МУЖЧИНА В ДОМЕ

В. Пестриков

СОВРЕМЕННЫЙ КВАРТИРНЫЙ ЭЛЕКТРИК

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2012

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26–018.2
П28

Пестриков В. М.

П28 Современный квартирный электрик. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 448 с.: ил. — (Мужчина в доме)

ISBN 978-5-9775-0798-1

Рассмотрены схемы электроснабжения, электроизмерительные приборы и правила электробезопасности. Приведены краткие теоретические сведения по основам электротехники. Подробно описано устройство квартирной проводки, необходимые электротехнические компоненты и даны профессиональные советы по их выбору. Изложены современные технологии монтажа электроустановочных изделий. Подробно рассмотрены вопросы самостоятельной установки выключателей, розеток, люстр. Показано, как производить проверку работы и испытания изоляции электросети. Уделено внимание методике обнаружения наличия и места обрыва в проводке. Рассмотрены некоторые часто встречающиеся неисправности электропроводки и их устранение. Приведен большой объем справочной информации. Второе издание дополнено информацией о современных электротехнических устройствах.

Для широкого круга читателей

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26–018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	*Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора	*Игорь Шишигин*
Зав. редакцией	*Елена Васильева*
Редактор	*Юрий Рожко*
Компьютерная верстка	*Владимира Паршина*
Корректор	*Екатерина Васильева*
Дизайн обложки	*Марины Дамбиевой*

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 29.05.12.
Формат 60×90$^{1}/_{16}$. Печать офсетная. Усл. печ. л. 28.
Тираж 3000 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Первая Академическая типография «Наука»
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12/28

ISBN 978-5-9775-0798-1

© Пестриков В. М., 2012
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2012

Оглавление

Предисловие.....1

Глава 1. Основные сведения об электротехнике.....3

1.1. Как появляется электрический ток.....3
1.2. Электропроводимость веществ.....6
1.3. Можно ли «притормозить» электрический ток?.....10
1.4. Электрическая цепь.....20
1.5. Основной закон электротехники.....21
1.6. Зависимость сопротивления от температуры.....24
1.7. Виды соединений потребителей электрического тока.....26
1.7.1. Последовательное соединение.....27
1.7.2. Параллельное соединение.....30
1.7.3. Смешанное соединение.....32
1.8. ЭДС и закон Ома для полной цепи.....33
1.9. Работа, тепловое действие и мощность электрического тока.....35
1.10. Короткое замыкание.....40
1.11. Переменный электрический ток.....44
1.11.1. Получение переменного тока.....44
1.11.2. Синусоидальный переменный ток. Мгновенное и максимальное значения ЭДС.....47
1.11.3. Действующие значения тока и напряжения.....49
1.11.4. Цепь переменного тока с активным сопротивлением.....50
1.11.5. Индуктивное сопротивление.....52
1.11.6. Конденсатор в цепи переменного тока.....54
1.11.7. Мощность переменного тока. Коэффициент мощности (cosφ).....56
1.11.8. Преобразование переменного тока. Трансформатор.....62

1.12. Схемы электроснабжения 65
1.12.1. Защитное заземление и зануление 66
Заземление 66
Зануление 67
1.12.2. Системы заземления 68
Система TN-C 69
Система TN-S 70
Система TN-C-S 72
PEN-проводник в TN-системах 74
Система TT 75
Система IT 77
Некоторые рекомендации 77
1.13. Измерительные приборы характеристик электрического тока 80
1.13.1. Общие сведения об измерительных приборах 80
1.13.2. Амперметр 83
1.13.3. Вольтметр 85
1.13.4. Электротестеры (мультиметры) 86
Mastech M-830B/-832/-833/-838 88
Отзывы о приборе 89
Sunwa YX-360 TRN 89
Отзывы о приборе 90
Sunwa YX1000A 91
Отзывы о приборе 92
T-YAN 3211D 92
Отзывы о приборе 93
UNI-T T21/UT22 94
Отзывы о приборе 95
UNI-T UT2006/UT2007 96
Отзывы о приборе 97
Комбинированный электроизмерительный прибор Ц4353 97
Отзывы о приборе 99
1.14. Индикаторы и указатели напряжения 99
1.15. Об осторожности при обращении с электричеством 107
1.15.1. Основные сведения 107
1.15.2. Причины поражения электрическим током 108
1.15.3. Основные меры предосторожности 110
1.15.4. Что делать, если человек поражен током 113

Глава 2. Квартирная электропроводка 117

2.1. Подвод электроэнергии к квартире 117
2.1.1. Электрощитки 117
Щитки этажные серии ЩЭ 117
Щитки квартирные серии ЩК 125
2.1.2. Устройства защитного отключения (УЗО) 128
2.1.3. Квартирные электрощитки с УЗО 136
2.2. Квартирный электросчетчик 138
2.2.1. Разновидности электросчетчиков 138
2.2.2. Класс точности 143
2.2.3. Тарифность 144
2.2.4. Индукционные счетчики 145
2.2.5. Электронные счетчики 148
2.2.6. Некоторые модели цифровых счетчиков 153
2.2.7. Счетчики электроэнергии семейства «Меркурий» 155
2.2.8. Установка электросчетчика 157
2.2.9. Тарифы на электроэнергию 160
2.2.10. Расчет потребляемой энергии 160
2.2.11. Проверка счетчика 162
2.2.12. Установка контрольного счетчика 164
2.3. Предохранители 165
2.3.1. Назначение 165
2.3.2. Автоматические выключатели 166
Установка и соединение автоматических выключателей 172
2.3.3. Пробочные предохранители 179
2.3.4. Трубочные предохранители 184
2.3.5. Автоматические предохранители 187
2.3.6. Токи короткого замыкания 189
2.3.7. Расчет тока короткого замыкания 190
2.4. Электропровода 192
2.4.1. Назначение электропроводов 192
2.4.2. Монтаж и укладка проводов 212
2.4.3. Изготовление углублений в бетонной стене при монтаже электропроводки 216
2.5. Сращивание и ответвление проводов 224
2.5.1. Общие сведения 224
2.5.2. Соединение контактными зажимами 225

2.5.3. Соединение клеммными колодками....230
2.5.4. Винтовые зажимы....235
2.5.5. Соединение проводов обжимом....245
2.5.6. Скрутка проводов....250
2.5.7. Пайка проводов....259
2.5.8. Соединение проводов сваркой....261
2.5.9. Ответвления проводов. Сжимы типа «орешки»....266
2.5.10. Ответвления проводов. Зажимы прокалывающие....270
2.5.11. Ответвления проводов. Ответвители типа ОВ....273
2.5.12. Ответвление проводов клеммной колодкой....275
2.5.13. Ответвление методом простой скрутки....276
2.5.14. Ответвительные коробки....277
2.6. Технология прокладки скрытой электропроводки....287
2.7. Монтаж проводов в кабель-каналах....292

Глава 3. Монтаж электроустановочных изделий....297

3.1. Подготовка к монтажу....297
3.2. Монтаж выключателей....299
3.3. Монтаж штепсельных розеток....302
3.4. Использование металлорукавов....305
3.5 Использование электротехнических плинтусов....307
3.6. Монтаж на DIN-рейке....311
3.7. Подключение люстры....313
3.7.1. Общие правила....313
3.7.2. Особенности подключения люстр....314
3.7.3. Технология монтажа люстры....316
3.7.4. Подключение с помощью экспресс-клемм....319
3.7.5. Подключение с помощью клеммной колодки....322
3.7.6. Подключение с помощью самозажимных клемм....325
3.8. Проверка и испытание изоляции электросети....327
3.9. Обнаружение наличия и места обрыва в проводке....329
3.10. Неисправности электропроводки....334

ПРИЛОЖЕНИЯ....337

Приложение 1....339

П1.1. Цветовая маркировка резисторов....339

П1.2. Условные графические обозначения электротехнических изделий и оборудования 340
П1.3. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах (ГОСТ 2.710-81) 350
П1.4. Конденсаторы МБГВ 354
П1.5. Конденсаторы МБГО 356
П1.6. Конденсаторы МБГП 357
П1.7. Конденсаторы серии КМ для повышения коэффициента мощности электроустановок 361
П1.8. Нормативный показатель потребления реактивной мощности 362
П1.9. Буквенно-цифровые обозначения зажимов и проводов 363
Обозначение зажимов 363
Обозначение участков цепей 365
П1.10. Цветовое обозначение шин* 367
Обозначение электропроводки (ПУЭ-7) 369
Цветовое обозначение цепей по их функциональному назначению (ГОСТ 12.2.007.0) 369
Идентификация проводов (ГОСТ МЭК 60204-1-2002) 370
Маркировка цепей в разных странах 372
П1.11. Расшифровка условных обозначений на шкалах стрелочных электроизмерительных приборов 374
П1.12. Основные характеристики мультиметра APPA iMeter 5 376
П1.13. Воздействие на организм человека токов разной величины 378

Приложение 2 379

П2.1. Типовые схемы щитков квартирных серии ЩК по ГОСТ Р51628-2000 379
П2.2. Счетчики электроэнергии индукционные 382
П2.3. Счетчики электроэнергии однофазные электронно-механические 386
Счетчики электрической энергии электронные однофазные ЦЭ2736М (однотарифные) и ЦЭ2706Ш (многотарифные) 389
Счетчики электроэнергии семейства «Меркурий» 392
Трехфазные многотарифные счетчики 392

Трехфазные однотарифные счетчики ... 393
Однофазные многотарифные счетчики ... 395
Однофазные однотарифные счетчики ... 396
П2.4. Автоматические выключатели АЕ1000 и АЕ2000 ... 398
Автоматические выключатели АЕ2000 ... 398
Структура условного обозначения автоматических выключателей АЕ2000 ... 399
Расшифровка обозначения автоматических выключателей АЕ2000 ... 399
Основные технические параметры однополюсных автоматических выключателей АЕ1000, АЕ2000 ... 400
Основные технические параметры трехполюсных автоматических выключателей серии АЕ2000 ... 402
П2.5. Автоматические выключатели АП 50 ... 404
Структура условного обозначения автоматических выключателей АП ... 404
Возможные обозначения автоматических выключателей серии АП ... 405
Основные технические параметры автоматических выключателей АП ... 405
П2.6. Колодки клеммные типа СО ... 406
П2.7. Колодки клеммные типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602 ... 407
П2.8. Шины соединительные (гребенки) типа «штырь» или «вилка» ... 409
П2.9. Шины нулевые ... 410

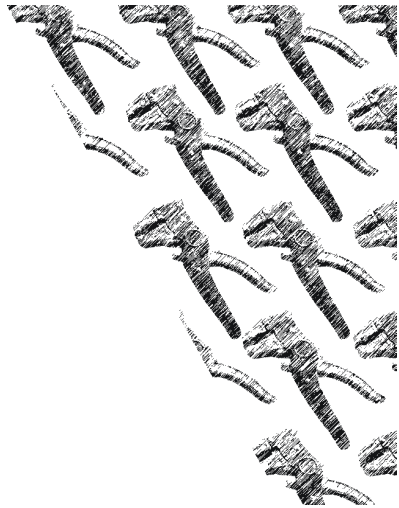
Приложение 3 ... 417

П3.1. Изолированные наконечники для опрессовки многопроволочных проводов ... 417
П3.2. Металлорукав Р3-ЦП в ПВХ-изоляции ... 419

Рекомендуемые источники ... 423

К главе 1 ... 423
К главе 2 ... 424
К главе 3 ... 426

Предметный указатель ... 427



Предисловие

Книга представляет собой практическое руководство по устройству и монтажу современной бытовой электропроводки в квартире. Основная цель книги — помочь каждому желающему разобраться в тонкостях современной квартирной электропроводки, начиная с подбора составляющих ее элементов и заканчивая монтажом установочных изделий. Приведенные профессиональные советы должны помочь владельцам квартир приобрести соответствующие навыки в ремонте электропроводки с использованием современных технологий и электротехнических изделий. Изучив предложенный материал, читатель сможет не только правильно выбрать необходимые компоненты для квартирной электропроводки, но и самостоятельно установить и подключить их в своей квартире. При написании книги автор использовал различные источники, в том числе и 7-ю редакцию ПУЭ (Правила устройства электроустановок), все они приведены в разделе «Рекомендуемые источники».

Книга состоит из трех глав. *Глава* 1 включает так называемый «электротехнический минимум», освоение которого позволит разобраться в особенностях функционирования квартирной электропроводки. Особенно важен параграф, посвященный схемам электроснабжения. Приведены советы по выбору измерительных приборов, индикаторов и указателей напряжения при проведении электротехнических работ. Обращено внимание на меры электробезопасности. Даны рекомендации, как поступить при поражении человека электрическим током.

В *главе 2* рассмотрено устройство квартирной проводки и электротехнические компоненты, необходимые при ее построении или ремонте. Предложены конкретные советы по выбору электросчетчиков, их установке и поверке, и описано все, что связано с их эксплуатацией. Рассмотрены особенности выбора и монтажа проводов для электропроводки. Подробно изложены современные методы сращивания и ответвления проводов. Приведена технология прокладки скрытой проводки и проводки в кабель-каналах.

Глава 3 посвящена монтажу электроустановочных изделий. Подробно описаны способы самостоятельной установки выключателей, розеток и люстр. Показано, как проверять и испытывать изоляцию электросети. Уделено внимание методике обнаружения наличия и места обрыва в проводке. Рассмотрены некоторые часто встречающиеся неисправности электропроводки и их устранение.

Множество иллюстраций к приведенному материалу делает изложение понятным даже читателю, мало-мальски знакомому с электротехникой.

Приложения содержат полезные справочные сведения о цветовой маркировке резисторов и условных графических обозначениях на электрических схемах. Здесь приведены также основные сведения о конденсаторах, использующихся для гашения напряжения и повышения коэффициента мощности электроустановок. Даны буквенно-цифровые обозначения зажимов и проводов, а также цветовое обозначение шин. Обобщены данные по различным типам счетчиков электроэнергии и автоматическим выключателям, выпускаемым отечественной промышленностью. Читатель найдет здесь необходимые данные для практического применения изолированных наконечников при опрессовке многопроволочных проводов и многое другое.

Книга предназначена для широкого круга читателей, желающих поддерживать в исправном состоянии и при необходимости самостоятельно ремонтировать домашнюю электросеть, соблюдая при этом все меры предосторожности в обращении с электричеством.

Автор будет признателен тем читателям, кто выскажет свои замечания или пожелания по книге на сайте издательства «БХВ-Петербург» **www.bhv.ru** или с помощью электронного письма на адрес издательства **mail@bhv.ru** с указанием наименования книги.

В. М. Пестриков (г. Санкт-Петербург, Россия)

Глава 1
Основные сведения об электротехнике

1.1. Как появляется электрический ток

Среди известных форм энергий наибольшее применение в нашем быту находит электрическая. Это связано с тем, что ее довольно просто превратить в другие формы энергий, например, в тепловую, механическую или оптическую. Такое превращение можно осуществить в различных установках и двигателях переменного или постоянного тока. Источниками электрической энергии могут быть электрические генераторы, гальванические элементы, солнечные батареи, термоэлементы, ядерные установки и др. Физические или химические процессы, происходящие в этих установках, приводят к возникновению электрического тока. Электрический ток, как известно, представляет собой упорядоченное (направленное) движение электрически заряженных частиц. За направление тока условно принимают направление движения положительно заряженных частиц, другими словами, *ток во внешней цепи идет от положительного полюса источника*

к отрицательному, а во внутренней цепи — от отрицательного полюса к положительному.

Замечание. Принятое направление тока в проводнике противоположно движению в нем электронов. Такое определение считается не очень удачным, но с ним смирились из-за того, что оно появилось в те времена, когда прохождение тока через металлы было слабо изучено, а об электроне мало что известно.

Для количественной оценки электрического тока используется понятие сила тока, а в просторечии обычно говорят, какой ток в этой цепи. Силой тока называется величина, которая характеризует скорость протекания заряда через сечение проводника. Сила тока I определяется количеством электричества q, протекающим через поперечное сечение проводника за единицу времени t:

$$I = \frac{q}{t}. \qquad (1.1)$$

Единица измерения силы тока — ампер (А) — названа в честь французского физика Андре Мари Ампера (1775–1836).

Дольные и кратные единицы тока

1 миллиампер (мА) = 0,001 А = 10^{-3} А;

1 ампер (А) = 1000 мА = 10^{3} мА;

1 микроампер (мкА) = 0,000001 А = 10^{-6} А;

1 килоампер (кА) = 1000 А = 10^{3} А

Для измерения силы тока в электрических цепях применяют приборы, называемые *амперметрами*. Формула (1.1) позволяет определить количество электронов, протекающих за 1 секунду через поперечное сечение проводника при силе тока в 1 А. Согласно справочным данным заряд одного электрона составляет $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Кл (Кл — кулон, единица измерения величины заряда тела). Тогда 1 А = ne/1 с, где n — неизвестное число электронов.

Отсюда $n = 1/1{,}602 \cdot 10^{-19} \approx 1{,}602 \cdot 10^{18}$ электронов!

Электрические заряды под действием электрического поля могут двигаться упорядоченно. Наличие электрического поля и свободных носителей электрического заряда — достаточное условие существования электрического тока. Электрическое поле может быть создано, например, двумя электрическими зарядами с противоположными знаками. Если эти заряды соединить проводником, то на мгновение по нему потечет электрический ток. Для длительного протекания тока в проводнике требуется специальный источник, в качестве которого может быть взят, например, гальванический элемент (обычная батарейка), термоэлемент или генератор. Для этих источников характерно то, что на одном их зажиме* имеется избыток электронов, а на другом — недостаток. Иначе говоря, существует разность электрических уровней на зажимах источника тока, которую называют *разностью потенциалов,* или напряжением (обозначается латинской буквой *U*). Таким образом, разность потенциалов и является причиной возникновения электрического тока. Электроны, в зависимости от типа источника, получают импульс движения различной величины. Силы, вызывающие перемещение электрических зарядов внутри источника постоянного тока против направления действия сил электростатического поля, называются *сторонними силами.* В гальваническом элементе сторонние силы возникают в результате электрохимических процессов, происходящих на границе раздела «электрод — электролит». Действие сторонних сил характеризуется *электродвижущей силой* (ЭДС). В замкнутом контуре ЭДС представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду. В замкнутой цепи будет существовать постоянный электрический ток только тогда, когда в ней действуют сторонние силы, т. е. есть ЭДС. Например, электродвижущая сила гальванического элемента — это работа сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда внутри элемента от одного полюса к другому. Если на батарейке написано «4,5 В», значит, сторонние силы

*Зажим — съемное приспособление для присоединения электрических проводов.

(в данном случае химические) совершают работу 4,5 Дж при перемещении заряда 1 Кл от одного полюса батарейки к другому.

ЭДС определяет силу тока в цепи при заданном ее сопротивлении и численно равна разности потенциалов на полюсах разомкнутого источника тока. Единицей измерения ЭДС и напряжения является *вольт* (В), названный в честь итальянского физика Алессандро Вольта (1745–1827).

Дольные и кратные единицы ЭДС и напряжения

1 милливольт (мВ) = 0,001 В = 10^{-3} В;

1 вольт (В) = 1000 мВ = 10^{3} мВ;

1 микровольт (мкВ) = 0,000001 В = 10^{-6} В;

1 киловольт (кВ) = 1000В = 10^{3} В

Прибор для измерения ЭДС и напряжения называется *вольтметром*. Он всегда включается в цепь параллельно тому элементу, на котором хотят измерить напряжение.

Отметим разницу в понятиях «ЭДС» и «напряжение». ЭДС — характеристика источника тока, и ее величину показывает вольтметр, подсоединенный к клеммам источника при *разомкнутой* цепи. При *замкнутой* цепи тот же вольтметр показывает величину *напряжения* источника тока. Только при разомкнутой электрической цепи напряжение источника тока численно равно его ЭДС.

1.2. Электропроводимость веществ

Все вещества по способности проводить электрический ток условно делят на проводники и диэлектрики. Промежуточное положение между ними занимают полупроводники. Под проводниками понимают вещества, в которых имеются свободные носи-

тели зарядов, способные перемещаться под действием электрического поля. Проводниками являются металлы, растворы или расплавы солей, кислот и щелочей.

Металлы, благодаря своим уникальным свойствам электропроводности, имеют большое распространение в электротехнике. Для передачи электроэнергии используют в основном медные и алюминиевые провода, в исключительных случаях — серебряные. С 2001 г. электропроводку положено выполнять только медными проводами. Алюминиевые провода пока применяют из-за их дешевизны, а также в тех случаях, когда их использование вполне оправданно и не представляет опасности. Алюминиевые провода разрешены для питания стационарных потребителей с известной заранее, гарантированной мощностью, например, насосов, кондиционеров, вентиляторов, бытовых розеток с нагрузкой до 1 кВт, а также для наружной электропроводки (воздушных линий, подземных кабелей и т. п.). В жилищах допустимы только провода на основе меди.

Металлы в твердом состоянии имеют кристаллическое строение. Частицы в кристаллах расположены в определенном порядке, образуя пространственную (кристаллическую) решетку. В узлах кристаллической решетки находятся положительные ионы, а в пространстве между ними движутся свободные электроны, которые не связаны с ядрами своих атомов. Поток свободных электронов называют электронным газом. В обычных условиях металл электрически нейтрален, т. к. общий отрицательный заряд всех свободных электронов по абсолютному значению равен положительному заряду всех ионов решетки. Носителями свободных зарядов в металлах являются электроны. Их концентрация достаточно велика — порядка 10^{28} 1/м^3. Эти электроны участвуют в беспорядочном тепловом движении. Под влиянием электрического поля свободные электроны начинают упорядоченное передвижение по проводнику со средней скоростью порядка 10^4 м/с. Тот факт, что электроны в металлах служат носителями электрического тока, доказал на простом опыте немецкий физик

Карл Рикке еще в 1899 г. Он взял три цилиндра одинакового радиуса: медный, алюминиевый и медный, расположил их друг за другом, прижал торцами и включил в трамвайную линию, а потом в течение более года пропускал через них электрический ток. После этого он исследовал места контакта металлических цилиндров и не обнаружил в меди атомов алюминия, а в алюминии — атомов меди, т. е. диффузии не было. Из этого он сделал вывод, что при прохождении по проводнику электрического тока ионы остаются неподвижными, а перемещаются лишь свободные электроны, которые одинаковы у всех веществ и не связаны с различием их физико-химических свойств.

Итак, *электрический ток в металлических проводниках представляет собой упорядоченное движение свободных электронов под действием электрического поля*. Скорость этого движения невелика — несколько миллиметров в секунду, а иногда и еще меньше. Но, как только в проводнике возникает электрическое поле, оно с огромной скоростью, близкой к скорости света в вакууме (300 000 км/с), распространяется по всей длине проводника. Одновременно с распространением электрического поля все электроны начинают двигаться в одном направлении по всей длине проводника. Так, например, при замыкании цепи электрической лампы в упорядоченное движение приходят и электроны, имеющиеся в спирали лампы.

Когда говорят о скорости распространения электрического тока в проводнике, то имеют в виду скорость распространения по проводнику электрического поля. Электрический сигнал, посланный, например, по проводам из Москвы во Владивосток (расстояние примерно 8000 км), приходит туда примерно через 0,03 с.

Диэлектриками, или изоляторами называют вещества, в которых нет свободных носителей зарядов, и поэтому они не проводят электрический ток. Такие вещества относят к идеальным диэлектрикам. Например, стекло, фарфор, фаянс и мрамор — хорошие изоляторы в холодном состоянии. Кристаллы этих ма-

териалов имеют ионную структуру, т. е. состоят из положительно и отрицательно заряженных ионов. Их электрические заряды связаны в кристаллической решетке и не являются свободными, что делает эти материалы диэлектриками.

В реальных условиях диэлектрики проводят электрический ток, но очень слабо. Для обеспечения их проводимости следует приложить очень высокое напряжение. Проводимость диэлектриков в 10^{15}–10^{20} раз меньше, чем у проводников. Это связано с тем, что в обычных условиях заряды в диэлектриках связаны в устойчивые молекулы, и они не в состоянии, как в проводниках, легко отрываться и становиться свободными. Электрический ток, проходящий через диэлектрики, пропорционален напряженности электрического поля. При некотором критическом значении напряженности $E_{\text{пр}}$ электрического поля наступает электрический пробой. Величина $E_{\text{пр}}$ называется электрической прочностью диэлектрика и измеряется в В/см. Многие диэлектрики благодаря их высокой электрической прочности $E_{\text{пр}}$ используют главным образом как электроизоляционные материалы. Приведем для примера электрическую прочность $E_{\text{пр}}$ некоторых распространенных диэлектрических материалов:

- полиэтилен — $4 \cdot 10^5$ В/см;
- слюда — $2 \cdot 10^6$ В/см;
- электрофарфор — $3 \cdot 10^5$ В/см.

Полупроводники при низких напряжениях электрический ток не проводят, а при увеличении напряжения становятся электропроводными. В отличие от проводников (металлов) их проводимость с повышением температуры возрастает. Это особенно заметно, например, у транзисторных радиоприемников, которые плохо работают в жаркую погоду. Для полупроводников характерна сильная зависимость электропроводности от внешних воздействий. Полупроводники широко применяют в различных электротехнических устройствах, поскольку их электропроводностью можно управлять.

1.3. Можно ли «притормозить» электрический ток?

Из анализа электропроводности веществ следует вывод, что, выбирая проводники с различными свойствами, можно получить электрический ток разной величины. Другими словами, одинаковые по размерам, но различные по свойствам проводники поразному оказывают *сопротивление* электрическому току. Так, сопротивление серебряной проволоки меньше, чем медной, а медной — меньше, чем алюминиевой. Для наглядности этот факт можно представить в виде особого «трения», которое преодолевают электроны, постоянно сталкиваясь с атомами проводника, колеблющимися в узлах кристаллической решетки. Сопротивление электрическому току, протекающему в проводнике, связано не только со свойствами материала, из которого он изготовлен, но и с его геометрическими размерами (длиной и площадью поперечного сечения), а также с температурой окружающей среды. Простейший опыт показывает, что электрическое сопротивление возрастает с увеличением длины и уменьшением площади поперечного сечения проводника. Чем длиннее и чем тоньше проволока, тем больше ее сопротивление. Если сначала присоединить лампочку, рассчитанную на 3,5 В, непосредственно к батарейке карманного фонарика, а потом подключить ее к той же батарейке двумя проводами длиной 1 м, то можно заметить, что в последнем случае яркость свечения лампочки уменьшилась. Амперметр, включенный между лампочкой и одним из соединительных проводов, покажет меньший ток, чем при непосредственном подключении. Сделать силу тока во втором случае такой же, как и в первом, можно, только повысив напряжение батарейки.

За единицу сопротивления в системе СИ принят ом. Один ом равен электрическому сопротивлению проводника, по которому протекает ток в один ампер при напряжении на его концах в один вольт: 1 Ом = 1 В/1 А.

Дольные и кратные единицы сопротивления

1 килоом (кОм) = 1000 Ом = 10^3 Ом;

1 мегаом (МОм) = 1000 000 Ом = 10^6 Ом;

1 мегаом (МОм) = 1000 кОм = 10^3 кОм;

1 килоом (кОм) = 0,001 МОм = 10^{-3} МОм;

1 миллиом (мОм) = 0,001 Ом = 10^{-3} Ом

Наличие упорядоченного движения электронов вдоль линий стороннего поля означает, что в металлическом проводнике идет электрический ток. Плотность этого тока определяется величиной заряда всех электронов, которые проходят за 1 секунду через единицу площади поперечного сечения проводника. Взаимодействие носителей зарядов с ионами пространственной кристаллической решетки обусловливает электрическое сопротивление. Свободные заряды в металлах — электроны. Когда через металл проходит ток, то перемещаются только электроны, а положительные ионы остаются в узлах кристаллической решетки. Свободные электроны, совершая хаотическое тепловое движение в металле, ведут себя подобно молекулам газа. Поэтому их часто называют «электронным газом». Для каждого металла характерна своя плотность электронного газа и строение кристаллической решетки. Это означает, что сопротивление (проводимость) проводников зависит от их материала, температуры, а также длины и площади из поперечного сечения. Проводники с электронной проводимостью называют *проводниками первого рода*.

Дистиллированная вода — хороший изолятор. В ней не может возникнуть электрический ток, т. к. она имеет молекулярную структуру, и свободные электрические заряды отсутствуют. Однако дистиллированная вода становится хорошим проводником электрического тока, если в ней растворить какую-либо кристаллическую соль, имеющую ионную структуру, например, поваренную соль (хлорид натрия NaCl) или медный купорос (сульфат меди $CuSO_4$). В растворах отсутствует кристаллическая решетка,

но здесь ионы взаимодействуют друг с другом и с молекулами растворителя. Благодаря электролитической диссоциации, распаду ионной решетки кристаллов на свободные ионы под действием электрического поля молекул растворителя (в данном случае — воды) образуется электролит. К типичным электролитам относятся соли, кислоты и щелочи, а также многие органические соединения.

Если теперь в растворе электролита создать электрическое поле, то положительные ионы начнут двигаться к отрицательно заряженному электроду (катоду), а отрицательные ионы — к положительно заряженному электроду (аноду). В цепи возникнет электрический ток, представляющий собой упорядоченное движение ионов. С повышением температуры число ионов в единице объема растворов возрастает, что увеличивает проводимость растворов. Проводники с ионной проводимостью называют *проводниками второго рода.*

Сопротивление проводника находят по следующей общей формуле:

$$R=\frac{\rho l}{S}, \qquad (1.2)$$

где R — сопротивление, Ом; ρ (читается «ро») — коэффициент пропорциональности, зависящий от материала проводника и называемый удельным сопротивлением, Ом·мм^2/м; l — длина, м; S — площадь поперечного сечения проводника, мм^2.

Например, если для медной проволоки ρ = 0,017 Ом·мм^2/м, то это значит, что медный проводник длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 мм^2 имеет сопротивление 0,017 Ом.

Из формулы (1.2) видно, что если при одной и той же длине проводника его площадь поперечного сечения увеличить, например, в 2 раза, то его сопротивление уменьшится в 2 раза (рис. 1.1, *а*). Имеем обратную зависимость сопротивления от площади сечения проводника $R = R(S)$. Если при одной и той же площади поперечного сечения проводника его длину увеличить

также в 2 раза, то его сопротивление увеличится в 2 раза (рис. 1.1, *б*). В данном случае зависимость прямая $R = R(l)$.

Удельное сопротивление — это сопротивление отрезка проводника сечением 1 мм^2 и длиной 1 м, выполненного из конкретного материала, оно измеряется в Ом·м. В системе СИ за единицу удельного сопротивления принимается удельное сопротивление такого материала, проводник из которого при 0 °С, длине 1 м и площади поперечного сечения 1 м^2 имеет сопротивление 1 Ом.

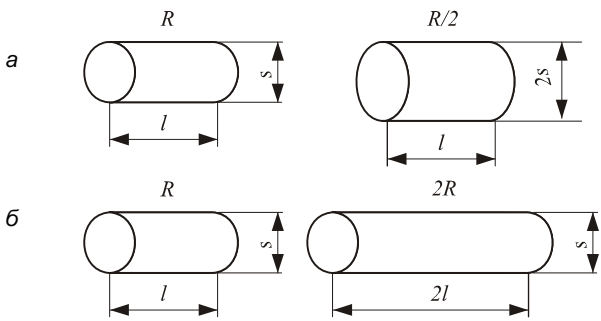


Рис. 1.1. Изменение сопротивления проводника при увеличении его площади поперечного сечения (*а*) и длины (*б*)

Добавим, что величина удельного сопротивления металлического проводника зависит только от структуры кристаллической решетки материала. Если внести в металл примеси, то удельное сопротивление изменится, оно увеличится.

Для расчетов удобнее пользоваться величиной, обратной электрическому сопротивлению проводника, называемой электропроводимостью λ:

$$\lambda = \frac{1}{R}. \qquad (1.3)$$

В системе СИ за единицу проводимости принят сименс. Сименсом (1 См) называется проводимость проводника, имеющего сопротивление 1 Ом.

Из формулы (1.3) видно, что с увеличением сопротивления электропроводимость проводника уменьшается, а значит, уменьшается и сила тока. Изменяя величину сопротивления проводника, можно управлять проходящим через него электрическим током. Обычно для этих целей пользуются реостатами секционного или ползункового типов. Существуют еще и так называемые жидкостные реостаты, в которых сопротивление контакта «электролит — электрод» изменяется за счет погружения подвижного электрода в электролит на разную глубину. Реостат секционного типа представляет собой набор проволок из металлов с большим удельным сопротивлением и разной длины, которые переключателем включаются в цепь для установления необходимого тока. В этом случае электрический ток регулируется ступенчато.

Для плавного регулирования электрического тока или напряжения в цепи применяют ползунковые реостаты. Основная часть этого электрического устройства — проводящий элемент с переменным сопротивлением. Движковый реостат снабжен скользящим контактом, соприкасающимся с проволокой из резисторного сплава, намотанной на изоляционное основание. При его перемещении изменяется сопротивление между ним и концом проволочной обмотки. Другими словами, изменение сопротивления достигается изменением числа витков проволоки, через которые проходит ток. Такие реостаты номинальной мощностью от 2 до 800 Вт широко применяются в лабораториях для точной регулировки.

При включении реостата в цепь нужно помнить о том, что его ползунок должен находиться в положении, когда сопротивление реостата максимально.

В электротехнике для задания в электрических цепях определенного тока широко используют элементы, называемые резисторами (термин «резистор» образован от латинского слова resisto — сопротивляюсь). Резисторы бывают переменные и постоянные (рис. 1.2).

Переменные резисторы для регулирования тока или напряжения в цепи называют *реостатами*. Величину сопротивления постоянных резисторов нельзя изменить, она всегда постоянна. В простейшем случае постоянный резистор состоит из каркаса, который изготовлен из негорючего непроводящего материала. На каркас намотана проволока из металла с большим удельным сопротивлением. Поверх проволочной обмотки наносят защитное покрытие, хорошо проводящее тепло и способное выдерживать температуры 400–500 °С. Проволочные резисторы высокого качества покрывают изолирующей эмалью.

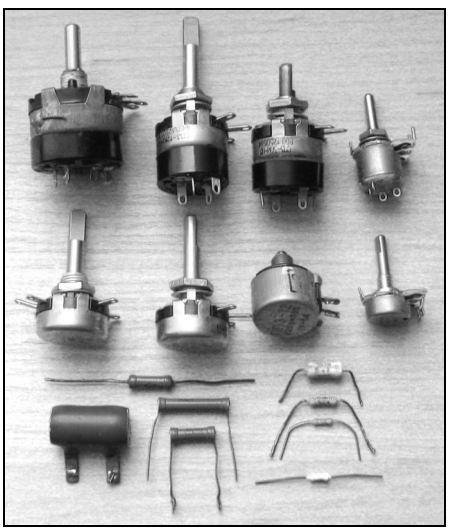


Рис. 1.2. Внешний вид постоянных и переменных резисторов

Резисторы обычно изготавливают из материалов с удельным сопротивлением от $5 \cdot 10^{-8}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ Ом·м (табл. 1.1). В большинстве случаев вместо металлической проволоки используют материалы с большим удельным сопротивлением. На каркас наносят пленку из этого материала и покрывают защитным слоем специального лака.

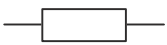
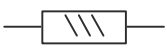
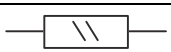
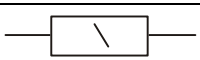
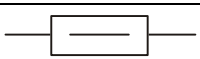
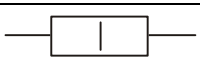
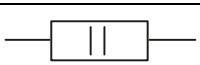
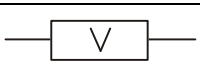
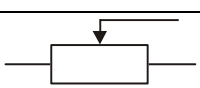
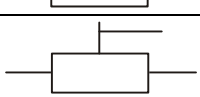
Таблица 1.1. *Свойства некоторых металлов и резисторных сплавов*

Состав	Удельное сопротивление при 20 °C, $\times 10^{-8}$ Ом·м	Температурный коэффициент сопротивления (20–100 °C)	Примечания
Металлы			
Серебро	1,62	0,004	Макс. проводимость
Медь	1,75	0,004	То же
Никель	9,63	0,0048	Балластные резисторы
Платина	11,95	0,0037	Термометры, сопротивления
Сплавы (%)			
78% Cu — 22% Ni	29,88	0,00016	Резисторы
55% Cu — 45% Ni	48,80	±0,00002	Приборные резисторы
84% Cu — 12% Mn — 4% Ni	48,14	±0,00002	То же
30% Ni — 20% Cr — 50% Fe	99,50	0,00052	До 870 °C
60% Ni — 16% Cr — 24% Fe	112,10	0,00022	До 1000 °C
80% Ni — 20% Cr	107,90	0,00014	До 1150 °C
70% Ni — 30% Fe	72,20	0,0043	Балластные резисторы

Существуют так называемые композиционные резисторы, которые изготавливают на основе аморфного углерода или графита. Эти материалы легкодоступны, дешевы, легко обрабатываются, способны выдерживать высокие температуры и позволяют в за-

висимости от состава композиции получать широкий диапазон удельного сопротивления (от $8 \cdot 10^{-6}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ Ом·м при 20 °С) и температурного коэффициента. Удельное сопротивление чистого аморфного углерода при нагревании до 3000 °С уменьшается приблизительно на 30%. Удельное сопротивление графита в том же диапазоне температур изменяется в пределах ±10%.

Таблица 1.2. *Условные графические обозначения резисторов на схемах*

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 1 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор с номинальной мощностью рассеивания 5 Вт
	Переменный резистор
	Подстроечный резистор

Резистор включается в цепь с помощью выводов, имеющихся на его корпусе. На электро- и радиотехнических схемах резистор изображают в виде прямоугольника с отрезками линий на малых

сторонах (табл. 1.2). Внутри символа ставится знак, указывающий номинальную мощность рассеяния резистора. Рядом с условным обозначением резистора указывают величину его номинального сопротивления и знак *R* с цифрой, соответствующей порядковому номеру резистора на схеме (например, *R*1) и величину сопротивления этого резистора (например, *R*1 47 кОм — резистор *R*1 сопротивлением 47 килоом). Условные графические обозначения резисторов на схемах должны соответствовать ГОСТ 2.728-74.

Существуют два способа маркировки или обозначения на корпусах резисторов их значений и допусков. Один из них цветовой (рис. 1.3, *а*), второй — буквенно-цифровой (рис. 1.3, *б*).

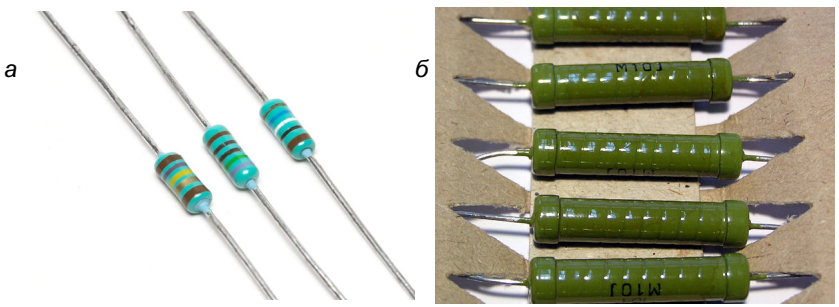


Рис. 1.3. Маркировка резистора: цветовая (*а*), буквенно-цифровая (*б*)

Цветовую маркировку наносят в виде четырех или пяти цветных колец. Каждому цвету соответствует определенное цифровое значение (см. *приложение 1.1*).

Буквенно-цифровой код для маркировки резисторов состоит из цифр, соответствующих номинальному сопротивлению, буквы, обозначающей единицу измерения, и буквы, указывающей допустимое отклонение сопротивления. Примеры наносимого на корпус резистора буквенно-цифрового кода единиц измерения номинального сопротивления старого и нового стандартов приведены в табл. 1.3.

