витков и не проявляется в токе индукции. Повернув антенну на 90 градусов, получим максимум звучания: индукционный ток будет полностью зависеть от горизонтальной составляющей. В этом случае изменение горизонтальной составляющей магнитной напряженности над осью коммуникации происходит сравнительно плавно. Наоборот, вертикальная составляющая в этой области изменяется достаточно резко.

Для **грубого определения** предполагаемого пути прохождения трассы применяется метод максимума (**рис. 6.1**). Для этого горизонтально расположенная катушка один раз вращается вокруг оси. При этом при полном вращении на 360 градусов возникает последовательность **максимум-минимум-максимум-минимум**. Направление пути искомой трассы распознается по положению минимума катушки, т. е. если катушка находится в минимуме, то подлежащая определению трасса лежит параллельно к

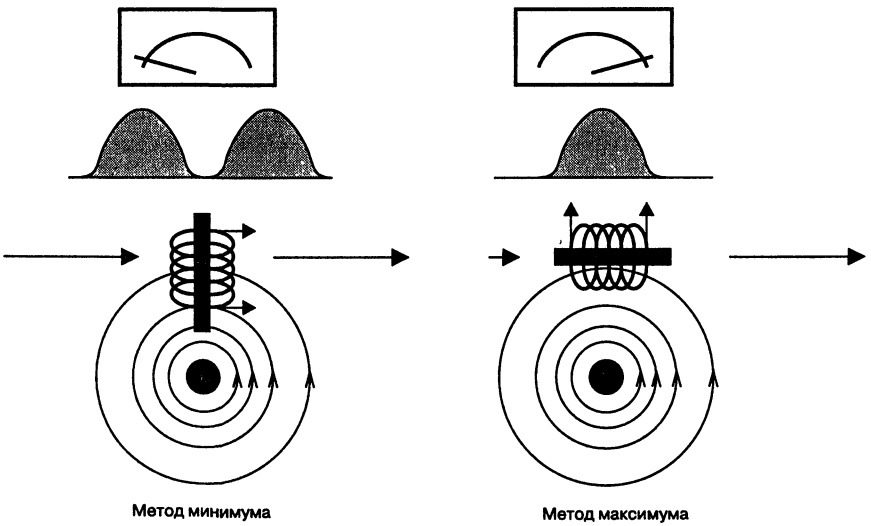


Рис. 6.1. *Физические основы методов поиска*

катушке. Если теперь поисковую катушку перемещать под углом 90 градусов к кабелю, то по методу максимума определяется **путь кабеля**. Дальнейшее **точное** определение производится по **методу минимум**.

Измерение глубины залегания кабеля

Точное прохождение кабельной линии определяется не только в плане, но и по глубине прохождения. Необходимо измерить глубину залегания кабеля, при которой определяется взаимосвязь между электрическим полем и поисковой катушкой (по материалам фирмы SEBA KMT и Знобищева С.В., www.agp.ru). Например, может использоваться метод 45°. Согласно рисунку силовые линии электромагнитного поля, окружающего кабель или трубопровод, имеют форму концентрических окружностей (**рис. 6.2**). Если катушка попадает в поле действия силовых линий, образуемых протекающим по кабелю током, то в ней индуцируется ЭДС. При смещении катушки будет происходить изменение ЭДС. При наклоне поисковой катушки на 45° и в результате ее прохождения под углом 90° к кабельной трассе ЭДС будет иметь минимальное значение. Тот же эффект проявляется, если это измерение производится на другой стороне от трассы. Длины L1 и L2 соответствуют глубине залегания кабельной линии. Для этого метода измерения глубины залегания кабеля можно использовать все виды связи и все частоты. При изгибах

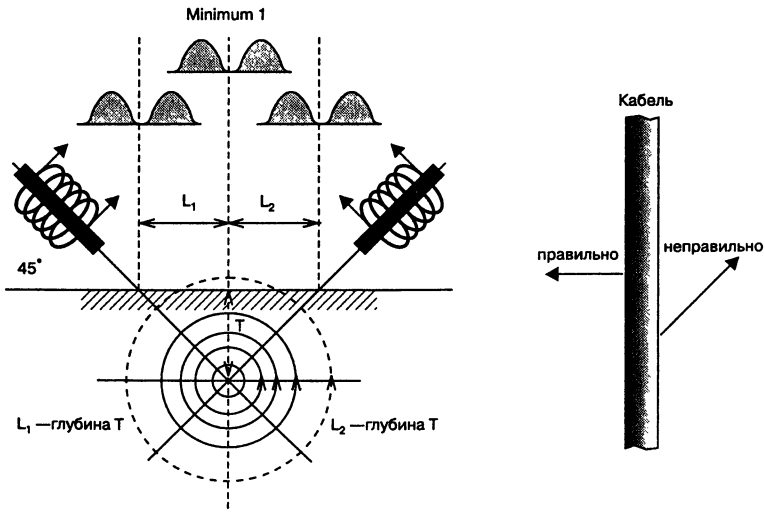


Рис. 6.2. *Физические основы метода 45°*

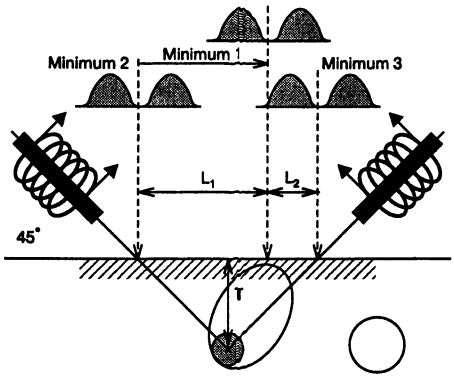


Рис. 6.3. *Принцип действия системы в условиях искажения электромагнитного поля*

кабелей, спусках и разветвлениях результаты измерений являются очень сомнительными, поэтому **метод 45°** не может быть использован в подобной ситуации.

Если при измерении глубины оба значения L1 и L2 равны, нужно исходить из того, что найденная и отмеченная позиция кабеля очень точна (±10 см). Если оба значения сильно отличаются друг от друга, кабельная трасса залегает иначе. Это вызывается искажением электромагнитного поля, как показано на рисунке.

Эта ситуация встречается тогда, когда протекающий назад измерительный ток течет рядом с искомым кабелем — например, по экрану или по соседнему кабелю. Улучшение этой ситуации осуществляется посредством выбора другой связи. Имеет смысл, например, пропускать обратный ток не через грунт, а через экран искомого кабеля, что возможно только в методе гальванической связи. А при связи с передающей рамкой можно избежать влияния обратных токов.

Примечание.
Фирма SEBA KMT производит кабелеискатели, которые позволяют проводить измерение глубины трассы, не применяя метод 45°, специальная конструкция приборов позволяет проводить измерение глубины нажатием одной кнопки на панели прибора.

Кабелеискатели FM 98XX (фирма SEBA KMT, Германия)

Приборы предназначены для простой и точной локации трасс и определения глубины залегания кабелей и металлических трубопроводов. Универсальность прибора для поиска трассы FM 9800 заключается в наличии двух пассивных и трех активных поисковых частот, использование которых дает точные результаты при локации трасс. Благодаря **трем частотным диапазонам** можно различать энергетические кабели и другие коммуникации. Активный частотный диапазон позволяет пользователю произвести настройку параметров, таких как передающие частоты

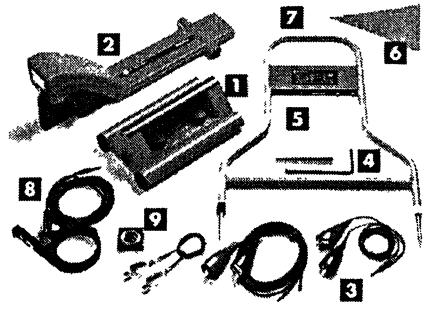


Рис. 6.4. *Комплектация кабелеискателя:*
1 — генератор, 2 — приемник,
3 — соединительный кабель,
4 — штырь заземления,
5 — металлическая пластина,
6 — предупредительный флажок,
7 — рама для локации повреждений оболочки кабеля,
8 — передающие клещи Metroclamp 42900 (50 мм),
Metroclamp 4490 (100 мм), Metroclamp (200 мм),
9 — наушники

и выходная мощность, к конкретной ситуации и благодаря этому получать оптимальные результаты локации. При использовании пассивных частотных диапазонов можно обнаружить кабели и металлические трубопроводы без применения генератора, и они идеально подходят для зондирования почвы с целью предотвращения случайных повреждений при земляных работах. Использование всех трех частотных диапазонов дает точные результаты при локации трасс. Комплектация кабелеискателя представлена на **рис. 6.4**.

Активный диапазон: 980 Гц, 9,82 кГц, 82 кГц (при помощи поставляемого генератора, подсоединяемого к искомому объекту, можно точно определить местоположение и глубину залегания кабеля или трубы).

Пассивный диапазон: 50/60 Гц (производится локация электромагнитного поля от токопроводящих энергетических кабелей, генератор не требуется).

Пассивный диапазон 14—22 кГц (производится локация электромагнитного поля от токов, вырабатываемых путем излучения от радиопередатчика в кабелях, проложенных под землей. Генератор не требуется).

Особенности прибора

- Запатентованная система определения направления трассы.
- Полностью автоматическая непрерывная регулировка усиления сигнала.
- Измерение тока для точного определения параллельно проложенных трасс и для обнаружения ответвлений.
- Цифровая индикация глубины залегания.
- Наличие двух пассивных и трех активных поисковых частот.
- Автоматическое обнаружение и установка оптимальной поисковой частоты.
- Информация от омметра о подсоединениях.
- Автоматическое, плавное согласование генератора.

- Интеллектуальная система управления генератором и приемником с акустическими и визуальными сигналами оповещения.

Система наведения ведет пользователя над трассой кабеля, при помощи индикации на дисплее горизонтального удаления по отношению к трассе. Одновременно на дисплее выводится информация о напряженности электромагнитного поля.

Трассоискатель FM 9800 позволяет одновременно с глубиной залегания кабеля **определять и ток, проходящий по проводнику**. Обычные трассопоисковые приборы определяют только напряженность электромагнитного поля над проводником. Так как напряженность поля во многом зависит от глубины, то можно получить неправильные результаты при параллельно проходящих кабелях на разной глубине. Измерение тока позволяет различить параллельно проложенные трассы, а также обнаружить ответвление кабелей.

Технические характеристики *Таблица 6.8*

Приемники	9860	9890
Частоты	9,82, 82 кГц	0, 982, 9, 82, 82 кГц
Пассивная	50/60 Гц, 14...22 кГц	50/60 Гц, 14...22 кГц
Точность измерения глубины	±5%	
Макс. измеряемая глубина	6 м	
Питание батареи типа АА (1,5 В)	6 шт	
Время работы	Больше 30 ч	Больше 30 ч
Размеры	68,6 x 17,8 x 22,9 см	
Вес	2,2 кг	
Генераторы	9860	9890
Передающая частота	9, 82, 82 кГц	0,982, 9,82, 82 кГц
Выходная мощность	3 Вт	3 Вт
Питание	10 батарей, 1,5 В, IEC R20	
Доп. опции	Никель-кадмиевые аккумуляторы	
Время работы	От батарей >70 ч NiCd-аккумуляторы>30 ч	
Размеры	36,2 x 23,5 x 13,3 см	
Диапазон рабочих температур	–20 до +50°С	

Примечание.
Аналогична рассмотренным по характеристикам и исполнению серия трассопоисковых приборов 9800 XT Американской компании Metrotech.

Система Seba ARROW

Предназнначена для работы как в активном, так и в пассивном режимах поиска трассы. **Приемником** системы ARROW можно отыскать трассу кабеля, по которой протекают даже незначительные токи, при большой дальности действия и глубине залегания кабеля. **Два пассивных частотных диапазона** позволяют очень просто обнаруживать кабели и металлические трубопроводы без применения генератора, и поэтому отлично подходят для зондирования почвы с целью предотвращения случайных повреждений при земляных работах. В сочетании с генератором системы ARROW можно проводить поиск трассы, используя активную частоту 35 кГц (подробнее см. на www.agp.ru).

Имеется три частотных диапазона:

P — поиск трассы в диапазоне промышленной частоты 50 Гц (энергетические кабеля). При использовании этого метода подразумевается, что по искомой линии проходят «блуждающие токи», а в земле протекают токи заземления частотой 50 Гц, исходящие от большого количества электрических устройств и цепей. При этом они выбирают путь наименьшего сопротивления по любой металлической линии. Образуемое от этих токов электромагнитное поле используется для локализации трассы.

RF — поиск трассы в диапазоне сверхдлинных волн (радио). По почве проходят также токи в диапазоне 12—22 кГц, которые исходят от радиопередатчиков. Эти токи также проходят по имеющимся в почве металлическим трассам и могут служить индикатором для ее поиска. Таким образом, можно проводить определение трасс абонентских линий связи.

A — поиск трассы в активном диапазоне. Описанные выше методы локации называются «пассивными», так как для поиска трассы используются проходящие по трассе собственные и паразитные токи. Однако трубопроводы таким образом найти практически не возможно. В этом случае необходимо использовать передатчик поисковой частоты 35 кГц, который подает в трубопровод ток собственной частоты. Генератор ARROW может подключаться гальваническим методом и индуктивно через передающие клещи или встроенную антенну.

Глубину прохождения трассы можно определить **методом 45°.** Для этого маркируют положение трассы и устанавливают усиление на среднее значение. Приемник держат в положении под углом 45° и отходят от кабеля пока не исчезнет акустический сигнал. Маркируют это место, и повторяют эту процедуру в другую строну. Глубина залегания кабеля — половина расстояния между точками, измеренными под углом 45°.