Если номинальное сопротивление выражается целым числом, то буквенный код ставится после этого числа. Если же номинальное сопротивление представляет собой десятичную дробь, то буква ставится вместо запятой, разделяя целую и дробную части. В случае, когда десятичная дробь меньше единицы, целая часть (ноль) исключается.

Таблица 1.3. *Обозначение номинальной величины сопротивления на корпусах резисторов*

Полное обозначение			**Сокращенное обозначение на корпусе**			
Обозначение единиц измерения		**Примеры обозначения**	**Обозначение единиц измерения**		**Примеры обозначения**	
			Старое	**Новое**	**Старое**	**Новое**
Ом	омы	13 Ом 470 Ом	*R*	*E*	13*R* 470*R* (*K*47)	13*E* 470*E* (*K*47)
кОм	килоомы	1 кОм 5,6 кОм 27 кОм 100 кОм	*K*	*K*	1*K*0 5*K*6 27*K* 100*K* (*M*10)	1*K*0 5*K*6 27*K* 100*K* (*M*10)
МОм	мегаомы	470 МОм 4,7 МОм 47 МОм	*M*	*M*	*M*47 4*M*7 47*M*	*M*47 4*M*7 47*M*

При маркировке резисторов код допуска ставится после кодированного обозначения номинального сопротивления. Буквенные коды допусков приведены в табл. 1.4.

Например, обозначение 4*K*7*B* (или 4*K*7*M*) соответствует номинальному сопротивлению 4,7 кОм с допустимым отклонением 20%.

Таблица 1.4. *Буквенные коды допусков сопротивлений, наносимые на корпуса резисторов*

Допуск, %	±0,1	±0,2	±0,25	±0,5	±1	±2	±5	±10	±20	±30
Старое кодированное обозначение	Ж	У	–	Д	Р	Л	И	С	В	Ф
Новое кодированное обозначение	*B*	–	*C*	*D*	*F*	*G*	*J*	*K*	*M*	*N*

1.4. Электрическая цепь

Электрической цепью, в простейшем случае, называют определенным образом соединенные между собой источник электрической энергии, нагрузку, контрольно-измерительные и другие приборы (рис. 1.4). Цепь считается «замкнутой», когда по ней идет электрический ток. Работа в такой цепи совершается за счет ЭДС источника. Если в цепи нет тока, то говорят, что такая цепь разомкнута. Для замыкания и размыкания электрической цепи служит выключатель (кнопка, рубильник, ключ и т. п.).

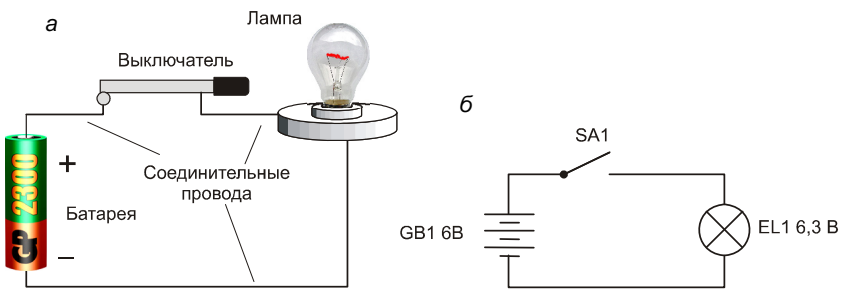


Рис. 1.4. Общий вид электрической цепи (*а*) и ее принципиальная схема (*б*)

Особый вид соединения элементов цепи — соединение согласно *электрической схеме*, т. е. графическому изображению электрической цепи на бумаге или экране компьютера. Обычно, перед тем как собрать электрическую цепь, разрабатывают ее электрическую схему, затем подбирают соответствующие компоненты, которые соединяют согласно схеме с помощью проводов.

Различают принципиальную схему и схему замещения. *Принципиальная схема* — схема, состоящая из условных обозначений элементов цепи. *Схема замещения* — это количественная модель электрической цепи, состоящая из идеализированных элементов и позволяющая рассчитывать параметры с необходимой точностью. На принципиальных электрических схемах каждый элемент цепи изображается определенным условным графическим обозначением (см. *приложение 1.2*). Рядом с условными графическими обозначениями проставляют позиционные обозначения (буквенные коды) элементов и их порядковые номера на схеме (см. *приложение 1.3*).

1.5. Основной закон электротехники

В квартире короткое замыкание обычно ассоциируется с перегоранием пробок на распределительном щитке. Причиной этого может быть соприкосновение оголившихся проводов в электроприборе, включенном в розетку. Ток в этом случае пошел не по предназначенному для него пути, а непосредственно через место контакта проводов. Сопротивление данного участка цепи очень мало и через него пошел большой ток, поэтому проволочка в предохранителе расплавилась. Благодаря этому удалось устранить опасность пожара, который мог возникнуть от нагрева проводов большим током.

Кроме короткого замыкания, известны и другие явления, такие как нагревание проводника, магнитные и химические действия, которые зависят от силы тока. Воздействиями электрическо-

го тока можно управлять, изменяя силу тока. Для управления током в цепи необходимо знать функциональную зависимость силы тока от некоторой величины, влияющей на изменение тока. Известно, что электрический ток в цепи — это упорядоченное движение заряженных частиц в электрическом поле. Чем сильнее действие электрического поля на эти частицы, тем бóльшую скорость они приобретают, что и приводит к увеличению силы тока. Действие поля характеризуется физической величиной — напряжением. Исходя из этого, можно предположить, что сила тока зависит от напряжения.

Для любого проводника, будь он твердый, жидкий или газообразный, существует определенная зависимость силы тока от приложенной к его концам разности потенциалов (напряжения). Такая зависимость может быть получена экспериментально и представлена в виде графика, который носит название *вольт-амперной характеристики* (рис. 1.5). Во время эксперимента сопротивление проводника остается постоянным.

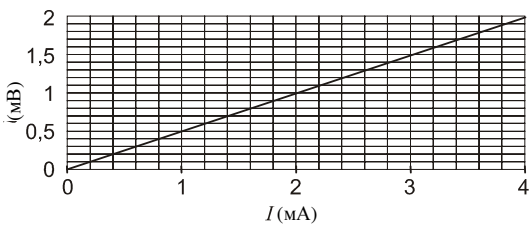


Рис. 1.5. Вольт-амперная характеристика сверхпроводящей керамики $Bi_2Ba_2Sr_2Cu_3O_x$ при комнатной температуре [1]

Основываясь на вольт-амперных характеристиках для различного типа проводников, было установлено, что сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на концах проводника. В этом случае график вольт-амперной характеристики представляет собой прямую линию.

Если построить график зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении, то получим обратно пропорциональную зависимость, т. е. при уменьшении сопротивления проводника происходит увеличение тока и наоборот.

Рассмотренные зависимости открыл в 1827 г. немецкий физик Георг Симон Ом (1787–1854) и сформулировал в виде закона, носящего его имя.

Закон Ома

Сила тока *I* в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению *U* на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению *R* проводника

В виде формулы закон Ома записывается следующим образом:

$$I = U/R, \tag{1.4}$$

где I — сила тока в участке цепи в амперах; U — напряжение на этом участке в вольтах; R — сопротивление участка цепи в омах.

Из формулы (1.4) следует, что, зная силу тока I и сопротивление R, можно по закону Ома вычислить напряжение U на участке цепи, а зная напряжение U и силу тока I — сопротивление R участка. Сопротивление проводника можно определить по формуле $R = U/I$, однако нужно понимать, что R — величина постоянная для данного проводника и не зависит ни от напряжения, ни от силы тока. Если напряжение на проводнике увеличится, например, в 4 раза, то во столько же раз возрастет и сила тока в нем, а отношение напряжения к силе тока не изменится.

Как видим, закон Ома базируется на трех величинах: напряжении, сопротивлении и силе тока. Из основного закона Ома (1.4) можно получить еще две формулы для расчета любой из трех величин, при условии что две остальные известны. Сделать это можно быстро, но чтобы ничего не перепутать, стоит воспользоваться известным треугольником-подсказкой (рис. 1.6).

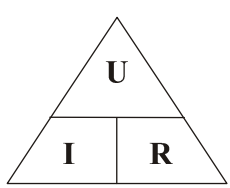


Рис. 1.6. Треугольник-подсказка для расчета по закону Ома

С этой целью закрываем пальцем тот параметр, который требуется рассчитать. Если оставшиеся два стоят на одной высоте, нужно их перемножить, а если один находится над другим, следует разделить верхнее значение на нижнее.

Допустим, требуется вычислить силу тока (I). Закроем ее изображение в треугольнике. Остались напряжение (U) сверху и сопротивление (R) под ним, «в столбик». Значит, напряжение нужно разделить на сопротивление. Не стоит забывать о том, что подобные расчеты точны лишь для постоянного тока. В цепях переменного тока соотношения этих величин несколько иные, но если точные значения не очень важны, то можно воспользоваться и законом Ома.

В заключение можно сделать вывод, что закон Ома позволяет определить силу тока в электрической цепи при заданном напряжении и известном сопротивлении. Знание этого закона дает возможность рассчитать тепловые, химические и магнитные действия тока, которые зависят от силы тока. Из закона Ома следует объяснение явления «короткого замыкания». Если в формуле (1.4) сопротивление очень мало, например 0,0001 Ом, то при делении постоянной величины (напряжения), например 12 В, на это малое число получаем очень большое значение, т. е. ток очень большой величины (120 000 А). В этом и причина перегорания предохранителей, а в худшем случае возможно сгорание проводки и включенных электроприборов и возникновение пожара.

Итак, закон Ома — основа всей электротехники постоянных токов и его необходимо хорошо знать и правильно применять.

1.6. Зависимость сопротивления от температуры

Проводники электрического тока работают в различных климатических условиях. Под воздействием внешних факторов их сопротивление, а следовательно, и ток в цепи, может измениться, а работа электрооборудования нарушиться. В связи с этим при

выборе проводников для экстремальных условий эксплуатации (например, для работы под действием высокой или низкой температуры) следует учитывать зависимость их сопротивления от температуры. Учет температурной зависимости сопротивления особенно необходим при расчете нагревательных приборов. Так, сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания увеличивается при прохождении по ней тока более чем в 10 раз.

Изменение геометрических размеров проводника при нагревании или охлаждении незначительно влияет на его сопротивление.

Увеличение или уменьшение сопротивления при воздействии температуры, в основном, связано с изменением его удельного сопротивления. Величина, характеризующая зависимость изменения сопротивления проводника от температуры, различна для каждого материала, называется *температурным коэффициентом сопротивления* и обозначается греческой буквой α. Зависимость удельного сопротивления ρ проводника от температуры t имеет вид:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где ρ_0 — удельное сопротивление проводника при 0 °С, Ом·м; α — температурный коэффициент сопротивления, град $^{-1}$; t — температура, ° С.

Сопротивление всех металлов при нагревании возрастает и, следовательно, их температурные коэффициенты сопротивления положительны ($\alpha > 0$, рис. 1.7). При незначительном изменении температуры температурный коэффициент можно считать постоянным.

Сопротивление растворов кислот, солей и щелочей, а также угля при нагревании уменьшается, поэтому их температурные коэффициенты отрицательны ($\alpha < 0$).

Сопротивление полупроводника быстро падает при повышении температуры, т. е. его температурный коэффициент отрицателен, а по абсолютной величине он в сотни раз больше температурного коэффициента металлов.

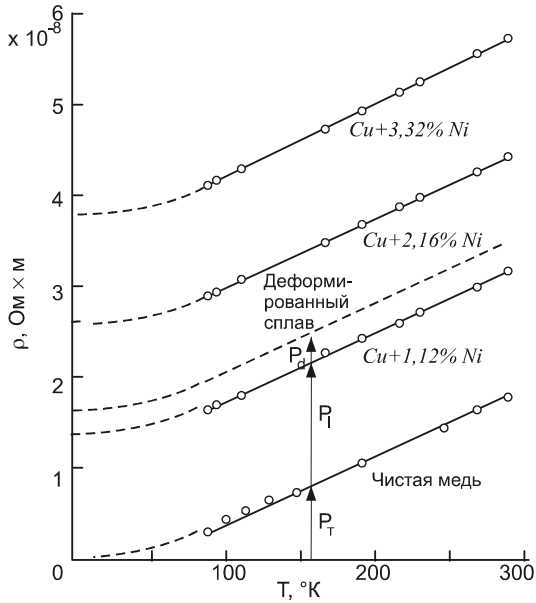


Рис. 1.7. Экспериментальные температурные зависимости удельного сопротивления меди и сплавов медь-никель [2]

1.7. Виды соединений потребителей электрического тока

Проводники при включении в цепь можно соединять друг с другом различными способами. Существуют три вида соединений:

- последовательное;
- параллельное;
- смешанное.

Если известны сопротивления элементов и способ их соединения, то можно рассчитать общее сопротивление цепи. Знание законов последовательного и параллельного соединения проводников позволяет рассчитывать более сложные комбинации, т. е. найти их общее сопротивление, ток, напряжение и т. д. [3, 4]

Сопротивление, при включении которого вместо всех других проводников, находящихся между двумя точками цепи, ток и напряжение остаются неизменными, называется *эквивалентным* (или *общим*) сопротивлением этих проводников.

1.7.1. Последовательное соединение

Последовательным называется соединение, при котором конец предыдущего проводника соединяется с началом последующего (рис. 1.8). Общее сопротивление $R_{общ}$ цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений входящих в нее элементов:

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + ... + R_n, \quad (1.5)$$

где R_n — сопротивление n-го элемента.

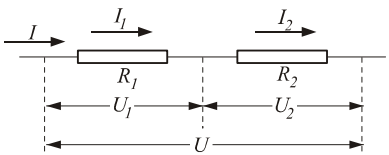


Рис. 1.8. Последовательное соединение проводников

Из выражения (1.5) видно, что при дальнейшем последовательном присоединении новых элементов к цепи, ее общее сопротивление увеличивается. Общее сопротивление всей цепи, когда элементы соединены последовательно, больше сопротивления любого элемента, входящего в цепь.

При последовательном соединении ток I во всех участках цепи одинаков:

$$I_1 = I_2 = ... = I_n = I. \quad (1.6)$$

Из этого соотношения следует вывод, что изменение сопротивления на любом участке цепи приводит к изменению тока не только на этом участке, но и на всех остальных. Такие изменения коснутся и напряжения на отдельных участках цепи, т. е. напряжение в цепи перераспределится. Новые напряжения на отдель-

ных участках цепи можно найти по закону Ома: $U_{нов} = I_{нов} \cdot R$, где R — исходное сопротивление конкретного участка цепи.

При последовательном соединении напряжение на всей цепи $U_{общ}$ равно сумме напряжений на отдельных участках цепи:

$$U_{общ} = U_1 + U_2 + ... + U_n. \quad (1.7)$$

Это равенство вытекает из закона сохранения энергии, т. к. электрическое напряжение на участке цепи измеряется работой электрического тока, совершающейся при прохождении по этому участку цепи электрического заряда в 1 Кл. Работа производится за счет энергии электрического поля. Энергия, израсходованная на всем участке цепи, равна сумме энергий, которые расходуются на отдельных проводниках, составляющих участок этой цепи. При последовательном соединении эквивалентное сопротивление всей цепи равно сумме сопротивлений отдельных участков.

При использовании в практических целях последовательного соединения потребителей необходимо помнить о его недостатке: при выходе любого потребителя из строя, остальные тоже перестают работать. В этом случае цепь разрывается, и ток по ней не идет. Для восстановления работоспособности цепи необходимо найти место повреждения и восстановить его. При большом количестве потребителей тока бывает трудно сразу обнаружить место повреждения, для этого необходимо какое-то время. Примером может служить отыскание перегоревшей электрической лампочки в елочной гирлянде из 35 лампочек на 6,3 В, соединенных последовательно.

Для нахождения вышедшего из строя элемента цепи, как правило, используют вольтметр или различные пробники [5]. Быстрее всего найти перегоревшую лампочку можно с помощью современной индикаторной световой отвертки или малогабаритного бытового многофункционального индикаторного прибора «карандашного» типа (рис. 1.9). Для этого необходимо, касаясь сенсорного контакта на корпусе индикатора, провести его концом над проводом, включенным в электрическую сеть.

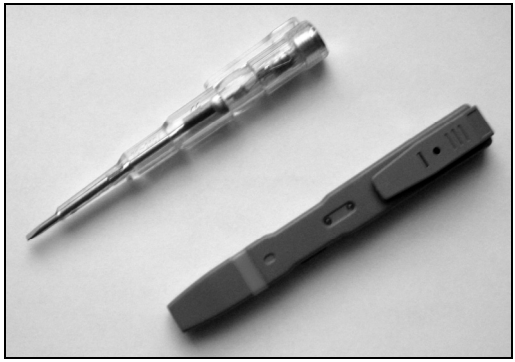


Рис. 1.9. Индикаторная световая отвертка и многофункциональный индикаторный прибор для бесконтактного поиска фазы

Следует упомянуть, что такие индикаторы фазы собраны на радиокомпонентах с питанием от двух элементов напряжением 1,5 В типа «таблетка». В индикаторной световой отвертке используются элементы типа LR41, а в многофункциональном индикаторном приборе — LR44. Индикаторы позволяют производить бесконтактный поиск неисправностей электрических цепей, т. к. благодаря их высокой чувствительности обладают способностью реагировать на наводки электромагнитного поля сетевых проводов. В продаже имеется много разнообразных индикаторов по небольшой цене (около 50 руб.) производства различных фирм.

При отсутствии подобных индикаторов фазы найти перегоревшую лампочку можно с помощью омметра по следующей известной методике. Делим гирлянду примерно на две части и «прозваниваем» каждую из них. Участок гирлянды, на котором прибор показывает обрыв (стрелка прибора не отклоняется), и содержит неисправную лампочку. После этого неработающий участок гирлянды делим опять на две половины и находим новый неработающий участок. Найдя неисправный участок, делим его пополам и снова находим новый неработающий участок, и так несколько раз до тех пор, пока в последнем участке не окажется неисправная лампа.

1.7.2. Параллельное соединение

Когда необходима независимая работа нескольких потребителей электрического тока от одного источника электроэнергии, применяют параллельное соединение потребителей. При этом включение и выключение потребителей или электрических приборов происходит независимо друг от друга.

Параллельным называется соединение, при котором все начала проводников соединяются в одной точке, а концы — в другой (рис. 1.10).

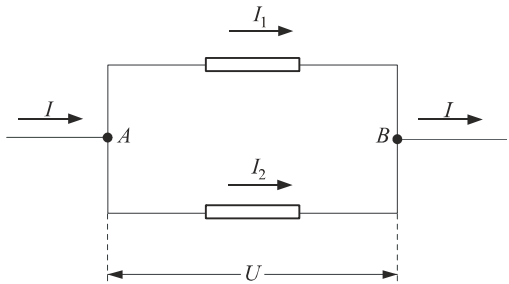


Рис. 1.10. Параллельное соединение проводников

Точка, в которой соединено более двух проводников, называется *узлом*. Проводники, соединенные параллельно между двумя узлами, вместе составляют *разветвление*, а каждый из них в отдельности называется *ветвью*. Чтобы в готовую цепь параллельно включить проводник, нет необходимости ее разрывать.

При параллельном соединении напряжения на каждой из ветвей и на всем разветвлении одинаковы. Другими словами, напряжение на всех включенных по параллельной схеме элементах одно и то же. Это связано с тем, что все элементы цепи или потребители-приборы подключены к одному источнику питания:

$$U_1 = U_2 = ... = U_n = U. \qquad (1.8)$$

Одно и то же напряжение на параллельно включенных проводниках и разветвление тока в них — характерные свойства па-

раллельного соединения. При параллельном соединении как бы увеличивается площадь поперечного сечения проводника. Поэтому общее сопротивление цепи уменьшается и становится меньше сопротивления каждого из проводников, входящих в цепь. Сила тока до и после разветвления цепи равна сумме сил токов в отдельных его ветвях. Для двух параллельно соединенных проводников имеем:

$$I = I_1 + I_2. \tag{1.9}$$

Если бы у нас было не два прибора, а n приборов, то сила тока в неразветвленном участке цепи была бы равна сумме сил токов, протекающих через все n ветвей:

$$I = I_1 + I_2 + ... + I_n. \tag{1.10}$$

Подставляя выражение для закона Ома в формулу (1.9), получим: $U/R = U/R_1 + U/R_2$ или $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$. Тогда после преобразований последнего выражения получим формулу для определения общего сопротивления двух параллельно соединенных проводников:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \tag{1.11}$$

Формула для определения общего сопротивления n соединенных параллельно проводников имеет вид:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... \frac{1}{R_n}. \tag{1.12}$$

Значение общего сопротивления R находят из (1.12) путем преобразований, сначала правую часть приводят к общему знаменателю, а потом используют правило пропорции. Общее сопротивление цепи можно записать и так:

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + ... + 1/R_n}.$$

Из формул параллельного соединения следует, что при изменении сопротивления какой-либо ее ветви ток в этой ветви тоже меняется, в то время как в остальных ветвях ток остается неизменным. Поэтому в квартире электрические розетки, в которые включаются бытовые электроприборы, как правило, соединены параллельно (рис. 1.11).

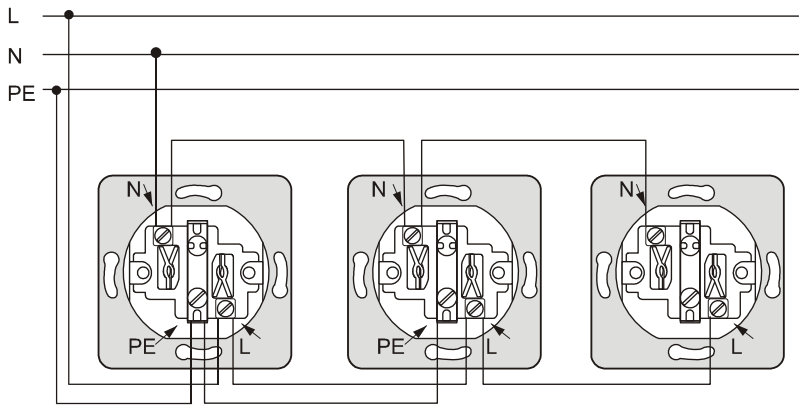


Рис. 1.11. Включение розеток в квартирной электросети

1.7.3. Смешанное соединение

На практике часто применяют смешанное соединение проводников, которое представляет собой совокупность последовательных и параллельных соединений. Зная сопротивления проводников и способ их соединения в электрической цепи, можно в большинстве случаев по формулам для последовательного и параллельного соединения проводников рассчитать сопротивление смешанного соединения, состоящего из большого числа резисторов. При этом кроме общего сопротивления можно определить и другие электрические параметры цепи. На рис. 1.12 приведена последовательность расчета смешанного соединения.

Следует отметить, что далеко не все сложные цепи, состоящие из проводников с различными сопротивлениями, можно рассчитать с помощью формул для последовательного и параллельного соединения. Для расчета сложных цепей могут потребоваться правила Кирхгофа.

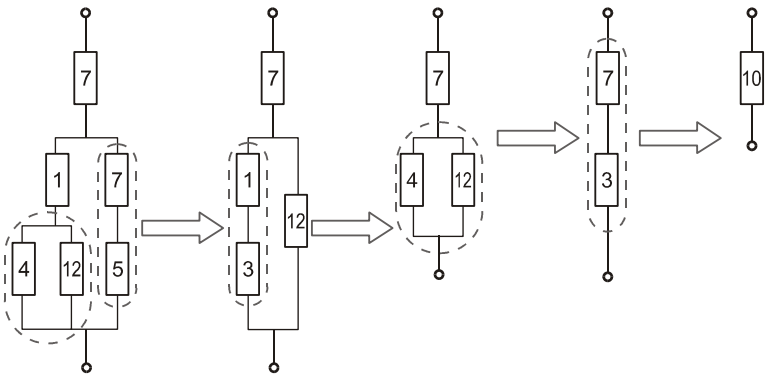


Рис. 1.12. Смешанное соединение проводников

Цифры на схеме обозначают величины сопротивлений резисторов, выраженных в однотипных единицах измерения

1.8. ЭДС и закон Ома для полной цепи

Чтобы в проводнике протекал постоянный ток, требуется поддерживать постоянную разность потенциалов на его концах. Следовательно, в цепи тока должен находиться источник энергии, поддерживающий ток в цепи и восполняющий убыль энергии на нагревание проводника. Таким источником, например, в карманном фонарике является батарейка, которая обеспечивает постоянный ток в цепи, чтобы горела лампочка. Источник тока характеризуется такими основными величинами, как ЭДС и внутреннее сопротивление r.

Сопротивление всей цепи можно разделить на две части: внешнее R, состоящее из сопротивления нагрузки и соединительных проводов, и внутреннее r, представляющее собой в гальваническом элементе сопротивление раствора электролита и электродов источника тока, а в генераторе — сопротивление его обмоток. Сопротивление всей цепи (полное сопротивление) будет равно сумме внешнего и внутреннего сопротивлений:

$$R_{\text{полное}} = R + r.$$

Тогда можно сказать, что ЭДС источника расходуется на преодоление сопротивления при перемещении электронов внутри источника тока и на преодоление сопротивления при перемещении электронов по внешней цепи. В этом случае E (ЭДС источника тока) равна сумме падений напряжения на двух участках: внутреннем (U_0) и внешнем (U — напряжение на зажимах источника тока):

$$E = U_0 + U. \tag{1.13}$$

Если теперь подставить в формулу (1.13) значения падений напряжения U_0 и U согласно закону Ома, то появляется возможность определить силу тока I в замкнутой цепи:

$$I = \frac{E}{R+r}. \tag{1.14}$$

Формула (1.14) представляет собой закон Ома для полной цепи.

Закон Ома для полной цепи

Сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи

При практической эксплуатации электрических цепей с источником тока может возникнуть два важных частных случая:

- внешняя цепь разорвана;
- источник тока замкнут накоротко.

Когда внешняя цепь разорвана (разомкнута), есть $U_0 = 0$, тогда $E = U$. Другими словами, ЭДС источника равна напряжению на полюсах источника тока при разомкнутой цепи. Режим работы источника электрического тока при разомкнутой цепи называется *холостым ходом*.

При замыкании источника тока накоротко внешнее сопротивление $R \to 0$ и ток в цепи определяется внутренним сопротивлением источника:

$$I = \frac{E}{r}.$$

Электродвижущая сила в рассматриваемом случае расходуется только на преодоление внутреннего сопротивления источника тока:

$$E = I \cdot r.$$

Режим работы электрического источника тока при соединении зажимов проводом накоротко (без нагрузки) называется *коротким замыканием*. При коротком замыкании возникает очень большой ток и провода могут расплавиться.

В практической домашней электротехнике явления короткого замыкания нужно избегать, т. к. чрезмерное увеличение тока опасно для источника.

1.9. Работа, тепловое действие и мощность электрического тока

При прохождении электрического тока по проводнику, как известно, выделяется тепло. На тепловом действии тока основана работа электрических осветительных ламп, электронагревательных бытовых приборов, тепловых реле, предохранителей электрических цепей и т. д. При любом токе часть электрической энергии переходит в тепло. Проводник нагревается из-за того, что двигающиеся под действием электрического поля свободные электроны сталкиваются с колеблющимися ионами кристаллической решетки проводника и передают им часть своей кинетиче-

ской энергии. Энергия электрического поля переходит во внутреннюю энергию проводника. Мерой превращения энергии электрического тока в другие виды энергии является работа тока.

Работу тока на участке цепи можно вычислить по формуле:

$$A = U q, \tag{1.15}$$

где q — количество электричества, U — напряжение.

Найдя из формулы (1.1) $q = I t$, а из (1.4) $U = I R$ и подставив эти выражения в (1.15), получим формулу для вычисления работы тока, затраченной на выделение теплоты на участке цепи:

$$A = I^2 R t. \tag{1.16}$$

Если вся работа тока A полностью идет на выделение теплоты Q, то можно записать

$$Q = I^2 R t, \tag{1.17}$$

где Q измеряется в джоулях (Дж), I — в амперах, R — в омах, t (длительность прохождения тока через проводник) — в секундах.

Формула (1.17) называется законом Джоуля–Ленца.

Формула (1.17) позволяет вычислить количество теплоты, выделенной током на любом участке цепи, независимо от происходящих в нем процессов. С ее помощью можно рассчитать количество теплоты, выделенной током в электроплитке, лампе накаливания, в якоре электродвигателя, электролитической ванне и т. д.

Закон Джоуля–Ленца

Количество теплоты, выделенной током на участке цепи, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению участка и времени прохождения тока

Количество теплоты, выделенной током на отдельных участках цепи при последовательном соединении потребителей, прямо пропорционально сопротивлениям участков:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2},$$

а количество теплоты, выделенной током в параллельно соединенных участках цепи без ЭДС, обратно пропорционально сопротивлениям участков:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

В большинстве электронагревательных бытовых приборов основной нагревательный элемент — спираль с большим сопротивлением. Спираль, как правило, помещают в керамические изоляторы с хорошей теплопроводностью. Если спираль предназначена для нагрева жидкости, то ее заключают в герметичную трубку из нержавеющей стали (рис. 1.13). Выводы спирали тщательно изолируют от металлических частей приборов.

При пользовании электронагревательными приборами необходимо соблюдать технику безопасности и правила эксплуатации, которые обычно изложены в паспорте, прилагаемом к прибору. Читая паспорт, следует обратить внимание в первую очередь на то, в сеть с каким напряжением можно включать этот прибор.

Другая важная характеристика прибора — его мощность — показывает, сколько энергии за 1 с потребляет из сети этот прибор.

а

б

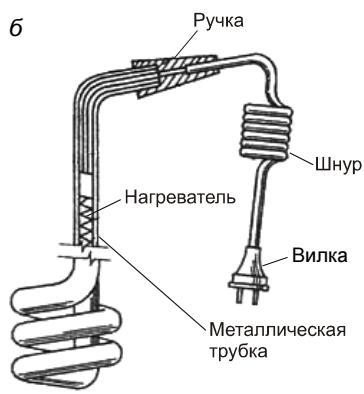


Рис. 1.13. Электрокипятильник (*а*) и его устройство (*б*)

В общем случае мощность характеризует скорость преобразования энергии из одного вида в другой. Мощность тока обычно обозначают буквой P:

$$P = \frac{A}{t}. \quad (1.18)$$

Из формулы (1.18) можно получить три выражения для определения работы тока:

$$A = IUt, \quad A = I^2Rt, \quad A = \frac{U^2t}{R}.$$

Три формулы получаются и для вычисления мощности:

$$P = IU, \quad P = I^2R, \quad P = \frac{U^2}{R}. \quad (1.19)$$

Здесь сила тока I измеряется в амперах, напряжение U — в вольтах, сопротивление R — в омах, время — в секундах, а мощность тока P — в ваттах (Вт): 1 Вт = 1 Дж/1 с. Заметим, что кроме ватта используются и более крупные единицы мощности.

Крупные единицы мощности

100 Вт = 1 гектоватт (гВт);
1000 Вт = 1 киловатт (кВт);
1 000 000 Вт = 1 мегаватт (МВт)

Чтобы определить мощность тока, нужно знать либо силу тока и напряжение, либо силу тока и сопротивление, либо напряжение и сопротивление. Удобнее измерять силу тока и напряжение. Быстро рассчитать электрическую мощность можно с помощью треугольника-подсказки (рис. 1.14).

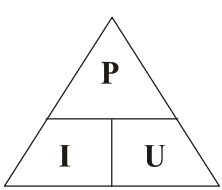


Рис. 1.14. Треугольник-подсказка для расчета электрической мощности

Пусть, например, требуется вычислить силу тока в цепи лампочки 12 В, мощностью 20 Вт. Силу тока (*I*) закрываем пальцем, мощность (*P*, 20 Вт) делим на напряжение (*U*, 12 В). Получаем результат 1,67 А.

Для измерения мощности электрического тока существует и специальный прибор — ваттметр (рис. 1.15).

Аналоговый ваттметр имеет две катушки: одна неподвижная, создающая магнитное поле, называется *токовой*, а вторая, поворачивающаяся в магнитном поле, приводящая в движение стрелку, — *вольтовой*. В ваттметре как бы объединены два прибора: амперметр и вольтметр. Катушка с малым сопротивлением включается в цепь последовательно, подобно амперметру, а катушка с большим сопротивлением — параллельно, как вольтметр. При этом общее действие магнитных полей этих двух катушек на подвижную часть прибора, соединенную со стрелкой, пропорционально мощности.

Не следует смешивать единицу энергии и работы «киловатт-час» с единицей мощности «киловатт».

Количество энергии, потребляемой за 1 час машиной или прибором с мощностью 1 кВт, называется киловатт-часом (кВт·ч). 1 кВт·ч соответствует работе $3{,}6 \cdot 10^6$ Дж, а в тепловых единицах — 860 ккал. Для практических измерений электрической работы (энергии) джоуль слишком мелкая единица, поэтому используют более крупные единицы: 100 Вт·ч = 1 гВт·ч и 1000 Вт·ч = 1 кВт·ч.

Для измерения электрической энергии, как известно, пользуются счетчиками электрической энергии.

Для вычисления количества электроэнергии в киловатт-часах, потребляемой электроприбором за определенный промежуток времени, нужно мощность прибора, выраженную в киловаттах, умножить на число часов работы прибора. Например, при потребляемой мощности 3 кВт количество энергии, израсходованной за 1 час, равно 3 кВт ·1 ч = 3 кВт·ч, за 3 часа — 3 кВт ·3 ч = 9 кВт·ч, за 7 часов — 3 кВт ·7 ч = 21 кВт·ч.

В электротехнике переменного тока принято в некоторых случаях выражать мощность, потребляемую электроприбором, в вольт-амперах (В·А); 1 В·А = 1 Вт. Применяется и более крупная единица — киловольт-ампер (кВ·А), 1 кВ·А = 1 кВт. В большинстве же случаев мощность указывают в ваттах и киловаттах.

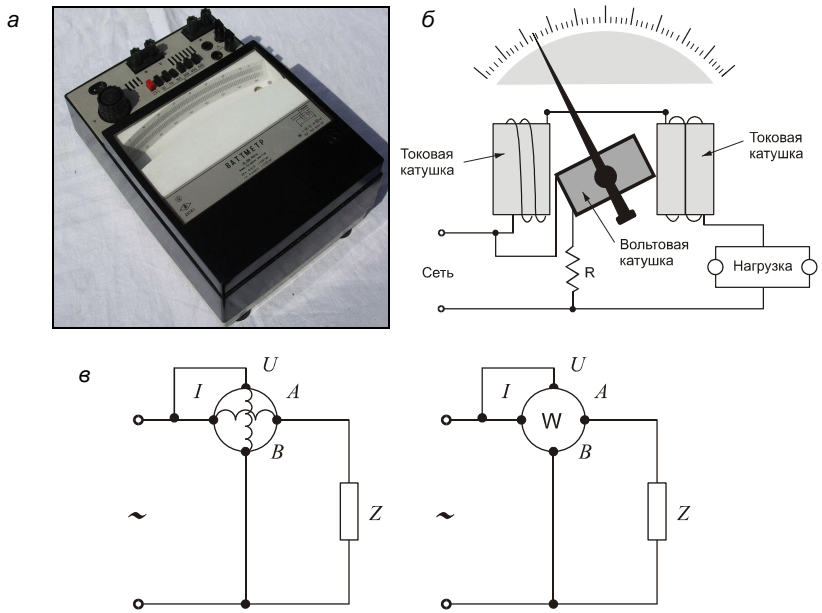


Рис. 1.15. Аналоговый ваттметр (*а*): устройство (*б*) и схема включения в однофазную сеть (*в*)

1.10. Короткое замыкание

В квартирной проводке все розетки, как уже было сказано, соединены параллельно. При таком соединении иногда может возникнуть экстремальный случай, когда один из приборов, включенный в розетку, внезапно выходит из строя и его сопротивление становится очень маленьким, т. е. происходит короткое замыкание.

Рассмотрим параллельное соединение двух электрических ламп EL1, EL2 и выключателя SA1 (рис. 1.16). При разомкнутом SA1 обе лампы горят (рис. 1.16, *а*). В данном случае ток в цепи разветвляется по двум путям, т. е. проходит только через лампы.

Если же теперь выключатель SA1 замкнуть, то лампа EL2 сразу погаснет, а лампа EL1 на мгновение вспыхнет и тоже погаснет (рис. 1.16, *б*). Сработают предохранители FU1 и FU2, они перегорят, сохранив невредимой лампу EL1 и проводку. Замкнутый выключатель SA1, имея очень маленькое сопротивление, стал причиной короткого замыкания лампы EL2. Резкое увеличение яркости лампы EL1 указывает на то, что при коротком замыкании в цепи сила тока резко возрастает.

Лампа EL2 вспыхивает ярко из-за того, что при параллельном соединении проводников их общее сопротивление становится меньше меньшего из них, т. е. меньше, чем сопротивление выключателя. Согласно закону Ома, уменьшение сопротивления ведет к возрастанию силы тока. Возрастание тока, как известно, по закону Джоуля–Ленца, приводит к более сильному накалу спирали лампы EL1. В связи с тем, что сопротивление проволочек предохранителей FU1 и FU2 значительно меньше сопротивления выключателя и ламп, то они перегорают раньше, чем ток короткого замыкания достигнет своего значения, при котором перегорела бы лампа EL1.

Чтобы привести устройство в работоспособное состояние, необходимо:

1. Отключить автоматические выключатели на квартирном щитке или вывернуть пробки.
2. Вынуть штепсель (нем. Stöpsel — пробка, в обиходе вилка) устройства из розетки.
3. Установить выключатель SA1 в положение «Выключено».
4. Заменить перегоревшую лампу EL2.
5. Заменить предохранители FU1 и FU2.
6. Подать напряжение, включив автоматические выключатели на квартирном щитке или ввернув пробки.
7. Вставить штепсель в розетку.

Исходя из этого эксперимента, нужно твердо для себя усвоить, что нельзя ни при каких обстоятельствах допускать короткого замыкания, т. к. возрастание силы тока в электрической цепи может привести к перегреванию подводящих проводов и возникновению пожара.

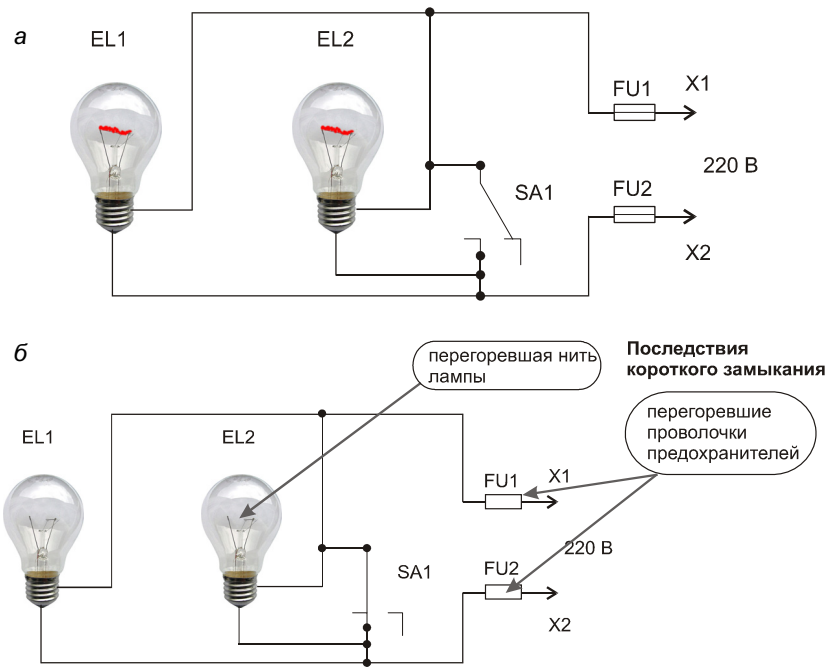


Рис. 1.16. Короткое замыкание: выключатель разомкнут — лампы горят (*а*), выключатель замкнут — лампы не горят (*б*)

Для защиты электроприборов от короткого замыкания применяют предохранители. Их назначение — отключать электроэнергию в случае, если ток возрастает больше допустимой величины. Для домашней электропроводки часто используют автоматические предохранители с винтовым цоколем, как у лампы накаливания. Такие предохранители (в просторечии «пробки») вворачивают в специальные патроны, которые укрепляют на квартирном щитке.