Технические характеристики приемника ARROW *Таблица 6.9*

Поисковые частоты	50...60 Гц («Р», энергетические кабеля) 12... 60 кГц («RF», Радио) 35 кГц («А», Активная)
Питание	10 шт. батарей типа АА
Время работы	60 часов
Диапазон рабочих температур	от –20 до +50°С
Габаритные размеры	500 х 250 х 70 мм
Вес	2,2 кг

Технические характеристики генератора ARROW *Таблица 6.10*

Выходная частота	35 кГц
Выходная мощность	0,5 Вт
Питание	6 шт. элементов типа D/LR 20
Контроль батарей	Автоматический, при включении прибора
Диапазон рабочих температур	От –20 до +50°С
Габаритные размеры	276 х 230 х 156 мм
Вес	2,5 кг

6.4. Ресурсы сети Интернет

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Производитель электроизмерительного оборудования	ООО «Энергосила»	http://energosila.ru
Производитель электроизмерительного оборудования	Витебский завод электроизмерительных приборов	http://www.vzep.vitebsk.by
Производитель электроизмерительного оборудования	«Белэнергоприбор»	http://belenergo.narod.ru
Производство и продажа измерительных приборов	Московский завод электроизмерительных приборов	http://www.mzep.ru
Производство и продажа измерительных приборов	ООО БРИС	http://www.megometr.ru
Производство и продажа измерительных приборов	Житомирский завод «Электроизмеритель»	http://www.eliz.com.ua
Производство электроизмерительных приборов	ЗАО Новочебоксарский электромеханический завод»	http://nemz.narod.ru
Разработка, производство и продажа измерительных приборов	Компания БРИС	http://www.bris.ru
Справочный сайт электрика и энергетика	Информация	http://www.elecab.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Журнал «Кипинфо» по измерительным приборам	Информация	http://www kipinfo.ru
Измерительная техника	Интернет-магазин	http://www tek-know.ru
Прордажа радиоизмерительных и электроизмерительных приборов	ЗАО «Ампер-Ком»	http.//www.amper-com.ru
Продажа и ремонт измерительных приборов	ООО «Приборсервис» (г. Москва)	http://www.pribo.ru
Продажа и техническое обслуживание электроизмерительных приборов	Компания «Прибор-Сервис» (г. Королев)	http://www.pribor-service.ru
Продажа измерительных приборов	Компания СОНЭЛ	http://www.sonel.ru
Продажа измерительных приборов	Компания Профтэк	http://www.cooltester.ru
Продажа измерительных приборов	ООО «Промспецэлектро» (г Королев)	http://pspribor.ru
Продажа импортных измерительных приборов	Фирма «СЭА Электроникс» (г. Киев)	http://www.sea.com ua
Продажа контрольно-измерительных приборов	Компания «Укрмашприбор» (г. Харьков)	http://ukrmashpribor.narod.ru/
Продажа контрольно-измерительных приборов и оборудования	КИПО	http://www kipo.ru
Продажа контрольно-измерительных приборов.	ООО «Ракурс» (г. С-Петербург)	www.rakurs-spb.ru
Продажа приборов по заказу	Группа компаний «Электро-измерительные приборы»	http://megom.nm.ru
Продажа чешских электроизмерительных приборов	ООО «Орбит-Меррит»	http://www.prometer.ru
Продажа широкого спектра измерительных приборов	Компания «Прибор-М»	http://www.priborm.ru
Продажа электроизмерительного и другого оборудования	НПФ «Дока» (г. Львов)	http://www.doka.lviv.ua
Продажа электроизмерительной техники	Интернет-магазин	http://www.electric-shop ru
Продажа электроизмерительных приборов	Компания Центр-Ампер	http://www.centeramper.ru
Продажа электроизмерительных приборов	ЗАО «Энергобаза»	http://www.enbaza.ru
Продажа электроизмерительных приборов	ЗАО НПФ «Тирс»	http://tirs-spb.ru
Продажа электроизмерительных приборов	ООО «Русприбор» (г. Рязань)	www.rusprибor.com
Продажа электроизмерительных приборов	ООО «Эталорос» (г. Ростов-на-Дону)	http://www.etaloros ru
Продажа электроизмерительных приборов	ООО «РД Трейд» (Нижний Новгород)	http.//www.rdtrade.ru/
Продажа электроизмерительных приборов	ЗАО «Электросарг» (Москва)	WWW.ELEKTROSARG.RU
Продажа электроизмерительных приборов	НПК «Энергокип» (Москва)	http //www.energokip.ru/
Продажа электроизмерительных приборов	ООО «Мир Энерго» (Москва)	http://www mirmsk.ru

ГЛАВА 7

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСВАРКИ

7.1. Основные понятия и определения

Определения.

Сварка — *это технологический процесс, позволяющий соединить две детали неразъемным соединением. В основе электросварки лежит способность металлов плавиться и сплавляться под воздействием электрической дуги.*

Сварочная дуга — *длительный электрический разряд в ионизированной смеси газов и паров различных материалов между электродом 1 и изделием 3, находящимися под напряжением.*

В состав дуги входит (**рис. 7.1**): анодная область; столб; катодная область.

Температура дуги (5000—7000 °С) позволяет расплавлять все металлы и сплавы. На поверхности анода и катода температура дуги снижается до 3500—4000 °С.

Электрическую дугу возбуждают коротким замыканием сварочной дуги и последующим быстрым отводом электрода от свариваемого изделия.

Длина дуги практически равна диаметру электродного стержня.

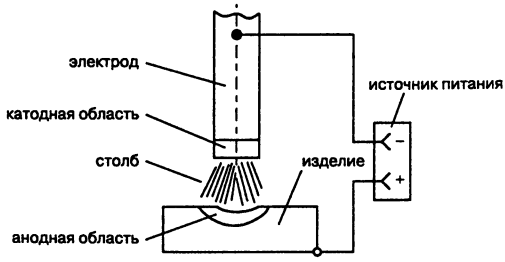


Рис. 7.1. *Сварочная дуга*

Определение.
Зависимость напряжения на дуге от сварочного тока называют **статической вольтамперной характеристикой (ВАХ).**

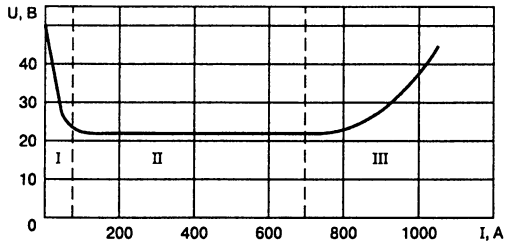


Рис. 7.2. *Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги*

Основными **видами электросварки** являются:
- электросварка штучным (или расходуемым) электродом;
- полуавтоматическая электросварка проволокой;
- аргоно-дуговая сварка нерасходуемым электродом;
- контактная сварка.

Дуговая сварка относится к сварке плавлением. При этом виде сварки плавление основного и присадочного металлов осуществляется электрической дугой, горящей между электродом и свариваемым металлом.

Расплавленные основной и присадочный металлы (электрод, проволока или лента) образуют сварочную ванну, в результате кристаллизации металла которой образуется сварной шов. Источником теплоты при дуговой сварке является **сварочная дуга** — устойчивый электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов и паров металла, используемых при сварке, характеризуемый высокой плотностью тока и высокой температурой.

В основе полуавтоматической и автоматической **сварки в среде защитных газов** лежит тот же процесс, который используется и при ручной электродуговой сварке.

Основным отличием является непрерывная подача расходуемого электрода, которым является проволока.

При полуавтоматической сварке используется несколько типов защиты изделия и сварочной ванны от окисления:
- сварка в среде защитных газов;
- сварка порошковой или флюсованной проволокой;
- сварка под флюсом.

Наиболее часто применяемыми в промышленности, в ремонтных работах и в бытовых целях являются полуавтоматы для сварки в среде защитных газов, что, в основном, обусловлено относительной дешевизной расходуемых материалов. Некоторые из этих аппаратов обладают возможностью сварки флюсованной проволокой. Но сварка под флюсом, в основном, используется для крупного промышленного и массового производства.

Аргонодуговая сварка — дуговая сварка, при которой в качестве защитного газа используется аргон. Применяют аргонодуговую сварку неплавящимся вольфрамовым и плавящимся электродами. Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом может быть ручной и автоматической.

Сварка возможна без подачи и с подачей присадочной проволоки. Этот процесс предназначен, главным образом, для металлов толщиной менее 3—4 мм. Большинство металлов сваривают на постоянном токе прямой полярности. Сварку алюминия ведут на переменном токе.

При прямой полярности (плюс на изделии, минус на электроде):

- лучше условия термоэлектронной эмиссии;
- выше стойкость вольфрамового электрода;
- выше допускаемый предельный ток.

Допускаемый ток при использовании вольфрамового электрода диаметром 3 мм составляет:

- при прямой полярности 140—280 А;
- при переменном токе 100—160 А;
- при обратной полярности 20—40 А.

Дуга на прямой полярности легко зажигается и горит устойчиво при напряжении 10—15 В в широком диапазоне плотностей тока.

При обратной полярности:

- возрастает напряжение дуги;
- уменьшается устойчивость ее горения;
- резко уменьшается стойкость электрода;
- повышается нагрев и расход электрода.

Эти особенности дуги обратной полярности делают ее непригодной для непосредственного применения в сварочном процессе.

Примечание.

Электрическая дуга обратной полярности обладает важным технологическим свойством: при ее действии с поверхности свариваемого металла удаляются окислы и загрязнения.

Это явление объясняется тем, что при обратной полярности поверхность металла бомбардируется тяжелыми положительными ионами аргона, которые, перемещаясь под действием электрического поля от плюса (электрод) к минусу (изделие), разрушают окисные пленки на свариваемом металле, а выходящие с катода (поверхности изделия) электроны способствуют удалению разрушенных окисных пленок.

Определение.
Процесс удаления окислов называется **катодным распылением**.

Указанное свойство дуги обратной полярности используют при сварке Al и Al-сплавов, имеющих прочные окисные пленки. Но так как при постоянном токе обратной полярности стойкость вольфрамового электрода низка, то для этой цели используют переменный ток.

При этом удаление пленки, т. е. катодное распыление, происходит, когда свариваемое изделие является катодом.

Вывод.
При сварке неплавящимся электродом на переменном токе в определенной степени реализуются преимущества дуги прямой и обратной полярности, т. е. при этом обеспечивается устойчивость электрода и разрушение окисных пленок.

Дуга возбуждается замыканием электрода и металла угольным стержнем или кратковременным разрядом высокой частоты и напряжения с помощью осциллятора.

Ручную сварку выполняют наклонной горелкой углом вперед, угол наклона к поверхности изделия составляет 70—80°. Присадочную проволоку подают под углом 10—15°. По окончании сварки дугу постепенно обрывают для заправки кратера, при ручной сварке — ее постепенным растяжением, при автоматической — специальным устройством заварки кратера, обеспечивающим постепенное уменьшение сварочного тока. Для защиты охлаждаемого металла подачу газа прекращают через 10—15 с после выключения тока.

Типы соединений, в основном, выбираются в зависимости от толщины свариваемого металла. Кромки не разделывают у деталей, толщина которых полностью позволяет проваривать соединение дугой.

Сварку неплавящимся электродом без присадочной проволоки применяют для малых толщин. Более толстый металл требует разделки кромок, так как на толщине более 2—2,5 мм трудно выполнить отбортовку.

Для толщин более 6—8 мм применяют одностороннюю разделку кромок, часто с подкладкой для обеспечения полного провара. При толщине деталей свыше 20 тмм выполняют двустороннюю разделку.

Если при такой толщине невозможно осуществить **двустороннюю сварку** (например, трубы большой толщины и небольшого диаметра), делают U-образную или чашеобразную одностороннюю разделку кромок и сварку ведут в несколько проходов. Но это несколько снижает внутреннее качество швов, увеличивает количество наплавленного металла.

Начало и конец шва выполняют на приставные технологические планки, которые после сварки удаляют. Начало и конец шва удаляют применением технологических планок. В начале и в конце обычно больше всего бывает дефектов:

- подплавление;
- незаплавленный кратер;
- погрешности неустановившегося по сечению шва;
- изъяны зажигания дуги и т. п.

Перед сваркой очищают кромки от грязи, окалины, ржавчины до металлического блеска. После сварки шов очищают стальной щеткой, придавая ему требуемый внешний вид и часто вскрывая при этом дефекты.

Внимание.
Наличие на поверхности сварного шва остатков флюсовых корок, оксидов способствует коррозионному разрушению шва.

В ряде случаев шов, выполненный на алюминиевом сплаве, покрывают антикоррозионным раствором. **Режим сварки в защитных газах** выбирают в зависимости от толщины и марки свариваемого металла, диаметра и марки электродной проволоки с учетом обеспечения мелкокапельного переноса металла электрода.

При сварке сталей диаметры вольфрамовых электродов и оптимальные значения тока выбирают по данным таблиц, которые приводятся в соответствующих справочниках.

При аргонодуговой сварке высоколегированных сталей вольфрамовым электродом в качестве присадочного металла применяют электродные проволоки того же состава, что и для дуговой сварки данной стали под флюсом.

7.2. Обзор основных видов сварочных аппаратов

Основные группы сварочных аппаратов для любителей представлены в **табл. 7.1**.

Основные группы сварочных аппаратов промышленного производства *Таблица 7.1*

Тип аппарата	Принцип действия	Выводы и рекомендации
Сварочные трансформаторы, специальные трансформаторы, осуществляющие преобразование электрического тока, его регулирование для усточивого питания сварочной дуги.	На сердечнике-магнитопроводе, сделанном из специальной трансформаторной стали, размещены две обмотки — первичная и вторичная. Они обе или неподвижные, или одна обмотка закреплена статично, а вторая передвигается относительно первой по сердечнику. Именно этим перемещением и осуществляется регулировка силы тока. Могут применяться и другие способы регулировки силы сварочного тока. Работает как понижающий трансформатор.	**Достоинства:** простота конструкции, высокая надежность, легкость в обслуживании и низкая цена. **Недостатки:** значительный вес и большие габариты. Сварка производится переменным током, а это негативно сказывается на качестве сварного шва. Имеются трудности в удержании оптимальной дуги при работе. **Вывод.** Его применяют, как правило, для соединения деталей, изготовленных из низколегированных сталей. Наиболее наглядно трудности использования проявляется у новичков при отсутствии необходимых навыков и опыта. Поэтому новичкам он не подходит.
Сварочные выпрямители, представляют собой источник питания, состоящий из трансформатора с регулирующим устройством и выпрямительного блока	Принцип действия основан на питании дуги постоянным током, протекающим по цепи вторичной обмотки и выпрямленным блоком селеновых или кремниевых выпрямителей. Для получения нужной характеристики эти устройства часто оснащают дополнительным дросселем. Дуга в таких аппаратах очень стабильная, не прерывающаяся. Это позволяет производить качественную сварку, даже не имея каких-либо первоначальных навыков.	**Достоинства.** Позволяют производить качественную сварку при минимальных первоначальных навыках. При укомплектовании их дополнительным оборудованием они могут сваривать чугун и даже цветные металлы. Дают более стабильное горение дуги и используются для скрепления деталей как из обычных низколегированных, так и из нержавеющих сталей. **Недостатки.** Сложность конструкции **Вывод. Идеально подходит для сварки деталей** из низколегированных и нержавеющих сталей.
Аппараты для аргонодуговой сварки, использующие вольфрамовые неплавящиеся электрод, а в качестве защитного газа — аргон (чаще) или гелий.	При сварке обычно (но не обязательно) используется присадочная проволока. Аргонодуговые установки работают на постоянном, переменном или импульсном токе. Сваривание осуществляется вольфрамовым неплавящимся электродом, а в качестве защищающей газовой среды используется аргон или гелий. Предназначен для сварки деталей из обычных и нержавеющих сталей, алюминия, меди, латуни, титана, сплавов магния.	**Достоинство.** Исключительно высокое качество сварочного шва. **Недостатки** Настройка сварочного процесса достаточно сложна и требует высокой квалификации сварщика. **Вывод.** Если вы имеете опыт сварочных работ, планируете сваривать детали из алюминия, меди, латуни, титана, сплавов магния и т д., то смело приобретайте аргонодуговой сварочный аппарат.

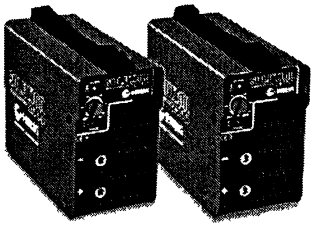
Таблица 7.1 (продолжение)

Тип аппарата	Принцип действия	Выводы и рекомендации
Инверторы, сварочные аппараты повышенной частоты	Созданы для работы с нестабильным напряжением питания, вызванным использованием электрогенераторов и длинных соединительных проводов. Инверторы оборудованы защитой от скачков напряжения и прилипания электрода, «горячим» стартом и от перегрева автоматическим стабилизатором мощности. Инвертор выдерживает перепад напряжения от 160 до 260 В. Оснащенны мощным вентилятором, что позволяет использовать аппараты для сварки тяжелых конструкций, в промышленных условиях и при большой нагрузке.	**Достоинства** Высокочастотная составляющая позволяет существенно повысить КПД источника питания, снизить его габариты и вес. Кроме того, аппараты с повышенной частотой обеспечивают хорошие технологические свойства и широкий предел регулирования. Дуга у них очень устойчивая, а сварной шов ровный. Инверторы работают с широким диапазоном токов и при высокой нагрузке. Очень просты в применении с самого начала работы, гарантируют хорошую сварку со всеми типами электродов благодаря высокой стабильности сварочного тока. **Недостатки**. Высокая цена **Вывод**. Идеально подходят для любительской и непрофессиональной сварки.
Сварочные шланговые полуавтоматы, работающие на постоянном или импульсном токе в среде защитных газов или с использованием специальной дорогой проволоки без газовой среды .	Электродная проволока из механизма подачи по гибкому шлангу поступает в держатель, находящийся в руке сварщика, т.е. сварка осуществляется не электродами, а специальной проволокой. По этому же рукаву одновременно с проволокой подается и защитный газ (углекислый, аргон или их смесь). Но из-за разбрызгивания металла в этом случае сила тока и производительность ниже, чем при сварке под флюсом. Различают процессы с использованием активных газов, например, двуокиси углерода, или инерных газов. Можно избежать использования баллона, если применять **специальную защитную проволоку**.	**Достоинства** высокое качество сварочного шва, почти полное отсутствие брызг, высокая производительность. Шов при полуавтоматической сварке получается ровным и более защищенным от коррозии, чем при остальных видах сварки. Кроме того, с помощью таких аппаратов можно ювелирно сваривать очень тонкий металл. Получили широкое применение при ремонте автомобилей. **Недостатки.** Необходимо использовать газовый баллон, требующий постоянной заправки. **Вывод.** Широко применяются в мастерских автосервиса. В отличие от газовой сварки, не снижают прочность и коррозионную стойкость при кузовных работах. Полученный сварной шов не нуждается в очистке от флюса и окалины.
Сварочные агрегаты, представляющие собой сварочный аппарат с автономным питанием.	Сложные электромеханические устройства, объединяющие на общей базе двигатель внутреннего сгорания с необходимыми системами обеспечения его работы и мощный генератор со своими электронными системами и приборами контроля.Механическая энергия вращения коленчатого вала двигателя преобразуется генератором в электрический ток с последующим выпрямлением с показателями, поддерживающими устойчивое горение сварочной дуги.	**Достоинства**. Аппарат можно использовать в тех местах, куда электричество еще не проведено. Высокое качество сварки. **Недостатки:** чрезвычайная громоздкость, большой вес и трудности в обслуживании. **Вывод.** Спрос на сварочные генераторы, применяемые в быту, невысок, и используют их весьма ограниченно.

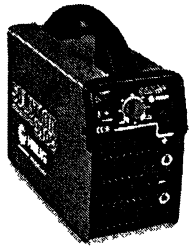
Рассмотрим основные виды имеемых в продаже сварочных аппаратов для широкого круга пользователей, в том числе любителей. **Для примера** взята продукция фирмы HELVI, одого из мировых лидеров в производстве сварочного оборудования. Более подробно о нем можно прочитать на сайте **http://www.helvi.ru/**, который очень понравился автору книги.

7.3. Инверторы

Сварочные инверторы созданы для работы с нестабильным напряжением питания. Инверторы очень просты в применении с самого начала работы, гарантируют хорошую сварку со всеми типами электродов (рутиловыми, стандартными, из нержавеющей стали и другими) благодаря высокой стабильности сварочного тока. Многие аппараты оборудованы защитой от скачков напряжения и перегрева, автоматическим стабилизатором мощности и «горячим стартом».



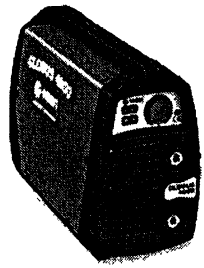
SOLUTION 2000, 2500, 3100, 3300 идеально подходят для любительской и непрофессиональной сварки, а аппараты 3100/3300 — для небольших мастерских и сварки легких конструкций.



SOLUTION 3500, 4000 идеально подходят для небольших мастерских и сварки легких конструкций, а также для случаев, когда большой объем работ при том, что напряжение питания нестабильно, и важны вес и размеры аппарата.

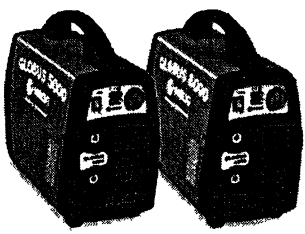
GLOBUS 2500, 3100, 3300. Сварочные инверторы созданы с акцентом на надежность и дизайн. Очень просты в обращении и гарантируют хорошую сварку всеми типами электродов (рутиловыми, стандартными, из нержавеющей стали и другими). Оснащены из соображений запаса мощности, предохранения от перегрева и прилипания электрода. В качестве источников тока все модели могут использовать генераторы и линии электропередачи. Аппараты идеально подходят для небольших мастерских, сварки легких конструкций, ремонтных работ.

GLOBUS 3500, 4000

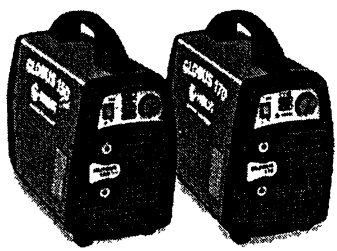


Сварочные инверторы созданы с акцентом на надежность и дизайн. Очень просты в обращении и гарантируют хорошую сварку всеми типами электродов (рутиловыми, стандартными, из нержавеющей стали и другими). Оснащены из соображений запаса мощности, предохранения от перегрева и прилипания электрода. В качестве источников тока все модели могут использовать генераторы и линии электропередачи. Аппараты идеально подходят для небольших мастерских, сварки легких конструкций, ремонтных работ.

GLOBUS 5000, 6000. Сварочные инверторы созданы для работы с нестабильными источниками питания, такими как генераторы и линии электропередачи. Работают с широким диапазоном токов и при высокой нагрузке. Гарантируют хорошую сварку всеми типами электродов (рутиловыми, стандартными, из нержавеющей стали и другими). Оснащены из соображений запаса мощности, предохранения от перегрева и прилипания электрода. В качестве источников тока все модели могут использовать генераторы и линии электропередачи. Аппараты имеют переключатель TIG/MMA и с дополнительными приспособлениями могут использоваться для сварки в среде инертного газа. Мощный вентилятор позволяет использовать аппараты для сварки тяжелых конструкций, в промышленных условиях и при большой нагрузке. Модель GLOBUS 150 DUAL может работать при двух напряжениях питания, а именно 110 В и 230 В, которые выбираются автоматически.

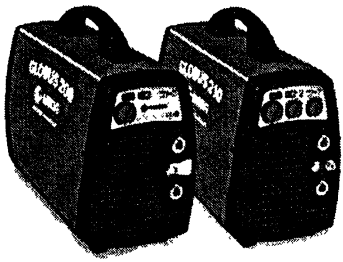


GLOBUS 150, 150 DUAL, 170. В качестве источников тока все модели могут использовать генераторы и линии электропередачи. Аппараты имеют переключатель TIG/MMA и с дополнительными приспособлениями могут использоваться для сварки в среде инертного газа. Мощный вентилятор позволяет использовать аппараты для сварки тяжелых конструкций, в промышленных условиях и при большой нагрузке. Модель GLOBUS 150 DUAL может



работать при двух напряжениях питания, а именно 110 В и 230 В, которые выбираются автоматически.

GLOBUS 200, 210. Аппараты имеют переключатель TIG/MMA и с дополнительными приспособлениями могут использоваться для сварки в среде инертного газа. Мощный вентилятор позволяет использовать аппараты для сварки тяжелых конструкций, в промышленных условиях и при большой нагрузке. Модели GLOBUS 210 и 270 могут регулировать режим подачи газа при сварке с использованием инертного газа. У модели GLOBUS 210 ток может регулироваться дистанционно. Модель GLOBUS 200C имеет переключатель TIG/STICK, который делает аппарат идеальным при использовании в режиме сварки с использованием инертного газа.



COMPACT 210 ACDC. Это однофазный сварочный инвертор создан для обеспечения прекрасного качества сварки и простоты использования, в том числе при сварке в среде инертного газа при переменном и постоянном токе, а также с любыми типами покрытых электродов. Согласование параметров максимально автоматизировано. Аппарат идеален для использования в промышленности.

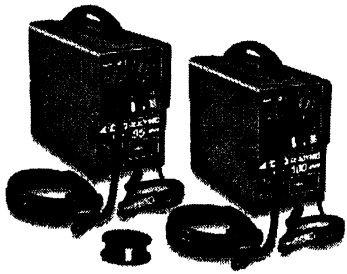
Основные технические характеристики сварочных инверторов приведены в **табл. 7.2**.

Технические характеристики сварочных инверторов *Таблица 7.2*

Характеристики	Напряжение питания, (1ph)	Потребляемая мощность, 60 % — кВ·А	Напряжение без нагрузки, В	Диапазон тока, А	Рабочий ток, А		Электроды, диаметр мм	Класс изоляции	Степень защиты	Габаритные размеры, мм	Размеры упаковки, мм	Вес, кг	Код производителя, N°
SOLUTION 2000	230 В 50/60 Гц	2,3	80	25—80	20 % — 80	60 % — 50	1,6—2	H	IP21	258 × 118 × 205	345 × 150 × 245	3,5	99805827
SOLUTION 2500	230 В 50/60 Гц	2,5	80	30—105	20 % — 105	60 % — 60	1,6—2,5	H	IP21	258 × 118 × 205	345 × 150 × 245	3,5	99805828
SOLUTION 3100	230 В 50/60 Гц	3	80	30—120	15 % — 120	60 % — 70	1,6—3,25	H	IP21	258 × 118 × 205	345 × 150 × 245	3,7	99805866
SOLUTION 3300	230 В 50/60 Гц	3,3	80	30—140	25 % — 130	60 % — 80	1,6—3,25	H	IP21	310 × 125 × 205	390 × 170 × 230	4,7	99805828
SOLUTION 3500	230 В 50/60 Гц	4	80	22—140	35 % — 140	60 % — 105	1,6—3,25	H	IP21	325 × 133 × 280	435 × 180 × 310	5,4	99805849
SOLUTION 4000	230 В 50/60 Гц	4,3	80	25—160	35 % — 160	60 % — 115	1,6—4	H	IP21	325 × 133 × 280	435 × 180 × 310	5,5	99805850
GLOBUS 2500	230 В 50/60 Гц	2,3	80	30—105	20 % — 105	60 % — 60	1,6—3,25	H	IP21	260 × 130 × 235	355 × 180 × 275	3,7	99805838
GLOBUS 3100	230 В 50/60 Гц	3	80	30—120	15 % — 120	60 % — 70	1,6—3,25	H	IP21	260 × 130 × 235	355 × 180 × 275	3,9	99805852
GLOBUS 3300	230 В 50/60 Гц	3,3	80	30—140	25 % — 130	60 % — 80	1,6—3,25	H	IP21	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,9	99805859
GLOBUS 3500	230 В 50/60 Гц	3,5	80	22—140	35 % — 140	60 % — 105	1,6—3,25	H	IP21	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,5	99805840
GLOBUS 4000	230 В 50/60 Гц	3,8	80	25—160	30 % — 160	60 % — 115	1,6—4	H	IP21	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,6	99805841
GLOBUS 5000	230 В 50/60 Гц	3,5	80	22—140	35 % — 140	60 % — 105	1,6—3,25	H	IP21	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,5	99805840
GLOBUS 6000	230 В 50/60 Гц	3,8	80	25—160	30 % — 160	60 % — 115	1,6—4	H	IP21	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,6	99805841
GLOBUS 150	230 В	4	90	15—140	60 % — 140	100 % — 110	1,6—3,25	H	IP22	360 × 155 × 320	445 × 195 × 365	7,3	99805822
GLOBUS 150 DUAL	115 В	4	90	5—110	40 % — 110	40 % — 110	1,6—2,5	H	IP22	325 × 130 × 235	445 × 195 × 365	7,5	99805851
GLOBUS 17	230 В	4,6	90	15—160	50 % — 160	100 % — 115	1,6—4	H	IP22	360 × 155 × 320	445 × 195 × 365	8	99805823
GLOBUS 200	230 В 50/60 Гц	7	80	5—180	50 % — 180	100 % — 140	1,6—4	H	IP22	460 × 175 × 345	550 × 215 × 395	11	99805842
GLOBUS 210	230 В 50/60 Гц	7	80	5—180	50 % — 180	100 % — 140	1,6—4	H	IP22	460 × 175 × 345	550 × 215 × 395	11,3	99805843
GLOBUS 130 C	230 В 50/60 Гц	4	100	22—130	35 % — 130	60 % — 100	1,6—3,25	H	IP22	325 × 130 × 235	400 × 180 × 275	4,6	99805860
COMPACT 210 AC/DC	230 В 50/60 Гц	5,5	54	5—180	40 % — 180	100 % — 140	1,6—4	H	IP23	420 × 200 × 450	500 × 250 × 500	19	99805845