Существуют также плавкие предохранители. Основная деталь в них — тонкая (диаметром около 0,1 мм) проволочка из олова

или свинца. При сильном возрастании тока она плавится, размыкая цепь. В отличие от «многоразовых» автоматических предохранителей, плавкие предохранители являются одноразовыми электроприборами (рис. 1.17).

Если предположить, что провода, подводящие ток к квартирной проводке, сделаны из алюминия и имеют диаметр 1 мм, то площадь сечения свинцовой проволочки окажется в 100 раз меньше. Кроме того, заглянув в справочник, мы увидим, что удельное сопротивление свинца примерно в 10 раз больше, чем алюминия. Следовательно, сопротивление проволочки примерно в 1000 раз больше сопротивления алюминиевого провода такой же длины.

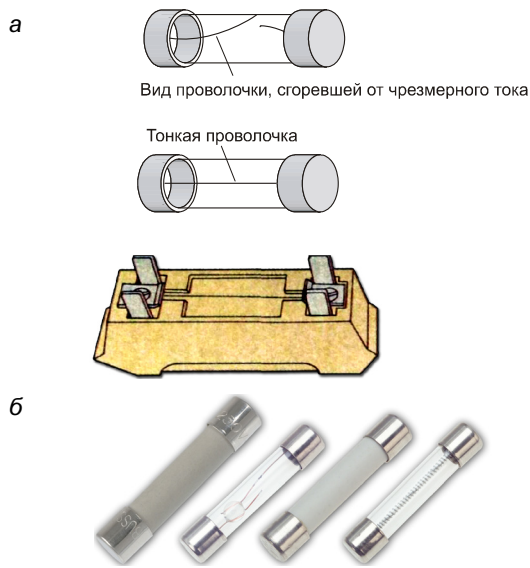


Рис. 1.17. Плавкий предохранитель: устройство (*а*) и некоторые промышленные образцы (*б*)

Поскольку провод и предохранитель (т. е. проволочка) соединены последовательно, то сила тока в них одинакова. Так как по закону Джоуля–Ленца количество теплоты, выделяющееся в проволочке, в каждый момент времени в 1000 раз больше, чем в проводе, то проволочка расплавится, а электропроводка останется в сохранности.

1.11. Переменный электрический ток

На заре развития электротехники использовался только постоянный ток. В настоящее время наиболее распространен переменный ток. Основное преимущество переменного тока — возможность его трансформации и передача на большие расстояния почти без потерь мощности. Ко всему прочему, генераторы переменного тока имеют простое устройство.

1.11.1. Получение переменного тока

Долгое время переменный ток не находил своего применения. Русский электротехник Павел Николаевич Яблочков (1847–1894) был инициатором внедрения переменного тока в систему электрического освещения. В Париже он сконструировал промышленный образец электрической лампы (французский патент № 112024, 1876 г.), а также создал и внедрил систему электрического освещения на однофазном переменном токе, разработал способ «дробления света посредством индукции катушек» (французский патент № 115/93, 1876 г.).

Современные промышленные параметры напряжения и частоты переменного тока (230 В/50 Гц и 120 В/60 Гц) были выбраны не сразу. Вначале рассматривался переменный ток с напряжением от 100 до 250 В и с частотой от 25 до 133 Гц. Изобретатель Никола Тесла, работая в 1888 г. в компании Westinghouse Electric, строивший сети переменного тока, предложил использовать ток с частотой 60 Гц. В то время шла конкурентная борьба Westinghouse Electric с компанией Томаса Эдисона (Edison Electric Light Company, ныне General Electric), внедрявшей систему постоянного тока с напряжением 110 В, как наиболее безопасную. В сетях переменного тока компании Westinghouse Electric была выбрана «компромиссная» величина напряжения 110 В, как и в сетях конкурента. Борьба компаний закончилась только через 125 лет, когда в конце ноября 2007 г. город Нью-Йорк окончательно перешел с постоянного тока на переменный.

В Европе «войны токов» не было. В конце XIX века немецкая компания AEG установила в Германии частоту переменного тока 50 Гц. В результате мир в основном поделился на два лагеря частот: системы с напряжением 120 В/60 Гц и с напряжением 230 В (в настоящее время 240 В) и частотой 50 Гц, которых большинство.

Переменный ток получают при помощи генераторов, работа которых основана на явлении электромагнитной индукции (рис. 1.18).

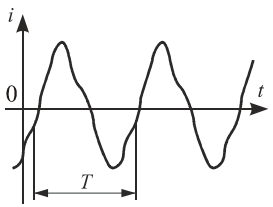


Рис. 1.18. График периодического переменного тока *i*(*t*)

Электрические машины, превращающие механическую энергию в электрическую с помощью электромагнитной индукции, называются *индукционными генераторами*. Для превращения механической энергии в электрическую необходимо магнитное поле и движущийся относительно него замкнутый проводник. Поскольку провода у потребителей неподвижны, то при использовании энергии генератора необходимо соединить неподвижные провода потребителя с движущимися проводниками генератора.

Главные части генератора переменного тока:

- электромагнит, создающий магнитное поле и называемый индуктором;
- проводник, в котором индуцируется ЭДС, называемый якорем;
- щетки и кольца, с помощью которых осуществляется скользящий контакт между неподвижными проводами и вращающимся якорем.

При вращении проволочной рамки (якоря) между полюсами магнитов в ней возникает переменный ток (рис. 1.19).

Поскольку для получения ЭДС индукции важно относительное движение магнитного поля и проводника, целесообразно делать якорь неподвижным (статор), а электромагнит — вращающимся (ротор), т. к. ток в электромагните во много раз меньше, чем в якоре. В этом случае скользящий контакт необходим для питания током ротора, а потребитель соединяется с генератором без скользящего контакта. Такое устройство уменьшает потери энергии и делает генератор более надежным в работе, т. к. уменьшает искрение и обгорание щеток.

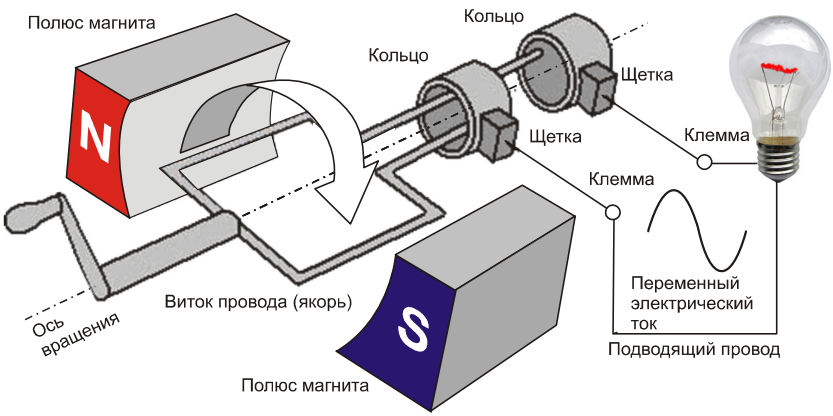


Рис. 1.19. Устройство простейшего генератора переменного тока

Если на роторе будет одна пара полюсов, то для получения стандартной частоты он должен делать 50 об/с, т. е. вращаться с очень большой угловой скоростью (турбогенераторы). При наличии у ротора двух пар полюсов, скорость его вращения должна быть 25 об/с. В этом случае круговая частота переменного тока ω будет в 2 раза больше угловой скорости вращения ротора. Таким образом, для получения стандартной частоты скорость вращения ротора генератора должна быть тем меньше, чем больше число пар полюсов у индуктора. Многополюсные генераторы устанавливают на гидростанциях (гидрогенераторы).

1.11.2. Синусоидальный переменный ток. Мгновенное и максимальное значения ЭДС

Генераторы электрических станций переменного тока устроены так, что возникающая в их обмотках ЭДС изменяется по синусоидальному закону. Величина этой ЭДС в данный момент времени называется ее мгновенным значением e, а ее наибольшая величина — максимальным, или амплитудным значением E_{max}. Зависимость e от времени t выразится формулой

$$e = E_{max}\sin\omega t, \qquad (1.20)$$

где ω — круговая (циклическая) частота; в примере на рис. 1.20 она совпадает с угловой скоростью вращения рамки.

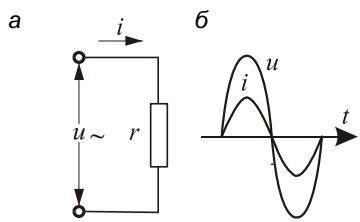


Рис. 1.20. Схема *(а)* и графики напряжения *u* и тока *i* в цепи, содержащей только активное сопротивление *r (б)*.

Поскольку график зависимости e от t — синусоида, то ЭДС индукции в роторе называют синусоидальной, а создаваемый им ток — синусоидальным током.

Если мгновенное значение тока в роторе обозначить i, а максимальное (амплитудное) — I_{max}, то для рассматриваемого примера связь между ними выразится формулой

$$i = I_{max}\sin\omega t. \qquad (1.21)$$

Аналогичное соотношение справедливо для мгновенного и максимального значений напряжения на участке цепи:

$$u = U_{max}\sin\omega t. \qquad (1.22)$$

Повторяемость изменений e, i и u характеризуют периодом T. Время полного изменения ЭДС (цикла), после которого весь про-

цесс ее изменения повторяется в том же порядке, называется периодом переменного тока. Число периодов переменного тока в единице времени называется частотой переменного тока f. Ясно, что

$$f = \frac{1}{T}. \tag{1.23}$$

Стандартная частота переменного тока — 50 Гц, т. е. направление тока в цепи меняется 100 раз в секунду (через $T/2$). Такой ток называется током низкой частоты. Для специальных целей на практике применяются токи, частота которых достигает миллионов герц и больше. Такие токи называют токами высокой частоты.

Частота переменного тока является важной характеристикой. В электроэнергетических системах России и большинства стран мира принята стандартная частота $f = 50$ Гц, в США — 60 Гц. В технике связи применяются переменные токи высокой частоты (от 100 кГц до 30 ГГц). Для специальных целей в промышленности, медицине и других отраслях науки и техники используют переменные и импульсные токи самых различных частот.

При переменном токе электрические заряды совершают в цепи колебательное движение, перемещаясь наподобие маятника вперед и назад вдоль провода.

Как для механических колебаний, круговая частота тока может быть найдена из соотношений

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ и } \omega = 2\pi f. \tag{1.24}$$

Отметим, что средние значения e, i и u за период при синусоидальном токе равны нулю и характеристикой переменного тока служить не могут. В качестве характеристик переменного тока принимают эффективные, или действующие, значения указанных величин.

Зависимость между мгновенными значениями e, i и u переменного тока низкой частоты такая же, как и между соответствующими величинами постоянного тока (например, мгновенное значение u на участке с сопротивлением r определяется законом Ома $u = ir$ и т. д.). Это справедливо и для амплитудных значений указанных величин, например: $U_{max} = I_{max} r$.

1.11.3. Действующие значения тока и напряжения

Эффективным (действующим) значением силы переменного тока называется сила такого постоянного тока, который выделяет в данном проводнике столько же тепла за время одного периода переменного тока, сколько последний за то же время.

Расчет показывает, что действующее значение силы переменного тока в $\sqrt{2}$ раз меньше ее максимального значения:

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \text{ или } I = 0{,}707 I_{max}. \quad (1.25)$$

Все амперметры, предназначенные для измерения силы переменного тока, при включении в цепь показывают действующее значение. Так как на шкале вольтметра нанесены значения произведений эквивалентного постоянного тока $I_в$ в приборе на его сопротивление $r_в$, то, если теперь его присоединить к цепи переменного тока, он покажет эффективное напряжение U, определяемое произведением $I_в r_в$. Поскольку эквивалентный ток в вольтметре $I_в$ в $\sqrt{2}$ раз меньше максимального тока в нем, то и эквивалентное напряжение на вольтметре будет в $\sqrt{2}$ меньше максимального:

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \text{ или } U = 0{,}707 U_{max}. \quad (1.26)$$

Таким образом, все вольтметры, предназначенные для измерения напряжения переменного тока, при включении в цепь показывают действующее (эффективное) значение.

Все изложенное относится и к измерению ЭДС в цепи переменного тока. Следовательно, действующее значение ЭДС в цепи переменного тока E в $\sqrt{2}$ раз меньше ее максимального значения E_{max}:

$$E = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \text{ или } E = 0{,}707 E_{max}. \quad (1.27)$$

1.11.4. Цепь переменного тока с активным сопротивлением

В цепях переменного тока сопротивление проводников уже не является постоянной величиной, т. к. сильно зависит от частоты тока. Для переменных токов низкой частоты увеличение сопротивления проводников практически ничтожно и обычно не принимается во внимание. Однако для токов высокой частоты, широко используемых в радиотехнике, сопротивление увеличивается настолько, что с ним уже приходится считаться и в ряде случаев принимать специальные меры для его уменьшения (рис. 1.20).

Поэтому сопротивление проводников постоянному току в случае переменного тока принято называть активным сопротивлением и обозначать как r или R.

Установлено, что переменный ток проходит главным образом по поверхности проводника, не проникая в его середину; поэтому плотность тока не постоянна по сечению проводника. В центре проводника плотность тока мала, а по мере приближения к поверхности возрастает. В силу этого полезное сечение проводника для переменного тока как бы уменьшается, и сопротивление его увеличивается. Явление это названо поверхностным эффектом.

Таким образом, цепь, не имеющая в своем составе ни катушек индуктивности, ни конденсаторов, представляет для переменного тока чисто активное сопротивление, величина которого возрастает с увеличением частоты.

Активное сопротивление измеряется в омах. Установленная законом Ома связь между током, напряжением и сопротивлением справедлива и для цепи переменного тока. Только в этом случае следует брать величины действующих значений тока и напряжения и активное сопротивление цепи для данной частоты тока.

В цепи, имеющей чисто активное сопротивление, напряжение и ток совпадают по фазе. При этом закон Ома формулируется так: величина тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна активному сопротивлению цепи, или

$$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{R}, \qquad (1.28)$$

где $I_д$ и $U_д$ — действующие значения тока и напряжения, а R — активное сопротивление цепи, измеренное при переменном токе.

Мощность в цепи определяется не по мгновенным значениям, а по среднему значению мощности за период. Цепь переменного тока с чисто активным сопротивлением простейшая. В такой цепи вся электрическая энергия затрачивается только на тепловое действие, как, например, в электрических плитках, печах или лампах накаливания.

Однако, невзирая на указанные недостатки активного сопротивления, с его помощью часто гасят напряжение, если требуется напряжение питания меньше 220 В. Такой способ наиболее распространен в устройствах для зарядки малогабаритных аккумуляторных батарей от сети переменного тока (рис. 1.21).

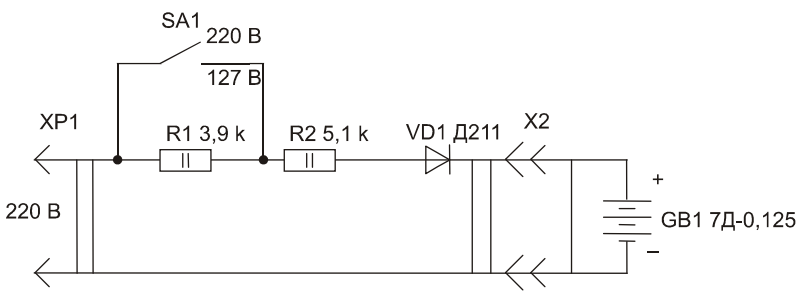


Рис. 1.21. Принципиальная схема выпрямительного устройства для зарядки аккумуляторов типа 7Д-0,125 (9 В) от сети 220 В или 127 В

Выпрямительным элементом в схеме на рис. 1.21 служит диод VD1, который пропускает ток только в прямом направлении. В этом случае он обладает малым сопротивлением. При перемене полярности напряжения на диоде его сопротивление резко увеличивается, и он становится непроводящим. Значит, при подключении к выпрямителю переменного напряжения через диод и аккумулятор будут проходить изменяющиеся по величине импульсы электрического тока только одного направления. Такой ток называется пульсирующим. Всякий пульсирующий ток состоит из постоянной составляющей и переменной. В процессе зарядки аккумулятора участвует только постоянная составляю-

щая тока. Ее величину можно измерить миллиамперметром, включенным последовательно с аккумулятором.

Добавочные сопротивления R1 и R2 ограничивают зарядный ток до требуемой величины. Переключатель SA1 позволяет включать выпрямитель для работы от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В.

Для зарядки различных типов аккумуляторов величину гасящего сопротивления ориентировочно можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{г}} = \frac{0{,}51(U_{\text{с}} - U_{\text{ак}})}{I_{\text{зар}}},$$

где $R_{\text{г}}$ — значение гасящего сопротивления, кОм (для сети 127 В $R_{\text{г}} = R_2$, для сети 220 В $R_{\text{г}} = R_1 + R_2$); $U_{\text{с}}$ — напряжение сети, В; $U_{\text{ак}}$ — напряжение аккумулятора, В; $I_{\text{зар}}$ — величина зарядного тока аккумулятора, мА.

Недостатком приведенной схемы является наличие гасящих сопротивлений, на которых бесполезно рассеивается мощность. При нагреве сопротивлений повышается температура корпуса, в котором обычно монтируется выпрямитель, а это резко снижает величину допустимого обратного напряжения диода, что может привести к выходу его из строя. Поэтому предпочтительнее пользоваться выпрямителями, в которых роль ограничительного сопротивления выполняют конденсаторы постоянной емкости.

1.11.5. Индуктивное сопротивление

Вокруг электрической цепи переменного тока всегда имеется переменное магнитное поле, поэтому явление самоиндукции в ней возникает не только в моменты замыкания или размыкания цепи, но и в течение всего времени, пока идет переменный ток. Явление самоиндукции играет существенную роль в тех цепях переменного тока, которые имеют большое потокосцепление, т. е. при наличии в цепи катушек с сердечниками из ферромагнетиков, обладающих большой индуктивностью (рис. 1.22).

Наличие самоиндукции в цепи переменного тока внешне проявляется как увеличение сопротивления цепи, т. е. как ослабление тока. Сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции, называется индуктивным, обозначается X_L и измеряется в омах. Оно существует только в цепи переменного тока, а при постоянном токе равно нулю.

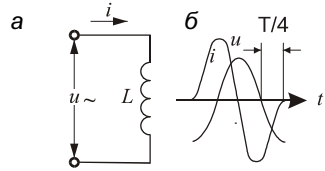


Рис. 1.22. Схема *(а)* и графики напряжения *u* и тока *i* в цепи, содержащей только индуктивность *L (б)*

Так как ЭДС самоиндукции тем больше, чем больше индуктивность цепи и чем быстрее изменяется ток, то индуктивное сопротивление прямо пропорционально индуктивности цепи L и круговой частоте переменного тока ω:

$$X_L = \omega L. \tag{1.29}$$

В первую четверть периода, когда ток в катушке возрастает от нуля до максимума, она работает как потребитель, а во вторую четверть периода, когда ток спадает от максимума до нуля, — как генератор.

Произведение $I_{\max}X_L$ называют максимальным индуктивным напряжением $U_{L\max}$, а $I_{\max}X_L$ — действующим индуктивным напряжением U_L:

$$U_{L\max} = I_{\max}\omega L \quad \text{и} \quad U_L = I\omega L. \tag{1.30}$$

Следовательно, закон Ома для такой цепи выражается формулами

$$I = \frac{U_L}{X_L} \quad \text{или} \quad I = \frac{U_L}{\omega L}. \tag{1.31}$$

1.11.6. Конденсатор в цепи переменного тока

Если конденсатор включить в цепь переменного тока, то вследствие изменения напряжения заряд конденсатора будет непрерывно изменяться, т. е. в цепи пойдет переменный ток, несмотря на то что между обкладками конденсатора находится диэлектрик. Рассмотрим это явление подробнее. Изменение напряжения по фазе отстает от изменения тока на $\pi/2$ или на одну четверть периода T (рис. 1.23).

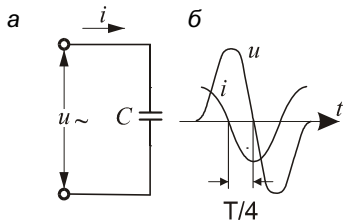


Рис. 1.23. Схема *(а)* и графики напряжения *u* и тока *i* в цепи, содержащей только емкость *C (б)*

Между конденсатором и сетью переменного тока, в которую он включен, все время происходит обмен энергией: в первую четверть периода конденсатор разряжается и работает как генератор, создавая в проводах ток и отдавая свою энергию сети, а в следующую четверть периода заряжается сам, получая энергию от сети.

Конденсатор, установленный в цепи переменного тока, обладает сопротивлением, которое называют емкостным сопротивлением:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}, \qquad (1.32)$$

где X_c — емкостное сопротивление, Ом; f — частота переменного тока, Гц; C — емкость конденсатора, Ф.

Емкостное сопротивление конденсатора, как видно из формулы (1.32), зависит от частоты переменного тока и емкости конденсатора. Это свойство конденсатора позволяет использовать

его вместо гасящего резистора для гашения излишнего напряжения сети. При этом активная мощность на конденсаторе не выделяется, что является большим преимуществом перед гасящим резистором.

Подсчитать емкость гасящего конденсатора для питания низковольтного устройства от сети переменного тока можно из следующих соображений [6]. Пусть имеется устройство, рассчитанное на напряжение $U_{\text{п}}$ и ток $I_{\text{п}}$, причем $U_{\text{п}} < U_{\text{с}}$ ($U_{\text{с}} = 220$ В). Тогда, без учета различного рода потерь электроэнергии, $U_{\text{с}} = U_{\text{п}} + I_{\text{п}} \cdot R_{\text{г}}$, где $R_{\text{г}}$ — величина гасящего резистора. Тогда $R_{\text{г}} = (U_{\text{с}} - U_{\text{п}})/I_{\text{п}}$.

Если теперь взять вместо гасящего резистора конденсатор, то его емкостное сопротивление должно быть равно $X_c = R_{\text{г}}$. При этом условии определим емкость гасящего конденсатора $C_{\text{г}}$, воспользовавшись формулой (1.32):

$$C_{\text{г}} = \frac{1 \cdot 10^6}{2\pi f (U_c - U_{\text{п}})/I_{\text{п}}}. \qquad (1.33)$$

Здесь $C_{\text{г}}$ измеряется в микрофарадах (мкФ), причем учтено, что 1 Ф = 10^6 мкФ или 1 мкФ = 10^{-6} Ф, а ток $I_{\text{п}}$ — в амперах (А).

Для частоты переменного тока $f = 50$ Гц формула (1.33) приобретает вид

$$C_{\text{г}} \approx \frac{3200 I_{\text{п}}}{U_c - U_{\text{п}}}, \text{ мкФ}. \qquad (1.34)$$

Гасящий конденсатор, чаще всего, используют в выпрямителях для заряда аккумуляторных батарей, для питания осветительных ламп небольшой мощности и в других устройствах с рабочим напряжением меньше напряжения сети (рис. 1.24).

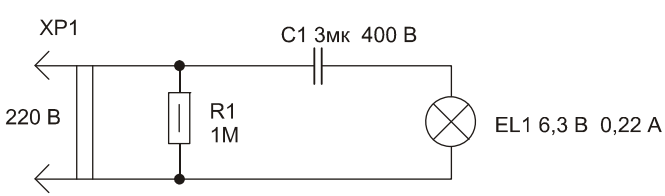


Рис. 1.24. Принципиальная схема устройства с гасящим конденсатором для питания лампочки 6,3 В от сети 220 В

Для гашения напряжения подходят бумажные конденсаторы, предназначенные для работы в цепи переменного тока (типа МБМ, МБГО, МБГЧ, МБГТ, МБГВ и др.) (рис. 1.25). В *приложениях 1.4–1.6* приведены технические характеристики некоторых типов бумажных конденсаторов для гашения напряжения.

Заметим, что рабочее напряжение конденсаторов для гашения напряжения для большей надежности должно в 2–3 раза превышать напряжение сети, которое требуется погасить.

а *б*

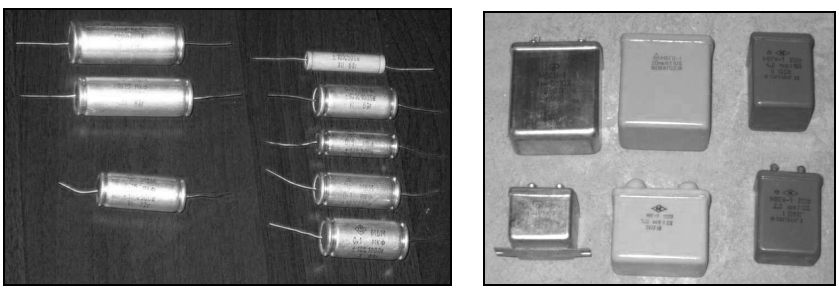


Рис. 1.25. Внешний вид бумажных конденсаторов типа МБМ (*а*) и МБГЧ, МБГО, МБГТ (*б*)

1.11.7. Мощность переменного тока. Коэффициент мощности (cosφ)

Средняя мощность тока в активном сопротивлении равна произведению действующих значений тока и напряжения:

$$P_{ср} = UI. \tag{1.35}$$

В общем случае, когда в сеть переменного тока включается активное и реактивное сопротивления, средняя мощность тока зависит еще от угла сдвига фаз φ:

$$P_{ср} = UI\cos\varphi, \tag{1.36}$$

где φ — фазовый сдвиг между напряжением U и током I.

Так как средняя мощность показывает, сколько энергии за единицу времени безвозвратно передается электрическим током данному участку цепи, то ее принято называть активной мощностью и выражать в ваттах. Активная мощность цепи переменного тока характеризует среднюю скорость преобразования электромагнитной энергии в тепловую, механическую, световую или другие виды энергии. Эта мощность расходуется на совершение полезной работы.

Для характеристики нагрузки, появляющейся в электротехнических устройствах в результате колебаний энергии электромагнитного поля в цепи переменного тока, вводят величину, называемую реактивной мощностью Q:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi. \qquad (1.37)$$

Единицей реактивной мощности переменного тока в системе СИ является вольт-ампер реактивный (вар). Реактивная мощность цепи переменного тока — скалярная величина, характеризующая скорость накопления энергии в конденсаторах и катушках индуктивности, а также обмен энергией между генератором и приемником в цепи переменного тока.

Реактивная мощность в электрических сетях вызывает дополнительные активные потери (на покрытие которых расходуется энергия электростанций) и потери напряжения (ухудшающие условия регулирования напряжения). В некоторых электрических установках реактивная мощность может значительно превышать активную. Это приводит к появлению больших реактивных токов и вызывает перегрузку источников тока. Для устранения перегрузок и повышения мощности коэффициента электрических установок осуществляется компенсация реактивной мощности.

Если ток и напряжение находятся в разных фазах, т. е. напряжение и ток не достигают соответствующих величин в одно и то же время, то говорят о кажущейся мощности. Произведение действующих значений напряжения и тока в общем случае называют кажущейся (или полной) мощностью и обозначают буквой S:

$$S = U \cdot I. \qquad (1.38)$$

Полная мощность при известных значениях активной и реактивной мощностей может быть определена из выражения:

$$S=\sqrt{P^2+Q^2}\ . \tag{1.39}$$

Если теперь в (1.39) подставить выражения (1.36) и (1.37), то получим формулу (1.38):

$$S=\sqrt{(U\cdot I\cdot\cos\varphi)^2+(U\cdot I\cdot\sin\varphi)^2}=U\cdot I.$$

Кажущаяся мощность совпадает с активной только тогда, когда реактивное сопротивление цепи равно нулю. Из формул (1.36) и (1.38) имеем

$$P = S\cdot\cos\varphi. \tag{1.40}$$

Единицу измерения кажущейся мощности называют вольтампером (ВА, кВА).

Следует иметь в виду, что в общем случае полная мощность генератора не равна арифметической сумме полных мощностей всех токоприемников.

Запишем выражения (1.40) в виде

$$\cos\varphi=\frac{P}{S}\ . \tag{1.41}$$

Число, показывающее, какая часть от кажущейся мощности генератора или трансформатора может быть отдана энергоприемнику в виде активной мощности, называют коэффициентом мощности. Из соотношения (1.41) видно, что коэффициент мощности может изменяться в зависимости от соотношения между величинами активной и реактивной мощностей в пределах от 1 до 0. Коэффициент мощности характеризует эффективность цепи переменного тока: чем он меньше, тем хуже энергетическая установка с энергетической точки зрения. Этот коэффициент можно повысить, если уменьшить φ (рис. 1.26).

Чтобы увеличить коэффициент мощности применяют компенсирующие устройства. На практике это достигается включением в сеть с индуктивностью конденсатора определенной емкости (рис. 1.27).

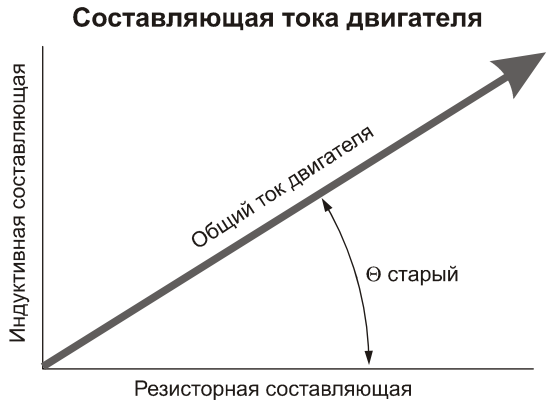


Рис. 1.26. Составляющие тока двигателя

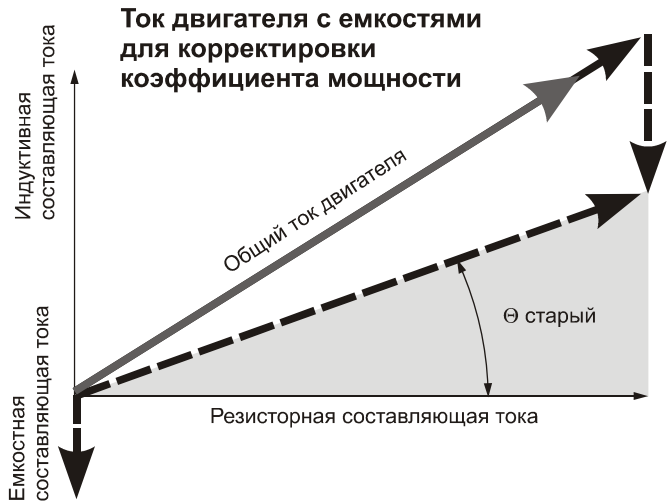


Рис. 1.27. Ток двигателя с емкостями
для корректировки коэффициента мощности

Для этих целей широко используют бумажно-масляные конденсаторы серии КМ (см. *приложение 1.7*), предназначенные для работы в установках с частотой 50 Гц.

Ранее при расчете установок компенсации реактивной мощности можно было исходить из минимального срока службы конденсаторов 10 лет. Сегодня все чаще наблюдаются случаи выхода конденсаторов из строя при меньшем сроке их службы. Исходя из многолетнего опыта, немецкая компания Electronicon Kondensatoren GmbH (**http://www.argussoft.ru/vendors_list/electronicon**) выделила три группы причин, влияющих на срок службы компенсационных конденсаторов:

- повышение температуры в производственных зданиях за счет уплотнения производственных мощностей и более жаркого лета в последние годы;
- значительное увеличение нагрузки за счет влияния высших гармоник, повышения колебаний напряжения сети и увеличения частоты включения;
- увеличение количества применяемых дешевых конденсаторов с предельно рассчитанными параметрами по сравнению с предыдущими годами.

Один из важнейших факторов, влияющих на срок службы конденсаторов, — температура окружающей среды. Ее повышение, например, на 7 °C снижает ожидаемый срок службы почти вдвое. Немаловажными факторами также являются импульсная токовая нагрузка, нагрузка высшими гармониками и потери мощности в конденсаторе. В связи с этим, компания Electronicon для компенсации реактивной мощности разработала новое поколение сухих конденсаторов MKPg, получивших название «металлопленочных» [7]. Конденсаторы выполнены из металлизированной Al-Zn полипропиленовой пленки с самовосстанавливающимся диэлектриком, наполнены PUR-смолой. Конденсаторы, изготовленные по технологии MKPg, не содержат жидкостей (они наполнены азотом), поэтому у них нет потеков (растекания). Монтируются конденсаторы в алюминиевом корпусе с защитой от избыточного давления (рис. 1.28).

Однофазные и трехфазные конденсаторы MKPg имеют диаметр 60–136 мм, корпус из прессованного алюминия с крепеж-

ным винтом и алюминиевой крышкой. Заметим, что в последнее время на рынке появились и иные по конструкции конденсаторы для компенсации реактивной мощности.

Рис. 1.28. Конденсаторы косинусные MKPg сухие газонаполненные для компенсации реактивной мощности в сетях 400/440 В, 50/60 Гц производства компании Electronicon

Повысить коэффициент мощности можно и путем улучшения работы электроустановок без применения компенсирующих устройств. С этой целью следует провести такие мероприятия:

- упорядочить технологический процесс предприятия, что приведет к улучшению энергетического режима оборудования;
- применить синхронные электродвигатели вместо асинхронных той же мощности, когда это возможно по условиям технологического процесса;
- заменить малозагруженные асинхронные двигатели на менее мощные;
- понизить напряжение у двигателей, систематически работающих с малой загрузкой;
- ограничить холостой ход двигателей;
- заменить малозагруженные трансформаторы на менее мощные.

Электродвигатель для рабочей машины следует подбирать в соответствии с режимом ее работы, учитывая допустимую перегрузку двигателя. Во всех случаях желательно выбирать электродвигатель с более высоким номинальным коэффициентом мощности. Там, где это возможно, необходимо отдавать предпочтение двигателям с большей скоростью вращения и с короткозамкнутым ротором, вращающимся на подшипниках качения.

При потребности в реактивной мощности единичная компенсация трансформатора должна покрывать только его реактивную мощность холостого хода. Для трехфазных трансформаторов, в зависимости от их мощности, компенсируемая мощность составляет от 3 до 10% от номинальной мощности. Что касается электродвигателей, то реактивная мощность конденсаторов не должна превышать реактивную мощность холостого хода электродвигателя. Надежность увеличивается, если конденсатор подключается отдельным контактором (*приложение 1.8*).

Коэффициент мощности необходимо учитывать при проектировании электросетей. Низкий коэффициент ведет к потерям электроэнергии, а неверно рассчитанный — к избыточному потреблению электроэнергии и снижению КПД электрооборудования, питающегося от данной сети.

1.11.8. Преобразование переменного тока. Трансформатор

Устройство для преобразования напряжения и силы переменного тока при неизменной частоте называется трансформатором. Датой рождения первого трансформатора считается 30 ноября 1876 г., когда русский электротехник П. Н. Яблочков получил на него патент. Трансформатор его конструкции имел разомкнутый сердечник и представлял собой стержень, на который были намотаны обмотки. Первые трансформаторы с замкнутыми сердечниками были созданы в Англии в 1884 г. братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон. Изобретение трансформатора способствовало прогрессу в использовании переменного тока.

Конструкция трансформатора в значительной степени определяется его назначением. Различают такие виды трансформаторов:

- силовой трансформатор;
- автотрансформатор;
- трансформатор тока;
- трансформатор напряжения;
- импульсный трансформатор;
- разделительный трансформатор;
- пик-трансформатор.

Наибольшее применение в электротехнических установках, а также в энергетических системах передачи и распределения электроэнергии находят силовые трансформаторы, посредством которых изменяют величину переменного напряжения и тока. При этом число фаз, форма кривой напряжения (тока) и частота остаются неизменными.

Простейший силовой трансформатор состоит из магнитопровода сердечника, выполненного из ферромагнитного материала (обычно из листовой электротехнической стали), и двух обмоток (катушек), расположенных на стержнях магнитопровода. Одна обмотка, присоединенная к источнику переменного тока, называется первичной, а другая, подключенная к потребителю, — вторичной.

По конструкции сердечники однофазного трансформатора бывают стержневые и броневые. Стержневой трансформатор содержит две отдельно намотанные — первичную и вторичную — катушки, которые расположены на разных стержнях однооконного сердечника. У броневого трансформатора катушки наматывают на одном каркасе, сначала идет первичная обмотка, а потом вторичная, и располагают их на одном среднем стержне двухоконного сердечника (рис. 1.29).

Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. На первичную обмотку трансформатора подается напряжение от внешнего источника переменного тока. Протекающий по первичной обмотке переменный ток создает переменный магнитный поток в сердечнике трансформатора. В результате электромагнитной индукции переменный магнитный поток в сердечнике трансформатора возбуждает во вторич-

ной обмотке переменную ЭДС индукции. Если теперь подключить к выводам вторичной обмотки нагрузку (например, лампу накаливания), то по ней потечет переменный ток и лампа загорится (рис. 1.30).

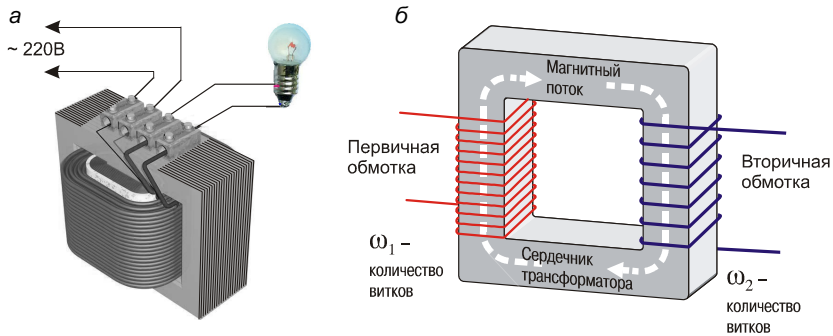


Рис. 1.29. Общий вид броневого трансформатора (*а*) и устройство стержневого трансформатора (*б*)

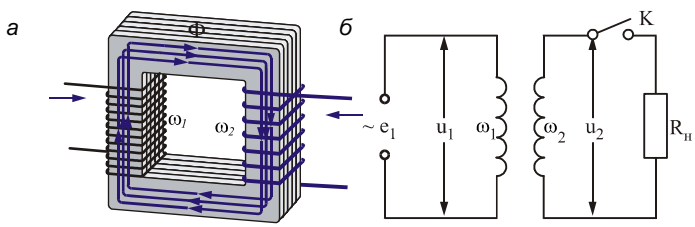


Рис. 1.30. Принцип работы трансформатора (*а*) и его обозначение на электрических схемах (*б*)

Обозначим через ω_1 число витков первичной обмотки, тогда при разомкнутой цепи вторичной катушки с числом витков ω_2, т. е. при холостой работе трансформатора, справедливо соотношение:

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{\omega_1}{\omega_2}, \qquad (1.42)$$

где U_1 и U_2 — напряжения на первичной и вторичной обмотках.

Если число витков вторичной катушки больше, чем первичной, то трансформатор повышающий, т. к. напряжение на вто-

ричной обмотке выше, чем на первичной. Если же число витков вторичной катушки меньше, чем первичной, то трансформатор понижающий. Отношение числа витков первичной катушки к числу витков вторичной называют коэффициентом трансформации и обозначают буквой n:

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

При замыкании цепи вторичной катушки, идущий в ней ток создает в сердечнике дополнительный магнитный поток, направленный навстречу потоку первичной катушки. Ослабление магнитного потока в сердечнике уменьшает ЭДС индукции в первичной катушке, поэтому величина тока в ней растет до тех пор, пока магнитный поток в сердечнике не достигнет прежней величины. Если предположить, что потери энергии в трансформаторе очень малы, то можно считать, что мощности в первичной и во вторичной обмотках равны:

$$I_1 U_1 = I_2 U_2,$$

откуда с учетом (1.41) получаем важное соотношение для токов обмоток трансформатора:

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

Следовательно, с помощью трансформатора можно получать высокое напряжение и малую силу тока, а также низкое напряжение и большую силу тока. Обмотки высокого напряжения выполняют из более тонкого провода, чем обмотки низкого напряжения, т. к. через них проходит меньший ток.