7.4. Сварочные полуавтоматы

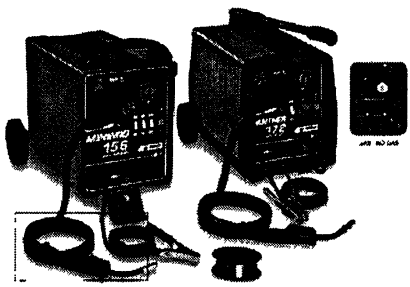
READY MIG 95, 100, 110



Однофазные портативные полуавтоматы для сварки без использования защитного газа. Модель READY MIG 110 оборудована вентилятором охлаждения. Укомплектованы всем необходимым для начала работы. Держатель катушки приспособлен для катушек с проволокой весом до 1 кг.

MINIMIG 156 GAS-NO GAS / PANTHER 172 GAS-NO GAS

Однофазные портативные полуавтоматы с вентиляторами охлаждения. При подключении с обратной полярностью можно работать без защитного газа. Удобны в использовании при сварке без защитного газа и регулятора давления. Модель 152 оборудована колесами. Держатель катушки приспособлен для катушек с проволокой весом от 1 до 5 кг. Укомплектованы всем необходимым для начала работы.



MONOMIG 162, 182 (GAS-NO GAS)

Однофазные передвижные полуавтоматы. При подключении с обратной полярностью можно работать без защитного газа. Модель 182 оборудована таймером для точечной сварки. Подходят для сварки тонких металлических листов и для ремонта кузовов автомобилей. Держатель катушки приспособлен для катушек с проволокой весом от 5 до 15 кг. Укомплектованы регулятором давления, газовым шлангом, кабелем заземления.

Основные технические характеристики сварочных полуавтоматов приведены в **табл. 7.3**.

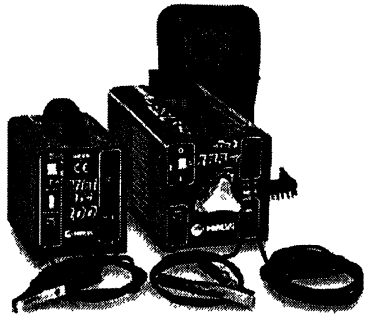
Характеристики	READY MIG 95	READY MIG 100	READY MIG 110	MINIMIG 156	PANTHER 172
	NO GAS	NO GAS	NO GAS	GAS-NO GAS	GAS-NO GAS
Напряжение питания, (1ph)	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц
Потребляемая мощность, 60 % — кВ·А	1,4	1,4	1,4	2,6	2,7
Напряжение без нагрузки, В	18—28 В AC*	17—26 В DC*	17—27 В DC	21—34	17—33
Диапазон тока, А	60—90	25—95	30—105	30—145	30—165
Рабочий ток, А	15 % — 80	12 % — 80	12 % — 100	12 % — 145	20 % — 145
	–	100 % — 27	–	60 % — 70	60 % —8 3
Количество регулировок	2	2	2	4	6
Флюсовая проволока	0,8	0,8	0,8	0,6—1,2	0,6—1,2
Класс изоляции	H	H	H	H	H
Степень защиты	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21
Габаритные размеры, мм	380 × 175 × 350	380 × 175 × 350	380 × 175 × 350	600 × 365 × 500	680 × 350 × 470
Размеры упаковки, мм	485 × 210 × 325	485 × 210 × 325	485 × 210 × 325	660 × 290 × 410	565 × 320 × 400
Вес, кг	18,5	21,2	21,5	30	33
Код производителя	99405013	99405010	99405015	99405012	99405009

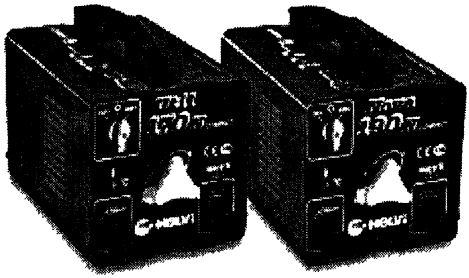
* В AC—напряжение переменного тока, В DC—напряжение постоянного тока

7.5. Сварочные трансформаторы для сварки электродом

MINI ARC 100, JET 120N, 155N

Однофазные портативные сварочные трансформаторы. Плавная регулировка тока. Защита от перегрузки. Укомплектованы аксессуарами.





UTIL 170N, NOVA 190N

Однофазные портативные сварочные трансформаторы. Плавная регулировка тока. Защита от перегрузки. Укомплектованы аксессуарами.

NOVA 191N, 242T

Однофазные портативные сварочные трансформаторы с вентиляторами. Плавная регулировка тока. Защита от перегрузки. NOVA 242T также может использоваться для сварки стандартными электродами при переменном токе.

Основные технические характеристики сварочных трансформаторов для сварки электродом приведены в **табл. 7.4**.

UNIVERSAL 235, 280, 330, 400, 430

Трехфазные передвижные сварочные трансформаторы постоянного тока с вентиляторами для использования со всеми типами электродов. Плавная регулировка сварочного тока с помощью магнитного шунта.

Основные технические характеристики сварочных трансформаторов для сварки электродом **UNIVERSAL** приведены в **табл. 7.5**.

Технические характеристики сварочных трансформаторов для сварки электродом *Таблица 7.4*

Характеристики	MINI ARC 100	JET 120N	JET 155N	UTIL 170N	NOVA 190N	NOVA 191N	NOVA 242T
Напряжение питания, (1ph)	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц
Потребляемая мощность, 60 % — кВ·А	2,4	2,6	3	3,2	4	4	4,4
Напряжение без нагрузки, В	48	48	48	48	48	48	48-66
Диапазон тока, А	55—85	30—100	35—135	35—135	30—170	35—170	40-190, 30-160
Электроды, диаметр, мм	2—2,5	1,6—2,5	1,6—3,25	1,6—3,25	1,6—4	1,6—4	1,6-4 1,6-3,25
Класс изоляции	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Степень защиты	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21
Габаритные размеры, мм	270 × 175 × 275	370 × 215 × 290	370 × 215 × 290	410 × 255 × 315	410 × 255 × 315	500 × 255 × 350	500 × 255 × 350
Размеры упаковки, мм	395 × 210 × 240	445 × 245 × 320	445 × 245 × 320	485 × 280 × 330	485 × 280 × 330	540 × 280 × 370	540 × 280 × 370
Вес, кг	11	13	13,8	15,8	18	21,2	23,5
Код производителя	99200028	99200075	99200076	99200077	99200078	99200081	99200024

*Технические характеристики сварочных трансформаторов для сварки электродом **UNIVERSAL*** *Таблица 7.5*

Характеристики	UNIVERSAL 235	UNIVERSAL 280	UNIVERSAL 330	UNIVERSAL 400	UNIVERSAL 430
Напряжение питания, (1ph)	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц	230/400 В 50/60 Гц
Потребляемая мощность, 60 % — кВ·А	10,8	13,2	16,5	21	23
Напряжение без нагрузки, В	59—66	59—66	59—68	66—73	70—76
Диапазон тока, А	35—220	40—260	50—320	70—370	55—400
Рабочий ток, А	35 % — 220	35 % — 260	35 % — 320	35 % — 370	35 % — 400
	60 % — 168	60 % — 200	60 % — 245	60 % — 280	60 % — 305
Электроды, диаметр, мм	1,6—5	1,6—5	2—6	2—6	2—6
Класс изоляции	H	H	H	H	H
Степень защиты	IP21	IP21	IP21	IP21	IP21
Габаритные размеры, мм	815 × 496 × 570	1000 × 520 × 595	1000 × 520 × 595	1000 × 520 × 595	1000 × 520 × 595
Размеры упаковки, мм	800 × 395 × 490	920 × 410 × 550	920 × 410 × 550	920 × 410 × 550	920 × 410 × 550
Вес, кг	75	89	100	115	124
Код производителя	99215017	99215014	99215015	99215011	99215018

7.6. Сварочные электроды

Основные определения

Определение.
Сварочный электрод — *это металлический или неметаллический стержень, предназначенный для подвода тока к свариваемому изделию.*

Электроды бывают **двух типов**:

- **плавящиеся**, выполненные обычно из того же или сходного со свариваемым изделием металла;
- **неплавящиеся**, которые, в свою очередь, могут быть металлическими (обычно вольфрам) или не металлическими (уголь или графит).

В виду широкого распространения **сварки по технологии MMA** (*ручная сварка штучными электродами*), наибольшее распространение получили плавящиеся металлические электроды с покрытием (**рис. 7.3**).

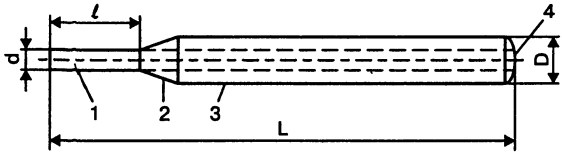


Рис. 7.3. *Сварочный плавящийся электрод с покрытием:*
1 — стержень; 2 — участок перехода; 3 — покрытие; 4 — контактный торец без покрытия

Стержень электрода

Металлический стержень электрода выполняется из проволоки диаметром 1,6—12 мм. **Электродная проволока по химическому составу делится на три группы.**

Группа 1. Углеродистая, с содержанием углерода не более 0,12 %, проволока предназначена для сварки низкоуглеродистых, среднеуглеродистых, а также некоторых низколегированных сталей. Малое содержание углерода в сварочной проволоке снижает склонность металла шва к пористости и образованию твердых закалочных структур.

Группа 2. Легированная проволока, предназначенная для сварки низколегированных, конструкционных и теплостойких сталей.

Группа 3. Высоколегированная проволока, предназначенная для сварки хромистых, хромоникелевых, нержавеющих и других легированных сталей.

Электродные покрытия: назначение и состав

В зависимости от отношения **D/d** (где D — диаметр покрытия, d — диаметр электродной проволоки) электроды подразделяются **на 4 типа**:

М — электроды с тонким покрытием $D/d \le 1{,}2$;

С — электроды со средним покрытием $1{,}2 < D/d \le 1{,}45$;

Д — электроды с толстым покрытием $1{,}45 < D/d \le 1{,}8$;

Г — электроды с особо толстым покрытием $D/d > 1{,}8$.

Примечание.
Тонкое покрытие *предназначено только для стабилизации горения дуги и не создает защиты для расплавленного металла шва, что приводит к окислению и азотированию наплавленного металла.*

Электроды с тонким покрытием не могут использоваться при выполнении ответственных сварочных швов, так как сварочный шов получается хрупким, пористым с различными неметаллическими включениями. Наиболее простое тонкое покрытие изготавливается из мелко просеянного мела, разведенного на жидком стекле.

На 100 весовых частей мела берется 25—30 весовых частей жидкого стекла. Полученная смесь размешивается в воде до получения сметанообразного состояния. Покрытие наносится на электродную проволоку окунанием, с последующей сушкой при температуре 30—40°С.

Примечание.
Более качественные сварные швы дают электроды с покрытием, основой которого является ***титановый концентрат****.*

Сварные соединения высокого качества выполняются электродами со средним, толстым и особо толстым покрытием. Кроме стабилизации горения дуги эти покрытия **способны** выполнять еще **ряд функций**.

Функция 1. Защищать расплавленный металл шва от воздействия кислорода и азота воздуха.

Функция 2. Раскислять окислы, образующиеся в процессе сварки.

Функция 3. Изменять состав наплавляемого металла, вводя в него легирующие примеси.

Функция 4. Удалять серу и фосфор из расплавленного металла шва.

Функция 5. Образовывать шлаковую корку поверх металла шва.

Для выполнения перечисленных функций **покрытие электрода** должно содержать следующие **компоненты**.