1.12. Схемы электроснабжения

Существуют различные схемы электроснабжения, используемые для подключения оборудования в жилых зданиях [8, 9]. Они различаются по способу заземления электрооборудования и источника электроэнергии, которым часто служит понижающий трансформатор.

1.12.1. Защитное заземление и зануление

Заземление

Защитное заземление представляет собой соединение с землей корпусов электрических машин и приборов, которые могут оказаться под напряжением. При пробое изоляции между фазой и корпусом электрического прибора прикосновение к его корпусу не представляет опасности для человека. Дело в том, что основная часть тока потечет по защитному заземлению, которое обладает очень низким сопротивлением. Защитное заземление состоит из заземлителя и заземляющих проводников. Есть два вида заземлителей: естественные и искусственные. К первым относятся металлические конструкции зданий, надежно соединенные с землей, ко вторым — стальные трубы или уголок, вбитые в землю, верхние концы которых сваривают стальной полосой или прутком. Заземлителями могут служить проложенные в земле водопроводные трубы, металлические конструкции и др. (рис. 1.31).

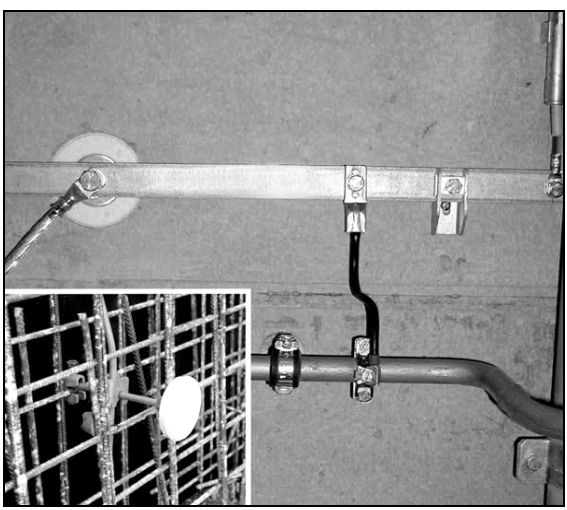


Рис. 1.31. Заземление

В качестве заземляющих проводников, соединяющих заземлитель с заземляющими приборами, обычно используют стальные или медные шины, которые либо приваривают к корпусам машин, либо соединяют с ними болтами. Защитному заземлению подлежат металлические корпуса электрических машин, трансформаторов, щиты и шкафы.

Зануление

Зануление — это соединение корпусов электрических машин и приборов, которые могут оказаться под напряжением, не с землей, а с заземленным нулевым проводом. Это приводит к тому, что замыкание любой из фаз на корпус прибора или машины превращается в короткое замыкание этой фазы с нулевым проводом. В результате большой ток короткого замыкания вызывает срабатывание защиты и поврежденная установка отключается. Различают нулевой рабочий и нулевой защитный проводники. Нулевой рабочий проводник является нулевым проводом для питания электроустановок и имеет равноценную с другими проводами изоляцию и достаточное сечение для рабочего тока. Нулевой защитный проводник служит для создания кратковременного тока короткого замыкания для срабатывания защиты и быстрого отключения поврежденной установки от питающей сети. Нулевым защитным проводом могут быть стальные трубы электропроводок, а также нулевые провода, которые не должны иметь предохранителей и выключателей. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники обычно приходят с подстанции, где заземляется сердечник трансформатора.

В качестве примера приведем схему устройства зануления насоса БЦ «Водолей» производства компании «Промэлектро» (**http://www.promelectro.com/**) (рис. 1.32).

Для предотвращения короткого замыкания из-за нарушения изоляции проводов следует проводить ее профилактический контроль не реже одного раза в три года. Сопротивление изоляции проводов измеряют мегаомметрами на номинальное напряжение 1000 В на участках при снятых плавких вставках и выключенных

токоприемниках между каждым проводом и нулевым рабочим проводом и между каждыми двумя проводами. Сопротивление изоляции должно быть не меньше 0,5 МОм.

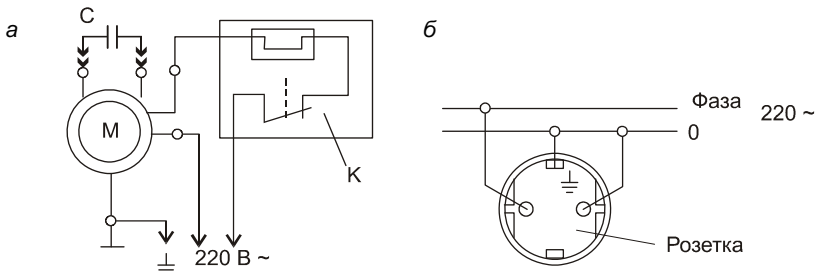


Рис. 1.32. Принципиальная электрическая схема насоса БЦ «Водолей» (*а*) и схема его зануления (*б*)

1.12.2. Системы заземления

Система заземления играет важную роль как для правильного и надежного функционирования электроустановок, так и для обеспечения безопасности людей. Защитное заземление представляет собой электрическое соединение с землей (ее эквивалентом) металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением [10, 11]. Соответственно, при пробое изоляции токоведущего провода на корпус заземленного электроприбора ток будет проходить по заземляющему проводнику, что исключит поражение электрическим током человека. Защитное заземление служит исключительно для защиты людей от поражения электрическим током.

Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в том числе шины, должны иметь буквенное обозначение PE и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов. Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначают буквой N и голубым цветом. Совмещенные нулевые

защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение PEN и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах (см. *приложения 1.9* и *1.10*).

Тип системы заземления — одна из основных характеристик питающей электрической сети по ГОСТ Р 50571.2 [8]. Существуют три основных типа систем заземления, которые обозначают двумя буквами: TN, TT, IT. Первая буква указывает на характер заземления источника электропитания:

- T — нейтраль источника электропитания непосредственно соединена с землей;
- I — все токоведущие части изолированы от земли.

Вторая буква определяет характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания:

- T — открытые проводящие части электроустановки здания непосредственно связаны с землей, независимо от характера связи источника питания с землей;
- N — открытые проводящие части электроустановки здания непосредственно связаны с точкой заземления источника питания, а потребители заземлены только через PEN-проводник.

Существуют подсистемы заземления: TN-C, TN-S, TN-C-S. В них следующие за N буквы определяют способ устройства нулевого защитного и нулевого рабочего проводников: C — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечивает один общий проводник PEN; S — функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников обеспечивают раздельные проводники.

Система TN-C

Система TN-C (фр. Terre-Neutre-Combine) предложена немецким концерном АЭГ (AEG, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft) в 1913 г. Рабочий нуль и PE-проводник (Protection Earth) в этой системе совмещены в один провод. Самым большим ее недостатком было образование линейного напряжения (в 1,732 раза выше фазного) на корпусах электроустановок при аварийном обрыве

нуля. Несмотря на это, на сегодняшний день встретить данную систему заземления можно в постройках стран бывшего СССР.

В России до недавнего времени применялась система TN-C. В этой системе от источника к электроустановке идет четыре рабочих проводника: L1, L2, L3 и один проводник PEN, объединяющий функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников (рис. 1.33).

В системе TN-C открытые проводящие части электроустановок (корпуса, шкафы электрооборудования) соединяют с проводником PEN (зануляют). Система относительно простая и дешевая. Однако она не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности.

В настоящее время применение системы TN-C на вновь строящихся и реконструируемых объектах не допускается. При ее эксплуатации в здании старой постройки, предназначенном для размещения средств, информатики и телекоммуникаций, следует обеспечить переход к системе TN-S (TN-C-S). Система TN-C-S характерна для реконструируемых сетей, в которых нулевой рабочий и защитный проводники объединены только в части схемы (например, во вводном (квартирном) щитке).

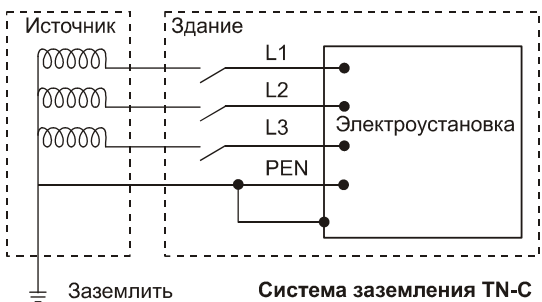


Рис. 1.33. Система заземления TN-C

Система TN-S

В 1930-х гг. была разработана система TN-S (фр. Terre-Neutre-Separe) для замены условно опасной системы TN-C. В системе TN-S рабочий и защитный нуль разделялись прямо на подстан-

ции, а заземлитель представлял собой довольно сложную конструкцию металлической арматуры. Таким образом, при обрыве рабочего нуля в середине линии корпуса электроустановок не получали линейного напряжения. Позже такая система заземления позволила разработать дифференциальные и срабатывающие на утечку тока автоматы, способные почувствовать незначительный ток. Их работа и по сей день основывается на законах Кирхгофа, согласно которым токи, текущие по фазному и по рабочему нулевому проводам, должны быть численно равны.

В системе TN-S, наиболее широко распространенной в Европе, все открытые проводящие части электроустановки здания соединены отдельным нулевым защитным проводником PE непосредственно с заземленной нейтралью источника (рис. 1.34).

Из-за того, что в системе TN-S нулевой рабочий и нулевой защитный проводники проложены отдельно, исключены обратные токи в проводнике PE. Все это снижает риск возникновения электромагнитных помех. При эксплуатации системы TN-S необходимо следить за правильным назначением проводников PE и N. Оптимальный случай с точки зрения минимизации помех — наличие пристроенной трансформаторной подстанции, что позволяет обеспечить минимальную длину проводника от ввода кабелей электроснабжения до главного заземляющего зажима. Система TN-S при наличии пристроенной подстанции не требует повторного заземления, т. к. имеется основной заземлитель на ТП.

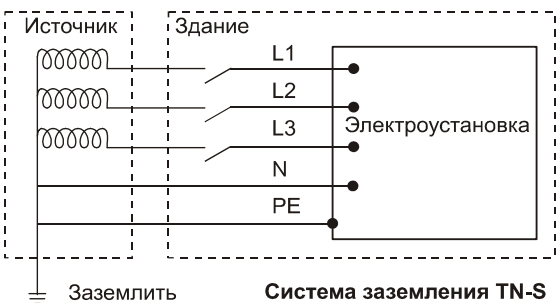


Рис. 1.34. Система заземления TN-S

Система TN-C-S

Наибольшее распространение получила подсистема TN-C-S, которая наряду с TN-S рекомендована ПУЭ к применению. В системе TN-C-S трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания непосредственно связаны с точкой заземления трансформаторной подстанции. Для обеспечения этой связи на участке «трансформаторная подстанция — электроустановки здания» применяется совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник (PEN), в основной части электрической цепи — отдельный нулевой защитный проводник (PE) (рис. 1.35).

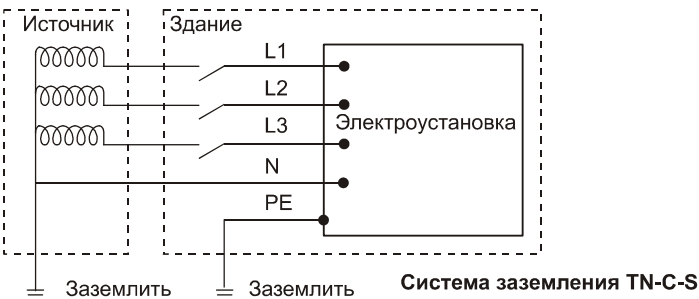


Рис. 1.35. Система заземления TN-C-S

Подсистема TN-C-S упрощает подключение потребителей электроэнергии к сети. Так, для заземления электророзетки достаточно соединить отдельным проводником ее заземляющий контакт PEN-проводником.

Система TN-C-S наиболее перспективна для нашей страны, поскольку позволяет обеспечить высокий уровень электробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции. Высокий уровень электробезопасности в системах заземления TN-S и TN-C-S обеспечивается за счет применения устройств защитного отключения (УЗО, рис. 1.36).

Система TN-C-S характерна для реконструируемых сетей, в которых нулевой рабочий и защитный проводники объединены только в части схемы (например, во вводном (квартирном) щитке).

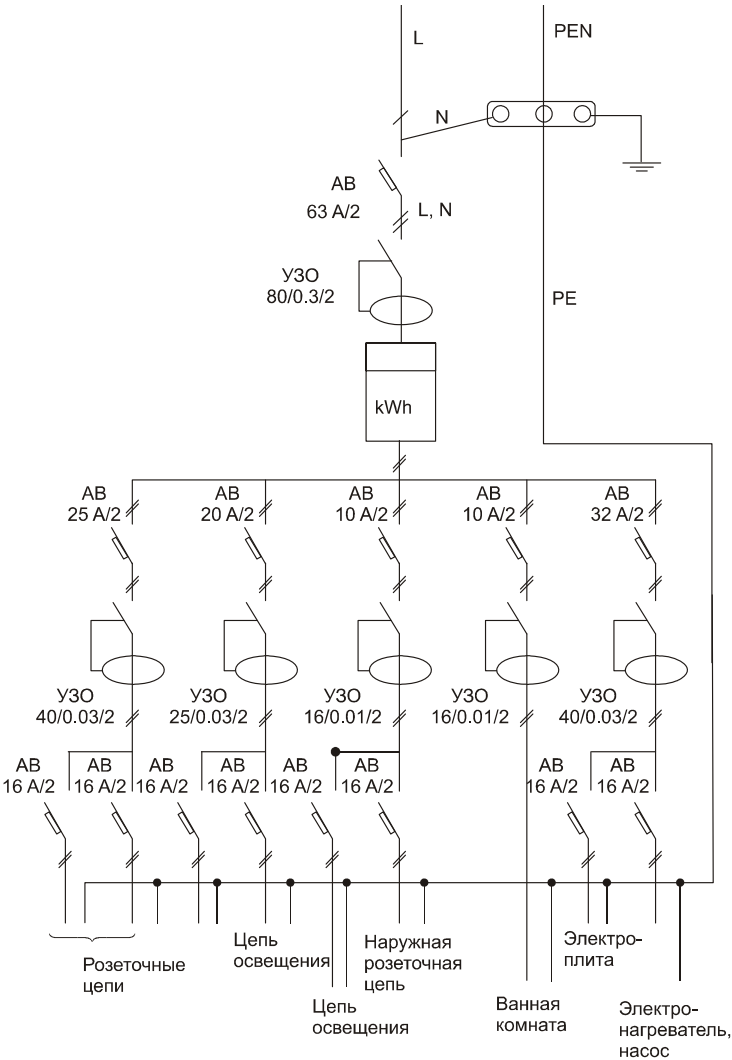


Рис. 1.36. Схема электроснабжения коттеджа с системой TN-C-S

Основным недостатком подсистемы TN-C-S является то, что если произойдет обрыв или перегорание PEN-проводника, корпус электрооборудования (в случае нарушения изоляции) может оказаться под напряжением относительно земли. Особенность систе-

мы — наличие изолированного от земли (в месте подключения потребителя) PEN-проводника. Так как при замыкании фазы на землю (в аварийном режиме) ток не протекает через заземляющий проводник источника электроснабжения, опасность возникновения пожара снижается. При расширении уже существующих сетей рекомендуется прокладывать дополнительный PE-проводник, который подключается в распределительном щитке к PEN-проводнику.

PEN-проводник в TN-системах

В TN-системах в качестве PEN-проводника, объединяющего функцию заземляющего и нейтрального проводников, рекомендуется использовать медный или алюминиевый провод сечением не менее 10 мм^2. PEN-проводник должен быть изолирован так же, как и все остальные проводники, чтобы исключить ток утечки на землю. Не допускается любой разрыв (или размыкание) PEN-проводника. Резьбовое соединение должно быть тщательно затянуто, должны применяться резьбовые соединения, гарантирующие надежный и долговечный контакт, или специальные клеммные колодки. Однако предпочтительнее неразъемные соединения — сварные или паяные.

Использование проводников PEN или PE+N для нескольких независимых цепей электропитания (освещение, розетки, электроплиты и т. п.) не допускается. Такое подключение следует выполнить отдельными проводниками через распределительную шину щитка электропитания. Площадь сечения проводника распределительной шины не должна быть меньше суммы площадей сечений отходящих от нее проводников.

Проложенный ранее PEN-проводник не следует перекладывать или дополнять. В случае изменения схемы соединения потребителей или необходимости дополнительно проложить новый PEN-проводник лучше перейти к подсистеме TN-S (с отдельными N- и PE-проводниками). При этом сечения проводников необходимо выбирать исходя из расчетных значений токов, протекающих через них. Минимальная площадь сечения PEN-проводника должна равняться 4 мм^2. В распределительном щите на шине PEN должны быть предусмотрены отдельные зажимы для каждого из проводников: для N и для PE. При использовании в

качестве PEN-проводника одиночного или многожильного провода цвет его изоляции должен быть желто-зеленым.

Для защиты рассмотренных ранее схем электрических цепей предусмотрены различные устройства: плавкие предохранители, автоматические выключатели, устройства защитного отключения (УЗО) и дифференциальные автоматические выключатели (подробнее см. *главу 2*). При этом следует учитывать, что УЗО могут нормально функционировать только в подсистемах TN-S или TN-C-S (рис. 1.37).

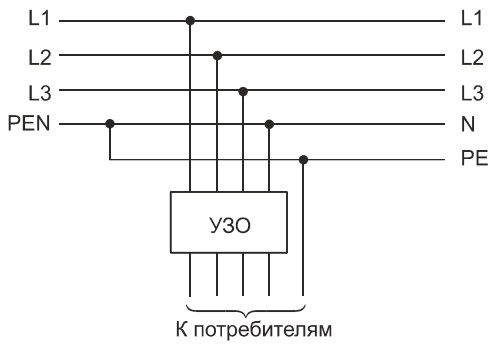


Рис. 1.37. Использование устройства защитного отключения в подсистеме TN-C-S

Система TT

В TT-системе заземление электрооборудования осуществляется независимо от заземления источника электроэнергии, т. е. их точки заземления пространственно разнесены (рис. 1.38).

В системе TT трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землей. Все открытые проводящие части электроустановки здания непосредственно связаны с землей через заземлитель, электрически не зависимый от заземлителя нейтрали трансформаторной подстанции.

Все оборудование, защищенное общим УЗО, должно быть присоединено к заземлению (рис. 1.39). Сумма сопротивлений проводника заземления и корпуса (RA) должна быть такой, чтобы ток короткого замыкания 1 А вызвал автоматическое сраба-

тывание устройства защиты, прежде чем напряжение на корпусе превысит допустимое значение 50 В.

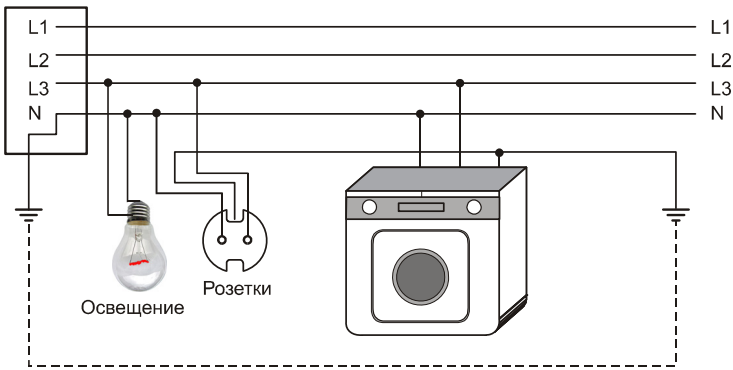


Рис. 1.38. Подключение электрооборудования в системе TT

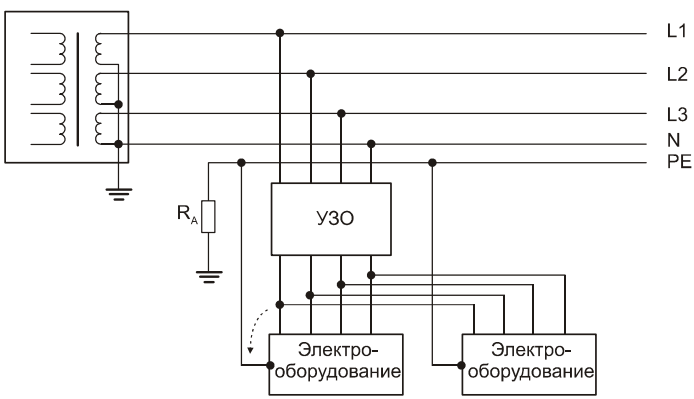


Рис. 1.39. Использование УЗО в TT-системе

Для УЗО ток в 1 А будет тем дифференциальным током, который вызовет срабатывание УЗО. Для реализации селективного (избирательного) отключения в этой системе можно установить УЗО с различным временем задержки. В распределительных цепях допускается выбирать максимальное время отключения 1 с. Если в цепи фазных проводников есть предохранительные устройства, то допустимое время отключения УЗО может достигать 5 с. В том

случае, если на корпусе оборудования в результате утечки тока или замыкания может появиться напряжение выше 50 В, нейтральный проводник также рекомендуется подключить к УЗО.

Система IT

При повышенных требованиях к надежности и безопасности электросети, например, в больницах для аварийного электроснабжения и освещения, используют IT-систему с напряжением 380/220 В. В этой системе нулевая точка изолирована от земли или имеет относительно нее достаточно высокое сопротивление RIS (рис. 1.40). Ток утечки на корпус или на землю в такой системе получается достаточно низкий и не влияет на условия работы присоединенного оборудования.

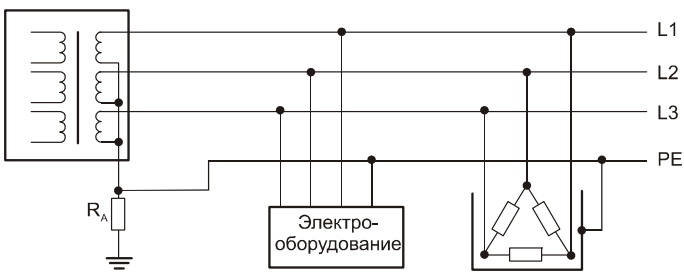


Рис. 1.40. Подключение электрооборудования в системе IT

Некоторые рекомендации

В соответствии с действующими ПУЭ и постановлениями Главгосэнергонадзора России в жилых зданиях металлические корпуса электрооборудования, относящегося к приборам класса защиты I, должны присоединяться к защитным проводникам, а сети штепсельных розеток выполняться трехпроводными. Это означает, что в жилых зданиях регламентировано применение систем TN-C-S и TN-S.

Как правило, электроснабжение жилых зданий осуществляется через главный распределительный щит (ГРЩ) или вводно-распределительное устройство (ВРУ). При этом все потребители

питаются от сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью (система TN-S). В состав ГРЩ входят автоматы защиты и устройства управления, позволяющие раздельно отключать потребителей электропитания. Мощность ГРЩ выбирают с учетом возможности дополнительного подключения внешнего освещения здания, наружной световой рекламы и т. д. В ГРЩ напряжения электропитания распределяются по групповым потребителям (освещение лестничных площадок, подвалов, чердаков, лифтовое оборудование, пожарная и аварийная сигнализации, жилые помещения и др.).

Электроснабжение жилых помещений (квартир) осуществляется по стоякам, через УЗО. В свою очередь к питающим стоякам подключают этажные распределительные щитки, образующие групповую сеть электропитания по квартирам. Возможная схема электроснабжения жилого дома с двумя стояками приведена на рис. 1.41.

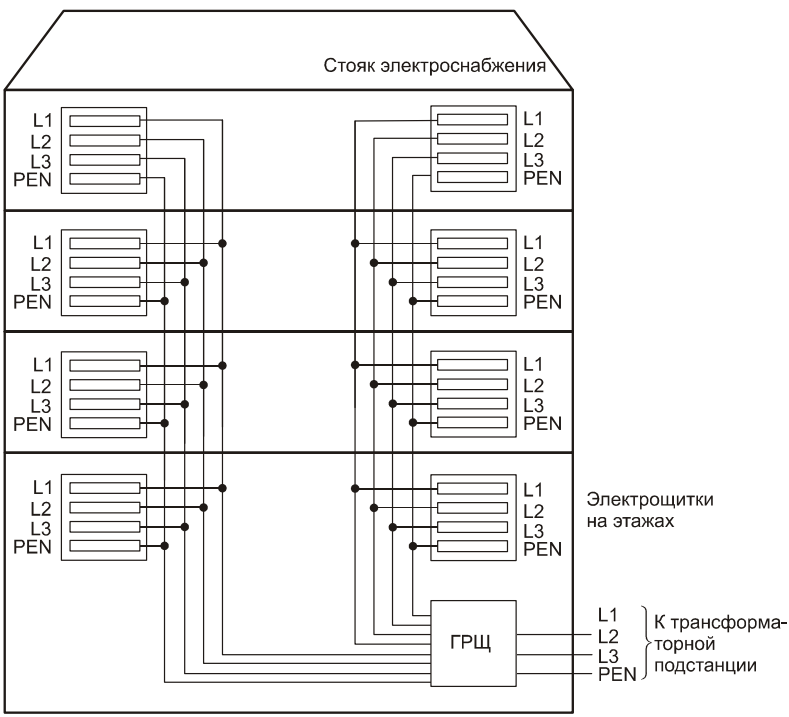


Рис. 1.41. Схема электроснабжения жилого дома

В состав этажных электрощитков, как правило, входят электросчетчики, автоматические выключатели и УЗО. Автоматические выключатели сгруппированы по каждой цепи электропитания (освещение, розетки, электроплита, стиральная машина и т. д.). Возможная схема этажного электрощитка показана на рис. 1.42.

Для равномерной нагрузки на распределительную сеть цепи питания разных квартир подключают к разным фазным проводникам.

Более подробную информацию по системам электроснабжения жилых зданий см. в ПУЭ, раздел 7.1.

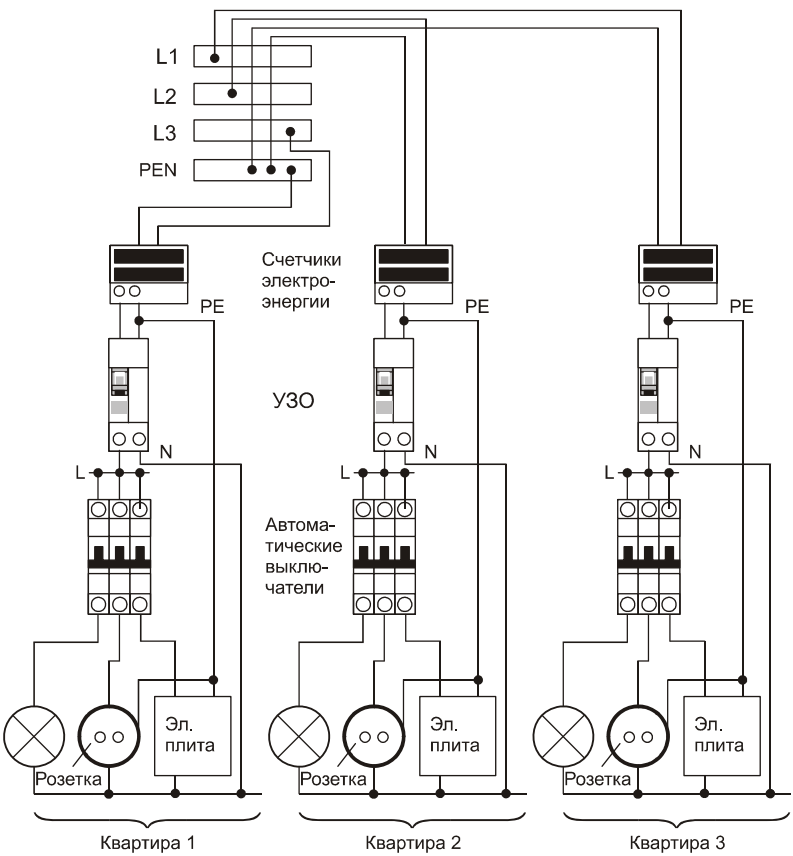


Рис. 1.42. Схема этажного электрощитка

1.13. Измерительные приборы характеристик электрического тока

К электроизмерительным приборам относятся приборы, которые предназначены для измерения величины тока (амперметры), напряжения (вольтметры) и мощности (ваттметры) в цепях постоянного и переменного тока.

1.13.1. Общие сведения об измерительных приборах

Существуют два основных класса электроизмерительных приборов: *стрелочные*, в которых под действием электромагнитных сил происходит механическое перемещение указателя (стрелки, зеркальца и т. п.), и *цифровые*, в которых применяются электронные методы измерения и представления информации. В зависимости от принципа действия стрелочные приборы делятся на магнитоэлектрические, электромагнитные, электростатические и другие.

Основные особенности стрелочных приборов:

- умеренная стоимость;
- простота в эксплуатации;
- малое потребление тока от батарейки.

Кроме того, стрелочные приборы, в отличие от цифровых, во время измерений мало подвержены кратковременным импульсным помехам и внешним магнитным полям. К тому же стрелочные приборы работают в более широком частотном диапазоне переменных напряжений (предельная частота большинства простых цифровых тестеров — 1 кГц).

Особенности цифровых измерительных приборов:

- цифровое представление информации, уменьшающее субъективную ошибку считывания результата;
- возможность подсоединения прибора к персональному компьютеру;

- высокая точность измерения и широкий диапазон измеряемых параметров за счет автоматического переключения пределов.

Устройство цифровых электроизмерительных приборов значительно отличается от традиционных стрелочных приборов. Так, основа цифрового вольтметра — аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В настоящее время имеется множество и схемотехнических принципов построений АЦП, однако общим для них является сравнение измеряемой величины с набором эталонов. Основные характеристики АЦП — точность (число разрядов кода) и быстродействие. Можно условно разделить АЦП на два основных класса: *последовательного счета*, когда выходной код определяется равенством измеряемого напряжения с дискретно растущим эталонным напряжением, и *параллельного*, когда сигнал сравнивается с набором эталонных напряжений. Снизить влияние сетевых наводок позволяют АЦП интегрирующего типа, в которых сигнал усредняют за время, кратное нескольким периодам наводки. Поскольку среднее значение синусоидального сигнала за период равно нулю, влияние помех уменьшается. Заметим, что это далеко не полный перечень АЦП.

Цифровой амперметр можно реализовать на базе цифрового вольтметра, если на его входе установить калиброванный резистор небольшой величины, через который будет течь измеряемый ток. Падение напряжения на входном резисторе, пропорциональное протекающему току, измеряется цифровым вольтметром, табло которого соответствующим образом градуируется.

У цифрового электроизмерительного прибора обычно присутствуют те или иные сервисные функции:

- автоматический выбор предела измерения;
- звуковая сигнализация при «прозвонке» цепей;
- запоминание текущих или максимальных показаний измерения;
- сигнализация при неправильном выборе гнезд для измерения величины.

При пользовании цифровыми тестерами следует помнить, что если во время измерений присутствуют импульсные помехи, то полученный результат может быть неправдоподобным. Вероятность ошибки возрастает также при «севшей» батарейке прибора.

При подключении измерительного прибора к электрической цепи ее параметры в той или иной степени изменяются, что необходимо учитывать при проведении измерений. Основное требование к электроизмерительным приборам сводится к минимизации влияния прибора на параметры и режим работы объекта измерений.

Рассмотрим основные параметры измерительных приборов.

- **Класс точности.** Важнейшая характеристика прибора — его **погрешность** — разница между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины. Обычно точность прибора характеризуется приведенной погрешностью. Приведенная погрешность γ представляет собой отношение абсолютной погрешности ΔX к пределу шкалы A_{max}, т. е. значению, соответствующему полному отклонению стрелки на включенном диапазоне прибора:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{A_{max}} \cdot 100\% .$$

Например, если с помощью вольтметра при $A_{max} = 200$ В измерялось напряжение 60 В, а вольтметр показал 58 В, то погрешность измерения $\Delta X = 2$ В. По отношению к наибольшему показанию прибора (200 В) эта погрешность составляет $\gamma = 1\%$, хотя по отношению к измеряемому напряжению она приблизительно равна 3%. В зависимости от погрешности электроизмерительные приборы делят на восемь классов. Электроизмерительным приборам, основная погрешность которых выражается в виде приведенной погрешности, присваивают *классы точности*, числовые значения которых (например, 0,1; 0,2; 0,5) равны γ. Класс точности прибора указывают на его шкале. Результат измерения представляют в виде:

$$X \pm \Delta X,$$

где $\Delta X = A_{max} \cdot \gamma / 100$.

Например, напряжение $U = 100$ В, измеренное вольтметром с пределом $A_{max} = 200$ и $\gamma = 0{,}5$, должно быть представлено в виде $U = (100 \pm 1)$ В. При этом относительная погрешность составляет $\Delta U/U = 1\%$. Практика показывает, что электроизмерительный прибор или диапазон многопредельного прибора необходимо выбирать в зависимости от ожидаемой величины измеряемого сигнала так, чтобы показания прибора были в конце его шкалы.

Если погрешность прибора указана в процентах от рабочей части шкалы, то класс точности снабжается значком, например, 2,5∨ — для шкалы омметра тестера.

- **Максимальный предел измерения** указывают на шкале. Нужно помнить, что превышение предела измерения может привести к повреждению механизма измерительного прибора, разрушению рамки или изгибу стрелки.
- **Допустимый частотный диапазон** указывают для измерения переменных напряжений.
- **Рабочее положение** имеет значение для стрелочных приборов и может быть горизонтальным или вертикальным.

Важнейшие параметры стрелочных приборов, которые наносятся на шкалу в виде условных символов, приведены в *приложении 1.11*.

1.13.2. Амперметр

Для измерения силы тока в цепи, как уже было сказано, применяют амперметры. На шкале амперметра обычно ставят букву «А», а на схемах его изображают кружком с буквой «А». Амперметр включают в цепь только последовательно с ее элементами (рис. 1.43). Так как электрические заряды в цепи не создаются и не уничтожаются, то, сколько электричества за единицу времени протекает по одному участку последовательно соединенной цепи, столько же протекает и по всем другим.

При последовательном соединении элементов цепи амперметр можно включить в любом ее месте, разорвав цепь и подсоединив

клеммы прибора к концам разрыва. В этом случае ток пройдет через прибор и его стрелка отклонится до определенной отметки шкалы, которая соответствует величине протекающего тока.

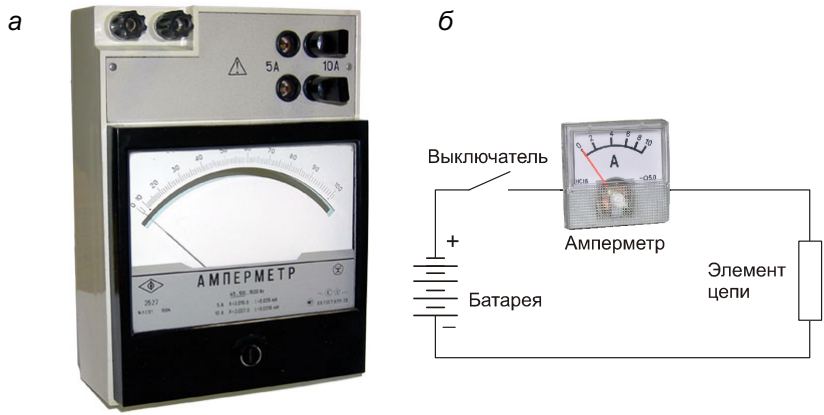


Рис. 1.43. Аналоговый амперметр (*а*) и схема его включения в электрическую цепь (*б*)

Например, если включить один амперметр в цепь до лампы, а другой после нее, то они покажут одну и ту же силу тока. Стрелочные амперметры, в зависимости от назначения, имеют шкалы с разной ценой деления. Цену деления c шкалы прибора можно определить по формуле

$$c = \frac{A - B}{n},$$

где n — число делений между двумя значениями тока (A и B), обозначенными на шкале.

Включают амперметр в цепь следующим образом:

1. Располагают прибор на столе согласно знаку на шкале: горизонтально (→) или вертикально (↑).
2. Если прибор стрелочный, то у него может быть несколько шкал. Тогда необходимо выбрать шкалу с наибольшим предельным током измерения. Превышать эту силу тока при измерениях нельзя, т. к. прибор может испортиться.

3. Прибор включают последовательно с тем элементом цепи, силу тока в котором требуется измерить. Клемму «+» прибора соединяют соответственно с клеммой «+» источника тока. Подключать амперметр непосредственно к источнику тока нельзя, прибор может выйти из строя. Если все же такая потребность существует, то включают его через нагрузку (сопротивление).

В настоящее время выделяют аналоговые и цифровые амперметры. В аналоговом (стрелочном) амперметре значение тока показывает подвижная стрелка, а в цифровом — электронный индикатор. Шкала прибора для измерения малых токов может быть проградуирована в миллиамперах (мА) или микроамперах (мкА). В первом случае такой прибор называют миллиамперметром, а во втором — микроамперметром.

Замечание. Работая с электричеством, нужно помнить об осторожности. Для человеческого организма безопасной считается сила тока до 1 мА, а сила тока больше 100 мА приводит к серьезным поражениям организма.

1.13.3. Вольтметр

Вольтметр применяют для измерения напряжения на полюсах источника тока или на каком-нибудь участке цепи. Его назначение состоит в измерении разностей потенциалов между любыми двумя точками проводника с током. Вольтметр следует включать в цепь параллельно тем двум точкам цепи, между которыми измеряется напряжение.

Многие вольтметры по внешнему виду очень похожи на амперметры. Для отличия вольтметра от других электроизмерительных приборов на его шкале ставят букву «V» (рис. 1.44, *а*). На схемах вольтметр изображают кружком с буквой «V» внутри. Как и у амперметра, у одного зажима вольтметра ставят знак «плюс» («+»). Этот зажим необходимо соединять с проводом, идущим от положительного полюса источника тока, иначе стрелка прибора будет отклоняться в обратную сторону, здесь также нужно учитывать направление тока.

Вольтметр включают иначе, чем амперметр. На рис. 1.44, *б* изображена электрическая цепь, в которую включены электрическая лампа и вольтметр.

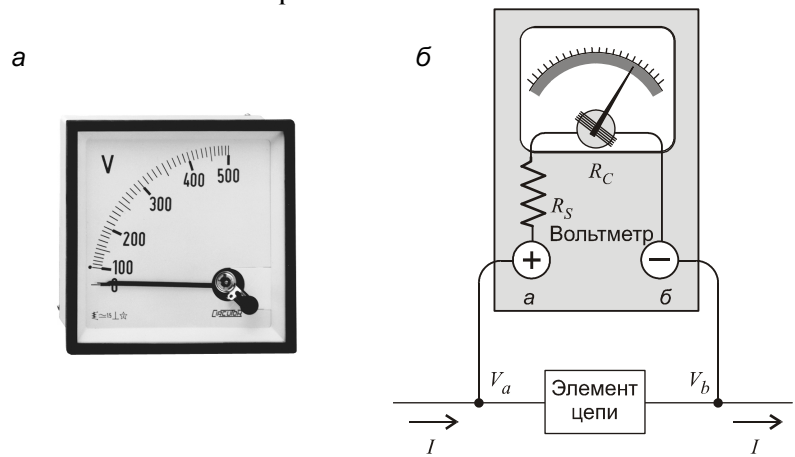


Рис. 1.44. Аналоговый вольтметр (*а*) и его включение в электрическую цепь (*б*)

Заметим, что вольтметр, в отличие от амперметра, устроен так, что сила тока, проходящего через него, мала по сравнению с силой тока в цепи, поэтому вольтметр почти не изменяет напряжение между теми точками, к которым его подключают. Вольтметры, как и амперметры, делят на аналоговые и цифровые.

Для измерения напряжения на полюсах источника тока вольтметр подключают непосредственно к зажимам источника (рис. 1.44, *б*).

1.13.4. Электротестеры (мультиметры)

В быту для различного рода измерений применяют универсальные электрические измерительные приборы, называемые электротестерами, или мультиметрами. Такое устройство содержит в себе несколько приборов, например, амперметр, вольтметр, омметр и т. д.

Тестер — универсальный электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения постоянного напряжения и силы тока, действующего (эффективного) значения переменного напряжения и тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и других величин (например, параметров транзисторов). Измерительным устройством такого прибора обычно служит микроамперметр магнитоэлектрической системы с током полного отклонения 50–100 мкА и сопротивлением рамки 0,1–1 кОм. Пределы измерения прибора по току или напряжению расширяют за счет шунтов (для амперметра) и добавочных сопротивлений (для вольтметра). В связи с этим тестер имеет различные внутренние сопротивления на разных пределах измерения. Эти параметры обычно указывают на табличке, прикрепленной с нижней стороны прибора.

Бóльшая часть промышленных тестеров имеет цифровые шкалы и автоматический выбор диапазона измерений. Эти тестеры чаще называют цифровыми мультиметрами. Приборы со стрелочными шкалами сейчас встречаются не так часто. Цены на электротестеры самые разные, наиболее дешевые тестеры китайского производства, а самые дорогие — известных европейских и американских электротехнических компаний. На корпусах импортных приборов, как правило, нанесены поясняющие надписи на английском языке. В качестве примера приведем наиболее распространенные сокращения:

- AC (Alternating Current) — переменный ток;
- DC (Direct Current) — постоянный ток;
- COM — гнездо общей цепи для внешних подключений прибора;
- DATA-H — сохранение результата последнего измерения на индикаторе (память данных);
- PEAK-H — контроль и запоминание максимального значения величины, например, при измерении амплитуды сигнала;
- AUTO — включение автоматического выбора предела, в этом случае на экране появляется такая же надпись;
- POWER — включение/выключение прибора.

Чтобы получить представление о возможностях современных электротестеров, рассмотрим в качестве примера доступные по цене некоторые мультиметры, встречающиеся на отечественном рынке [12].

Mastech M-830B/-832/-833/-838

Бытовые цифровые мультиметры типа Mastech M-830B/-832/-833/-838 произведены в Китае или Гонконге (рис. 1.45).

Рис. 1.45. Мультиметр Mastech M-830B/-832/-833/-838

Средняя цена тестера в зависимости от модели — 8–12 долл. Они предназначены для следующих целей:

- измерения постоянного и переменного напряжения, постоянного тока, сопротивления, температуры (M-838);
- определения коэффициента усиления транзисторов (кроме M-833);
- проверки диодов и «прозвона» цепи (кроме M-830B).

Мультиметр имеет дисплей 3 1/2 разряда с высотой цифр 12,7 мм, ручной выбор пределов измерений; встроенный генератор меандра 50 Гц (M-832) или синусоиды 1000 Гц (M-833); ав-

томатическое определение полярности, сигнализацию превышения диапазона и индикацию «севшей» батарейки.

Максимальные значения, измеряемые Mastech M-830B/-832/-833/-838:

- напряжение постоянного тока — 1000 В;
- напряжение переменного тока — 750 В;
- постоянный ток — 10 А;
- сопротивление — 2 МОм;
- температура — от −20 до +1370 °С.

Модель M-838 комплектуется термопарой, позволяющей с высокой точностью измерять температуру. Для питания прибора используется батарейка напряжением 9 В. Мультиметр заключен в пластмассовый корпус черного цвета размерами 125×65×28 мм. Вес прибора — 180 г.

Приборы Mastech M-830B/-832/-833/-838 сертифицированы Госстандартом России и считаются условно бытовыми, однако с успехом могут применяться как в лабораториях, так в мастерских.

Отзывы о приборе

Приборы Mastech M-830B/-832/-833/-838 обладают хорошей точностью, однако при измерении переменного напряжения 220 В погрешность достигает ±13 В. Имеющийся в приборе звуковой пробник полезен при ремонте утюга или электрических цепей автомобиля, когда не нужно знать значение сопротивления, главное получить информацию о целости провода. Зуммер звучит, когда сопротивление меньше 1 кОм.

Sunwa YX-360 TRN

Бытовой и профессиональный стрелочный мультиметр Sunwa YX-360 TRN китайского производства показан на рис. 1.46. Средняя цена прибора — 11,3 долл. Достаточно дешевая модель, с помощью которой, тем не менее, можно дома или на рабочем

месте выполнить практически все измерения: измерить постоянное и переменное напряжение, постоянный ток, сопротивление; протестировать транзисторы и диоды. Мультиметр Sunwa YX-360 TRN имеет ручной выбор пределов измерений; винт корректировки нуля; кнопку установки нуля при измерении сопротивлений.

Рис. 1.46. Мультиметр Sunwa YX-360 TRN

Максимальные значения, измеряемые Sunwa YX-360 TRN:

- напряжение постоянного и переменного тока — 1000 В;
- постоянный ток — 250 мА;
- сопротивление — 20 МОм.

Для питания прибора используется одна батарейка напряжением 9 В и два элемента напряжением 1,5 В. Мультиметр выполнен в пластмассовом корпусе, размеры прибора: 150×100×36 мм, вес — 250 г.

Отзывы о приборе

Этот мультиметр может оказаться полезным при самостоятельном конструировании полупроводниковых устройств. Он позволяет измерять ток утечки и коэффициент усиления транзисторов. Кроме того, при тестировании диодов можно измерить величину как прямого, так и обратного тока, а также падение напряжения на диоде.

Переключатель диапазонов и клеммы для подсоединения щупов находятся на передней панели. По своим размерам мульти-

метр больше многих цифровых приборов, но для стрелочных это можно рассматривать как достоинство: на протяженной шкале длиной 80 мм лучше видны показания прибора, да и точность измерения выше. Кроме обычных клемм «+» и «–» у прибора есть еще одна, последовательно с которой соединен конденсатор, «отсекающий» постоянную составляющую при измерении переменного напряжения.

Sunwa YX1000A

Малогабаритный бытовой стрелочный мультиметр Sunwa YX1000A сделан в Китае (рис. 1.47). Средняя цена прибора — 5,2 долл. Простой и дешевый прибор для любых измерений, с которыми обычно сталкивается домашний мастер: измерение постоянного и переменного напряжения, постоянного тока и сопротивления.

Рис. 1.47. Мультиметр Sunwa YX1000A

Максимальные значения, измеряемые Sunwa YX1000A:

- напряжение постоянного и переменного тока — 1000 В;
- постоянный ток — 250 мА;
- сопротивление — 1 кОм.

Стрелочный индикатор имеет небольшие размеры, однако позволяет в каждом режиме выбирать одну из нескольких шкал. При этом диапазоны измерений переключаются вручную.

Например, при измерении постоянного и переменного напряжения это 10, 50, 250 и 100 В. Для измерения постоянного тока

предусмотрены шкалы 0,5, 50 и 250 мА. При измерении сопротивления можно выбрать одну из шкал: 10, 100 или 1000 Ом. В приборе имеется потенциометр для коррекции нуля. Погрешность измерения составляет ±5%.

Питание прибора обеспечивает элемент AA напряжением 1,5 В. Конструктивно мультиметр выполнен в пластмассовом корпусе черного цвета. Размеры прибора: 90×60×32 мм, вес — 95 г.

Отзывы о приборе

Основная привлекательность прибора Sunwa YX1000A — его компактность, он прекрасно помещается в кармане. Точность вполне достаточна практически для всех бытовых измерений. В режиме измерения сопротивления можно проверять неразрывность цепи, а также тестировать полупроводниковые приборы.

T-YAN 3211D

Малогабаритный бытовой цифровой мультиметр «карандашного» типа производства Тайвань (рис. 1.48). Средняя цена прибора — 31 долл. Этот прибор хорошо подходит для измерения различных электрических величин на реальных объектах, когда условия далеко не идеальные. Он предназначен для следующих целей:

- измерения постоянного и переменного тока и напряжения;
- измерения сопротивления и емкости;
- тестирования диодов и логических микросхем;
- проверки непрерывности цепи.

Рис. 1.48. Мультиметр T-YAN 3211D

Максимальные значения, измеряемые T-YAN 3211D:

- напряжение постоянного и переменного тока — 500 В;
- постоянный и переменный ток — 200 мА;
- сопротивление — 20 МОм.

В приборе есть автоматический или ручной выбор диапазонов измерений; защита от перегрузок для всех диапазонов, однако нужно помнить, что нельзя измерять напряжение, превышающее 500 В, и ток свыше 200 мА. Кроме прочего мультиметр предупреждает о разряде батареи и подает звуковой сигнал при переключении режимов измерения и превышении диапазона, а также при «прозвонке» цепей, сопротивление которых меньше 1 кОм.

На одной из больших граней прибора расположен дисплей 3 1/2 разряда размером 18×43 мм с высотой цифр 15 мм. Имеется режим сохранения данных на дисплее. Максимальное значение показаний составляет 1999.

Для питания прибора необходимы две батарейки напряжением 9 В, мультиметр выполнен в пластмассовом корпусе ярко-желтого цвета. Размеры прибора: 185×31×24 мм, вес — 80 г.

Мультиметр комплектуется набором щупов, что позволяет подключаться к двум точкам цепи.

Отзывы о приборе

Прибор прост в эксплуатации и подходит для работы в домашних условиях, на производстве и в учебных заведениях. Им можно производить измерения в труднодоступных местах, куда не пробраться с другими, более громоздкими приборами.

Особенность прибора — наличие режима тестирования логических микросхем и сохранения данных. Красный и зеленый светодиоды позволяют определить логический «0» или «1».

Весьма удобна имеющаяся в мультиметре функция сохранения данных. Если прибор расположен так, что не удается прочитать число на дисплее, то можно воспользоваться кнопкой сохранения данных и прочитать их позже в более удобной обстановке.

UNI-T T21/UT22

Карманные бытовые цифровые мультиметры с откидывающейся крышкой UNI-T T21/UT22 производятся в Китае (рис. 1.49). Средняя цена прибора — 13–14 долл. Удобная карманная модель с крышкой, предохраняющей от случайных повреждений. Имеет все функции, которые требуются в повседневной практической работе.

Рис. 1.49. Мультиметр UNI-T T21/UT22

Эти мультиметры предназначены для следующих целей:

- измерения напряжения;
- измерения постоянного и переменного тока;
- измерения сопротивления;
- определения коэффициента усиления транзисторов;
- проверки диодов и непрерывности цепи (UT22).

Точность измерения всех параметров — обычная для цифровых мультиметров, только при тестировании переменного напряжения она несколько ниже. Так, сетевое напряжение 220 В он измеряет с точностью ±13 В.

Максимальные значения, измеряемые UNI-T T21/UT22:

- напряжение постоянного и переменного тока — 400 В;
- постоянный ток — 200 мА;
- сопротивление — 2 МОм.

Прибор имеет: дисплей 3 1/2 разряда размером 13×35 мм; максимальное значение показаний — 1999; ручной выбор пределов измерений; автоматическую индикацию: полярности, десятичных разрядов, превышения диапазона и «севшей» батарейки.

У модели UT22 имеется звуковой сигнал, который включается в режиме прозвона непрерывности цепи, когда сопротивление меньше 40 Ом.

Питание прибора обеспечивает одна батарейка напряжением 9 В. Размеры прибора: 139×75×26 мм, вес — 160 г. Мультиметр выпускается в пластмассовом корпусе нескольких цветов: черный, серый или желтый.

Отзывы о приборе

Прибор удобен в эксплуатации, щупы не нужно подключать к другой клемме, если, например, требуется перейти от измерения сопротивления к измерению напряжения. Достаточно одним рычажком выбрать измеряемую величину, а другим — переключить мультиметр на соответствующий диапазон. Причем, если в режиме измерения сопротивления вы подадите на прибор напряжение 230 В постоянного или переменного тока, то ничего ужасного сразу не произойдет: у вас будет 10 секунд, чтобы исправить оплошность.

Мультиметром удобно пользоваться не только на столе, но и в «полевых» условиях, проводя какие-либо электромонтажные работы по дому. Он легко помещается в кармане рубашки, т. к. по размеру чуть больше пачки сигарет.

Жидкокристаллический дисплей цифровых приборов требует особо бережного к себе отношения, т. к. его легко повредить. У моделей UT21 и UT22 все органы управления и щупы находятся под крышкой, надежно защищающей их от нежелательных воздействий. Крышка откидывается при нажатии кнопки на корпусе прибора. При закрытии крышки мультиметр выключается автоматически, что позволяет не думать об экономном использовании батарейки.

UNI-T UT2006/UT2007

Профессиональные цифровые мультиметры UNI-T UT2006/ /UT2007 производства Китай показаны на рис. 1.50. Конструкция мультиметра хорошо продумана, в связи с этим им очень удобно пользоваться. Средняя стоимость — 43–45 долл. UT2006 и UT2007 — универсальные мультиметры, кроме измерения значений тока, напряжения и сопротивления они позволяют также получить параметры конденсаторов, транзисторов и диодов.

Рис. 1.50. Мультиметр UNI-T UT2006/UT2007

Максимальные значения, измеряемые UNI-T UT2006/UT2007:

- напряжение постоянного тока — 1000 В;
- напряжение переменного тока — 750 В;
- постоянный и переменный ток — 10 А;
- сопротивление — 200 МОм;
- емкость — 20 мкФ;
- частота — 20 кГц (UT2006);
- температура от −40 до +1000 °С (UT2007).

Дисплей размерами 33×63 мм с большими и четкими цифрами можно поднимать почти до вертикального положения, что для жидкокристаллических индикаторов очень важно, поскольку при некоторых углах зрения они совершенно «не читаются».

Дисплей 3 1/2 разряда; максимальное значение показаний — 1999; ручной выбор пределов измерений; автоматическая индикация полярности, десятичных разрядов, превышения диапазона и

«севшей» батарейки; звуковой сигнал при некорректной операции или превышении диапазона.

Для питания прибора используется одна батарейка напряжением 9 В, которая может автоматически отключаться. Размеры прибора: 185×89×32 мм, вес — 330 г. Мультиметр выпускается в пластмассовом корпусе темно-синего или серого цветов.

Отзывы о приборе

У модели UT2007 имеется очень полезная в домашнем хозяйстве возможность измерения температуры. В комплектацию прибора входит температурный зонд, для подключения которого на панели предусмотрены специальные гнезда. Причем точность, например на 200 °С, составляет ±5°. Если температурный зонд не подключен, прибор измеряет комнатную температуру с точностью ±3 °С.

Прибор самостоятельно «заботится» о продлении жизни элемента питания: если вы не пользуетесь мультиметром более 15 минут, он автоматически отключается. Если батарейка «села», то на дисплее появляется специальный символ. При «прозвоне» цепи не нужно смотреть на дисплей, если сопротивление меньше 30 Ом, т. к. при исправности цепи сработает зуммер.

Два провода-щупа подключают к соответствующим клеммам, а диапазон измерения выбирают переключателем, расположенным в центре прибора, при этом на дисплее появляется фактическое значение измеряемого параметра. Если неправильно подсоединен щуп или превышен выбранный диапазон, мультиметр подаст сигнал, однако нужно быть очень внимательным, т. к. при неправильном подключении прибор может «сгореть».

Комбинированный электроизмерительный прибор Ц4353

Электроизмерительный бытовой и профессиональный стрелочный комбинированный прибор Ц4353 производства одной из стран СНГ показан на рис. 1.51. Средняя цена — 33 долл. Хотя прибор морально устаревший, он выпускался на протяжении не-

скольких десятилетий еще в СССР, но, те не менее, пока пользуется спросом на рынке. Тестер подходит в основном для стационарных измерений.

Максимальные значения, измеряемые Ц4353:

- напряжение постоянного и переменного тока — 600 В;
- постоянный и переменный ток — 1,5 А;
- сопротивление — 10 МОм;
- емкость — 500 нФ.

С помощью этого прибора можно:

- измерять постоянный и переменный токи;
- измерять напряжение постоянного и переменного токов;
- измерять сопротивление и емкость;
- проверять диоды;
- определять непрерывность цепи.

Рис. 1.51. Комбинированный электроизмерительный прибор Ц4353

Прибор имеет ручной выбор пределов измерений; погрешность измерения всех величин не превышает 1,5–2,5%.

Прибор снабжен автоматической защитой от перегрузок, но способен выдерживать только кратковременные перегрузки. При проведении измерений тестер должен находиться в горизонтальном положении. Для переключения измеряемых параметров служат кнопки, а диапазон измерений выбирается переключателем.

Если порядок измеряемой величины неизвестен, начинать измерение нужно, установив наибольшее значение величины.

Для питания прибора служит одна батарейка напряжением 4,5 В или (в некоторых моделях) три элемента АА по 1,5 В.

Комбинированный прибор Ц4353 выпускается в пластмассовом корпусе и при переноске помещается в металлический футляр с ручкой. Его размеры: 115×215×90 мм, а вес — 1000 г (1 кг!).

Отзывы о приборе

Этот тестер можно рекомендовать приобрести только в том случае, если на вашем рынке больше ничего нет. По соотношению «цена/качество» прибору Ц4353 трудно конкурировать с дешевыми, легкими, портативными зарубежными мультиметрами, которые имеются на отечественном рынке.

1.14. Индикаторы и указатели напряжения

Любые работы с электроустановками проводят, предварительно убедившись в том, что они обесточены, т. е. отключено электричество. Отсутствие электрического тока наиболее часто проверяют индикаторной отверткой. Держат отвертку двумя пальцами правой руки за пластмассовую ручку, и ее металлическим концом касаются токонесущих элементов. Если теперь указательным пальцем коснуться контакта на торце ручки, то вспыхнет неоновая лампочка, если есть электрический ток. При этом через тело человека потечет ток, который при напряжении сети 220 В составит доли миллиампера. Такая сила тока, как известно, не представляет для человека никакой опасности. Если свечения лампочки нет, то это говорит об отсутствии напряжения на проверяемом элементе.

С помощью индикаторной отвертки можно определить наличие напряжения в электрической сети, на токонесущих частях

приборов и устройств или найти фазный провод. Однополюсные пробники, индикаторы отвертки используют и в бытовых электроустановках. Промышленность выпускает индикаторные отвертки различных конструкций (рис. 1.52).

Действие индикаторной отвертки основано на свечении неоновой лампочки типа ИН-3 или МН-3 при протекании через нее емкостного тока. Для ограничения тока через лампочку последовательно с ней включается резистор типа МЛТ сопротивлением 1–3 МОм. Лампочка и резистор помещены в корпус из изоляционного ударопрочного материала.

Недостатком индикаторной отвертки является то, что неоновая лампочка почти одинаково светится как при напряжении 100 В, так и при напряжении 220 В. Нельзя также отличить нейтральный провод от фазного, имеющего обрыв.

Чтобы щупом индикатора не вызвать короткое замыкание, на него натягивают трубку из изоляционного материала, оставляя наконечник на 2–3 мм свободным. На многих современных индикаторных отвертках такая изоляционная трубочка уже есть. Имеющиеся на рынке индикаторные отвертки с неоновой лампочкой отличаются только внешним видом и размерами. Стоимость их небольшая, в среднем 10 руб.

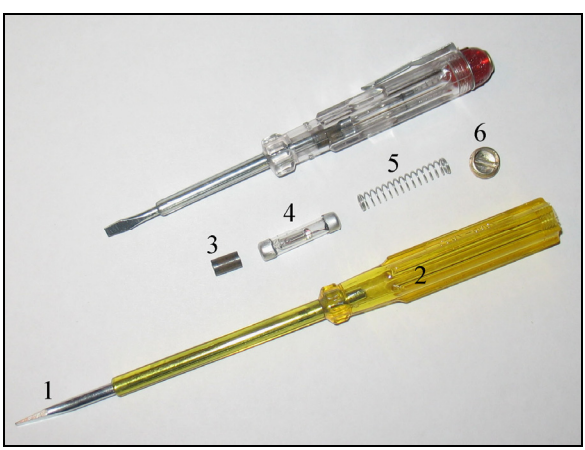


Рис. 1.52. Индикаторные отвертки и их устройство:
1 — щуп, 2 — корпус из изолирующего материала, 3 — резистор, 4 — неоновая лампа, 5 — пружина, 6 — металлический колпачок

В последнее время на рынке России появились в продаже недорогие (порядка 20 руб.) цифровые индикаторные отвертки. В этих устройствах, без источников питания, вместо неоновой лампочки установлен небольшой цифровой дисплей. Пример подобного индикатора — изображенная на рис. 1.53 отвертка-индикатор 6878-28NS цифровая производства компании «Ресанта» (генеральный дистрибьютор компаний S.I.A. «RESANTA» (Латвия) и «HUTER Elektrische Technik GmbH» (Германия) на территории России и стран СНГ, **http://www.resanta.ru/**).

Цифровая индикаторная отвертка 6878-28NS предназначена для ступенчатой индикации наличия и величины напряжения в цепях электропитания от постоянного или переменного тока.

Рис. 1.53. Цифровая отвертка-индикатор 6878-28NS производства компании «Ресанта»

Параметры:

- знаковая дискретная индикация величины напряжения постоянного тока и действующего значения напряжения переменного тока с пороговыми значениями: 12, 36, 55, 110 и 220 В;
- максимально допустимое напряжение — 250 В;
- частота переменного напряжения — 50 Гц.

Порядок работы с цифровой отверткой:

- касаясь пальцем первого полюса, бесконтактно проверить наличие переменного напряжения;
- касаясь пальцем второго полюса, выполнить контактную проверку наличия и величины переменного и постоянного напряжения;
- не прикасаться одновременно к двум полюсам.

Индикатор способен функционировать при температуре окружающей среды от −10 до +50 °С. Время его непрерывной работы не ограничено.

На рынок поставляют подобные цифровые индикаторные отвертки и другие фирмы, например, «ВДЛ-Электро» (**http://shop220.ru/about/**), «ПРИБОР-СЕРВИС» (**http://www.pribor-service.ru/**) и др.

К разряду простых индикаторов относятся двухполюсные указатели напряжения. Элементы таких указателей помещены в два корпуса из изоляционного материала, соединенные между собой гибким проводом с изоляцией повышенной надежности.

В принципе это тоже индикаторная отвертка, только многофункциональная с питанием от батареи и дополнительным щупом (рис. 1.54).

Представленный на рис. 1.54 двухполюсный указатель напряжения предназначен для ступенчатой индикации величины напряжения в цепях электропитания постоянного и переменного тока. У прибора неоновая дискретная индикация действующего значения напряжения переменного тока с пороговыми значениями: 110, 220 и 380 В и постоянного тока с пороговыми значениями напряжения: 150, 330 и 500 В. С помощью индикатора можно определить также фазный и нулевой провода. Индикатор напряжения способен функционировать при температуре окружающей среды от −10 до +50 °С. Время его непрерывной работы не ограничено. Стоимость индикатора напряжения 6890-62 примерно 60 руб.

Рис. 1.54. Индикатор напряжения 6890-62 производства компании «Ресанта»

Более совершенный указатель напряжения — «Контакт-55Э» (рис. 1.55), но он несколько дороже, чем рассмотренные ранее приборы (190–310 руб., в зависимости от типа). Указатель представляет собой переносной электронный прибор индивидуального пользования.

Прибор обеспечивает:

- контроль наличия напряжения постоянного и переменного токов;
- приближенное определение величины контролируемого напряжения переменного тока частотой 40–60 Гц в пределах 24–380 В и постоянного напряжения 24–250 В;
- определение полярности постоянного напряжения;
- проверку целостности («прозвонку») электрических цепей, полупроводниковых приборов (диоды, тиристоры), а также обмоток электродвигателей, реле, пускателей, трансформаторов и т. п. Максимальное сопротивление внешней цепи, при котором обеспечивается «прозвонка», составляет не менее 500 кОм;
- определение фазного провода (электрода) в цепях переменного тока;
- визуальную и звуковую индикацию во всех режимах работы. Минимальное переменное напряжение работы звукового сигнала — не более 24 В.

Рис. 1.55. Указатель напряжения «Контакт-55Э»

Указатель изготовлен в виде двух щупов, соединенных между собой изолированным проводом: основного, в котором размещены индикаторные элементы, и вспомогательного. На основном щупе расположены пять круглых окон с надписями «24», «220», «380», «–», «Test», в которых размещены светоизлучающие индикаторные элементы красного цвета, а также штыревой электрод с надписью «Ph» и неоновая лампа в торцевой части щупа. Вспомогательный щуп имеет элементы крепления для его фиксации на основном щупе в транспортном положении. Корпуса щупов выполнены из цветного ударопрочного полистирола и снабжены упорами высотой 3 мм со стороны металлических электродов. Конструкцией указателя предусмотрено, что работа во всех режимах и диапазонах производится без механических переключений, что предотвращает случайное повреждение указателей.

В настоящее время выпускается три типа указателей напряжения: «Контакт-55Э», «Контакт-55ЭМ» с диапазоном контролируемых напряжений (24–380) В и «Контакт-57Э» (70–1000) В. «Контакт-55ЭМ» и «Контакт-57Э» помимо этого оснащены звуковой индикацией. В их конструкции использованы светодиоды с повышенной светоотдачей. В несколько раз увеличено время работы без подзарядки в режиме «Прозвонка цепей». Указатели всех типов обеспечивают визуальную индикацию режимов работы. Приборы не содержат сменных элементов питания, переключателей и весят всего около 100 г. Время зарядки прибора от сети 220 В составляет не более 30 с. Габаритные размеры: 170×50×20 мм.

Представляет интерес модель ультракомпактного цифрового мультиметра APPA iMeter 5 производства компании APPA Technology Corp. (Тайвань). Это развитие линейки карманных тестеров «CardMeter» (рис. 1.56).

В буквальном переводе название «Карточный измеритель» отражает все большее сходство размеров мультиметра с пластиковой карточкой. Символ «i» в названии iMeter 5 — сокращение от «intelligence» (интеллектуальный), что, по мнению разработ-

чиков, точно отражает суть прибора. Прибор имеет бесконтактный индикатор переменного напряжения 50–600 В (режим VoltSens), встроенный фазоуказатель и способен измерять среднеквадратическое значение сигнала синусоидальной формы.

По своей функциональности это электротестер для измерения: силы тока (в отличие от предыдущей модели APPA iMeter 3), напряжения (постоянное DCV или переменное ACV — автовыбор), сопротивления (включая «прозвонку» цепи), испытания *p-n*-перехода, измерения емкости, частоты сигнала и скважности импульсов. Таким образом, прибор представляет собой полноценный мультиметр с рядом вспомогательных режимов. Ко всему прочему им можно пользоваться как индикатором и указателем напряжения.

а *б*

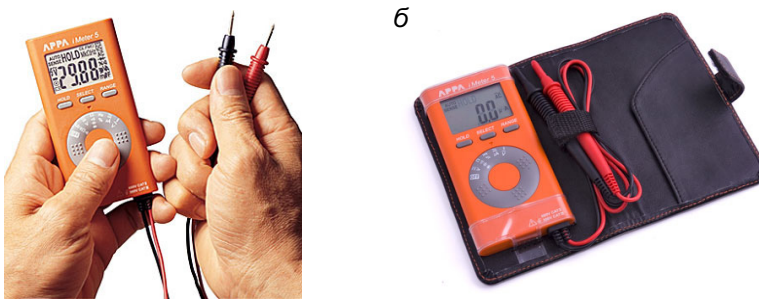


Рис. 1.56. Мультиметр (*а*)
и портмоне из комплекта поставки APPA iMeter 5 (*б*)

Корпус мультиметра выполнен из прочного пластика, на передней панели всего три кнопки управления: HOLD, SELECT и RANGE. Для выбора режимов измерений служит ротационный переключатель на 7 положений. Переключатель плоский, имеет три группы рельефных выступов для вращения буквально одним пальцем. Это дает возможность не только удерживать прибор одной рукой при работе, но и выполнять при смене режимов измерений необходимые манипуляции.

Функциональное достоинство iMeter 5 — режим VoltSence (бесконтактное детектирование опасного переменного напряжения в тестируемой цепи). Для обнаружения переменного напряжения переключатель режимов необходимо установить в соответствующее положение и приблизить верхнюю торцевую кромку мультиметра к предполагаемому источнику напряжения или объекту под напряжением (рис. 1.57). При наличии напряжения раздается предупреждающий звуковой сигнал и на дисплее отображается его уровень в виде диаграммы. С ростом напряженности поля (т. е. с приближением к объекту) частота звукового сигнала и количество сегментов на дисплее увеличиваются. Используя красный щуп мультиметра, можно определить фазовый провод в сети ~220 В (рис. 1.57, *б*). При этом на дисплее отображаются все четыре сегмента в шкале индикации уровня напряжения.

Измерительные провода мультиметра выполнены несъемными, что исключает их утрату при эксплуатации. Основные характеристики мультиметра APPA iMeter 5 приведены в *приложении 1.12*. Цена прибора — около 1400 руб.

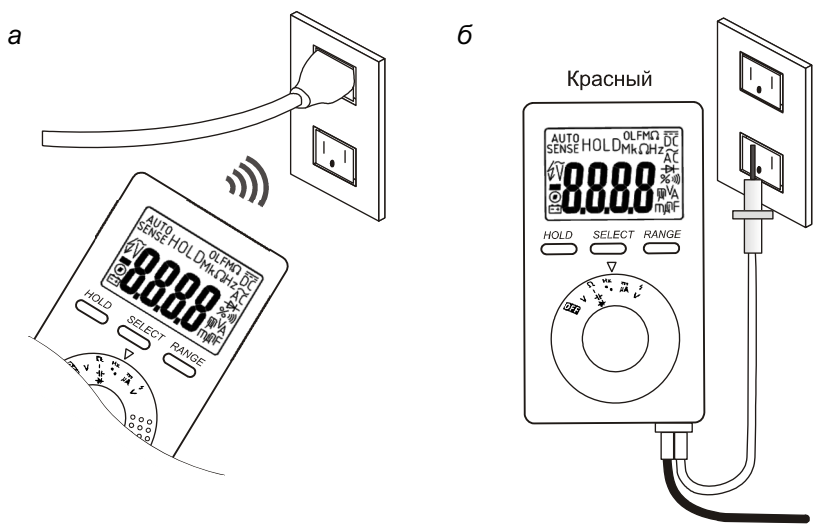


Рис. 1.57. Бесконтактное определение наличия опасного напряжения (*а*) и определение фазового контакта в электророзетке (*б*)

1.15. Об осторожности при обращении с электричеством

1.15.1. Основные сведения

В нашем быту применяется множество электроприборов, питающихся от сети 220 В, которую часто называют «низковольтной» и ошибочно считают безопасной. Неосторожное и небрежное обращение с бытовой электротехникой может привести к тяжелым последствиям. Электрический ток поражает внезапно, в тот момент, когда человек оказывается включенным в цепь прохождения тока. Смертельно опасная ситуация возникает тогда, когда он, с одной стороны, касается неизолированного провода, проводки с нарушенной изоляцией, металлического корпуса электроприбора с неисправной изоляцией или металлического предмета, оказавшегося случайно под напряжением, а с другой — земли, заземленных предметов, труб и т. п. Чтобы этого не произошло, необходимо не только быть осторожным, но и знать некоторые правила техники безопасности [13].

Тело человека, как известно, представляет собой относительно хороший проводник электрического тока. Опасность воздействия электричества на человека зависит от характеристик тока, индивидуальных свойств организма и его состояния на момент поражения током. Сопротивление тела человека лежит в пределах от 8 до 100 кОм, а во влажном состоянии оно менее 1000 Ом. У каждого человека это сопротивление различно. Сопротивление снижается, если руки человека влажные, а также если он находится во влажной одежде. Это необходимо учитывать, прежде чем приступить к работе. Не следует также иметь дело с электрическим током в болезненном или утомленном состоянии — реакция человека снижается, и вероятность несчастного случая увеличивается.

Для человека считается безопасным напряжение, которое не превышает 36 В, при условии что у него чистая и сухая кожа и он находится в сухом помещении. В особо опасных помещениях безопасное напряжение должно быть меньше 12 В.

1.15.2. Причины поражения электрическим током

Воздействие электрического тока на человека зависит в первую очередь от значения силы тока и времени его прохождения через тело человека и может вызвать неприятные ощущения, ожоги, обморок, судороги, прекращение дыхания и даже смерть. Допустимым принято считать ток в 0,5 мА. При силе тока в 10–15 мА человек не может самостоятельно оторваться от электродов, разорвать цепь тока, в которую он попал. Ток в 50 мА поражает органы дыхания и сердечно-сосудистую систему. Ток в 100 мА приводит к остановке сердца и нарушению кровообращения и считается смертельным.

Многочисленные рассмотрения несчастных случаев показали, что исход поражения не находится в прямой зависимости от величины тока, а определяется многими факторами и обстоятельствами и индивидуальными свойствами пострадавшего. Поэтому одна и та же величина тока оказывает, независимо от других факторов, различное влияние на разных людей и различно на одного и того же человека в зависимости от его состояния в момент поражения, степени возбуждения нервной системы, ее физиологической выносливости и реактивности. В качестве некоторой иллюстрации в *приложении 1.13* приведены данные Национального совета электробезопасности США о воздействии переменного тока на человека.

Внимание. Помните, что ток, протекающий в бытовой электросети, может составлять 5–10 А, что намного превышает смертельный.

Основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением (оголенным проводам, контактам электроаппаратуры, шинам и т. п.);

- неожиданное возникновение напряжения там, где в нормальных условиях его быть не должно;
- появление напряжения на отключенных частях электрооборудования (по причине ошибочного включения, наведения напряжения соседними установками и т. д.);
- возникновение напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода с землей, неисправности заземляющих устройств и т. п.

Для предупреждения поражений электрическим током следует строго выполнять правила устройств электроустановок (ПУЭ), правила технической эксплуатации (ПТЭ) и правила по технике безопасности (ПТБ). К выполнению работ на электроустановках допускаются лица, прошедшие обучение и имеющие соответствующее удостоверение.

При попадании человека под напряжение электрический ток обычно протекает от одной руки к другой, а также от руки к ноге. Поэтому не следует одновременно двумя руками прикасаться к элементам устройства, а также держаться рукой за трубу отопления или водопровода; под ноги на рабочем месте желательно подкладывать резиновый коврик, являющийся изолятором.

В некоторых случаях при замыкании фазы на корпус и отказе защиты (например, из-за неисправности автоматического выключателя или неправильно выбранной плавкой вставки) напряжение корпуса относительно земли может существовать длительное время. При этом возникает опасность поражения людей током, например, если напряжение корпуса относительно земли превышает допустимое значение напряжения прикосновения $U_{\text{пр.доп}}$. Напряжение, появляющееся на теле человека при одновременном прикосновении к двум точкам проводников или проводящих частей, в том числе при повреждении изоляции, носит название напряжения прикосновения.

Предельно допустимые токи $I_{\text{пр.доп}}$, протекающие через человека, и напряжения прикосновения $U_{\text{пр.доп}}$ в зависимости от продолжительности воздействия для электроустановок с изолированной нейтралью приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5. *Некоторые предельно допустимые напряжения прикосновения и токи при частоте 50 Гц*

Нормируемая величина	Продолжительность воздействия тока, не более, с										
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**	**>1,0**
$U_{пр.доп}$, В	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
$I_{пр.доп}$, мА	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6

Напряжение прикосновения увеличивается по мере удаления от места заземления и за пределами зоны растекания тока равно напряжению на корпусе оборудования относительно земли. Под зоной растекания понимается зона земли, за пределами которой электрический потенциал, возникший из-за замыкания токоведущих частей на землю, может быть условно принят равным нулю.

1.15.3. Основные меры предосторожности

Для того чтобы избежать трагедии при обращении с бытовыми электроприборами, соблюдайте следующие основные меры безопасности:

- При мытье холодильника или других бытовых электроприборов, замене лампочки или предохранителя следует ОТКЛЮЧИТЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ электричества в квартире.
- Розетки располагайте как можно дальше от раковины и ванной. Не держите включенными бытовые электроприборы во время купания в ванной комнате, т. к. подключенные к сети приборы при падении в воду вызывают тяжелые последствия.
- Никогда не пользуйтесь феном или электробритвой, если они мокрые или имеют оголенные токопроводящие концы и детали.
- Не вынимайте вилку из розетки, потянув ее за шнур, вы можете его оборвать, тем самым оголив проводники, находящиеся под напряжением.

- Не ремонтируйте вилки электроприборов с помощью изоленты. Меняйте их сразу, если они сломались.
- Не беритесь за утюг мокрыми руками и не гладьте, стоя на полу босиком.
- Не оставляйте включенный утюг без присмотра и не накручивайте шнур вокруг горячего утюга, это может повредить изоляцию провода.
- Прежде чем налить воду в емкость отпаривателя утюга, вытащите вилку из розетки.
- Не включайте больше одной вилки в розетку, т. к. несколько вилок могут вызвать короткое замыкание и пожар.
- После того как закончили пользоваться удлинителем, сначала выдерните вилку из розетки, а затем сворачивайте его.
- Обнаруженные оголенные места и обрывы электропроводов немедленно ремонтируйте. Не делайте временных соединений проводов, предоставьте выполнение всех работ квалифицированным специалистам.
- Не перекручивайте и не завязывайте в узел провода, не защемляйте их дверьми или оконными форточками, а также не закладывайте провода за газовые или водопроводные трубы и батареи отопления.
- Элементы налаживаемой конструкции заменяйте только в обесточенном состоянии. Предохранители электросети, плавкие вставки или электромеханические «пробки» должны быть исправными. Если в устройстве имеются высоковольтные конденсаторы, их нужно разрядить.
- Если необходимо измерить напряжение на элементах электроустройства, то один щуп вольтметра следует подключить к требуемой точке при обесточенном устройстве, например, с помощью лабораторного зажима типа «крокодил», а после включения устройства в сеть вторым щупом прикасаются к выводу элемента. При этом нельзя пользоваться щупом, имеющим неизолированную часть (спицу) значительной длины — в этом случае нужно надеть отрезок изоляционной трубки, оставив неизолированный конец длиной 2–3 мм. Действовать лучше одной рукой.

Таковы основные правила техники безопасности при работе с бытовыми электроприборами и электроустановками, которых необходимо придерживаться каждому человеку.

Напряжение прикосновения контролируют специальными приборами. На рис. 1.58 показан прибор MZC-310S, а также пример измерений с его помощью (рис. 1.58, *б*).

Рис. 1.58, *а*. Прибор MZC-310S

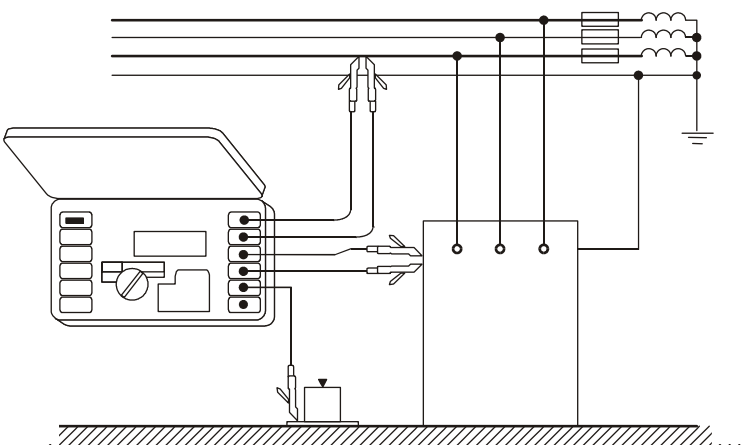


Рис. 1.58, *б*. Работа с прибором MZC-310S

Для контроля напряжения прикосновения выпускается недорогая серия индикаторов напряжения Р-1, Р-2, Р-3, которые позволяют удобно и быстро проконтролировать наличие напряжения на корпусе электроустановки более 50 В методом однополюсной индикации (рис. 1.59).