- **Компонент 1. Ионизирующие вещества**, облегчающие возбуждение сварочной дуги и поддерживающие ее стабильное горение. В качестве ионизирующих веществ используют *мел, мрамор, поташ, полевой шпат и т. п.*
- **Компонент 2. Защитные вещества**, которые при сварке разлагаются и сгорают, выделяя большое количество газов, защищающих сварочную ванну от контакта с газами атмосферы. Благодаря этим веществам металл шва защищается от воздействия кислорода и азота воздуха. Такими газообразующими веществами являются *крахмал, древесная мука, целлюлоза и т. п.*
- **Компонент 3. Раскислители** обладают большим сродством к кислороду и поэтому восстанавливают металл шва, улучшая его каче-

ство. В качестве раскислителей используют *ферросплавы, алюминий, графит и т. п.*

- **Компонент 4. Легирующие вещества** позволяют получить различные полезные свойства сварочного шва. Хорошими легирующими веществами являются *ферромарганец, ферросилиций, феррохром, ферротитан.*
- **Компонент 5. Шлакообразующие вещества** образуют шлак, который, затвердевая на поверхности шва, препятствует его быстрому охлаждению, а также защищает от воздействия атмосферы. В качестве шлакообразующих веществ используют *полевой шпат, кварц, мрамор, рутил, марганцевую руду и т. п.*
- **Компонент 6. Связывающие вещества**, предназначенные для замешивания всех компонентов покрытия, а также для удержания покрытия на электроде и придания ему достаточной механической прочности после сушки. Обычно в качестве связующего вещества используют *жидкое стекло*. Реже применяют *декстрин*.

Примечание.
Для повышения производительности, т. е. для увеличения количества наплавляемого металла в единицу времени, в электродные покрытия иногда вводят железный порошок. Введенный в покрытие железный порошок улучшает технологические свойства электродов (облегчает повторное зажигание дуги, уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла, что благоприятно сказывается при сварке в условиях низких температур).

Качественные покрытия разделяют на четыре основные группы.

- **Группа 1. Кислые покрытия**, содержащие руды в виде *окиси железа, марганца, кремния, иногда титана.*
- **Группа 2. Основные покрытия**, имеющие в качестве основы *фтористый кальций* и *карбонад кальция*. Сварку электродами с основным покрытием осуществляют на постоянном токе и обратной полярности. Вследствие малой склонности металла к образованию кристаллизационных и холодных трещин электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений.
- **Группа 3. Целлюлозные покрытия**, имеющих в качестве основы *целлюлозу, муку* или другие органические составы, создающие газовую защиту дуги и образующие при плавлении тонкий шлак.

Электроды с целлюлозным покрытием применяют, как правило, для сварки стали малой толщины.

- **Группа 4. Рутиловые покрытия**, основной компонент которых *рутил*. Для шлаковой и газовой защиты в покрытия этого типа вводят соответствующие минеральные и органические компоненты. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание металла незначительно. Устойчивость горения дуги, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее.

Условные обозначения электродов для ручной дуговой сварки

Согласно ГОСТ9466-75, условное обозначение электродов для дуговой сварки и наплавки сталей представляет собой длинную дробь. **Например**:

$$\frac{\text{Э46А – УОНИ – 13/45 – 3,0 – УД3}}{\text{Е – 412(5) – Б20}}$$

В ее **числителе** записан тип электрода **Э46А**, его марка **УОНИ–13/45**, диаметр **3,0 мм** и группа из двух букв и цифры **УД3**. Первая буква этой группы **У** указывает назначение электрода, вторая **Д** — толщину покрытия, цифра **3** — группу электродов по качеству изготовления.

В **знаменателе** приведены буква **Е** (электрод), группа индексов **412(5)**, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва (по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75) и группа из одной буквы и двух цифр **Б20**. Буква **Б** обозначает вид покрытия, первая цифра **2** — допустимые пространственные положения при сварке, вторая цифра **0** — требование к электропитанию дуги.

Типы электродов перечислены в **табл. 7.6**.

Типы электродов для дуговой сварки конструкционных сталей и механические свойства металла шва *Таблица 7.6*

Тип электрода (1)	δ, %	KCU (2), МДж/м²
Э38	14	0,3
Э42	18	0,8
Э42А	22	1,5
Э46	18	0,8
Э46А	22	1,4
Э50	16	0,7

Таблица 7.6 (продолжение)

Тип электрода (1)	δ, %	KCU (2), МДж/м²
Э50А	20	1,3
Э55	20	1,2
Э60	18	1
Э70	14	0,6
Э85	12	0,5
Э100	10	0,5
Э125	8	0,4
Э150	6	0,4

Примечания:

1. *Число в обозначении типа электрода соответствует временному сопротивлению разрыву $\sigma_в$ в кгс/мм².*
2. *KCU — ударная вязкость.*

Шифр буквы назначения электродов:

У — для конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву $\sigma_в$<600 МПа (60 кгс/мм²);

Л — для легированных конструкционных сталей с $\sigma_в$>600 МПа (60 кгс/мм²);

Т — для теплоустойчивых легированных сталей;

В — для высоколегированных сталей;

Н — для наплавки.

Обозначение толщины покрытия электрода:

М — тонкое;

С — среднее;

Д — толстое;

Г — особо толстое.

По качеству электроды делят на три группы **1, 2** и **3**, где требования к качеству растут от группы 1 к группе 3. Расшифровка группы индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, приведена в **табл. 7.7**.

Индексы металла шва, выполненного электродами для сварки конструкционных сталей с $\sigma_в \leq 600$ МПа *Таблица 7.7*

Показатель механических свойств	Первые две цифры индекса[1]	Третья цифра индекса[2]							
		0	1	2	3	4	5	6	7
δ, %	37 41 или 43 51	Любое 20 18	– 20 18	– 22 18	– 24 20	– 24 20	– 24 20	– 24 20	– 24 20
Tx[3], °C	Любые	Не реглам.	+20	0	–20	–30	–40	–50	–60

Примечания:

1. *Первые две цифры индекса — временное сопротивление в десятках мегапаскалей.*
2. *Цифра характеризует одновременно σ и Tx. Если эти показатели соответствуют различным индексам в таблице, то третий индекс устанавливают по δ, а затем в скобках приводят четвертый дополнительный индекс, характеризующий Tx.*
3. *Tx — минимальная температура, при которой ударная вязкость, на образцах с V-образным надрезом не менее 0,35 МДж/м² (3,5 кгс·м/см²).*

Обозначение видов покрытия:

А — кислое;
Б — основное;
Р — рутиловое;
Ц — целлюлозное;
П — прочие виды покрытия;
Ж — с содержанием в покрытие >20% железного порошка.

Смешанные покрытия обозначают двумя буквами.

Допустимые пространственные положения при сварке или наплавке обозначают следующим образом:

1 — для всех положений;
2 — для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;
3 — для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх;
4 — только нижнее.

По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока, а также по номинальному напряжению холостого хода источника переменного тока частотой 50 Гц, электроды подразделяются в соответствии с **табл. 7.8**.

Требования к электропитанию дуги *Таблица 7.8*

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение
	Номин.	Пред. откл.	
Обратная (плюс на электроде)	–	–	0
Любая	50	±5	1
Прямая (минус на электроде)			2
Обратная (плюс на электроде)			3
Любая	70	±10	4
Обратная (плюс на электроде)			5
Прямая (минус на электроде)			6
Любая	90	±5	7
Обратная (плюс на электроде)			8
Прямая (минус на электроде)			9

Примечание.
Цифрой **0** *обозначают электроды, предназначенные для сварки или наплавки только на постоянном токе обратной полярности.*

Таким образом, приведенное выше условное обозначение электрода марки УОНИ-13/45 можно расшифровать следующим образом. Э46А — тип электрода; УОНИ-13/45 — марка; 3,0 — диаметр электрода, мм; У — электрод для сварки углеродистых сталей с $\sigma_в$<600 МПа (60 кгс/мм^2); Д — толстое покрытие; 3 — третья группа по качеству изготовления; 41 — $\sigma_в \geq 410$ МПа; 2 — $\delta \geq 22\%$; (5) — $T_х$ = –40°С; Б — покрытие основное; 2 — сварка возможна во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху вниз; 0 — сваривать только постоянным током обратной полярности (плюс на электроде).

Технические характеристики электродов отечественного производства, предназначенных для сварки углеродистых сталей

Информацию о технических характеристиках электродов отечественного производства, предназначенных для сварки углеродистых сталей

можно почерпнуть в [36]. В данном справочнике данные по электродам сконцентрированы в несколько таблиц (**табл. 7.9 — табл. 7.17**).

Технические характеристики электродов АНО-4 *Таблица 7.9*

Электроды АНО-4			
Обозначение		**Стандарт**	
Э46 – АНО–4 – d – УД		ГОСТ 9466–75	
Е 430 (3) – Р 21		ТУУ 05416923.001–95	
Предназначены для ручной дуговой сварки конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 25%. Сварка во всех пространственных положениях, кроме вертикального «сверху–вниз», постоянным током обратной полярности и переменным током от источников питания с напряжением холостого хода (50±5)В.			
Вид покрытия	**Род тока**		
рутиловое	• постоянный ток любой полярности; • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 50 В		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
2,5	70—90	60—100	60—100
3,0	90—140	80—100	80—100
4,0	160—220	140—180	140—180
5,0	170—260	160—200	–

Технические характеристики электродов АНО-6 *Таблица 7.10*

Электроды АНО-6			
Обозначение		**Стандарт**	
Э42 – АНО–6 – d – УД		ГОСТ 9466–75	
Е 410 (1) – Р 21		ТУУ 05416923.010–95	
Предназначены для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей марок Ст3, 10, 20 и др. Электроды обеспечивают хорошее формирование металла шва, высокую стойкость металла шва против образования пористости и горячих трещин.			
Вид покрытия	**Род тока**		
рутиловое	• постоянный ток любой полярности; • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 50 В		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,0	100—140	90—110	100—120
4,0	170—210	140—150	140—170
5,0	190—270	150—170	–

Технические характеристики электродов АНО-21 *Таблица 7.11*

Электроды АНО-21	
Обозначение	**Стандарт**
Э46 – АНО–21 – d – УД	ГОСТ 9466–75
Е 432 (3) — Р 11	ТУУ 054160223.001–95

Таблица 7.11 (продолжение)

Предназначены для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей малых толщин марок Ст3, 10, 20 и др. Электроды обеспечивают легкое зажигание дуги, мелкочешуйчатое формирование металла шва, легкую или самопроизвольную отделимость шлаковой корки. Они могут применяться для сварки водопроводных труб, газопроводов малого давления.			
Вид покрытия	**Род тока**		
рутиловое	• постоянный ток любой полярности • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 50 В		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
2,0	50—90	50—70	70—90
2,5	60—110	60—90	80—100
3,0	90—140	80—100	100—130

Технические характеристики электродов МР-3 *Таблица 7.12*

Электроды МР-3			
Обозначение	**Стандарт**		
Э46 – МР-3 – d – УД	ГОСТ 9466-75		
Е 430 (3) – Р 26	ТУУ 14288312.001-96		
Предназначены для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей марок Ст3, 10, 20 и др. Электроды обеспечивают хорошее формирование металла шва, высокую стойкость металла шва против образования пористости и горячих трещин.			
Вид покрытия	**Род тока**		
рутиловое	• постоянный ток обратной полярности • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,0	100—140	80—100	80—110
4,0	160—220	140—180	140—180
5,0	180—260	160—200	–

Технические характеристики электродов УОНИ-13/45 *Таблица 7.13*

Электроды УОНИ-13/45			
Обозначение	**Стандарт**		
Э42А – УОНИ-13/45 – d – УД	ГОСТ 9466-75		
Е 414 – Б 20	ТУУ 05416923.015-96		
Предназначены для сварки ответственных конструкций из углеродистых (типа 08, 20, 20Л, Ст3) и низколегированных (типа 09Г2, 14Г2) сталей, когда к металлу швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, в частности, при работе в условиях пониженных температур.			
Вид покрытия	**Род тока**		
основное	постоянный ток обратной полярности		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,0	80—100	70—90	70—90
4,0	130—160	130—140	130—140
5,0	180—220	160—180	–

Технические характеристики электродов УОНИ-13/55 *Таблица 7.14*

Электроды УОНИ-13/55			
Обозначение		**Стандарт**	
Э50А – УОНИ-13/55 – d – УД		ГОСТ 9466-75	
Е 514 – Б 20		ТУУ 05416923.015-96	
Предназначены для сварки ответственных конструкций из углеродистых (типа 08, 20, 20Л, Ст3, Ст4) и низколегированных (типа 16ГС, 09Г2С) сталей, когда к металлу швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, в частности, при работе в условиях пониженных температур.			
Вид покрытия	**Род тока**		
основное	постоянный ток обратной полярности		
Диаметр, мм	Сила сварочного тока, А		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
3,0	80—100	70—90	70—90
4,0	130—160	130—140	130—140
5,0	180—220	160—180	–

Технические характеристики электродов АНО-ТМ/СХ *Таблица 7.15*

Электроды АНО-ТМ/СХ			
Обозначение		**Стандарт**	
Э50А – АНО-ТМ/СХ – d – УД		ГОСТ 9466-75	
Е 433 – Б 26		ТУУ 05416923.011-96	
Предназначены для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности 490—590 МПа (корневые слои) и 490-540 МПа (заполняющие и облицовочные проходы).			
Вид покрытия	**Род тока**		
основное	• постоянный ток обратной полярности • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,0	70—120	60—110	80—120
4,0	140—200	120—150	130—170
5,0	190—230	160—180	–

Технические характеристики электродов АНО-ТМ60 *Таблица 7.16*

Электроды АНО-ТМ60			
Обозначение		**Стандарт**	
Э60 – АНО-ТМ60 – d – ЛД		ГОСТ 9466-75	
Е-08ГНМ-4 Б 26		ТУУ 05416923.012-96	
Предназначены для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности более 588 МПа (корневые слои) и 540—650 МПа (заполняющие и облицовочные проходы).			
Вид покрытия	**Род тока**		
основное	• постоянный ток обратной полярности; • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В		

Таблица 7.16 (продолжение)

Диаметр, мм	Сила сварочного тока, А		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
3,0	70—120	60—110	80—120
4,0	140—200	120—150	130—170
5,0	190—230	160—180	–

Технические характеристики электродов АНО–ТМ70 *Таблица 7.17*

Электроды АНО–ТМ70			
Обозначение		Стандарт	
Э70 – АНО–ТМ70 – d – ЛД		ГОСТ 9466–75	
Е–08ГН1М1–3 Б 26		ТУУ 05416923.012–96	
Предназначены для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из низколегированных сталей с пределом прочности более 685 МПа.			
Вид покрытия	Род тока		
основное	• постоянный ток обратной полярности • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В		
Диаметр, мм	Сила сварочного тока, А		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
3,0	70—120	60—110	80—120
4,0	140—200	120—150	130—170
5,0	190—230	160—180	–

Технические характеристики электродов зарубежного производства, предназначенных для сварки углеродистых сталей

Рассмотрим технические характеристики **зарубежных электродов**, предназначенных для сварки углеродистых сталей. Материал справочника по этому вопросу представлен в **табл. 7.18 — табл. 7.23.**

Технические характеристики электродов LB-62D *Таблица 7.18*

Электроды сварочные LB-62D производства Kobe Steel (Япония)	
Обозначение	Стандарт
LB–62D	ГОСТ 9467 Е60 AWS A5.5 E9018–G
Электрод с покрытием из влагостойкого железного порошка с низким содержанием водорода. Предназначен для сварки при любых положения. Он очень удобен в использовании при сварке высокой скорости наплавки, способствует существенному увеличению производительности сварки. Удобен в использовании при любых положения при сварке постоянным током. Разработанный специально для работы с постоянным током, LB–62D чрезвычайно удобен для использования при сварке постоянным током и является наилучшим электродом с защитным покрытием в своем классе прочности. Кроме того, железный порошок, включенный во флюсовое покрытие, увеличивает скорость наплавки, что способствует увеличению производительности сварки. Высокая стойкость к растрескиванию и прекрасные механические свойства. Низкий уровень диффундирующего водорода и высокая стойкость к растрескиванию сварного шва.	