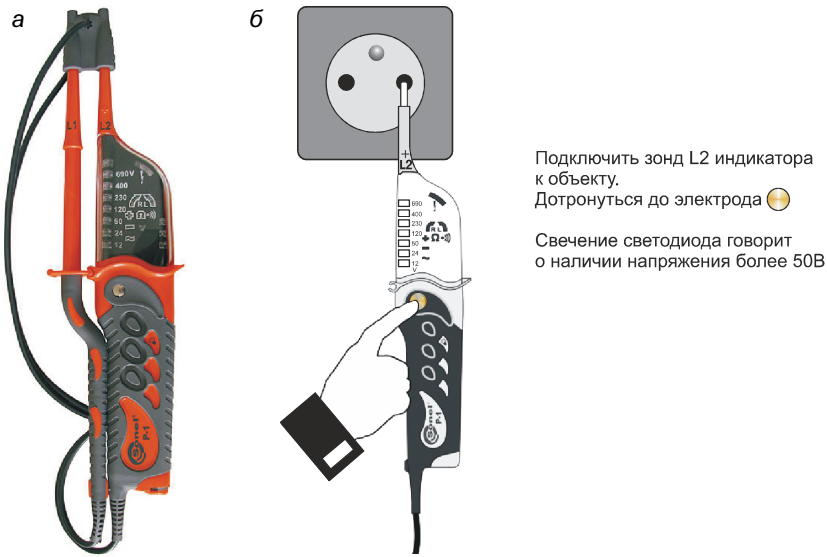


Рис. 1.59. Индикатор напряжения Р-1 (*а*) и работа с ним (*б*)

1.15.4. Что делать, если человек поражен током

При поражении человека электрическим током необходимо принять меры к освобождению пострадавшего от действия тока и после этого немедленно приступить к оказанию ему первой помощи [14]. Освобождать человека от действия тока нужно как можно быстрее, но при этом следует соблюдать меры предосторожности. Если пострадавший находится на высоте, необходимо принять меры по предупреждению его падения. Прикосновение к человеку, находящемуся под напряжением, опасно, и при веде-

нии спасательных работ обязательно строго соблюдать определенные предосторожности от возможного поражения током лиц, проводящих эти работы.

Вначале следует быстро освободить его от тока. Для этого разомкните цепь с помощью выключателя, рубильника или штепсельного разъема, а также путем вывертывания пробок или отключения пакетных или автоматических выключателей на щитке. Если это невозможно — перережьте или перерубите провода (каждый провод в отдельности) ножницами или другим режущим инструментом с рукояткой из изолирующего материала. При невозможности быстрого разрыва цепи электрического тока оттяните пострадавшего от провода за одежду одной рукой, обернутой сухой материей, или же отбросьте сухой палкой от пострадавшего оборвавшийся кусок провода. Затем вызовите «скорую помощь». Если пострадавший в сознании, оставьте его лежащим на спине, подняв ноги на высоту 30 см. Если он в бессознательном состоянии — положите его горизонтально на спину, обязательно на что-нибудь твердое. Создайте приток свежего воздуха, дайте понюхать нашатырный спирт, сбрызгивайте водой, растирайте и согревайте тело, укройте его легким одеялом. При обширных ожогах не применяйте холодную воду во избежание ухудшения шокового состояния. Переносить пострадавшего следует только в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать ему или оказывающему помощь. При отсутствии пульса на крупных артериях и внешних признаков дыхания необходимо приступить к оказанию первой медицинской помощи.

После освобождения пострадавшего от тока необходимо установить степень поражения и в соответствии с его состоянием оказать медицинскую помощь. Если пострадавший не потерял сознание, необходимо обеспечить ему отдых, а при наличии травм или повреждений (ушибы, переломы, вывихи, ожоги и т. п.) нужно оказать ему первую помощь до прибытия врача или доставить в ближайшее лечебное учреждение.

Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, необходимо ровно и удобно уложить его на мягкую подстилку — одеяло, одежду и т. п., расстегнуть ворот, пояс, снять

стесняющую одежду, очистить полость рта от крови, слизи, обеспечить приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт, обрызгать водой, растереть и согреть тело.

При отсутствии признаков жизни (при клинической смерти нет дыхания и пульса, зрачки глаз расширены из-за кислородного голодания коры головного мозга) или при прерывистом дыхании следует быстро освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды, очистить рот и делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца (рис. 1.60).

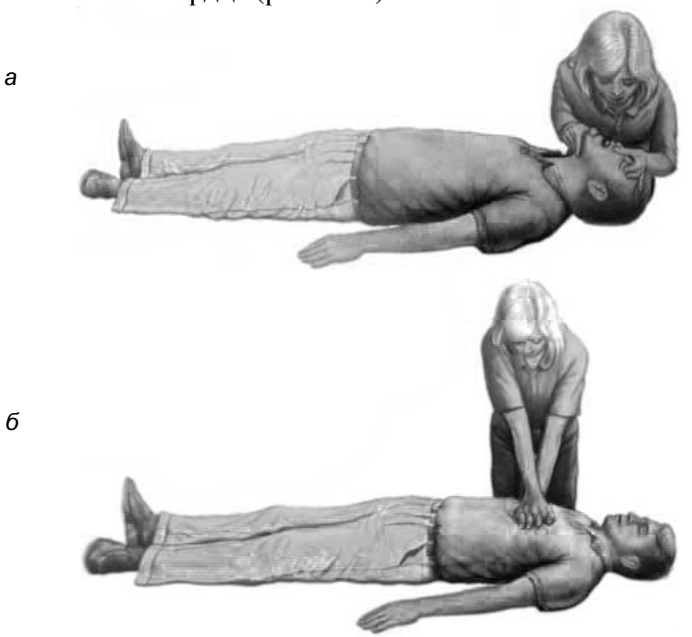


Рис. 1.60. Искусственное дыхание (*а*) и непрямой массаж сердца (*б*)

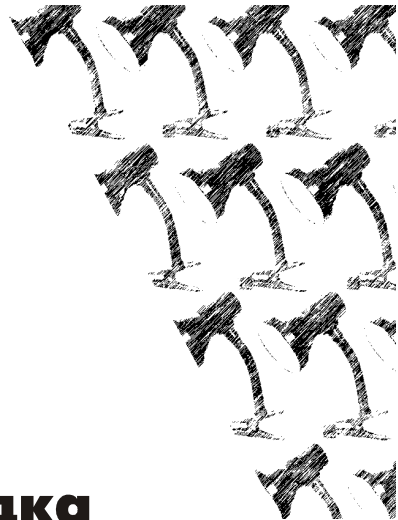
Искусственное дыхание «рот-в-рот» делают в такой последовательности:

1. Положите пострадавшего на спину. Откройте ему рот, следите, чтобы язык не закрывал гортань.
2. Одной рукой удерживайте голову и шею пострадавшего, другой зажмите его нос. Глубоко вдохните и, плотно прижавшись ртом через салфетку ко рту, сделайте выдох.

3. Первые 5–10 выдохов делайте быстро (за 20–30 с), следующие — со скоростью 12–15 выдохов в минуту.
4. Следите за движением грудной клетки пострадавшего: если после вашего выдоха в рот или нос его грудная клетка поднялась, значит, дыхательные пути проходимы и искусственное дыхание вы делаете правильно.
5. Если нет пульса, параллельно с искусственным дыханием необходимо делать массаж сердца.

Для восстановления работы сердца и кровообращения проводят непрямой массаж сердца. Пострадавшего укладывают на жесткое основание (пол, скамью), освобождают от стесняющей одежды. Оказывающий помощь становится с левой стороны от пострадавшего и кладет на нижнюю часть его грудной клетки ладонь вытянутой от отказа руки, а вторую — кладут на первую. Важно правильно определить место надавливания — на два пальца выше конца грудины. Налавливать на грудину следует быстрым толчком такой силы, чтобы сместить ее на 4–5 см с частотой одно надавливание в секунду. Если помощь оказывает один человек, то делается 2–3 вдувания и 14–15 надавливаний, если двое, то на одно вдувание через 2 секунды делается 4–6 надавливаний. Процедуру массажа сердца рекомендуется поручить специально обученному работнику.

Если первую помощь оказывают двое, один из них должен проводить массаж сердца, другой — искусственное дыхание, при этом выполняют одно вдувание, затем 5 нажатий на грудную клетку. Искусственное дыхание нужно проводить до восстановления устойчивого дыхания и деятельности сердца или до передачи пострадавшего медицинскому персоналу.



Глава 2
Квартирная электропроводка

2.1. Подвод электроэнергии к квартире

Для бытового электроснабжения на территории всей России принят переменный ток напряжением 220 В. Напряжение 127 В практически исчезло из нашего быта. Иногда бытовое напряжение в сравнении с тем, что используют для передачи электроэнергии на большие расстояния, называют «низким». Хотя оно и в тысячи раз меньше «высокого», но все равно представляет опасность для здоровья человека при неосторожном и неграмотном обращении.

В наши городские квартиры на этажные электрощитки электроэнергия приходит с трансформаторных подстанций (ТП), где трехфазное «высокое» напряжение от 6 до 35 кВ понижают до «низкого» — 380/220 В.

2.1.1. Электрощитки

Щитки этажные серии ЩЭ

Квартирная электросеть в многоэтажном доме начинается с этажного электрощитка. Квартирные этажные щитки предназна-

чены для приема, распределения и учета электроэнергии напряжением 220 В, а также для защиты электрических сетей квартир при перегрузках и коротких замыканиях [1]. На этажах устанавливают, как правило, щитки серии ЩЭ.

Щитки изготавливают трех видов:

- распределительные (ЩЭ8501, ЩЭУ2, ЩЭУ3, ЩЭУ4) — для питания квартирных щитков;
- учетно-распределительные (ЩЭ8801, ЩЭУ, ЩЭУ2) — для распределения и учета электроэнергии в квартирах;
- учетно-распределительно-групповые (ЩЭУГ, ЩЭУГ3, ЩЭУГ2, ЩЭУГ4) — для присоединения групповых цепей квартир и поквартирного учета электроэнергии.

Конструкция учетно-распределительных щитков предусматривает наличие трех отсеков:

- абонентского, в котором расположены аппараты защиты вводов и отходящих линий в квартиры;
- отсека учета, в котором монтируют однофазные электрические счетчики и аппарат для отключения лестничного стояка;
- слаботочного, где размещают устройства телефонной, радиотрансляционной и телевизионной сетей.

Щитки устанавливают в специальной нише. К щиткам ЩЭ подводится одно- или трехфазная сеть напряжением 220/380 В, 50 Гц с глухозаземленной нейтралью. Линия электропитания вводится в щиток без разрезания магистрали 380/220 В. Функционально этажные щитки делят на распределительные и учетно-распределительные. Последние бывают с отделением для размещения слаботочных устройств или без него. Щитки учетно-распределительные (ЩУР) этажные устанавливают на этажах жилых домов (лестничных клетках, поэтажных коридорах).

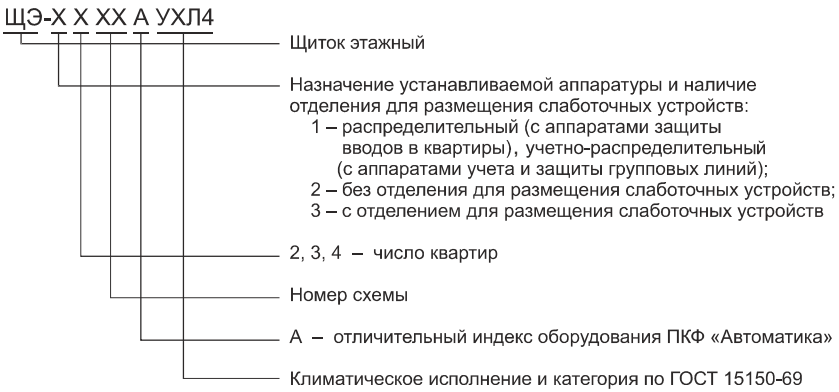
Выпускают различные виды этажных щитков, наиболее распространены серии ЩЭ1–ЩЭ3, а также ЩЭ8 СЭ. На рис. 2.1 представлен общий вид щитков серии ЩЭ производства российских компаний: «Элроса» (г. Тверь) (рис. 2.1, *а*), ОАО «ДЗНВА» (г. Дивногорск) (рис. 2.1, *б*) и ООО «Спектр-Электро»

(г. Санкт-Петербург) (рис. 2.1, *в*). Крупный производитель щитков ЩЭ и ЩК — ООО «Русская электротехническая компания» (г. Кострома).

Рис. 2.1. Общий вид щитков этажной серии ЩЭ:
а — производства компании «Элроса», *б* — ОАО «ДЗНВА»,
в — ООО «Спектр-Электро», *г* — открытый щиток

Структура условного обозначения щитков серий ЩЭ1–ЩЭ3 и ЩЭ8 СЭ приведена на рис. 2.2, данные о типовом исполнении щитков серии ЩЭ — в табл. 2.1.

а



б

Рис. 2.2. Структура условного обозначения щитков:
а — серий ЩЭ1–ЩЭ3, *б* — ЩЭ8 СЭ

Таблица 2.1. *Характеристики щитков серии ЩЭ*

Тип щитка	Число квартир	Число отходящих линий на квартиру			Число аппаратов на квартиру		Автоматвыключатель 100 А для отключения стояка	Размер ниши для установки щита, *H*×*L*×*B*, мм
		15 А	25 А	40 А	40 А	счетчик		
С аппаратами защиты вводов в квартиры								
ЩЭ-1409УХЛ4	4	–	–	1	–	–	–	300×280×130
ЩЭ-1410УХЛ4		–	–	1	–	–	1	
С аппаратами защиты групповых линий и отделением для слаботочных устройств								
ЩЭ-3201УХЛ4	2	2	1	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-3202УХЛ4		2	1	–	1	1	–	
ЩЭ-3203УХЛ4		1	2	–	1	1	1	
ЩЭ-3204УХЛ4		1	2	–	1	1	–	
ЩЭ-3205УХЛ4		2	–	1	1	1	1	
ЩЭ-3206УХЛ4		2	–	1	1	1	–	
ЩЭ-3211УХЛ4		2	–	–	1	1	1	
ЩЭ-3212УХЛ4		2	–	–	1	1	–	
ЩЭ-3213УХЛ4		1	1	–	1	1	1	
ЩЭ-3214УХЛ4		1	1	–	1	1	–	

Таблица 2.1 *(продолжение)*

Тип щитка	Число квартир	Число отходящих линий на квартиру			Число аппаратов на квартиру		Автоматвыключатель 100 А для отключения стояка	Размер ниши для установки щита, *H*×*L*×*B*, мм
		15 А	25 А	40 А	40 А	счетчик		
С аппаратами защиты групповых линий и отделением для слаботочных устройств								
ЩЭ-3301УХЛ4	3	2	1	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-3302УХЛ4		2	1	–	1	1	–	
ЩЭ-3303УХЛ4		1	2	–	1	1	1	
ЩЭ-3304УХЛ4		1	2	–	1	1	–	
ЩЭ-3305УХЛ4		2	–	1	1	1	1	
ЩЭ-3306УХЛ4		2	–	1	1	1	–	
ЩЭ-3311УХЛ4		2	–	–	1	1	1	
ЩЭ-3312УХЛ4		2	–	–	1	1	–	
ЩЭ-3313УХЛ4		1	1	–	1	1	1	
ЩЭ-3314УХЛ4		1	1	–	1	1	–	
ЩЭ-3401УХЛ4	4	2	1	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-3402УХЛ4		2	1	–	1	1	–	
ЩЭ-3403УХЛ4		1	2	–	1	1	1	

Таблица 2.1 *(продолжение)*

Тип щитка	Число квартир	Число отходящих линий на квартиру			Число аппаратов на квартиру		Автомат-выключатель 100 А для отключения стояка	Размер ниши для установки щита, *H*×*L*×*B*, мм
		15 А	25 А	40 А	40 А	счетчик		
С аппаратами защиты групповых линий и отделением для слаботочных устройств								
ЩЭ-3404УХЛ4	4	1	2	–	1	1	–	950×900×140
ЩЭ-3405УХЛ4		2	–	1	1	1	1	
ЩЭ-3406УХЛ4		2	–	1	1	1	–	
ЩЭ-3411УХЛ4		2	–	–	1	1	1	
ЩЭ-3412УХЛ4		2	–	–	1	1	–	
ЩЭ-3413УХЛ4		1	1	–	1	1	1	
ЩЭ-3414УХЛ4		1	1	–	1	1	–	
С аппаратами защиты групповых линий								
ЩЭ-2301УХЛ4	3	2	1	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-2302УХЛ4		2	1	–	1	1	–	
ЩЭ-2303УХЛ4		1	2	–	1	1	1	
ЩЭ-2304УХЛ4		1	2	–	1	1	–	
ЩЭ-2305УХЛ4		2	–	1	1	1	1	
ЩЭ-2306УХЛ4		2	–	1	1	1	–	

Таблица 2.1 *(окончание)*

Тип щитка	Число квартир	Число отходящих линий на квартиру			Число аппаратов на квартиру		Автомат-выключатель 100 А для отключения стояка	Размер ниши для установки щита, *H*×*L*×*B*, мм
		15 А	25 А	40 А	40 А	счетчик		
С аппаратами защиты групповых линий								
ЩЭ-2311УХЛ4	3	2	–	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-2312УХЛ4		2	–	–	1	1	–	
ЩЭ-2313УХЛ4		1	1	–	1	1	1	
ЩЭ-2314УХЛ4		1	1	–	1	1	–	
ЩЭ-2401УХЛ4	4	2	1	–	1	1	1	950×900×140
ЩЭ-2402УХЛ4		2	1	–	1	1	–	
ЩЭ-2403УХЛ4		1	2	–	1	1	1	
ЩЭ-2404УХЛ4		1	2	–	1	1	–	
ЩЭ-2405УХЛ4		2	–	1	1	1	1	
ЩЭ-2406УХЛ4		2	–	1	1	1	–	
ЩЭ-2411УХЛ4		2	–	–	1	1	1	
ЩЭ-2412УХЛ4		2	–	–	1	1	–	
ЩЭ-2413УХЛ4		1	1	–	1	1	1	
ЩЭ-2414УХЛ4		1	1	–	1	1	–	

Щитки имеют нулевые защитную (PE) и рабочую (N) шины. Номинальный режим работы щитков — продолжительный. Щитки ЩЭ устанавливают в специальной нише на лестничной площадке и укрепляют при помощи четырех распорных болтов, имеющихся в корпусе. Провода стояка магистральной питающей сети могут прокладываться как до, так и после установки щитка. Установленный срок службы до замены щитков составляет не менее 25 лет, при этом в течение данного периода могут заменяться аппараты и провода.

Щитки квартирные серии ЩК

Щитки серии ЩК предназначены для распределения и учета электроэнергии, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях в сетях переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. Их устанавливают в квартирах, индивидуальных домах, дачах и т. п. Квартирный щиток представляет собой металлический щит или металлическую панель. Конструкция щитка предусматривает защитную панель, закрывающую аппараты.

Щитки классифицируются:

- *По исполнению, относящемуся к виду установки*:
  - настенное (ЩКН, в пластмассовом или металлическом корпусах);
  - встраиваемое в нишу (ЩКУ, в металлическом корпусе).
- *По способу защиты от поражения электрическим током*:
  - класс 1;
  - класс 2.
- *По числу фаз ввода в квартиру*:
  - однофазный при $P_р \le 11$ кВт ($P_р$ — расчетная мощность на вводе квартиры);
  - трехфазный при $P_р > 11$ кВт и наличии трехфазных токоприемников.

Щитки изготавливают двух видов:

- групповые — для присоединения групповых цепей;
- учетно-групповые — для присоединения групповых цепей и учета электроэнергии.

Степень защиты щитков ЩК и ЩЭ при закрытых дверях — IP31, при открытых — IP20 (**http://www.mrmz.ru/ /electro/el_shit/shk/shk.htm**). Щитки ЩЭ и ЩК соответствуют требованиям ГОСТ Р 50571 и устанавливаются в закрытых помещениях в местах присоединения электропроводки к питающей сети типа TN-C. Типовое исполнение щитков серии ЩК приведено в табл. 2.2, а структура их условного обозначения — на рис. 2.3.

Таблица 2.2. *Типовое исполнение щитков серии ЩК*

Тип	Тип и число аппаратов на квартиру						Число счетчиков	Размеры ниши, мм
	Тип и число отходящих групп				Аппараты на вводе			
	Авт. выключ.		Предохранители		Авт. выключ.	УЗО		
	16 А	25 А	16 А	25 А				
ЩК1101	2	1	–	–	1	–	1	–
ЩК1102	2	1	–	–	–	–	1	
ЩК1105	1	2	–	–	1	–	1	
ЩК1106	1	2	–	–	–	–	1	
ЩК1140	2	2	–	–	–	1	1	
ЩК1201	–	–	2	1	1	–	1	–
ЩК1202	–	–	2	1	–	1	1	
ЩК1205	–	–	1	2	1	–	1	
ЩК1206	–	–	1	2	–	–	1	
ЩК2101	2	1	–	–	1	–	1	500×280×130
ЩК2105	1	2	–	–	1	–	1	
ЩК2140	2	2	–	–	–	1	1	
ЩК2201	–	–	1	2	1	–	1	
ЩК2205	–	–	1	2	1	–	1	
ЩК3101	2	1	–	–	1	–	1	
ЩК3140	2	2	–	–	–	1	1	–

Масса щитка ЩК1101 — 3,2 кг; ЩК1101-01 — 3,0 кг; ЩК2101 — 4,6 кг; ЩК2101-01 — 4,4 кг.

Рис. 2.3. Структура условного обозначения щитков серии ЩК

Учетно-распределительные квартирные щитки бывают с отключающим аппаратом на вводе и без него. Щитки можно использовать в электрических сетях всех типов (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT) при различных вариантах расположения нулевых рабочего и защитного проводников для защиты от поражения электрическим током при эксплуатации.

В зависимости от конструктивного исполнения щитки могут устанавливаться как на стене, так и в нише. Габаритные и присоединительные размеры щитков серии ЩК приведены на рис. 2.4.

Типовые электрические схемы щитков серии ЩК по ГОСТ Р51628-2000 приведены в *приложении 2.1*.

Установленная безотказная наработка щитков — не менее 9000 ч, срок службы — 25 лет с возможной заменой отдельных комплектующих частей щитка.

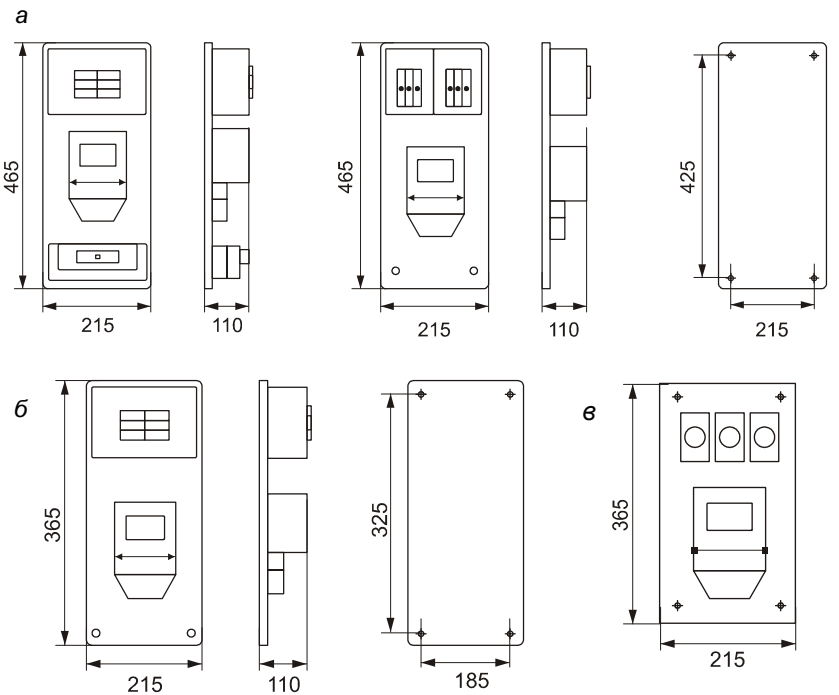


Рис. 2.4. Габаритные и присоединительные размеры щитков серии ЩК:
а — ЩК-1101А УХЛ4, ЩК-1105А УХЛ4, ЩК-1140А УХЛ4;
б — ЩК-1102А УХЛ4, ЩК-1106А УХЛ4;
в — ЩК-1201А УХЛ4, ЩК-1205А УХЛ4

2.1.2. Устройства защитного отключения (УЗО)

Единственный принятый во всем мире «активный» способ обезопасить людей при случайном прикосновении человека к токоведущим частям и оборудованию от токов замыкания на землю (токов утечки) — мгновенное отключение сети устройством дифференциального тока. В России действуют четыре ГОСТа, оговаривающие установку устройств защитного отключения (УЗО). Однако обязательность применения УЗО в общегосударственном масштабе до сих пор нигде не прописана.

В 1994 г. Главгосэнергонадзор РФ повысил требования безопасности при эксплуатации электросетей и электрооборудования в жилых и общественных зданиях и внес изменения в Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Многие пожары возникают из-за возгорания электропроводки. Их можно предотвратить, если пользователи электроустановок будут иметь УЗО, которое дополняет защитные свойства предохранителей, реагируя на ток утечки, а не на перегрузку или короткое замыкание. Следует помнить, что только УЗО реально может обезопасить человека при соприкосновении с оголенным проводом [2, 3]. Отметим, что в настоящее время устройство защитного отключения в соответствии с новым стандартом называется *выключателем дифференциального тока* (ВДТ).

УЗО предназначено для отключения электрической сети при поражении человека током. Оно отслеживает утечку, которую создаст ток, протекающий через тело человека (рис. 2.5).

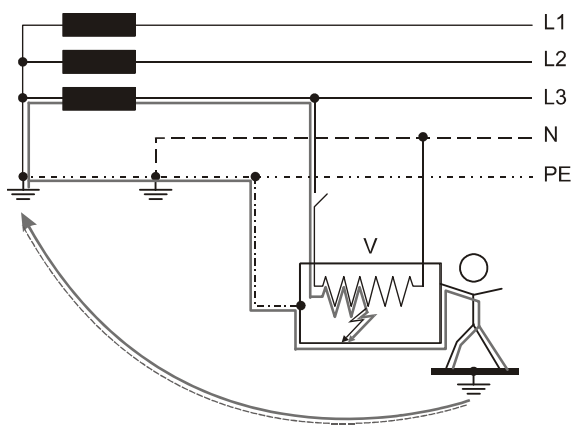


Рис. 2.5. Устройство защитного отключения (УЗО) электрической сети при поражении человека током

Величины утечки тока, которые должно идентифицировать такое устройство, приведены в табл. 2.3. Основываясь на этих данных, в соответствии с МЭК 1008/EN 61008, например, концерн ABB (г. Москва, компания «ИКМ», дистрибьютор фирмы

ABB) производит УЗО со срабатыванием при токе утечки 10, 30 и 300 мА. На нашем рынке, помимо шведско-швейцарского концерна ABB, сегодня широко представлены и другие зарубежные производители бытовых УЗО, например, французские фирмы Legrand и Schneider Electric, немецкие компании Siemens и Kopp, а также немецкая фирма «Мюллер», поглотившая компанию Felten Guilleaume (F&G).

Таблица 2.3. *Величины токов, протекающих через человека, и их действие*

Ток через тело человека, мА	Ощущение	Результат
0,5	Не ощущается. Слабые ощущения: — языком, — кончиками пальцев, — через рану	Безопасно
3	Ощущение, близкое к муравьиному укусу	Не опасно
15	Если взялись за проводник, то невозможность отпустить его	Неприятно, но не опасно
40	Судороги тела и диафрагмы	Опасность удушья в течение нескольких минут
80	Вибрация желудочка сердца	Очень опасно, приводит к достаточно быстрой смерти

Из нескольких принципов построения защитного отключения в сети с заземленной нейтралью был выбран наиболее универсальный — контроль тока утечки в землю с фазных проводов через поврежденную изоляцию. Этот ток принято называть *дифференциальным*. Основные преимущества защитного отключения на дифференциальном токе:

- избирательность действия (аппараты, реализующие этот принцип, реагируют на дифференциальный ток в зоне нагрузки);

- отсутствие гальванической связи реагирующего органа (дифференциального трансформатора тока) с контролируемой электрической цепью;
- возможность получения высокой чувствительности и помехоустойчивости;
- высокое быстродействие.

Принцип работы УЗО основан на правиле сложения токов в узле и законе индукции. Схематически работа УЗО проиллюстрирована на рис. 2.6. Фаза и нейтраль проходят через тороидальный сердечник так, что наводимые ими в торе поля имеют противоположные направления. Когда ток утечки отсутствует в цепи, эти поля компенсируют друг друга. Если же возникает утечка, как это показано на рис. 2.6, то в обмотке тора начинает течь ток, при этом токи, текущие по нейтрали и по фазе, по величине не равны.

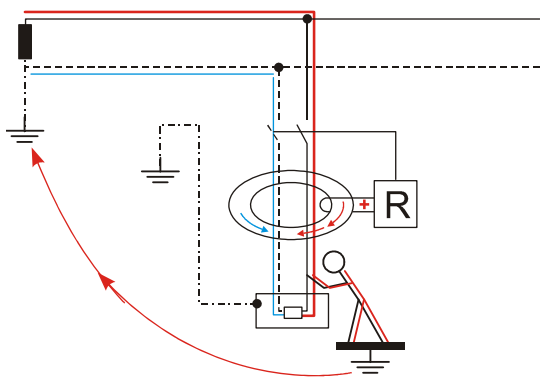


Рис. 2.6. Принцип действия УЗО

Эту разность в электромеханическом устройстве оценивает реле разностного тока R (рис. 2.7). При превышении определенного порога реле прерывает цепь.

Работа реле разностного тока основана на законе индукции. В обычном состоянии якорь находится в равновесии и удерживается магнитным полем постоянного магнита. При утечке ток, на-

водимый в катушке тороида, протекает через катушку реле разностного тока и наводит в сердечнике поле, компенсирующее постоянное поле магнита реле. В результате пружина приводит к срабатыванию расцепителя.

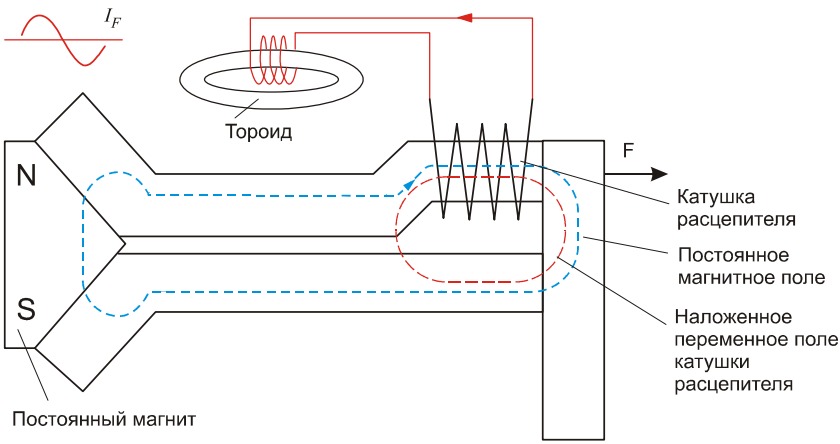


Рис. 2.7. Реле разностного тока (R)

Примечание. Следует заметить, что к такому реле предъявляются высокие требования по чувствительности. Реле разностного тока, встроенное в УЗО, например, производства компании ABB, срабатывает при превышении мощности на 0,000025 Вт!

Встраивать в свои изделия устройства столь высокой чувствительности могут далеко не все производители. Все остальные элементы качественных УЗО тоже необходимо выполнять с высокой точностью. К тому же вероятность срабатывания УЗО в определенных ситуациях должна быть 100%.

В соответствии с классификацией различают УЗО двух типов: «AC» (рис. 2.8) и «A» (рис. 2.9). УЗО первого типа срабатывают при внезапном возникновении или медленном увеличении разностного синусоидального тока, а второго типа — при возникновении (увеличении) синусоидального или пульсирующего тока.

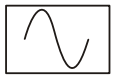


Рис. 2.8. Обозначение УЗО типа «АС» **Рис. 2.9.** Обозначение УЗО типа «А»

Схема измерения разности токов в УЗО типа «А» сложнее, поэтому они на 20—50% дороже по сравнению с «АС». Область применения УЗО типа «А» шире: оно надежнее срабатывает при искажении синусоиды переменного тока из-за работы бытовых устройств. Дело в том, что оборудование, включающее электронные компоненты (например, компьютеры, копиры или факсы), при пробое изоляции на землю может создавать несинусоидальные, однонаправленные постоянные пульсирующие токи. В этом случае изменение индукции, вызываемое пульсирующим однонаправленным постоянным током в дифференциальном трансформаторе (реле разностного тока) стандартного типа «АС», имеет небольшую величину, энергии которой недостаточно для размыкания контактов выключателя. В таких случаях следует использовать УЗО типа «А», которое снабжено магнитным тороидом с низкой величиной остаточной индукции в электрической цепи вторичной обмотки трансформатора. Иногда применение УЗО типа «А» особо оговаривается в инструкции по эксплуатации бытовых электроустройств (например, стиральных и посудомоечных машин и других мощных электроприборов).

Укажем наиболее типичные ошибки при использовании УЗО, которые вызывают ложное срабатывание:

- перепутаны нейтрали двух УЗО (рис. 2.10);
- параллельное соединение нейтралей (рис. 2.11);
- соединение питания на линии и нагрузке, т. е. неправильное подключение провода нейтрали к устройству (рис. 2.12);
- соединение N и PE, т.е. дополнительное соединение N и PE внутри розетки SV (рис. 2.13).

В быту УЗО оказывается полезным в случаях повреждения изоляции проводов в электроприборах, при неосторожном обращении с электропроводкой или электроприборами, т. е. когда часть тока не возвращается в УЗО, другими словами, происходит «утечка тока».

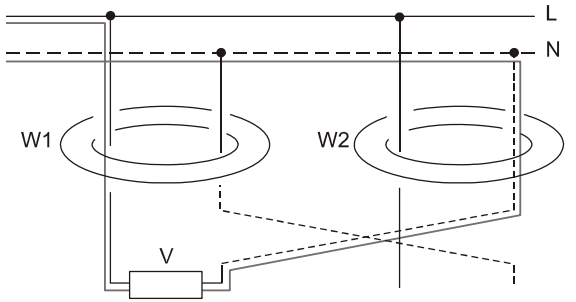


Рис. 2.10. Перепутаны нейтрали двух УЗО

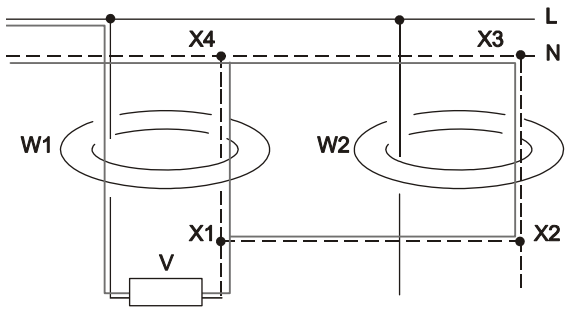


Рис. 2.11. Параллельное соединение нейтралей

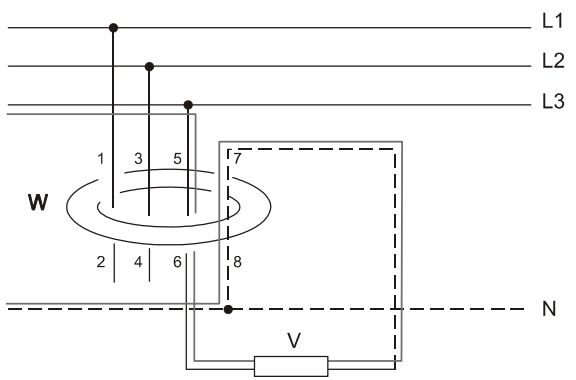


Рис. 2.12. Соединение питания на линии и нагрузке, т. е. неправильное подключение провода нейтрали к устройству

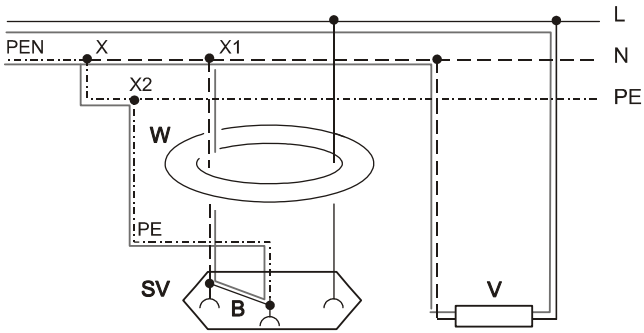


Рис. 2.13. Соединение N и PE
(дополнительное соединение N и PE внутри розетки SV)

Например, если внутри стиральной машины повреждена изоляция на фазном проводе, и он замкнулся на корпус, УЗО тут же отключит электричество, т. к. ток, ушедший в квартиру по фазному проводу, не вернулся в УЗО. В данном случае ток с корпуса машины по проводу заземления вернулся в щиток, минуя УЗО, которое и отреагировало на разницу между входящим и исходящим токами.

Установка УЗО нецелесообразна в квартире со старой ветхой проводкой, т. к. велика вероятность спонтанного срабатывания. В данном случае УЗО лучше не ставить в цепь электроснабжения всей квартиры, а установить розетки со встроенными УЗО. Бытовые УЗО, реагирующие на токи утечки силой 30 мА в течение 0,03 с, отключают электричество при прикосновении человека к токоведущим частям. По конструкции различают электромеханические и электронные УЗО. Первым не требуется никакого питания. Для их срабатывания достаточно, чтобы появился дифференциальный ток. Во вторых присутствует электронная схема, и для ее функционирования нужна энергия, получаемая либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника. Электромеханические приборы надежнее, и они продолжают выполнять защитные функции даже при обрыве проводников. Поэтому при выборе УЗО преимущество следует отдать электромеханическим устройствам как более надежным в сравнении с электронными.

Аппараты с УЗО за 30–40 мс способны отключить опасный участок электрической сети и тем самым сохранить жизнь и здоровье людей. Покупая УЗО, нужно опасаться подделок и низкопробных имитаций продукции надежных фирм. Если в вашем доме установлено УЗО от Schneider Electric или от ее дочерней фирмы Merlin Gerin, посмотрите на лицевую сторону прибора. На его корпусе должна быть фирменная оранжевая полоска. Наличие на ней надписи «С 45» означает, что прибор сделан в Китае. После разработки во Франции новой серии модульной аппаратуры С 60 завод, производящий старую серию С 45, был продан в Китай с условием, что продукцию не будут вывозить за его пределы. Невзирая на это, китайцы наладили массовое производство не только на промышленных предприятиях, но и на многочисленных подпольных фабриках и сегодня продают с огромным успехом нашим «электрочелнокам» свои изделия килограммами. Выбор такого прибора не только пустая трата денег, но и лишний шанс подвергнуть жилище испытанию огнем.

Заметим, что кроме УЗО, устанавливаемых на распределительном щитке, можно встретить электророзетки со встроенным УЗО. Эти устройства бывают двух видов: первые устанавливают на место существующей розетки, вторые подсоединяют к имеющейся розетке, куда затем включают вилку от электроприбора.

К преимуществам данных устройств можно отнести отсутствие необходимости замены в домах старой застройки электропроводки, а к недостаткам — высокую стоимость (розетки со встроенным УЗО обойдутся примерно в три раза дороже, чем УЗО, устанавливаемые на распределительный щит). Другой вид устройств со встроенным УЗО — так называемая УЗО-вилка.

2.1.3. Квартирные электрощитки с УЗО

ОАО «Омский завод "Автоматика"» (**zavt@omsknet.ru**) выпускает квартирные щитки с устройством защитного отключения, которые предназначены для установки в квартирах и индивидуальных жилых домах, коттеджах, дачных и садовых домиках, в магазинах, торговых павильонах, кафе и киосках, в будках, фургонах, гаражах и других зданиях (рис. 2.14).