Таблица 7.18 (продолжение)

Сертификационные испытания НАКС подтвердили, что LB-62D в сочетании с электродом с защитным покрытием LB-52U обеспечивает прекрасные механические свойства сварного шва в сварных соединениях труб марки К55-К60 при сварке с проваркой валика и подваркой. LB-62D широко использовался при строительстве нефте- и газопроводов в России в 1980-х годах.			
Вид покрытия	**Род тока**		
С содержанием железного порошка	постоянный ток обратной полярности		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,2	90—130	80—120	90—130
4,0	135—185	110—170	135—185
5,0	190—250	150—200	190—250

Технические характеристики электродов KOBE-7010S *Таблица 7.19*

Электроды сварочные KOBE-7010S производства Kobe Steel (Япония)			
Обозначение	**Стандарт**		
KOBE-7010S	AWS A5.5-96 E7010-P1		
Для электрода с высоким содержанием целлюлозы, характерна мощная дуга с глубоким проникновением и легкость в работе, особенно при вертикальном нисходящем сварном шве. Электрод KOBE-7010S, соответствующий AWS A5.5-96 E7010-P1, специально предназначен для сварки в эксплуатационных условиях труб марки 5L X-52 ~ X-60 по стандарту API с использованием вертикальной нисходящей методики.			
Вид покрытия	**Род тока**		
целлюлозное	постоянный ток любой полярности		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
3,2	60—120	70—120	60—120
4,0	90—170	100—170	80—160
4,8	130—210	150—210	120—200

Технические характеристики электродов KOBE-6010 *Таблица 7.20*

Электроды сварочные KOBE-6010 производства Kobe Steel (Япония)			
Обозначение	**Стандарт**		
KOBE-7010S	AWS A5.1-91 E6010		
Для электрода с высоким содержанием целлюлозы характерна мощная дуга с глубоким проникновением и удобство в работе, особенно при вертикальном нисходящем сварном шве. Электрод KOBE-6010, соответствующий AWS A5.1-91 E6010, специально предназначен для сварки в эксплуатационных условиях стальных труб марки 5L X-52c по стандарту API использованием вертикальной нисходящей методики.			
Вид покрытия	**Род тока**		
целлюлозное	постоянный ток любой полярности		
Диаметр, мм	**Сила сварочного тока, А**		
	Нижнее	**Вертикальное**	**Потолочное**
2,4	40—75	40—75	40—75
3,2	70—130	70—130	70—130
4,0	90—180	90—180	90—180
4,8	140—225	140—225	140—225

Технические характеристики электродов ОК 50.10 *Таблица 7.21*

Электроды сварочные ОК 50.10 производства ESAB (Швеция)	
Обозначение	**Стандарт**
ОК 50.10	AWS A5.1 E6013 ГОСТ 9467-75Э-50
Электрод общего назначения для сварки углеродистых сталей, сталей для сосудов давления с номинальной прочностью до 440 МПа и требованиями к ударной вязкости до -20С. Применяется также для сварки судовых сталей A, D, E квалитета с прочностью до 400—490 МПа.	
Вид покрытия	**Род тока**
рутиловое	• постоянный ток обратной полярности; • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В

Технические характеристики электродов ОК 53.04 *Таблица 7.22*

Электроды сварочные ОК 53.04 производства ESAB (Швеция)	
Обозначение	**Стандарт**
ОК 53.04	AWS A5.1 E7016-1 ГОСТ 9467-75Э-50А
Электрод с хорошими сварочно-технологическими характеристиками, низким разбрызгиванием при сварке и тонким, легко отделяющимся шлаком. Применяется для сварки углеродистых и марганцовистых сталей. Характеризуется высокой стабильностью дуги на малых токах. Покрытие обладает низкой гигроскопичностью и подавляет образование пор и водородных трещин.	
Вид покрытия	**Род тока**
основное	• постоянный ток любой полярности • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В

Технические характеристики электродов PIPEWELD 6010 *Таблица 7.23*

Электроды сварочные PIPEWELD 6010 производства ESAB (Швеция)	
Обозначение	**Стандарт**
PIPEWELD 6010	AWS A5.1 E6011 ГОСТ 9467-75Э-46А
Применяется для односторонней сварки труб и трубопроводов во всех пространственных положениях. Дуга при сварке легко контролируется, обладает глубоким проплавлением при малом объеме сварочной ванны, сварочная ванна быстро кристаллизуется, шлак легко отделяется. Дает хорошие результаты при плохо подогнанных кромках.	
Вид покрытия	**Род тока**
целлюлозное	• постоянный ток любой полярности; • переменный ток от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В

7.7. Организация безопасного рабочего места сварщика

7.7.1. Основные вредные факторы электросварки

Никто не может запретить самодеятельным мастерам производить сварочные работы на даче, в мастерской или на приусадебном участке.

Внимание.
Помните, что в отличие от производства, где безопасность сварочных работ контролируют соответствующие службы, в быту самодеятельный мастер несет ***полную ответственность за безопасность этих работ для окружающих и себя самого!*** *Ручная электродуговая сварка сопряжена с многими вредными факторами. Их игнорирование может привести к кратковременной или длительной потере здоровья, трудоспособности и даже к смерти!*

Перечислю **основные вредные факторы**, связанные с электродуговой сваркой.

Фактор 1. Мощное световое излучение электрической дуги в видимом, а также в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах.

Фактор 2. Загрязнение воздуха газами, большинство из которых являются вредными для здоровья, а также загрязнение пылью, состоящей из продуктов горения обмазки и металла.

Фактор 3. Наличие расплавленного металла в зоне сварки, а также брызг расплавленного металла, которые разлетаются вокруг.

Фактор 4. Напряжение холостого хода на сварочном электроде, а также высокое сетевое напряжение, питающее сварочный источник.

Рассмотрим меры, которые необходимо принимать для защиты от всех вышеуказанных вредных факторов.

7.7.2. Защита глаз при дуговой сварке

Почему нужна защита глаз при электросварке

Мощное световое излучение дуги может привести к поражению сетчатки глаза, с последующим ухудшением зрения, к ожогам незащищенных участков кожи. Длительное и интенсивное воздействие ультрафиолетовых лучей, выделяемых электрической дугой на хрусталик глаза, способно вызвать его помутнение с последующей катарактой.

Примечание.
Повреждение глаз световым и ультрафиолетовым излучением дуги, а также брызгами расплавленного металла составляет почти половину общего количества травм, связанных с электродуговой сваркой и резкой металлов. При этом только четверть случаев приходятся на самих сварщиков, а остальная часть приходится на окружающих место сварки людей!

Для защиты окружающих от вредного действия излучения сварочной дуги рабочее место сварщика должно быть ограждено несгораемыми экранами. Экраны и оборудование следует окрашивать в светлые тона с рассеянным отражением света, для ослабления контраста между яркостью дуги и окружающими поверхностями.

Совет.
Свободная площадь огражденного места должна быть не менее 3 м².

Применение традиционного защитного оборудования

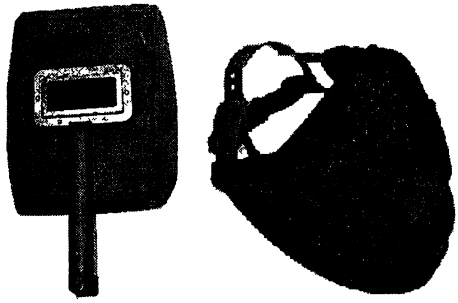
Для защиты лица и глаз сварщика от светового излучения и брызг расплавленного металла используются **сварочные щитки (рис. 7.4. *а*)** и **маски (рис. 7.4. *б*)**, которые обычно выполнены из электрокартона, фибры, фторопласта или другого подходящего материала.

Для наблюдения за процессом сварки в маске проделано **специальное смотровое отверстие**, в которое вставляют **защитный светофильтр**. Этот фильтр поглощает:

- ультрафиолетовые лучи;
- значительную часть световых и инфракрасных лучей.

Перед светофильтром устанавливается **обычное стекло**, которое защищает его от брызг и капель расплавленного металла.

В **табл. 7.24** перечислены светофильтры, рекомендуемые ГОСТ 12.4.080-79 для защиты от излучения дуги.



а б

Рис. 7.4. *Защитные приспособления: а — сварочный щиток; б — сварочная маска*

Руководящий документ, действующий уже почти 30 лет, **ГОСТ 12.4.080-79** регламентирует:

- уровень допустимого пропускания в ультрафиолетовой области, при длине волны $\lambda = 0{,}32$ мкм, — не более 0,0001 % для всех номеров светофильтров С1—С13;
- уровень допустимого пропускания в инфракрасной области, при длине волны $\lambda = 1$ мкм, — не более 0,1%.

Светофильтры, рекомендуемые ГОСТ 12.4.080-79 для защиты от излучения дуги при различных видах сварки *Таблица 7.24*

Сила тока, А	Обозначение светофильтра
Ручная дуговая сварка штучными электродами, ММА	
15—30	С-3
30—60	С-4
60—150	С-5
150—275	С-6
275—350	С-7
350—600	С-8
600—700	С-9
700—900	С-10
Свыше 900	С-11
Аргоно-дуговая вольфрамовым электродом, TIG	
10—15	С-3
15—20	С-4
20—40	С-5
40—80	С-6
80—100	С-7
100—175	С-8
175—275	С-9
275—300	С-10
300—400	С-11
400—600	С-12
Свыше 600	С-13

Таблица 7.24 (продолжение)

Сила тока, А	Обозначение светофильтра
Полуавтоматическая сварка в среде CO2, MAG	
30—60	С-1
60—100	С-2
100—150	С-3
150—175	С-4
175—300	С-5
300—400	С-6
400—600	С-7
600—700	С-8
700—900	С-9
Полуавтоматическая сварка в защитном газе, MIG	
15—30	С-3
30—50	С-4
50—90	С-5
90—150	С-6
150—275	С-7
275—350	С-8
350—600	С-9
600—800	С-10
Свыше 800	С-11

Защитные сварочные маски нового поколения «Хамелеон»

В последнее время на рынке появились маски различных производителей, которые получили в народе название **«Хамелеон» (рис. 7.5)**. Защитное стекло такой маски содержит **светофильтр с жидкокристаллическим затвором**.

Рис. 7.5. *Сварочная маска «Хамелеон»*

Фильтр прозрачен в обычных условиях и мгновенно темнеет при возникновении излучения электрической дуги. Светофильтр обеспечивает поглощение и отражение вредного для глаз излучения в ультрафиолетовой и инфракрасной областях излучения дуги.

Эти маски выпускаются в соответствии с недавно разработанным **международным стандартом DIN 7-13**, который отличается ГОСТ 12.4.080-79 и регламентирует более жесткие требования к коэффициентам пропускания в ультрафиолетовой и в инфракрасной областях.

Стандарт DIN 7-13 устанавливает пороговое значение коэффициента пропускания:

- в инфракрасной области области (λ = 0,78—1,4 мкм) — не более 10^{-2} %;
- в ультрафиолетовой области (λ = 0,212—0,365 мкм) — не более 10^{-5} %.

В **табл. 7.25** перечислены светофильтры, рекомендуемые **DIN 7-13** для защиты от излучения дуги при различных видах сварки.

Светофильтры с ЖК затвором могут иметь как фиксированное, так и регулируемое затемнение.

Светофильтры, рекомендуемые DIN 7-13 для защиты от излучения дуги при различных видах сварки *Таблица 7.25*

Сила тока, А	Уровень затемнения
Ручная дуговая сварка штучными электродами, MMA	
Менее 40	9
40—80	10
80—175	11
175—300	12
300—500	13
Аргоно-дуговая вольфрамовым электродом, TIG	
Менее 50	10
50—100	11
100—200	12
200—400	13
Полуавтоматическая сварка в защитном газе, MIG	
Менее 100	10
100—175	11
175—300	12
300—500	13
Воздушно-плазменная резка	
Менее 50	11
50—200	12
200—400	13

Первая помощь

При электроофтальмии (**поймал «зайчика»**) на глаза пострадавшего следует положить вату, смоченную в холодной воде, а лучше в слабом растворе питьевой соды или 2%-ном растворе борной кислоты. Пострадавшего желательно перевести в темное помещение.

ПОЛЕЗНЫЕ САЙТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРИКА

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Сайты по датчикам		
Продажа датчиков	Компания Промситех (г. Москва)	http://www.prst.ru
Продажа датчиков	ООО «Микроприбор» (г. Киев)	http://www.micropribor.com.ua
Продажа датчиков	ООО «Халус-Монолит» (г. Киев)	http://www.khalus.com.ua
Продажа датчиков тока и напряжения	Компания «Дискон» (г. Киев)	http://www.discon.com.ua
Производство и продажа датчиков	Промышленная группа «Мида» (г. Ульяновск)	http://midaus.com
Производство и продажа датчиков	ЗАО НПК «Теко» (г. Новосибирск)	http://www.irs.ru/~teko
Производство и продажа датчиков	ООО «Стенли» (г. Москва)	http://www.stenli.ru/
Производство и продажа датчиков	Компания «Укрметавтоматика» (г. Днепропетровск)	http://www.urma.com.ua
Производство и продажа датчиков	Компания «Промимпорт» (г. Москва)	http://www.promimport.ru
Производство и продажа датчиков	Картас, ООО (Харьковская обл.)	http://kartas.ukrbiz.net
Производство и продажа датчиков для промышленной автоматики	ЗАО НПК «ТЕКО» (г. Челябинск)	http://www.teko-com.ru
Производство и продажа датчиков температуры	ООО «Тимол» (г. Москва)	http://www.timol.ru
Производство и продажа датчиков температуры и давления	ЗАО Научно-производственная компания «Эталон» (г. Волгодонск)	http://www.etalon.inc.ru
Сайты по электродвигателям		
Продажа асинхронных электродвигателей	ООО «Элеком» (г. Екатеринбург)	http://elecomural.ru
Продажа импортных электродвигателей	Компания «Сити-груп» (г. Киев)	http://www.siti.com.ua
Продажа шаговых двигателей	ООО «Микроприбор» (г. Киев)	http://www.micropribor.com.ua
Продажа электродвигателей	ООО «Энергоресурс» (г. Архангельск)	http://www.pkfers.ru
Продажа электродвигателей	Торговый дом «Энергоплан» (г. Екатеринбург)	http://www.energo-plan.ru
Продажа электродвигателей	ЗАО «Электропромкомплект» (г. С-Петербург)	http://www.elpk.ru
Продажа электродвигателей	ООО «Станкомоторс Групп» (г. Москва)	http://www.stankomotors.ru
Продажа электродвигателей	ООО «Доминстрой-Воронеж»	http://dominstroi.ru
Продажа электродвигателей	ООО «Электропривод» (г. Екатеринбург)	http://www.e-privod.ru
Продажа электродвигателей	ООО «Ижэлектроснаб» (г. Ижевск)	http://www.izes.ru
Продажа электродвигателей	Компания «Крантехпром» (г. Екатеринбург)	http://www.krantehprom ru
Продажа электродвигателей	ЗАО «НФ АК Практик» (г. Нижний Новогород)	http://www.pr52.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа электродвигателей	ООО «Армаком» (г. Ижевск)	http://www.armakom.ru
Продажа электродвигателей	Компания ННД (г. Киев)	http://nnd.com.ua
Продажа электродвигателей	Компания «Укрэлектроторг» (г. Киев)	http://eltorg.com.ua
Продажа электродвигателей	Компания «ЛБЮ-Тех» (г. Киев)	http://www.lbu.kiev.ua
Продажа электродвигателей	ООО «Электроснаб» (г. Запорожье)	http://www.esnab.com.ua
Продажа электродвигателей	ООО «УПТК Спецпромэлектро» (г. Днепропетровск)	http://www.uptk.dp.ua
Продажа электродвигателей зарубежного производства	ЗАО «Альфасервис» (г. Москва)	http://www.a-lpha.ru
Продажа электродвигателей и генераторов	Фирма «Метрополис Групп» (г. Харьков)	http://metrokip.com
Производство и продажа взрывозащищенных электродвигателей	Первомайский электромеханический завод (ПЭМЗ) им. К. Маркса, ОАО	http://www.pemz.com.ua
Производство и продажа и ремонт электрических машин	ПО «Индустриал-Сервис» (г. Днепропетровск)	http://www.indserv.dp.ua
Производство и продажа шаговых электродвигателей	Компания «Дельта-Крок» (г. Кировоград)	http://delta-krok.com
Производство и продажа электродвигателей	Харьковский электротехнический завод «Укрэлектромаш»	http://www.td-helz.com.ua
Производство и продажа электродвигателей	ЗАО «Промзапчасть» (г. Москва)	http://www.promzap.ru
Производство и продажа электродвигателей	ООО «ПК Промэлектроснаб» (г. Москва)	http://www.pesm.ru
Производство и продажа электродвигателей	Торговый дом «ХЭЛЗ», представитель Харьковского электротехнического завода	http://www.td-helz.com.ua
Производство и продажа электродвигателей	ГП Завод «Электротяжмаш», ОАО (Харьковская обл)	http://www.spetm.com.ua
Производство и продажа электродвигателей	Днепропетровский электромеханический завод, ОАО	http://www.demz.com.ua
Производство и продажа электродвигателей	Завод «Потенциал», ОАО (г. Харьков)	http://www.potencial.com.ua
Производство и продажа электродвигателей	Завод крупных электрических машин, ЗАО (ЗКЭМ) (г. Каховка)	http://www.zkem.ru
Производство и продажа электродвигателей	Полтавский электромеханический завод «Электромотор», ОАО	http://www.elmotor.poltava.ua
Производство и продажа электродвигателей	Харьковский электротехнический завод «Укрэлектромаш», ОАО	http://www.helz.ua
Сайты по мощным полупроводниковым приборам		
Продажа импортных силовых полупроводниковых приборов	Фирма «СЭА Электроникс» (г. Киев)	http://www.sea.com.ua
Продажа импортных силовых полупроводниковых приборов	Компания «Симметрон-Украина» (г. Киев)	http://www.symmetron.com.ua
Продажа силовой электроники	ООО «Амитрон Электроникс» (г. Москва)	http://www.amel.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Березка Электронные компоненты» (г. Москва)	http://www.berelcom.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Тенрон» (г. Москва)	http://www.tenron.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Трайсель» (г. Новосибирск)	http://www.treisel.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа силовой электроники	Группа компаний КТЦ-МК (г. Москва)	http://www.cec-mc.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Сибтэк» (г. Тюмень)	http://www.sibtek.electrob.ru
Продажа силовой электроники	Компания «Витал Электроникс» (г. С-Петербург)	http://www.vital-ic.com
Продажа силовой электроники	Компания «Электроком-Воронеж»	http://www.electrocom-v.ru
Продажа силовой электроники	ОАО «Элара» (г. Чебоксары)	http://www.elara.ru
Продажа силовой электроники	Фирма «Орбита-Сервис» (г. Москва)	http://www.orbita-servis.ru
Продажа силовой электроники	ОДО Стэлл (г. Витебск)	http://www.stell.vitebsk.by
Продажа силовой электроники	ООО «Новатекс» (г. Москва)	http://novateks.ru
Продажа силовой электроники	Фирма «Радиобокс» (г. С-Петербург)	http://www.radiobox.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Интекс» (г. Москва)	http://www.i-t.su
Продажа силовой электроники	ЗАО » Альтекс» (г. Москва)	http://www.altex-com.ru
Продажа силовой электроники	ООО «МаксиТехГрупп» (г. Москва)	http://www.maxitech.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Галант Электроникс» (г. Москва)	http://www.galant-e.ru
Продажа силовой электроники	Компания «СитиЭл» (г. Саратов)	http://www.citiel.ru
Продажа силовой электроники	Компания «МЭЙ» (г. Москва)	http://www.may.ru
Продажа силовой электроники	Компания «Рекон» (г. Киев)	http://www.recon.kiev.ua
Продажа силовой электроники	ЗАО » Дельта Электроника» (г. Москва)	http://www.deltel.ru
Продажа силовой электроники	ЗАО «ЮЕ-Интернейшнл» (г. С-Петербург)	http://yeint.ru
Продажа силовой электроники	ТД » Прибор-Системы» (г. Москва)	http://www.pribor-systems/ru
Продажа силовой электроники	ООО «Радиоэлектронные компоненты» (г. Рыбинск)	http://rek-rybinsk.ru
Продажа силовой электроники	Фирма «База электроники» (г. Москва)	http://www.elbase.ru
Продажа силовой электроники	ЗАО «Промэлектроника» (г. Екатеринбург)	http://www.promelec.ru
Продажа силовой электроники	Фирма » Чип Селект» (г. Москва)	http://www.chipselect.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Элемент» (г. Екатеринбург)	http://www.element-ek.ru
Продажа силовой электроники	ООО «МГК-ТРЕЙД» (г. Москва)	http://www.mgktrade.ru
Продажа силовой электроники	ЗАО «Митракон» (г. Москва)	http://www.mitrakon.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Диком» (г. Москва)	http://www.dikom.msk.ru
Продажа силовой электроники	ЗАО «Элитан» (г. Ижевск)	http://www.elitan.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Астра Электро» (г. Москва)	http://www.astrael.ru
Продажа силовой электроники	IC Electronics (г. Москва)	http://www.icel.ru
Продажа силовой электроники	Фирма «Терминал-Р» (г. Москва)	http://www.term.ru
Продажа силовой электроники	ООО » ЭКиА» (г. С-Петербург)	http://www.ekia.ru
Продажа силовой электроники	Фирма «РИВ электроникс» (г. Москва)	http://www.riv-e.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Компотрейд (г. Екатеринбург)	http://www.compotrade.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Новая реальность» (г. Москва)	http://www.novayarealnost.com
Продажа силовой электроники	ООО «Эллон» (г. С-Петербург)	http://www.ellon.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа силовой электроники	ООО «Радиоэлком» (г. Воронеж)	http://www.radioelcom.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Астероид» (г. Хабаровск)	http://www.micro-chip.ru
Продажа силовой электроники	ООО «Электронная компания ЗИП» (г. Москва)	http://zip-2002.ru
Продажа силовой электроники	ООО » Ница» (г. Москва)	http://www.micro.niza.ru
Продажа силовой электроники	Торговое Интернет-представительство ООО «Айтерра» (г. Волжский)	http://www.igbts.ru
Продажа силовых компонентов	Компания «Космодром» (г. Харьков)	http://www.kosmodrom.com.ua
Продажа силовых компонентов	Компания «Биаком» (г. Киев)	http://www.biakom.com
Продажа силовых компонентов	Компания «Бис Электроник» (г. Киев)	http://www.bis-el.kiev.ua
Продажа силовых компонентов	ООО «Инкомтех» (г. Киев)	http://www.incomtech.com.ua
Продажа силовых компонентов	Компания «Мегапром» (г. Киев)	http://www.megaprom.kiev.ua
Продажа силовых модулей	ООО «Крафт-Электро» (г. Харьков)	http://kraft.org.ua
Сайты по реле		
Польская фирма, крупнейший производитель электромагнитных реле в Европе	Фирма «Релпол»	http://www.relpol.eu
Продажа импортных и отечественных твердотельных реле	ООО «Миком» (г. Нижний Новгород)	http://www.micom.nnov.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО «ЭФО» (г. С-Петербург)	http://www.efo.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Северо-Западное электромеханическое объединение (г. С-Петербург)	http://www.szemo.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Фирма DART Electronics (г. Москва)	http://www.dart.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Индустриальные компоненты (г. Москва)	http://www.newic.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Компания «Мировой промышленный импорт» (г. Дзержинск, Нижегородской обл.)	http://www.mpi.su/
Продажа импортных твердотельных реле	Группа компаний «Симметрон» (г. Москва)	http://www.symmetron.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Концерн «ABB» (представительство в г. Киев)	http://www.abb.ua/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО ПО «Электропроект» (г. Екатеринбург)	http://www.elp.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО «Донское поле» (г. Ростов-на-Дону)	http://www.electropole.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Компания «Электроимпорткомплект» (г. С-Петербург)	http://eicom.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Фирма «Терминал-Р» (г. Москва)	http://www.term.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО «Совтестком» (г. Москва)	http.//www.farnell.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО НПФ «Промэнергоавтоматика» (г. Москва)	www.proenergo.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа импортных твердотельных реле	ЗАО «Инженерное оборудование» (г. Москва)	http://www.eneq.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО НПФ «Промэнергоавтоматика» (г. Москва), официальный дистрибютор фирмы «Омрон»	http://www.omron-pro.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ООО «Разъем» (Московская обл)	http://razem.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	ЗАО «Промэлектроника» (г. Екатеринбург)	http://www.promelec.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Компания «Авитон» (г. С-Петербург)	http://www.aviton.spb.ru/
Продажа импортных твердотельных реле	Компания «Симметрон-Украина» (г. Киев)	http://www.symmetron.ua
Продажа импортных твердотельных реле	Компания «Электронные компоненты для разработки и производства» (г. Харьков)	http://radioshop.com.ua/
Продажа импортных твердотельных реле	ЧПП «СМС» (г. Харьков)	http://cmc-agro.com.ua/
Продажа отечественных твердотельных реле	ООО «Отдел снабжения» (г. Москва)	http://otdel-snab1.narod.ru/
Продажа приборов релейной защиты	Компания «Легион» (г. Томск)	http://www.rele.tomsk.ru
Продажа реле	НПО «Партнер» (г. Смоленск)	http://www.sc-electronics.narod.ru
Продажа реле	СП Элькон (г. Москва)	http://www.ke011.narod.ru
Продажа реле	Компания ООО (г. Чебоксары)	http://www.vekelprom.ru
Продажа реле	ООО «МЛГ Виражтранс» (г. Тольятти)	http://www.volgatreid.narod.ru
Продажа реле	Компания «Крымэлектро»	http://www.sdc.com.ua
Продажа реле	Фирма «ТКД»	http://www.tkd.com.ua
Продажа реле	Фирма «Аско» (г. Киев)	http://www.uaasco.com
Продажа реле	НПП «Электрон» (г. Харьков)	http://www.electron.com.ua
Продажа реле	Фирма «Акик-Восток» (г. Харьков)	http://www.akik.com.ua
Продажа реле защиты	ООО » Энергоюг» (г. Таганрог)	http://www.relerzt.ru
Продажа твердотельных реле	НПК «Промышленные системы» (г. Москва)	http://www.prsys.ru/
Продажа твердотельных реле	Интернет-магазин «Платан» (г. Москва)	http://www.platan.ru/
Продажа широкого спектра различных реле	ООО «Русское реле» (г. Чебоксары)	http://www.rusrele.ru
Производство и продажа реле	Запорожское предприятие «Неон»	http://www.neonzpp.com.ua
Производство и продажа реле	Киевский завод реле и автоматики	http://www.ria.kiev.ua
Производство и продажа реле	Электротехнический завод, ОАО (г. Киев)	http://www.etz.kiev.ua
Производство и продажа твердотельных реле	ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орел)	http://proton-impuls.ru/
	Сайты по терморегуляторам	
Дистрибьютор компании Danfoss	Компания «Элита» (г. С-Петербург)	http://www.e-danfoss.ru
Дистрибьютор компании Devi	ОДО «Беркут-системы» (г. Минск)	http://www.devi.by