Рис. 2.14. Щиток квартирный с устройством защитного отключения производства завода «Автоматика» (г. Омск)

Щиток осуществляет:

- ввод, учет и распределение электроэнергии;
- защиту электропроводки от перегрузок и короткого замыкания;
- защиту людей от поражения электрическим током;
- защиту имущества от пожара.

Корпус щитка изготовлен из пластика марки АВС. Щиток монтируется на стене или в нише, ввод однофазный. Сеть с глухозаземленной нейтралью трансформатора, напряжение — 220 В, частота — 50 Гц.

Устройство защитного отключения (УЗО) — двухполюсное, 40 А, 220 В, с установкой срабатывания по току утечки на землю 30 мА.

В квартирный щиток встроен электронный однофазный счетчик учета электроэнергии — одно- или двухтарифный типа ЦЭ 6807Е(-П), выпускаемый заводом «Автоматика» (г. Омск). Аппараты защиты сетей — автоматические однополюсные (два на 16 А, один на 40 А). Щиток оснащен встроенным запорным замком. Габариты щитка: 95×304×350 мм, масса — 3,3 кг.

Щиток комплектуется корпусом, в который могут устанавливаться (рис. 2.15) следующие приборы:

- электронные счетчики типа ЦЭ-6807 (Мытищи, Омск, Ставрополь), СОЭБ-1,2 (Красноярск), ЭЭ-8003 (Витебск);

- устройства переключения тарифов типа УПТ-12/100 (Мытищи) и ЦН-6802 («Энергомера», г. Ставрополь);
- теплосчетчики типа ТСШ (Томск);
- дополнительные УЗО и автоматы под DIN-рейку (3–8 шт.) или другая низковольтная аппаратура (кнопки, таймеры, лампы);
- замок (и 2 ключа к нему).

Корпус щитка можно использовать как бокс под автоматы (до 23-х модулей).

Рис. 2.15. Комплектация квартирного щитка с устройством защитного отключения производства ОАО «Омский завод "Автоматика"»

2.2. Квартирный электросчетчик

2.2.1. Разновидности электросчетчиков

Электрическое напряжение, подаваемое с местной электроподстанции, понижается до определенной величины и только после этого оказывается в распределительной сети. В квартиры и загородные дома вводится напряжение 220 В. Для учета общего расхода электрической энергии, получаемой отдельными потребителями от электрической станции или отдаваемой электрической станцией в сеть, используют электросчетчики.

Счетчики бывают электродинамическими, индукционными и электронными, однофазными и трехфазными, однотарифными и многотарифными. Вводимые в квартиру электрические провода подсоединяют к входу счетчика. Выход электрического счетчика является началом внутренней квартирной электропроводки. Панель со счетчиком и предохранителями должна быть закреплена на высоте 1,3–1,7 м от уровня пола.

В настоящее время в жилом фонде в эксплуатации находятся главным образом два типа электросчетчиков: индукционные и электронные. При этом индукционные счетчики доминируют, т. к. их устанавливали повсеместно вплоть до середины 1990-х гг. Сейчас подобные счетчики морально и физически устарели. Большинство этих приборов не обеспечивают требуемой точности учета и не рассчитаны на современный уровень потребления электроэнергии. Их функциональные возможности ограничены: отсутствует двухтарифный учет энергии, невозможен дистанционный съем показаний прибора. В связи с этим в настоящее время во всех вводимых в эксплуатацию домах устанавливают только электронные приборы учета.

Сегодня в области производства электросчетчиков лидируют такие производители, как ЛЭМЗ (Санкт-Петербург) [4], МЗЭП (Москва), МЭТЗ (Мытищи), концерн «Энергомера» (Ставрополь). Появились новые фирмы, выпускающие электромеханические (индукционные) счетчики: Саранский приборостроительный завод, «Сибирские приборы и системы» (Омск), «Контактор» (Ульяновск) и другие. География же производителей электронных счетчиков намного шире: их сегодня выпускают в Нижнем Новгороде, Москве, Уфе, Курске, Томске, Красноярске, Перми, Санкт-Петербурге и других городах.

Выбор электросчетчиков очень большой. Каждый из них имеет свои особые характеристики, разный набор функциональных возможностей, бóльшая часть которых интересна лишь специалистам. Для потребителя важны два параметра: класс точности и тарифность.

Покупать электросчетчик лучше в той энергетической компании, которая предлагает современные приборы по ценам производителя с предоставлением заводской гарантии до трех лет. Иногда бывает, что недобросовестные продавцы реализуют элек-

тросчетчики, не внесенные в Госреестр РФ (см. табл. 2.4), с просроченными сроками госповерки, скрытыми дефектами, которые проявляются только в процессе эксплуатации. Типичные неисправности — самоход (т. е. прибор продолжает считать электроэнергию при отсутствии реального потребления), а также завышение реального расхода. При покупке электросчетчиков на рынке потребителю зачастую не к кому предъявить претензии, и он вынужден нести дополнительные затраты на ремонт и поверку прибора.

Таблица 2.4. *Перечень приборов учета электрической энергии, рекомендованных для расчетов с бытовыми потребителями*

№ п/п	Тип электросчетчика	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Тарифность*	Завод-изготовитель	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1. Электросчетчики со встроенным тарификатором						
1.1. Однофазные						
1	Меркурий 200.02	220	5–50	М	Холдинг «ИНКОТЕКС» (Москва)	Жидкокристаллический индикатор (ЖКИ)
2	СОЭТ-1	220	5 (50)	4	МЭТЗ	То же
3	СЭО-2А.01.0	220	5 (50)	1–4	З-д им. Фрунзе (Н. Новгород)	То же
4	СЭБ-2А.00.2	220	5 (50)	2	То же	Отсчетное устройство барабанного типа (ОУБТ)
5	СЭБ-2А.01.2	220	5 (50)	3	То же	ЖКИ
6	СЭТ1-4а	220	5–50	4	ГРПЗ	То же
7	ЦЭ6827	220	5–60	2	ОАО «Концерн "Энергомера"» (Ставрополь)	ЖКИ, оптопорт

***Таблица 2.4** (продолжение)*

1	2	3	4	5	6	7
1. Электросчетчики со встроенным тарификатором						
1.2. Трехфазные						
8	СЭТАМ 005-01	380/220	5–7,5	3	МЭТЗ	ЖКИ
9	СЭТАМ 005-02	380/220	5–50	3	То же	То же
10	СЭТАМ 005-03	380/220	10–100	3	То же	То же
11	ПСЧ-3ТА.00.2	380/220	5 (50)	2	З-д им. Фрунзе (Н. Новгород)	ОУБТ
12	ПСЧ-3ТА.03.1	380/220	5 (50)	3	То же	ЖКИ
13	ЕвроАльфаЕА 10Т-4	80–440	5–7,5	М	ООО «АББ ВЭИ Метроника»	То же
14	Альфа (Плюс)А2Т-4П	80–440	5–10; 40;150	М	То же	То же
15	ЕвроАльфаЕА 10L-B-4	80–440	5–7,5	М	То же	То же
16	ЦЭ6828	220/(380)	1–7,5; 5–50; 10–100	2	ОАО «Концерн "Энергомера"» (Ставрополь)	ЖКИ, оптопорт
17	ЦЭ6850	57,7/100; 220/(380)	1–1,5; 5–7,5	2	То же	То же
18	ЦЭ6822	220/(380)	5–50; 10–100	3	То же	ЖКИ
19	ЦЭ6823	220/(380)	1–1,5; 5–50; 10–100	4	То же	То же
2. Электросчетчики с переключением тарифа от УПТ						
2.1. Однофазные						
20	СЭБ-2	220	5–50	2	З-д им. Фрунзе (Н. Новгород)	ОУБТ
21	ЦЭ6807Б-2	220	5–50	2	МЭТЗ	То же
22	СОЭ-5	220	5–40	2	МЗЭП	ЖКИ
23	СЭТ -2	220	5 (50)	2	ГРПЗ	ОУБТ

Таблица 2.4 *(окончание)*

1	2	3	4	5	6	7
2. Электросчетчики с переключением тарифа от УПТ						
2.2. Трехфазные						
24	Дельта DAN 28	220	1,5 (6)	М	ООО «АББ ВЭИ Метроника»	ЖКИ
25	Дельта DAN 29	220	5–65	М	То же	То же
26	СЭТ4-2	380/220	5–60	2	МЭТЗ	ОУБТ
27	СЭТ4-2/1	380/220	5–7,5	2	То же	То же
28	СЭТ4-2/2	380/220	10–100	2	То же	То же
29	СЭТ3а-02Т-16	380/220	1–6	2	ГРПЗ	То же
30	СЭТ3а-02Т-17	380/220	5–50	2	То же	То же
31	СЭТ3а-02Т-18	380/220	5–50	2	То же	То же
32	СЭТ3а-02Т-19	380/220	10–50	2	То же	То же
33	ПСЧ-3Т	380/220	5 (50)	2	З-д им. Фрунзе (Н. Новгород)	То же
34	Дельта DAN 21	380/220	1,5 (6)	М	ООО «АББ ВЭИ Метроника»	ЖКИ

* 1–4 — одно- ... четырехтарифный, М — многотарифный

Кроме отсутствия самохода, к счетчику предъявляется требование наличия *чувствительности*, которая определяется наименьшим значением тока (в процентах от номинального) при номинальном напряжении и $\cos\varphi = 1$, который вызывает вращение диска без остановки. При этом допускается одновременное перемещение не более двух роликов счетного механизма. Порог чувствительности не должен превышать:

- 0,3% — для счетчиков класса точности 0,5;
- 0,4% — для класса точности 1,0;
- 0,46% — для однофазных счетчиков класса точности 2,0;
- 0,5% — для трехфазных счетчиков классов точности 1,5 и 2,0.

Порог чувствительности счетчиков класса точности 0,5, снабженных стопором обратного хода, не должен составлять более 0,4% номинального тока.

2.2.2. Класс точности

На практике из-за недостатков конструкции приборов определенного типа и случайных факторов счетчик фактически выдает показание, отличное от реального. Это и есть абсолютная погрешность счетчика, которая выражается в тех же величинах, что и измеряемая (кВт·ч). Отношение абсолютной погрешности счетчика к действительному значению измеряемой энергии называется относительной погрешностью счетчика (в процентах). Наибольшая допустимая относительная погрешность, выраженная в процентах, называется класс точности — основной технический параметр электросчетчика, который указывает на уровень погрешности измерений прибора. До середины 1990-х гг. все устанавливаемые в жилых домах счетчики имели класс точности 2,5 (т. е. их максимально допустимая погрешность составляла 2,5%). В 1996 г. был введен новый стандарт точности приборов учета, используемых в бытовом секторе, — 2,0. Именно это стало толчком к повсеместной замене индукционных счетчиков на электронные с классом точности 2,0.

На этот факт нужно обращать внимание при покупке электросчетчика. На его лицевой панели должна стоять в кружке цифра «2». Это и есть обозначение класса точности.

Следует учесть, что класс точности устанавливается для нормальных условий работы счетчика: прямое чередование фаз, равномерность и симметричность нагрузки, синусоидальность тока и напряжения, номинальная частота (50 Гц ± 0,5%), номинальное напряжение (отклонение до 1%), номинальная нагрузка, $\cos\varphi = 1$ (для счетчиков активной энергии) или $\sin\varphi = 1$ (реактивной энергии), температура окружающего воздуха, отсутствие внешних магнитных полей (не более 0,5 мТл), вертикальное расположение счетчика (отклонение от вертикали не более 1%). Все перечисленные условия работы по-разному влияют на погрешность счетчика и пренебрегать ими нельзя.

2.2.3. Тарифность

До недавнего времени все электросчетчики, применяемые в быту, были однотарифными, т. е. учитывали электрическую энергию по одной-единственной ставке. Функциональные возможности современных электронных счетчиков позволяют вести учет электроэнергии по зонам суток и даже по временам года. Например, жителям Москвы и Московской области доступна только двухтарифная система расчетов. Региональные энергетические комиссии обоих регионов разделили сутки на две тарифные зоны с отдельной ставкой: день (с 7:00 до 23:00) и ночь (с 23:00 до 7:00). При этом ночной тариф значительно ниже дневного, что дает возможность населению сократить расходы на оплату электроэнергии.

Двухтарифная система учета выгодна в равной степени как абонентам, так и энергосистеме. Дело в том, что нагрузка на электростанции в течение суток неравномерна: по утрам и вечерам отмечается пик энергопотребления, а ночью энергетикам приходится резко сокращать выработку энергии. Такая неравномерность графика нагрузки энергосистемы негативно сказывается на техническом состоянии оборудования. Кроме того, в периоды максимумов компания вынуждена задействовать все свои мощности, в том числе те, на которых высока себестоимость производства энергии. Повсеместное распространение среди потребителей двухтарифного учета позволяет энергетическим компаниям значительно снизить производственные издержки, а также отложить на некоторое время ввод новых генерирующих мощностей за счет уменьшения потребления электроэнергии в часы максимума. В недалеком будущем все новые дома на стадии строительства будут оборудованы автоматизированными системами учета электроэнергии, предоставляющими жителям возможность учета потребленной энергии дифференцированно по времени суток. В эту систему будут входить не только двухтарифные счетчики, но и специальная аппаратура, позволяющая программировать приборы и снимать их показания дистанционно.

2.2.4. Индукционные счетчики

Индукционный счетчик используется уже более ста лет, при этом он постоянно совершенствуется и идет в ногу со временем. Конструкция такого счетчика приведена на рис. 2.16. Его основные части: система электромагнитов, алюминиевый диск, счетный механизм, тормозной магнит. Одна из обмоток счетчика (токовая) включается в цепь последовательно, а другая параллельно.

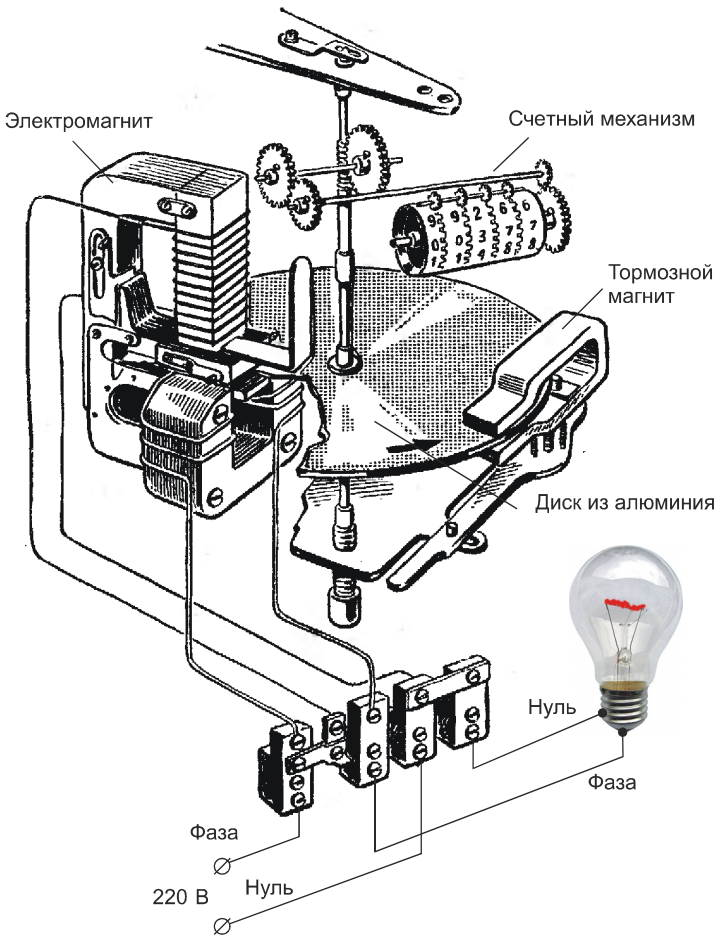


Рис. 2.16. Устройство индукционного счетчика электроэнергии

Переменный ток, проходящий в катушках, создает переменные магнитные потоки, пересекающие алюминиевый диск счетчика и индуктирующие в нем вихревые токи. Взаимодействие магнитных полей и вихревых токов приводит диск во вращение, которое через ось передается счетному механизму, состоящему из системы зубчатых колес с передаточным числом 10. Вместе с зубчатками на оси насажены колесики с цифрами на ободках: 0, 1, 2 ... 9. Ряд этих цифр виден через окошечки, расположенные в одну линию. Как только сменятся все десять цифр в одном окошечке, появится новая, на единицу бóльшая, в ближайшем левом окне и т. д.

При повороте первого справа цифрового колесика на один оборот второе повернется на одно деление (на одну цифру); при повороте на один оборот второго колесика третье повернется также на одно деление и т. д. Таким образом, чтобы крайнее левое колесико повернулось на один оборот, крайнее правое должно сделать 10 000 оборотов. Скорость вращения диска счетчика пропорциональна активной мощности, а число его оборотов — расходу энергии. Исходя из этого важными характеристиками механизма счетчика являются *передаточное число* и так называемая *постоянная счетчика.*

Передаточным числом счетчика называют число оборотов его диска, соответствующее единице измеряемой энергии, и указывают на лицевой панели счетчика, например «1 kWh = 1280 оборотов диска». *Постоянная счетчика* показывает количество единиц электроэнергии, которое счетчик учитывает за один оборот диска. Постоянную счетчика принято определять как количество ватт-секунд, приходящееся на один оборот диска. Иначе говоря, постоянная счетчика равна 36 000 000, деленным на передаточное число счетчика.

Для того чтобы узнать, сколько израсходовано электрической энергии за определенный промежуток времени, нужно записать показания счетчика в начале и конце учитываемого периода (выписывают цифры до запятой, указанной на шкале). Из последних снятых показаний счетчика необходимо вычесть ранее записанные начальные данные. Это и будет количество израсходованной

энергии в киловатт-часах. Тогда, зная для данной местности цену 1 кВт·ч электроэнергии, подсчитывают стоимость израсходованной энергии.

Индукционные счетчики в России выпускают несколько компаний, отметим некоторые из них:

- ОАО «Ленинградский электромеханический завод» (ОАО «ЛЭМЗ»);
- АО «Омский завод "Автоматика"»;
- ОАО «Концерн "Энергомера"» (г. Ставрополь);
- Московский завод электроизмерительных приборов (ОАО МЗЭП).

В *приложении 2.2* приведены модели производимых индукционных счетчиков и их основные характеристики, а также даны их схемы подключения.

В настоящее время на российском рынке электросчетчиков доминируют индукционные. Преобладают конструкции, базирующиеся на разработках 1960–1970-х годов, но модернизированные и с улучшенным дизайном. Основные базовые модели: СО-2, СО-5, СО-И446 (все имеют класс точности 2,5). Новые модели индукционных счетчиков класса точности 2,0: СО-505 (МЗЭП), СО-ИБ (Саранский приборостроительный завод) и СО-ЭЭ6706 (ЛЭМЗ).

Примечание. С 1 июля 1997 г. был прекращен выпуск однофазных индукционных электросчетчиков класса точности 2,5 и осуществлен переход к производству счетчиков исключительно класса точности 2,0. Приказ РАО «ЕЭС России» от 07.08.2000 г. предписывает оснащение ЖКХ современными счетчиками класса 2,0 с высокой перегрузочной способностью (более 30 А). Устаревшие модели могут служить лишь до истечения своего межповерочного интервала (МПИ) и далее подлежат замене.

Период с момента первичной поверки (обычно с даты выпуска) до следующей поверки называется межповерочным интервалом (МПИ). МПИ исчисляется в годах и указывается в паспорте электросчетчика.

2.2.5. Электронные счетчики

Электронные счетчики по сравнению с индукционными точнее и значительно проще в производстве. Для расчета электрической энергии, потребляемой за определенный период времени, необходимо проинтегрировать во времени мгновенные значения активной мощности. Для синусоидального сигнала мощность равна произведению напряжения на ток в сети в данный момент времени. На этом принципе работает любой электронный счетчик электрической энергии [5, 6]. На рис. 2.17 показана блок-схема электромеханического счетчика.

Сложную функцию аналого-цифрового преобразования в цифровом счетчике электрической энергии осуществляют серийно производимые и свободно поставляемые микросхемы, способные перемножать сигналы и представлять полученную величину в удобной для микроконтроллера форме (рис. 2.18). Так можно, например, преобразовать активную мощность в частоту следования импульсов. При этом точность преобразования в широком диапазоне токов может быть в пределах нескольких сотых долей процента. Общее число пришедших импульсов, подсчитываемое микроконтроллером, прямо пропорционально потребляемой электроэнергии.

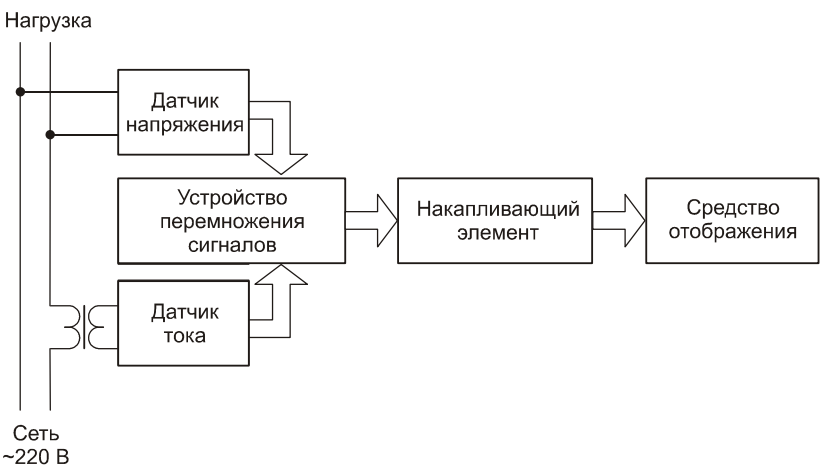


Рис. 2.17. Блок-схема электромеханического счетчика

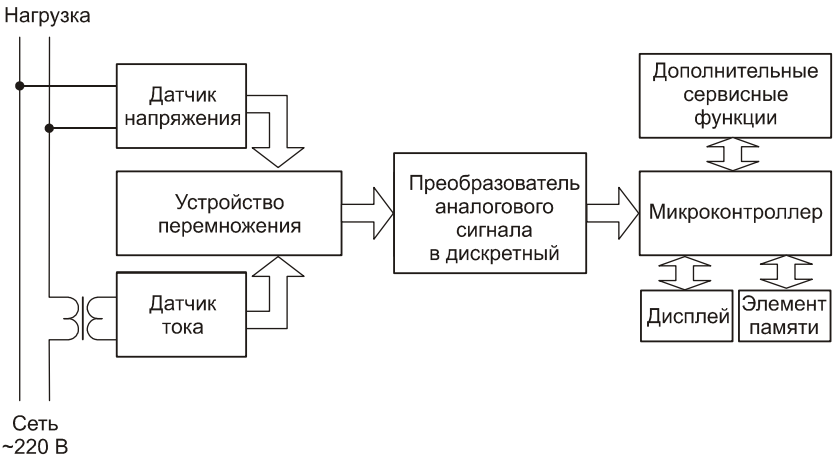


Рис. 2.18. Блок-схема цифрового счетчика

Не менее важную роль играют всевозможные сервисные функции, такие как дистанционный доступ к счетчику, к информации об израсходованной энергии и др. Наличие цифрового дисплея, управляемого от микроконтроллера, позволяет программно устанавливать различные режимы вывода информации, (например, выводить информацию о потребленной энергии за каждый месяц, по различным тарифам и т. д.).

Нестандартные функции (например, согласование уровней) выполняют дополнительные микросхемы. Сейчас начали выпускать специализированные микроконтроллеры, содержащие преобразователи мощности в частоту. Но зачастую они слишком дороги для использования в коммунально-бытовых счетчиках. Поэтому многие мировые производители микроконтроллеров разрабатывают микросхемы специально для такого применения.

Рассмотрим простейший вариант цифрового счетчика на наиболее дешевом (менее 1 долл.) 8-разрядном микроконтроллере Motorola. В представленном решении реализованы все минимально необходимые функции. Оно базируется на недорогой микросхеме преобразователя мощности в частоту импульсов КР1095ПП1 и 8-разрядном микроконтроллере MC68HC05KJ1 (рис. 2.19). При такой структуре микроконтроллеру требуется

суммировать число импульсов, выводить информацию на дисплей и осуществлять ее защиту в различных аварийных режимах. Рассматриваемый прибор фактически представляет собой усовершенствованный цифровой функциональный аналог существующих механических счетчиков.

Сигналы, пропорциональные напряжению и току в сети, снимаются с датчиков и поступают на вход преобразователя, который перемножает входные сигналы, получая мгновенную потребляемую мощность. Этот сигнал поступает на вход микроконтроллера, преобразующего его в ватт-часы и, по мере накопления сигналов, изменяющего показания счетчика. Частые сбои напряжения питания приводят к необходимости сохранять результаты в энергонезависимой памяти EEPROM. Поскольку перебои в питании — наиболее характерная аварийная ситуация, такая защита необходима в любом цифровом счетчике.

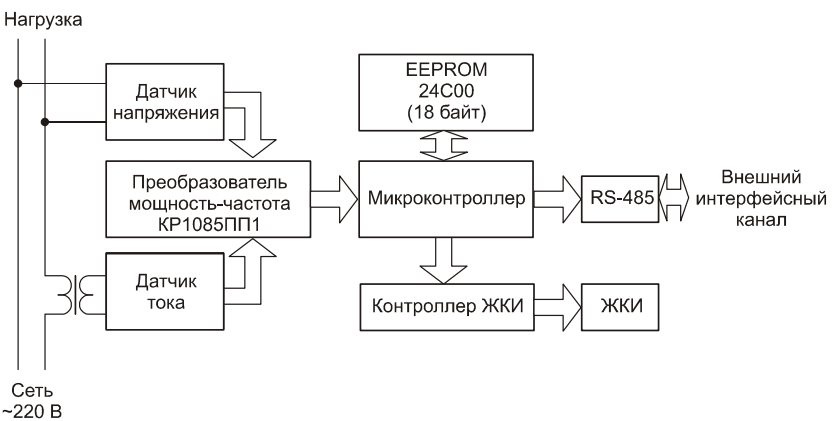


Рис. 2.19. Основные узлы цифрового счетчика

Алгоритм работы простейшего варианта такого счетчика несложен (рис. 2.20). При включении питания микроконтроллер конфигурируется в соответствии с программой, считывает из EEPROM последнее сохраненное значение и выводит его на дисплей. Затем контроллер переходит в режим подсчета импульсов, поступающих от микросхемы преобразователя, и, по мере накопления каждого ватт-часа, увеличивает показания счетчика.

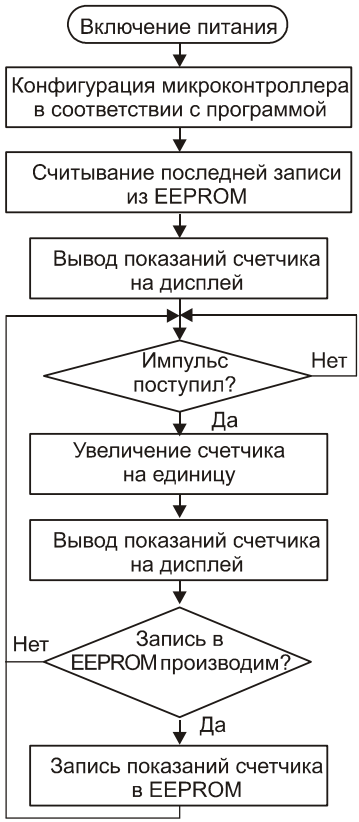


Рис. 2.20. Алгоритм работы простейшего цифрового счетчика

При записи в EEPROM значение накопленной энергии может быть утеряно в момент отключения напряжения. Поэтому запись в EEPROM циклически повторяется через определенное число изменений показаний счетчика (в зависимости от требуемой точности). При появлении напряжения микроконтроллер анализирует все значения в EEPROM и выбирает последнее. Для минимальных потерь достаточно записывать значения с шагом 100 Вт·ч. Эту величину можно менять в программе.

Цифровой вычислитель такого счетчика собран на микросхемах. Основу счетчика составляет микроконтроллер MC68HC05KJ1

фирмы Motorola, выпускаемый в 16-выводном корпусе (DIP SOIC) и имеющий ПЗУ 1,2 Кбайт и ОЗУ 64 байта. Для хранения информации о накопленном количестве энергии при сбоях по питанию служит EEPROM малого объема 24C00 фирмы Microchip. В качестве дисплея используется 8-разрядный 7-сегментный ЖКИ, управляемый любым недорогим контроллером, обменивающийся с центральным микроконтроллером по протоколу SPI или I2C или подключаемый к определенному разъему. К разъему счетчика подключается источник напряжения питания 220 В и нагрузка. С датчиков тока и напряжения сигналы поступают на микросхему преобразователя КР1095ПП1 с оптронной развязкой частотного выхода.

Реализация алгоритма потребовала менее 1 Кбайт памяти и менее половины портов ввода/вывода микроконтроллера MC68HC05KJ1. Его возможностей достаточно, чтобы добавить некоторые сервисные функции, например, объединение счетчиков в сеть по RS-485. Эта функция позволит получать информацию о накопленной энергии в сервисном центре и отключать электричество при отсутствии оплаты. Сетью из таких счетчиков можно оборудовать многоэтажный дом. Все показания по сети будут передаваться в диспетчерский центр.

Определенный интерес представляет собой семейство 8-разрядных микроконтроллеров с расположенной на кристалле Flash-памятью. Поскольку его можно программировать непосредственно на собранной плате, обеспечивается защищенность программного кода и возможность обновления ПО без монтажных работ.

Интересен еще один вариант счетчика электроэнергии без внешней EEPROM и дорогостоящей энергонезависимой ОЗУ. В нем можно при аварийных ситуациях фиксировать показания и служебную информацию во внутреннюю Flash-память микроконтроллера. Это к тому же обеспечивает конфиденциальность информации, что нельзя сделать при использовании внешнего кристалла, не защищенного от несанкционированного доступа. Такие счетчики электроэнергии, основанные на микроконтроллере Motorola семейства HC08 с Flash-памятью, расположенной на кристалле, бывают любой сложности.

Переход на цифровые автоматические системы учета электроэнергии и контроля — вопрос времени. Преимущества их очевидны, а цена будет уменьшаться. И выполненный даже на простейшем микроконтроллере такой счетчик электроэнергии имеет очевидные преимущества: надежность за счет полного отсутствия трущихся элементов, компактность, возможность изготовления корпуса с учетом интерьера современных жилых домов, увеличение периода поверок в несколько раз, ремонтопригодность и простота в эксплуатации. При небольших дополнительных аппаратных и программных затратах даже самый простой цифровой счетчик может обладать рядом сервисных функций, отсутствующих у всех механических (например, реализация многотарифной оплаты за потребляемую энергию, возможность автоматизированного учета и контроля потребляемой электроэнергии).

2.2.6. Некоторые модели цифровых счетчиков

Электронные счетчики представляют собой новое поколение приборов для учета активной энергии в однофазных и трехфазных сетях с частотой 50 Гц [4, 7]. На рис. 2.21 и 2.22 представлены счетчики Ленинградского электромеханического завода (ЛЭМЗ, г. Санкт-Петербург). Счетчики оснащены ЖК-дисплеем, последовательно отображающим в автоматическом режиме потребляемую энергию по каждому из тарифов (в киловатт-часах), текущую мощность (в ваттах), текущее время и дату, а также другие характеристики в зависимости от конструкции счетчика. При отсутствии напряжения в сети данные по учету электроэнергии сохраняются в энергонезависимой памяти, а непрерывный ход встроенного таймера обеспечивают литиевые источники питания. Некоторые модели электронных счетчиков, например, ЦЭ-2727М, могут обмениваться информацией с внешними устройствами обработки данных по интерфейсу RS-232 или RS-485. Имеются модели со встроенными модемами для передачи данных по силовым сетям.

Рис. 2.21. Электронный счетчик электроэнергии ЦЭ-2726 (ЛЭМЗ, г. Санкт-Петербург)

Рис. 2.22. Электронный счетчик электроэнергии ЦЭ-2727М с телеметрической передачей информации (ЛЭМЗ, г. Санкт-Петербург)

В многотарифных счетчиках переключение тарифов обеспечивают программируемые встроенные часы реального времени. Например, однофазный счетчик ЦЭ-2726 имеет корректировку точности хода внутренних часов, программирование временных границ тарифных зон суток, включая выходные и праздничные дни, которое может осуществляться при помощи программатора границ тарифов ЭВМ (ПГТЭВМ) или специального переносного программирующего устройства. Счетчик имеет стандартный телеметрический выход с передаточным числом 100 имп/(кВт·ч) и может быть использован в автоматической системе коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

Выпускаемые электронные и индукционные счетчики во многих случаях по установочно-присоединительным размерам идентичны. По этим параметрам электронный счетчик ЦЭ-2726 идентичен индукционным СО-2, СО-2М, СО-6, СО-6М, СО-И446, СО-И446М, СО-И449М1, СО-505, СО-ЭЭ6706.

В электронных счетчиках применяют современную элементную базу. Например, трехфазный счетчик ЦЭ-2727 содержит преобразователь мощности в частоту импульсов на базе специализированной КМОП-микросхемы WFD172, PIC-микроконтроллеры фирмы

Microchip, электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство, дисплей на ЖК-индикаторах с драйвером ЖКИ и микросхему часов реального времени.

В *приложении 2.3* приведены основные характеристики моделей электронных счетчиков, производимых в России.

2.2.7. Счетчики электроэнергии семейства «Меркурий»

Счетчики электроэнергии семейства «Меркурий» производит ООО «Фирма "Инкотекс"» (г. Москва, **http://incotexcom.ru/firm.htm**). Сегодня в ассортименте ее продукции насчитывается более 90 моделей счетчиков семейства «Меркурий»: от однофазных бытовых однотарифных счетчиков до счетчиков, предназначенных для учета активной и реактивной электроэнергии в одном или двух направлениях в многотарифном режиме в трех- или четырехпроводных сетях переменного тока (рис. 2.23). Все счетчики могут работать как автономно, так и в составе системы АСКУЭ *(см. приложение П2.3)*.

а *б*

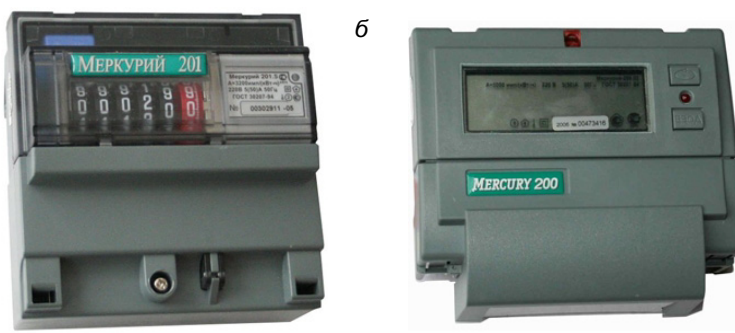


Рис. 2.23. Счетчики электроэнергии:
а — однофазный однотарифный счетчик Меркурий 201.6 10(80)А;
б — однофазный четырехтарифный счетчик Меркурий 200.02 5-60А

Все счетчики семейства «Меркурий» имеют негорючий пластмассовый корпус и современный дизайн. Конструкция счетчиков позволяет их устанавливать как на традиционную панель, так и

на DIN-рейку. Все выпускаемые счетчики имеют четырехкратный метрологический запас по точности измерений, малое собственное энергопотребление и внесены в Государственный реестр средств измерений. Ряд счетчиков, производимых фирмой, обеспечивают не только измерение энергии и параметров сети, но и фиксируют результаты измерений во внутренней памяти, доступ к которой может получить только авторизованное лицо.

Автоматизированная система коммерческого учета энергии и мощности (АСКУЭ) «Меркурий PLC» обеспечивает автоматизированный сбор данных непосредственно от абонентских электросчетчиков по силовой сети 230/400 В. Технические решения, найденные при разработке PLC-модемов, имеют лучшие параметры среди аналогичных систем и защищены международными патентами PCT / RU 2004/000398 и PCT / RU 2004/000390. Характерными особенностями системы являются: очень высокая надежность передачи данных, низкое собственное потребление и малые эксплуатационные расходы, низкая стоимость одной точки учета (примерно в 1,5—2 раза ниже, чем у имеющихся аналогичных систем). Предусмотрена возможность встраивания модемов PLC в любые счетчики для сбора данных об энергопотреблении по силовой сети 230 В.

Для защиты счетчиков от фальсификации показаний используется «электронная пломба», что позволяет в сочетании с некоторыми другими специальными решениями практически полностью исключить несанкционированный доступ к счетчику.

Электронные компоненты для счетчиков приобретаются только у ведущих мировых производителей, хорошо известных специалистам: Texas Instruments, Analog Devices, Epcos, Vishay, Philips. Для поверхностного монтажа используются высокоскоростные линии SMT-монтажа японской компании Juki.

Электросчетчики «Меркурий» сертифицированы РАО ЕЭС России и могут использоваться на любых энергетических объектах без ограничений. В марте 2004 г. система менеджмента качества компании сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9001:2000 и DIN EN ISO 9001:2000 с получением отечественного сертификата в системе ГОСТ Р. В апреле 2006 г. компания была сертифицирована в органе сертификации IQNET.

Электросчетчики фирмы с маркой «Меркурий» сегодня поставляются в десять стран ближнего и дальнего зарубежья. В России покупателями продукции ООО «Фирма Инкотекс» являются крупнейшие энергетические компании: «Мосэнерго», «Ленэнерго», «Донэнерго» и многие другие. Для покупателей счетчиков семейства «Меркурий» создана сеть сервисных и гарантийных представительств по России.

2.2.8. Установка электросчетчика

Следует знать, что электросчетчик можно устанавливать только в том случае, если на него имеется специальный документ, удостоверяющий соответствие реестру, т. е. списку импортных и отечественных приборов, прошедших сертификацию и утвержденных к эксплуатации на территории России.

Счетчик подключают профессиональные электрики [8]. Счетчики крепят на металлических щитках в специальных шкафах. Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитах.

Щиток рекомендуют устанавливать в стороне от возможных механических воздействий (двери, трубы и т. п.). Расстояние от пола до зажимов счетчика должно быть в пределах 0,8–1,7 м («на уровне глаз»), высота установки менее 0,4 м не допускается. Счетчики необходимо размещать в легкодоступных для обслуживания сухих помещениях с температурой в зимнее время не ниже 0 °С. Должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1° (обязательное требование для индукционных счетчиков).

Перед трехфазным счетчиком следует установить какое-либо отключающее устройство. Квартирные щитки типа ЩК-9–ЩК-12 выпускают с резьбовыми предохранителями или автоматическими выключателями типа ПАР. Щитки типа ЩК-13–ЩК-16 оборудованы автоматическими выключателями типа АЕ-10, их монтируют после устройства ввода и выполнения внутренней электропроводки. Провода крепят по схеме, указанной на щитке или в сопроводительной документации. В электропроводке к счетчикам наличие паек не допускается.

Каждый установленный электросчетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя (заводские — на новом приборе; метрологические — после поверки), а на зажимной крышке, снизу — пломбу энергосбытовой организации.

После завершения всех монтажных работ для получения разрешения на подключение необходимо пригласить инспектора энергонадзора, которому следует предъявить следующие документы:

- проект энергоснабжения, согласованный с обслуживающей организацией;
- протоколы проверки изоляции кабелей;
- акты на скрытые работы и заземляющие устройства;
- протоколы замера сопротивления петли «фаза — нуль»;
- протоколы замера сопротивления заземления;
- технические паспорта на электросчетчик и силовое оборудование;
- справку РЭС о соблюдении технических условий.

Инспектор в присутствии домовладельца проверит электропроводку на соответствие ее требованиям «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ, 7-е издание), правильность подключения счетчика, исправность предохранителей и защитных устройств. Далее госповеритель пломбирует корпус счетчика, а представитель энергоснабжающей организации — съемную крышку.