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Продажа системы «Теплый пол»	Фирма «Теплолюкс» (г. Москва)	http://www.teplolux-mini.ru
Продажа терморегуляторов	Фирма «Ракурс» (г. С-Петербург)	http://www.rakurs-spb.ru
Продажа терморегуляторов	СПД «Скибин Д.А. (г. Харьков)	http://www.tech-sd.narod.ru
Продажа терморегуляторов	ЗАО «Электробытприбор» (г. Тростянец, Сумская обл.)	http://pribor2.narod.ru/
Продажа терморегуляторов	Лаборатория электроники и автоматики (г. Йошкар-Ола)	http://www.pribora.net
Продажа терморегуляторов	Научно-производственная фирма «Контравт» (г. Нижний Новгород)	http://www.contravt.ru
Продажа терморегуляторов	ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» (Московская обл.)	http://www.zemts.ru
Продажа терморегуляторов	ООО «Элтехника» (г. Екатеринбург)	www.eltexnika.energoportal.ru
Продажа терморегуляторов	Фирма «Грассар» (г. С-Петербург)	http://www.grassar.by.ru
Продажа терморегуляторов	ООО «Фортус Электро» (г. Москва)	http://www.fortuseletro. energoportal.ru
Продажа терморегуляторов	Компания «ТЭН» (г. Воронеж)	http://www.ten36.ru
Продажа терморегуляторов	ООО «Теплофон» (г. Красноярск)	http://teplofon.ru
Продажа терморегуляторов	ООО «Тепломеханика» (г. Челябинск)	http://teplomehanika.ru
Продажа терморегуляторов	ООО «Энергохит (г. Донецк)	http://www.digitop.com.ua
Продажа терморегуляторов	Торговый дом «Эколайн» (г. Москва)	http://www.ekolain.ru
Продажа терморегуляторов	Компания «Электрик Лайн» (г. Москва)	http://www.electricline.ru
Производство и продажа терморегуляторов	Фирма «Имид» (г. Москва)	http://www.imid.ru
Производство и продажа терморегуляторов	НПК «Варта» (г. С-Петербург)	http://varta.spb.ru
Производство и продажа терморегуляторов	Компания » DS-Electronics» (г. Донецк)	www.ds-electronics.com.ua
Производство и продажа терморегуляторов	Компания «Вактех-Холод» (г. Москва)	http://www.vactekh-holod.ru
Производство и продажа терморегуляторов	Компания «Энергосила (г. Липецк)	http://www.inergo.ru
Производство и продажа терморегуляторов	ЗАО «Научная электроника» (г. Москва)	http://www.nauel.ru/
Производство и продажа терморегуляторов	ООО «Тепломеханика» (г. Челябинск)	http://www.do.delsib.ru
Производство и продажа терморегуляторов	Группа компаний «Рэлсиб» (г. Новосибирск)	http://relsib.com
Производство и продажа терморегуляторов	Компаня «Терм» (г. С-Петербург)	http://www.obogrev.net
Системы «Теплый пол»	Компания «Мостелоплосис» (г. Москва)	http://www.mosteloplosis.ru
Системы «Теплый пол»	Компания «Вольт Эксперт» (г. Москва)	http://www.voltex.ru/
Системы «Теплый пол»	Компания «Росс-Монтаж» (г. Москва)	http://www.nagrevkabel.ru
Системы «Теплый пол»	Группа компаний КПД (г. Москва)	http://www.teplo-devi.ru
Системы «Теплый пол»	Компания «Логар» (г. Москва)	http://www.logar.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Сайты по трансформаторам		
Продажа высоковольтных трансформаторов	ООО «ТК Эсполин» (г. Москва)	http://espolin.ru
Продажа отечественных и зарубежных силовых трансформаторов	ООО «Циклон системс» (г. Екатеринбург)	http://www.cs66.ru
Продажа силовых трансформаторов	ООО «Энергоэталон» (г. Самара)	http://www.e-etalon.ru
Продажа силовых трансформаторов	Торговый дом «Энергоплан» (г. Екатеринбург)	http://www.energo-plan.ru
Продажа силовых трансформаторов	ООО «Вэлс» (г. Санкт-Петербург)	http://www.vals-spb.ru/
Продажа силовых трансформаторов	ЗАО Пермснабсбыт	http://www.pss.ru
Продажа силовых трансформаторов	Компания «Крымэлектро»	http://www.sdc.com.ua
Продажа силовых трансформаторов	АТЗТ «Эра» (г. Киев)	http://era.biz.ua
Продажа силовых трансформаторов	ООО «Элтехпром» (г. Запорожье)	http://www.elec.zp.ua
Продажа сухих силовых трансформаторов	Представительство в России итальянской компании TESAR	http://www.itrafo.ru
Продажа трансформаторов	Торговый дом «Русский трансформатор»	http://www.tdrt.msk.ru
Продажа трансформаторов	Компания «Пензаэнергосервис»	http://www.p-e-s.narod.ru
Продажа трансформаторов	ООО «Сибэнерго» (г. Новосибирск)	http://www.sibenergonsk.ru
Продажа трансформаторов	ООО «Техэнерго» (г. Москва)	http://www.tehenergo.com
Продажа трансформаторов	ООО «Митек» (г. С-Петербург)	http://www.mitek.spb.ru
Продажа трансформаторов	Компания «Энергоразвитие (г. Курган)	http://narod.zaural.ru/etm/
Продажа трансформаторов	ЧП «Электрокомплект» (г. Симферополь)	http://electrokomplect.com.ua
Продажа трансформаторов	Компания «Контактор» (г. Киев)	http://kontaktor.com.ua
Продажа трансформаторов	Компания «Энергован» (г. Харьков)	http://www.enerovan.com
Продажа трансформаторов	Компания «Укрэлектроторг» (г. Киев)	http://eltorg.com.ua
Продажа трансформаторов	НПП «Электрон» (г. Харьков)	http://www.electron.com.ua
проектирование и Производство и продажа сухих мощных трансформаторов	Фирма «Элтиз» (г. Запорожье)	http://www.eltiz.ukrbiz.net
Производство и продажа силовых трансформаторов	Польский производитель трансформаторов EHLAND TRANSFORMATORY	http://www.elhand.ru
Производство и продажа силовых трансформаторов	Завод силовой электроаппаратуры (г. Чебоксары)	http://www.zsea.ru
Производство и продажа сухих трансформаторов	ООО «Элиз» (г. Запорожье)	http://www.eliz.zp.ua
Производство и продажа тороидальных трансформаторов любой мощности	ИНТЕК-КИЕВ, ООО	http://www.intek-kiev.com.ua
Производство и продажа трансформаторных подстанций	ЗАО «Энергопродукт» (г. Пермь)	http://www.energoproduct.ru

Вид деятельности	Фирма	Сайт
Производство и продажа трансформаторных подстанций	Компания «ЗАО» (г. Тверь)	http://www.inkom.tver.ru
Производство и продажа трансформаторных подстанций	Луганский электроаппаратный завод, ОАО (Луганская обл.)	http://www.leaz.com.ua
Производство и продажа трансформаторных подстанций	Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, ОАО (РЗВА)	http://www.rzva.ua
Производство и продажа трансформаторов	ООО «ТД Автотрансформатор» (г. Тольятти)	http://www.avtotransformator.ru
Производство и продажа трансформаторов	ООО «ТД Завод силовой электроаппаратуры» (г. Чебоксары)	http://www.tsks.ru
Производство и продажа трансформаторов	Запорожское предприятие «Неон»	http://www.neonzpp.com.ua
Производство и продажа трансформаторов	Компания «Тортранс» (г. Николаев)	http://www.tortrans.com
Производство и продажа трансформаторов	Запорожтрансформатор, ОАО	http://www.ztr.ua
Производство и продажа трансформаторов	Укртрансформатор, ООО (г. Донецк)	http://www.ukrtransformator.com.ua
Производство и продажа трансформаторов и трансформаторных подстанций	ООО «Балтэнергомаш» (г. Москва)	http://www.baltenergomash.ru
Производство и продажа трансформаторов и трансформаторных подстанций	ОАО «Укрэлектроаппарат» (г. Хмельницкий)	http://www.uea.com.ua

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алиев И. И.* Электротехнический справочник. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ИП Радиософт, 2000. — 384 с.: ил.
2. *Баран А. Н., Ворона Г. Ю.* Электричество в доме и на даче. — Минск.: Элайда, 2000. — 224 с.: ил.
3. *Барановский А. М., Дробница Н. А.* Книга домашнего умельца, 2-е изд., перераб. и доп. — Киев.: Техника, 1989. — 367 с.: ил.
4. *Белов Н. В.* Моя профессия электрик. — Минск.: Современный литератор, 2000. — 192 с.
5. *Богданов С. В.* Умный дом. — СПб.: Наука и Техника, 2003. — 112 с.: ил.
6. *Бредихин А. Н., Хачатрян С. С.* Справочник молодого электромонтажника распределительных устройств и подстанций. — М.: Высшая школа, 1989. — 160 с.: ил.
7. *Геворкян В. Г.* Основы сварочного дела. М.: Высшая школа. — 1971.
8. ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.
9. *Гусев В. И., Ставрупов Г. М.* Электромонтажные работы. — М.: Просвещение, 1986. — 208 с.: ил.
10. *Данилов В.* Сборник «В помощь радиолюбителю», Вып. 114. — М. — 1989.
11. *Демидов Н.* Сантехника, электрика, отопление. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. — 320 с.: ил.

12. *Ерлыкин Л. А.* Практические советы радиолюбителю. — М.: Воениздат МО СССР. — 1974.
13. *Каминский Е. А.* Квартирная электропроводка и как с ней обращаться, 6-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 208 с.: ил.
14. *Каминский Е. А.* Квартирная электропроводка и как с ней обращаться, 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.: ил.
15. *Касаткин А. С.* Основы электротехники, 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1982. — 288 с.: ил.
16. *Кисаримов Р. А.* Справочник электрика, 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИП Радиософт, 2001. — 512 с.: ил.
17. *Кисаримов Р. А.* Справочник электрика. — М.: ИП Радиософт, 1999. — 320 с.: ил.
18. *Китаев Ф. М., Китаев Я. А.* Справочная книга сварщика. М.: Машиностроение. — 1985.
19. *Кумин В. Д., Воробьев Б. Л.* Электричество на участке и в доме. — М.: Изд. Дом МСП, 2002. — 176 с.: ил.
20. *Левадный В. С.* Электрооснащение дома и участка. — М.: Аделант, 2000. — 192 с.: ил.
21. *Монаков В. К.* АстроУЗО. Теория и практика. — М.: Энергосервис, 2007. — 368 с.
22. *Монаков В. К.* Учебно-справочное пособие «УЗО» — М.: Энергосервис, 2003. —232 с.
23. *Назаров В. И.* Электропроводка. — М.: ЗАО «АСТВ», 2000. — 256 с.
24. *Никифоров А.* Электрика в вашем доме. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. — 128 с.
25. *Николаев П.* Новая режиссура света // Идеи вашего дома. 2000. № 10.
26. *Палько Л. Л.* Домашняя электрика. — М.: Вече, 2001. — 176 с.
27. Рекомендации по применению, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: НМЦ ПЭУ МЭИ, 2000. — 160 с.: ил.
28. *Сидоров И. Н.* Электроника дома и в саду. — М.: ИП Радиософт, 2001. — 144 с.: ил.
29. Справочник. Микросхемы для телефонии и средств связи. — М.: Додэка, 1998. — 400 с.
30. *Тарнижевский М. В., Афанасьева Е. И.* Экономия энергии в электроустановках предприятий жилищно-коммунального хозяйства. — М.: Стройиздат. — 1989.
31. *Фишер Э., Гетланд Х. Б.* Электроника — от теории к практике. — М.: Энергия. — 1980.
32. http://electrowall.narod.ru/.
33. http://lavr30.narod.ru/.
34. http://www.batteryteam.ru/.
35. http://www.batteryteam.ru/.
36. http://www.et.ua/index.html.
37. http://www.ielectro.ru/.
38. http://www.lampa28.ru.
39. http://www.lamps.ru/.
40. http://www.mzep.ru/.
41. http://www.osveti.ru/.
42. http://www.radioman.ru/.
43. http://www.sibes.ru/.
44. http://www.svetotechnika.ru/.
45. http://www.uzo.ru/.
46. http://www.vektra.ru/.
47. http://www.ventsvar.ru/.
48. http:/www.batteryteam.ru/
49. http:/www.scanbooks.ru/