Затем оформляется абонентская книжка и выдается разрешение на подключение к электросети. Только после этого к счетчику можно подключать квартирную электропроводку. Следует добавить, что каждый электросчетчик, старый или новый, имеет свой индивидуальный номер, под которым он находится на учете в абонентском отделе обслуживающей дом энергетической компании.

Если же установленный компанией счетчик по каким-то причинам вам не подошел, и вы хотите поставить другой прибор электроучета, то нужно направить в местное отделение «ЦОП-

энерго» заявление с просьбой о замене электросчетчика. С учетом ваших пожеланий специалисты обслуживающей ваш дом компании подберут подходящий для вашей квартиры или дома прибор, правильно его установят и поставят пломбы. Эта процедура обычно платная, абонент оплачивает стоимость электросчетчика, а также работу по его установке.

Не рекомендуется монтировать новый счетчик самостоятельно. Самовольный демонтаж старого прибора является нарушением договора с энергокомпанией. Сорванная на старом счетчике пломба влечет за собой изменение порядка расчетов: их будут производить не по показаниям нового счетчика, а исходя из энергоемкости электроприборов, находящихся в квартире. Если вы все-таки смонтировали счетчик самостоятельно, обязательно обратитесь в местное отделение «ЦОПэнерго». Специалисты компании примут его в эксплуатацию и снимут начальные показания счетчика. Только после этого расчеты за электрическую энергию будут осуществлять в соответствии с показаниями нового прибора учета. Согласно действующему законодательству, потребление электроэнергии через неисправный или неповеренный электросчетчик расценивается как безучетное пользование электроэнергией со всеми вытекающими последствиями.

Неисправный электросчетчик заменяют, как правило, бесплатно. Для этого достаточно подать соответствующую заявку в обслуживающую ваш дом энергокомпанию, которая и установит вам новый современный электросчетчик, а также снимет его начальные показания, необходимые для правильной организации расчетов.

Замена однотарифного счетчика на двухтарифный во многом аналогична монтажу нового прибора учета. Сначала необходимо подать заявку в местное отделение «ЦОПэнерго». Если вы не имеете задолженности по оплате электрической энергии, специалисты компании установят счетчик, выбранный вами из перечня рекомендованных приборов, и примут его в эксплуатацию. Чтобы в дальнейшем расчеты за потребленную энергию можно было осуществлять по двухтарифной системе, абоненту необходимо заключить с энергокомпанией специальный договор.

2.2.9. Тарифы на электроэнергию

Тарифы на электроэнергию устанавливают энергетические комиссии, существующие во всех регионах России. Их формируют местные органы власти (например, в Москве — мэрия Москвы, в Подмосковье — правительство Московской области), которые и контролируют их работу. Процесс установления тарифов следующий: энергетическая компания, например ОАО «Мосэнерго», отправляет в Региональную энергетическую комиссию (РЭК) заявку, в которой предлагает привести тариф в соответствие с предполагаемыми затратами компании на производство электроэнергии и развитие энергосистемы в следующем году. Заявка включает в себя материалы с соответствующими расчетами, вытекающими из объективной оценки затрат на покупку топлива, транспортные услуги, ремонт и обновление оборудования, выплату заработной платы сотрудникам.

Обоснованность поступивших документов изучают члены РЭК. Помимо сотрудников комиссии требования энергетиков оценивает специальный экспертный совет, в состав которого входят независимые ученые-экономисты. Учитывая рекомендации совета, РЭК выносит свое решение. Для энергетической компании оно носит обязательный характер, именно в соответствии с указанными в решении тарифами энергокомпания продает энергию потребителям. Начиная с 2003 г. тарифы на электроэнергию изменяют раз в год. Широко распространенная ранее практика многократного в течение года изменения тарифа ликвидирована федеральным законодательством.

2.2.10. Расчет потребляемой энергии

При наличии квартирного однофазного индукционного счетчика потребляемую энергию рассчитывают на основе снятых с его шкалы цифровых показаний. Рассмотрим эту процедуру на ряде примеров.

Пример 1. Показания счетчика в начале месяца 10 887 кВт·ч, а в конце — 11 359 кВт·ч (рис. 2.24).

Решение. Израсходовано электроэнергии: 11 359 – 10887 = 472 кВт·ч. Существующий тариф в Санкт-Петербурге при наличии электроплиты (цена 1 кВт·ч электроэнергии) — 1,62 руб/кВт·ч (2009 г.). Сумма, которую нужно внести в кассу за использованную электроэнергию, составит:

$$1{,}62 \text{ руб/кВт·ч} \times 472 \text{ кВт·ч} = 764{,}64 \text{ руб.}$$

Для электрических счетчиков с вращающимся диском количество электрической энергии, потребляемой прибором, можно вычислить исходя из так называемой «постоянной счетчика». Напомним, что количество энергии, приходящейся на один оборот диска, называют постоянной счетчика и обозначают буквой C (указывается прямо на циферблате). Другими словами, постоянная счетчика — это число оборотов якоря, приходящееся на 1 гВт·час или 1 кВт·час учитываемой энергии. Постоянная счетчика C измеряется в ватт-секундах за один оборот якоря (Вт·с/об).

Израсходованная энергия A определяется как произведение количества оборотов n диска на постоянную счетчика C:

$$A = C \cdot n.$$

Рис. 2.24. Пример показаний бытового счетчика электроэнергии

Пример 2. Определить потребляемую мощность электроприбора. Было установлено, что диск счетчика сделал 10 оборотов за 30 с. На шкале счетчика указано, что 1 кВт·ч = 600 оборотов диска.

Решение. 1 кВт·ч = 1000 Вт × 3600 с = 3 600 000 Вт·с. Тогда один оборот диска соответствует работе 3 600 000 Вт·с/600 = 6000 Вт·с, а 10 оборотов — 6000 Вт·с × 10 = 60 000 Вт·с. Потребляемая мощность электроприбора будет следующей:

$$60\,000 \text{ Вт·с}/30 \text{ с} = 2000 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}.$$

Почти на всех электробытовых приборах указана их мощность, что позволяет подсчитать стоимость потребленной электроэнергии. Если известна мощность электроустройства, то можно подсчитать стоимость 1 часа его работы.

Пример 3. Определить, сколько будет стоить 1 час глажения белья электроутюгом мощностью 1500 Вт.

Решение. За 1 час потребляется 1500 Вт·1 ч = 1,5 кВт·ч. Если 1 кВт·ч электроэнергии стоит 1,62 руб. (г. Санкт-Петербург, электрическая плита), то за 1,5 кВт·ч придется заплатить

$$1{,}62 \text{ руб/кВт·ч} \times 1{,}5 \text{ кВт·ч} = 2{,}43 \text{ руб}.$$

Замечание. На шкалах некоторых электросчетчиков иногда встречается надпись не «кВт·ч», а «гВт·ч» (гектоватт·час). 1 гектоватт — это единица мощности, равная 100 ваттам. В этом случае при подсчете израсходованной электроэнергии необходимо перевести гектоватты в киловатты, пользуясь соотношением 1 кВт·ч = 10 гВт·ч или 1 гВт·ч = 0,1 кВт·ч.

2.2.11. Проверка счетчика

Если в домашних условиях возникает необходимость в проверке правильности работы электросчетчика, то для этой цели лучше всего воспользоваться электрическими лампочками. В этом случае поступают так: отключают в квартире все электроприборы и включают в розетку одну или две лампы общей мощностью 75–100 Вт, а потом в течение 5 мин подсчитывают число

оборотов диска по красной черте. Расход энергии лампами определяют по формуле

$$A_1 = \frac{5P}{60},$$

где A_1 — фактический расход электроэнергии, кВт·ч; P — мощность включенных ламп, кВт.

На лампах обычно мощность указана на цоколе в ваттах, поэтому ее нужно перевести в киловатты исходя из того, что 1 кВт = 1000 Вт. Например, 75 Вт = (75/1000) кВт = 0,075 кВт, аналогично 25 Вт = 0,025 кВт. Расход энергии, показанный счетчиком, определяется так:

$$A_2 = \frac{C \cdot N_5}{60},$$

где A_2 — расход электроэнергии, кВт·ч; C — расход электроэнергии, кВт·ч (за время одного оборота диска счетчика); N_5 — число оборотов диска за 5 мин.

Если $A_1 = A_2$, то счетчик работает правильно. Однако у бытовых счетчиков допустима погрешность, не превышающая 4%. Если разница между вычисленными значениями A_1 и A_2 больше 4% ($|A_1 - A_2| > 4\%$), то делают вывод, что показания счетчика неправильны.

Пример 4. В сеть включены две лампы мощностью 55 и 75 Вт. Диск счетчика при контрольном замере сделал за 5 мин 60 оборотов. На щитке счетчика указано, что 1 гВт·ч = 558 оборотам диска, т. е. $C_{сч}$ = 1/558 гВт·ч или 1/5580 кВт·ч. Определить фактический расход электроэнергии, израсходованной на горение ламп.

Решение. Мощность ламп равна: (55 + 75) Вт = 130 Вт = 0,13 кВт. В течение 5 мин эти две лампы должны потребить электроэнергии:

$$A_1 = (5/60) \times 0{,}13 = 0{,}01 \text{ кВт·ч}.$$

Расход энергии, показанный за то же время счетчиком:

$$A_2 = 1/5800 \times 60 = 0{,}01 \text{ кВт·ч},$$

$$A1 = A2.$$

Отсюда вывод: счетчик показывает правильно.

Заметим, что для тех же целей можно воспользоваться и одной лампочкой, например, в 100 Вт (0,1 кВт), включив ее на 1 час. После этого посмотреть показания счетчика и посчитать разницу с первоначальным отсчетом. При этом фактический расход электроэнергии (кВт·ч) в течение 1 часа должен составить 0,1 кВт·ч.

Чтобы электрический счетчик нормально работал длительное время, необходимо придерживаться простых правил по его эксплуатации: не нужно по нему стучать кулаком или молотком, не пытаться поливать его водой, не срывать пломбу и не вскрывать прибор. Помните, что электричество в 220 В не терпит шуток.

Электросчетчик поверяют после 16 лет эксплуатации в метрологической службе. При установке нового электрического счетчика поверять старый прибор не требуется.

2.2.12. Установка контрольного счетчика

Для учета расхода электроэнергии в каждой квартире устанавливается только один счетчик, находящийся под контролем Энергосбыта. Однако в тех случаях, когда в квартире проживает несколько жильцов и каждый из них пользуется различными бытовыми электроприборами, расчет за электроэнергию иногда вызывает затруднения. Поэтому многие жильцы устанавливают в своих комнатах так называемые контрольные счетчики. Такие счетчики не контролируются организациями Энергосбыта, но служат для учета электроэнергии, расходуемой отдельными жильцами, и обеспечивают правильный расчет между ними. Контрольные счетчики продаются в торговой сети как отдельно, так и смонтированные на щитке вместе с пробочными предохранителями. Счетчики рассчитаны на напряжение 220 В и определенную силу электрического тока (5 или 10 А). При наличии мощных бытовых электроприборов следует приобретать счетчик на 10 А.

2.3. Предохранители

2.3.1. Назначение

Рядом с электрическим счетчиком на одной панели обычно располагается распределительный щиток, на котором обязательно предусмотрены предохранительные устройства для защиты различных электроприборов. Иногда на распределительном щитке устанавливают выключатель, позволяющий одновременно отключать электроэнергию во всем доме. Для защиты электрических сетей и электроприборов от перегрузок и коротких замыканий применяют плавкие предохранители или автоматические выключатели. Приборы защиты размыкают электрическую цепь, когда в ней появляется ток большой силы. При отсутствии защиты возможен перегрев проводов электропроводки, возгорание изоляции и возникновение пожара. Основные параметры для выбора плавких предохранителей:

- номинальный ток, при котором предохранитель должен сработать, т. е. перегореть (согласно стандартам UL и CSA);
- характеристика «время — ток» (см. рис. 2.34), представляющая собой зависимость максимального времени срабатывания от тока, протекающего в цепи (в процентах от значения номинального рабочего тока). Время включает период нагрева и плавки рабочего элемента под воздействием конкретного значения тока;
- номинальное напряжение, при котором предохранитель будет гарантированно прерывать цепь в соответствии с выбранным номиналом;
- температура окружающей среды, в которой находится предохранитель.

Помните, что правильный выбор и разумное использование предохранителей позволяет предотвратить выход из строя электроустройств и возникновение пожара.

2.3.2. Автоматические выключатели

На этажных электрощитках в качестве предохранителей устанавливают, в основном, автоматические выключатели (автоматы). Автоматический выключатель (АВВ) — это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для проведения тока в нормальных режимах и для автоматического отключения электроустановок при возникновении токов короткого замыкания и перегрузок, чрезмерного понижения напряжения питания, изменения направления мощности и т. п. [9]. Возможно использование автомата также для нечастых (6–30 раз в сутки) коммутаций номинальных токов нагрузки.

Преимущество автоматических выключателей перед плавкими предохранителями заключается в том, что они действуют многократно, в то время как плавкий предохранитель после срабатывания подлежит замене. Устройство АВВ приведено на рис. 2.25, *а*, общий вид АВВ серии S230 производства московской компании «Крокус-Трейд» (**info@krokus.ru**) — на рис. 2.25, *б*.

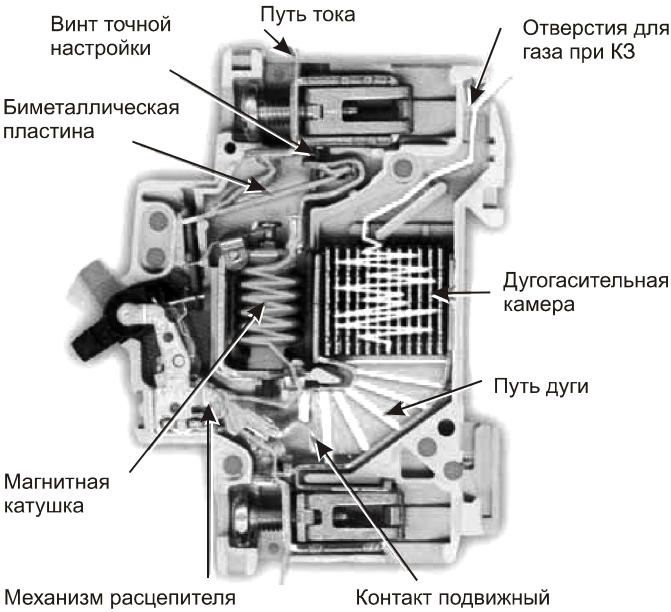
Требования, предъявляемые к АВВ:

- токоведущая цепь автомата должна пропускать номинальный ток в течение сколь угодно длительного времени;
- многократное отключение предельных токов короткого замыкания и возврат в работоспособное состояние;
- малое собственное время отключения в зоне токов короткого замыкания;
- наличие устройств, сокращающих зону выхлопа нагретых и ионизированных газов в процессе гашения дуги;
- возможность регулировки тока срабатывания и (или) времени срабатывания для построения селективно действующей защиты;
- удобство монтажа и обслуживания.

Включать и выключать автомат можно вручную, электродвигательным или электромагнитным приводом. Важной составной частью автомата является расцепитель, который контролирует заданный параметр защищаемой цепи и воздействует на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Кроме того, расцепитель позволяет дистанционно отключать автомат.

а



б

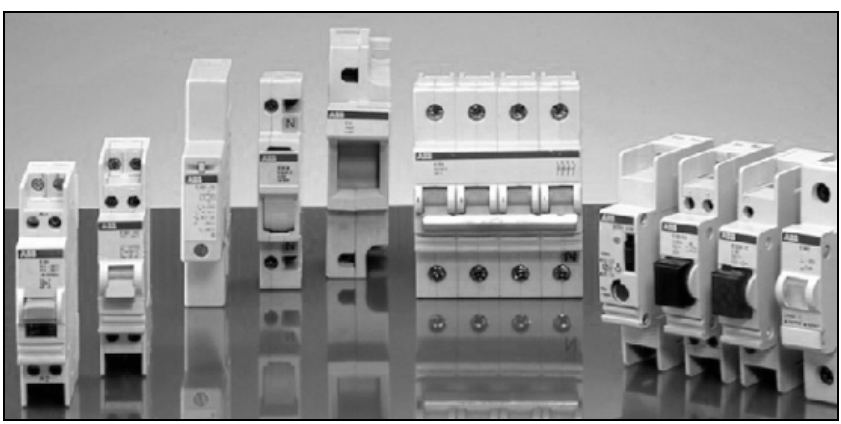


Рис. 2.25. Устройство автоматического выключателя (*а*) и общий вид ABB серии S230 компании «Крокус-Трейд» (Москва) (*б*)

Наиболее широкое распространение получили расцепители следующих типов:

- электромагнитные для защиты от токов короткого замыкания;
- тепловые для защиты от перегрузок;
- комбинированные;
- полупроводниковые, обладающие большей стабильностью параметров срабатывания и удобством в настройке.

Выпускаемые промышленностью серии автоматических выключателей рассчитаны на применение в различных климатических поясах, размещение в местах с неодинаковыми условиями эксплуатации, на работу в условиях, различных по механическим воздействиям и по взрывоопасности среды, и обладают разной степенью защиты от прикосновения и от внешних воздействий.

Основные отличия автоматических выключателей состоят в количестве полюсов и способе их крепления. По числу полюсов автоматические выключатели бывают одно-, двух-, трех- и четырехполюсные. Крепиться автоматические выключатели могут болтами или на DIN-рейку.

На отечественном рынке представлено много различных автоматов, поэтому отметим два главных параметра, которые важны при эксплуатации:

1) реальная способность электромагнитного расцепителя противостоять току короткого замыкания требуемой величины;
2) определенное время срабатывания теплового расцепителя.

Определить, насколько тот или иной ABB отвечает стандартам, в бытовых условиях довольно сложно. В связи с этим выход один — покупать качественную продукцию у проверенных дистрибьюторов. Оценить качественный уровень ABB можно, вскрыв корпус и изучив некоторые внешние отличия (табл. 2.5).

Таблица 2.5. *Основные внешние отличия оригинального ABB от подделки*

Параметры	Оригинал	Подделка
Вес, г	125	88
Степень детализации корпуса	Высокая	Низкая
Возможность подключения дополнительных контактов	Есть	Нет
Возможность подключения шины сверху	Есть	Нет
Знак РосТест	Есть	Нет
Маркировка	Есть	Нет
Номинальная отключающая способность, А	4500	4000

Примечание. Для ABB установлены стандартные значения номинальной отключающей способности: 1500, 3000, 4500, 6000, 10 000 А. Различают рабочую наибольшую отключающую способность, под которой понимают способность выключателя проводить в течение условного времени ток, равный 0,85 тока нерасцепления. Ток отключения ABB равен току в полюсе выключателя в момент возникновения дуги при отключении.

Следующий немаловажный момент при поиске качественного автомата заключается в выборе устройства с необходимой характеристикой времени срабатывания от величины тока, в соответствии со стандартами МЭК 898 и EN 60898. В зависимости от время-токовой характеристики отключения различают и типы автоматов: A, D, C, E, K, L, Z:

- Тип A — для размыкания цепей с большой протяженностью электропроводки и для защиты полупроводниковых устройств.
- Тип B — применяется в быту, обычно там, где из-за высокой длины линии ток короткого замыкания на нагрузке может попасть в зону работы теплового, а не электромагнитного расцепителя автомата.

- Тип C — бытовое и промышленное применение: здания с люминесцентными светильниками, нагрузки с малыми индуктивными токами.
- Тип D — промышленное применение: двигатели с большими пусковыми токами, трансформаторы, рентгеновские установки, сварочное оборудование.
- Тип K — для индуктивных нагрузок.
- Тип Z — для электронных устройств.

Внимание! Правильный выбор характеристики автомата — залог его своевременного срабатывания.

Диапазоны токов мгновенного расцепления автоматов разных типов по ГОСТ Р 50345-99 (2002):

- тип B — свыше 3 $I_{ном}$ до 5 $I_{ном}$ включительно;
- тип C — свыше 5 $I_{ном}$ до 10 $I_{ном}$ включительно;
- тип D — свыше 10 $I_{ном}$ до 50 $I_{ном}$ включительно.

Под номинальным ток ($I_{ном}$) понимается установленный изготовителем ток, который выключатель способен проводить в продолжительном режиме при контрольной температуре 30 °C окружающего воздуха. Предпочтительные значения номинального тока: 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 и 125 А.

При выборе АВВ следует знать максимально возможную величину тока короткого замыкания в линии, чтобы иметь автомат с требуемой отключающей способностью, которая гарантирует дальнейшую работоспособность автомата после короткого замыкания в линии. Для этого обычно рассчитывают ток короткого замыкания. Как показывает практика, для большинства сетей этот ток не превышает 4,5 кА.

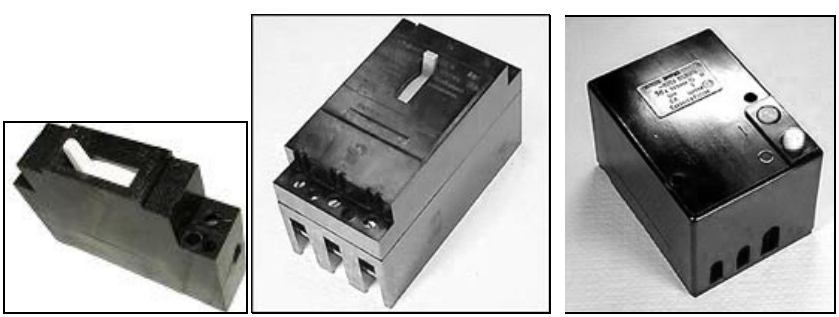
В табл. 2.6 приведен типовой ряд автоматов производства немецкого концерна ABB.

Таблица 2.6. *Типовой ряд автоматов производства концерна ABB*

Серия	Отключающая способность, А	Число полюсов	Варианты	
			Тип характеристики	Ток, А
S230R	4,5	1-2-3-4	C	6–40
S240	4,5			
S250 (S260)	6		B-C-K	0,5–63
S270	10		B-C-D-K	0,5–63
S280	25		B-C-D	10–25
	15		B-C-D-K-Z	32–40
	10		B-C-D	6–50–63

Примечание. Автоматы концерна ABB комплектуются следующими аксессуарами: дополнительными и сигнальными контактами, дистанционным расцепителем и реле минимального напряжения.

Основные марки отечественных автоматических выключателей: АП, АЕ, А, ВА. Для электроустановок индивидуальных потребителей предназначены автоматы серии АЕ1000 или АЕ2000 с рукояткой управления перекидного типа и серии АП50 с кнопочным управлением (рис. 2.26).



а *б* *в*

Рис. 2.26. Автоматы серии АЕ1000 (*а*), АЕ2000 (*б*) и серии АП50 (*в*)

Технические характеристики автоматов серий АЕ1000 и АЕ2000 приведены в *приложении 2.4*, а серии АП50 — в *приложении 2.5*.

Автоматы с управляющим устройством любого исполнения устанавливаются во вводных устройствах, на щитках для защиты проводок, питающих обособленные электроприемники. Эти автоматы могут также применяться для включения и отключения различных устройств. Для учетно-распределительных щитков и щитков хозяйственных построек предназначены автоматы с рукояткой управления.

Автоматы серии АП50 трехполюсные выпускают с тепловыми (Т) расцепителями для защиты от перегрузок, электромагнитными (М) для защиты от коротких замыканий и перегрузок, а также без расцепителей. Буквы, приведенные в скобках, добавляют к маркировке выключателя. Автоматы без расцепителей используют как трехполюсные выключатели. В автоматах серии АП50 применяют расцепители с номинальным током от 1,6 до 50 А. Варианты присоединения внешних проводников к автоматическим выключателям АП приведены в *приложении 2.5 в табл. П2.5.3.*

Автоматические выключатели серии АЕ1000 выпускают в однополюсном исполнении на ток до 25 А только с комбинированным расцепителем, а серии АЕ2000 — на ток 10–100 А в одно-, двух- и трехполюсном исполнениях. Число полюсов, номинальный ток автомата и вид распепителя обозначают цифрами и включают в номер конкретного типа вместо нулей в обозначении серии (например, АЕ1031, АЕ2144). Помимо этого на щитке или на корпусе автомата указывают номинальный ток расцепителя.

Установка и соединение автоматических выключателей

Монтаж автоматических выключателей (АВВ) выполняется на специальных электрощитах или в электрошкафах. Перед установкой автоматический выключатель проверяют на предмет отсутствия на нем внешних повреждений. Осуществляют также

проверку работоспособности механизма, сделав несколько включений и отключений. Следует убедиться в том, что маркировка на автомате соответствует требуемым условиям.

Современные АВВ имеют унифицированный механизм крепления на так называемую металлическую DIN-рейку шириной 35 мм (рис. 2.27). У автоматических выключателей имеется металлическая защелка для DIN-рейки, которая обеспечивает их надежное крепление и простую фиксацию защелкиванием. В связи с этим сборка этих устройств на панели электрощита или в электрошкафу значительно облегчается, поскольку не требуется применение винтов, саморезов и каких-либо специальных инструментов. Автоматические выключатели с номинальным током от 6 до 63 А, как отечественные, так и импортные, имеют такие форму и размер, которые позволяют компактно устанавливать их в электрошкаф рядами один возле другого. Другими словами, допускается монтаж этих устройств без промежутков между ними.

а *б*

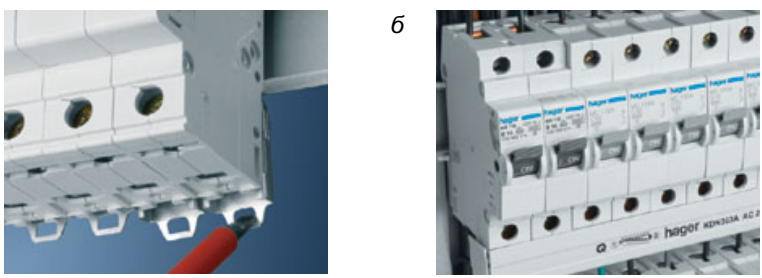


Рис. 2.27. Крепление (*а*) и фиксация (*б*) автоматических выключателей на DIN-рейке

В связи с тем, что автоматические выключатели бывают однополюсные, двухполюсные, трехполюсные и четырехполюсные, то их ширина выполняется кратной ширине однополюсного выключателя (рис. 2.28). Например, трехполюсный прибор в 3 раза шире однополюсного. Это позволяет для подключения всех выключателей на фазные провода использовать одну общую шину (гребенку). Монтаж в этом случае оказывается более надежным.

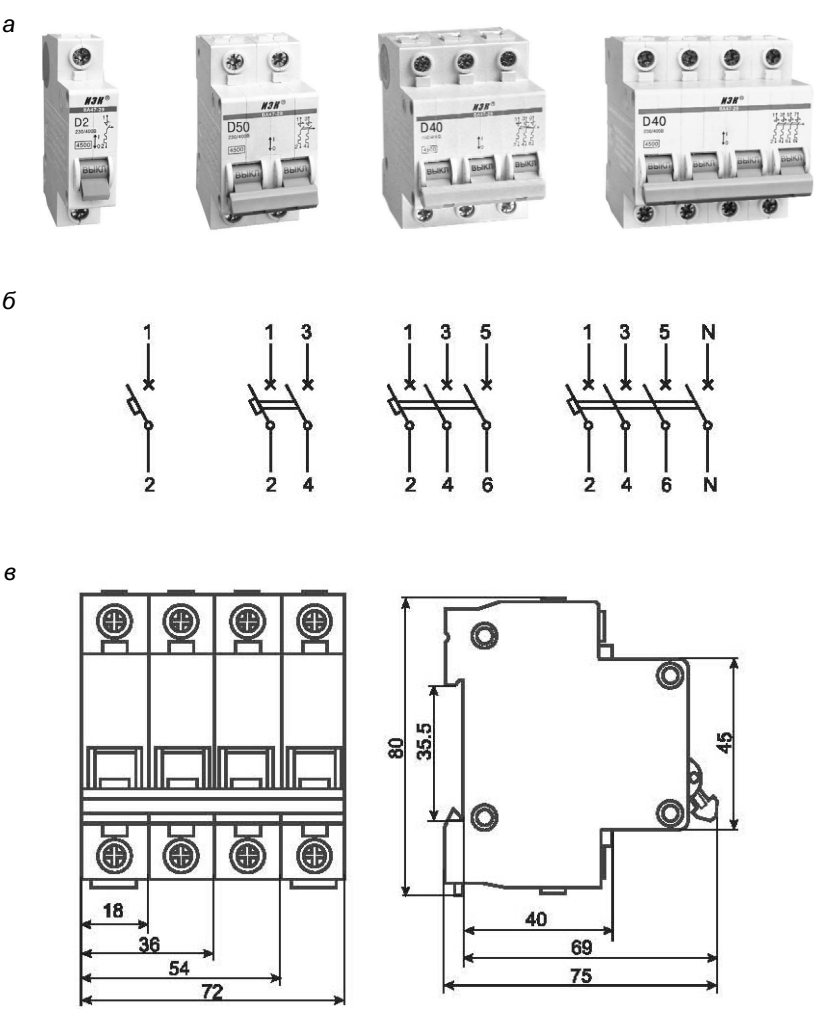


Рис. 2.28. Типы исполнения (*а*), электрические схемы (*б*) и габаритные размеры (*в*) автоматических выключателей ВА 47-29

При монтаже автоматических выключателей в распределительные электрощиты старого образца обычно используется переходник из самозатухающей пластмассы.

Если на одной DIN-рейке установлено параллельно несколько однофазных автоматических выключателей, то нагрузочная способность каждого из них уменьшается из-за ухудшения условий охлаждения. Ток неотключения для размещенных рядом друг с другом автоматических выключателей в зависимости от их количества (N) и температуры окружающего воздуха (t) можно определить по формуле:

$$I = 1{,}13 \cdot I_n K_N K_t,$$

где I_n — номинальный ток при температуре настройки тепловых расцепителей 30 °С (указан на маркировке); K_N — коэффициент нагрузки в зависимости от количества полюсов; K_t — коэффициент нагрузки в зависимости от температуры окружающего воздуха.

В этом случае выбор автоматического выключателя необходимо проводить с учетом графика, представленного на рис. 2.29.

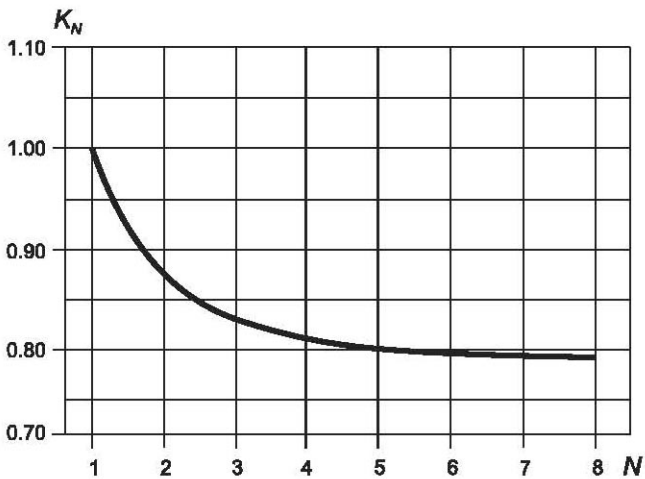


Рис. 2.29. Нагрузочная способность автоматических выключателей ВА 47-29 при их размещении рядом

При изменении температуры окружающей среды изменяется и нагрузочная способность выключателей, как это показано на рис. 2.30.

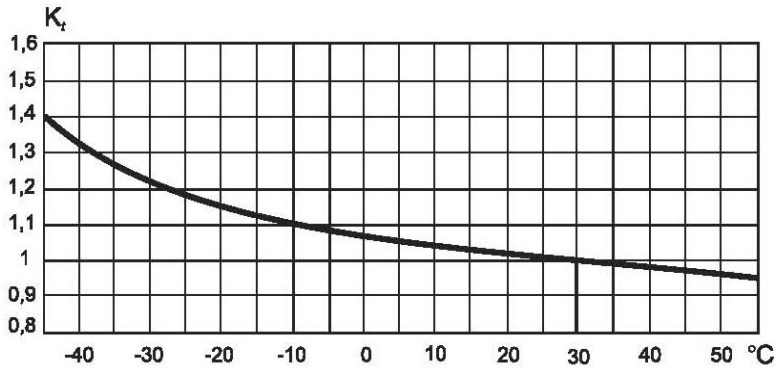


Рис. 2.30. Нагрузочная способность автоматических выключателей ВА 47-29 при изменении температуры окружающей среды

Подводка напряжения к выводам автоматических выключателей от источника питания осуществляется, как правило, *сверху*, т. е. со стороны выводов 1, 3, 5, 7. Для соединения автоматических выключателей, находящихся на DIN-рейке, используют медные проводники (кабели) или медные соединительные шины, последние из них предпочтительнее.

Для быстрого и качественного соединения групп автоматических выключателей и другой модульной аппаратуры используют шины соединительные (гребенки) типа «штырь» или «вилка». Материал проводника — электротехническая медь, а материал изолирующего профиля — тяжело воспламеняющийся, самозатухающий пластик (рис. 2.31). Изоляция обеспечивает надежную защиту от прикосновения к свободным присоединениям. Для боковой изоляции торцов и завершения разрезов шин имеются специальные торцевые крышки.

Производятся соединительные шины в следующем исполнении: шина медная соединительная 1-фазная на ток до 32 А; шина медная соединительная 1-фазная на ток 63 А; шина медная соединительная 2-фазная на ток 63 А; шина медная соединительная 3-фазная на ток 63 А; шина медная соединительная 3-фазная на ток 100 А. Длина модуля — 1 м, а ширина — 18 мм. Шины со-

единительные предназначены для коммутирования токов до 100 А. В шинах с несколькими полюсами каждая фазная шина смещается по пазу и изолирована от соседних (см. *приложение 2.8*). При подключении шины в контактном зажиме остается доступное пространство для крепления.

Рис. 2.31. Колодка клеммная (вводная клемма, Германия — AEG) и шина соединительная (гребенка) типа «штырь»

После установки автоматических выключателей на DIN-рейке выполняют их соединение гребенкой, для чего заводят ее штыри в зажимы автоматов (рис. 2.32). Для подключения подводящего провода в один из зажимов автомата вводят клеммную колодку. При этом следует расположить штырек клеммы по отношению к штырьку гребенки (под ним или наоборот) так, чтобы не было перекоса гребенки.

Рис. 2.32. Соединение автоматических выключателей двухполюсной соединительной шиной

Заметим, что в большей части двухполюсных, трехполюсных и четырехполюсных автоматических выключателей обычно нулевыми являются контакты, расположенные с левой части корпуса.

На электрощите помимо автоматических выключателей устанавливается земляная шина или шина защитного нуля PE. Шина применяется в щитовом оборудовании для подсоединения нулевых рабочих (N) и нулевых защитных проводов (PE). Крепление, например, шины компании IEK рекомендуется располагать по центру (типы 8/1; 14/1) и по краям (типы 8/2 и 14/2) через изолятор нулевой шины на 35-миллиметровую монтажную DIN-рейку и через угловые изоляторы нулевой шины, а также непосредственно на панель щита (см. *приложение 2.9, табл. П2.9.1*).

При подключении к шине медных многожильных проводов рекомендуется оконцевание их наконечниками-гильзами. Шина выполняется из латуни. Заметим, что если в щитке используются фазная шина L и шина рабочего нуля N, то они обязательно должны располагаться на изоляторах.

Компания «IEK» производит шины нулевые в комбинированном DIN-изоляторе типа «стойка». Эти шины торговой марки «IEK» поставляются в изолирующем корпусе, который значительно облегчает монтаж распределительных шкафов. Специально разработанная конструкция шин в комбинированном DIN-изоляторе типа «стойка» позволяет крепить шины в распределительных шкафах тремя способами:

1. болтами по краям изделия;
2. классическим креплением на 35-миллиметровую DIN-рейку;
3. крепление на рейку с G-образным профилем типоисполнения G32.

Различные конструкции шин нулевых приведены на рис. 2.33 (габаритные размеры см. *приложение 2.9, табл. П2.9.2—П2.9.7*).

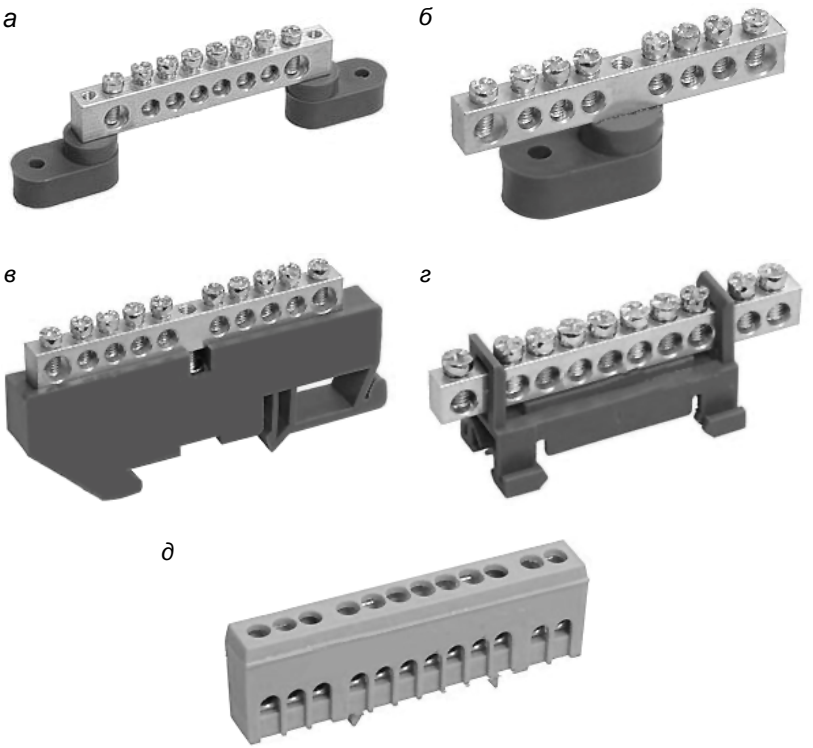


Рис. 2.33. Конструкции шин нулевых компании «IEK»:
а — шина нулевая изолированная с двумя угловыми изоляторами;
б — шина нулевая изолированная с одним угловым изолятором;
в — шина нулевая изолированная с DIN-изолятором;
г — шина нулевая изолированная с DIN-изолятором типа «стойка»;
д — шина нулевая изолированная в корпусном изоляторе на DIN-рейку

2.3.3. Пробочные предохранители

Для предохранения квартирной электросети от короткого замыкания перегрузок часто устанавливают несложные по конструкции и дешевые плавкие предохранители.

В таком предохранителе при прохождении тока больше допустимой величины перегорает специально подобранная тонкая проволока, и подача электрического тока прекращается.

Схема защиты электрических установок с помощью плавких предохранителей наиболее проста: не требуются трансформаторы тока и напряжения, реле и автоматические выключатели.

В сетях напряжением до 1000 В плавкие предохранители — основной вид защиты. Применяют плавкие предохранители и в сетях более высоких напряжений до 110 кВ, когда они удовлетворяют требуемым параметрам и условиям эксплуатации.

Принцип работы плавких предохранителей основан на тепловом действии электрического тока. Согласно закону Джоуля–Ленца при прохождении тока по проводнику выделяется определенное количество тепла. В нормальных условиях все тепло, выделяемое проводником, рассеивается в окружающей среде. При возрастании тока количество выделяемого тепла увеличится, возникнет его избыток, который не будет успевать отводиться в окружающую среду, и температура проводника начнет повышаться. При значительном увеличении тока проводник может нагреться до температуры плавления металла, из которого он выполнен.

Таким образом, если в определенном месте сети сделать вставку из проводника меньшего сечения или другого материала, имеющего большее сопротивление, то при увеличении тока этот проводник, называемый *плавкой вставкой*, будет нагреваться сильнее, чем другие участки сети, и при достижении опасных величин тока расплавится и разорвет цепь. Очевидно, чем больше сила тока, проходящего по плавкой вставке, тем быстрее она перегорит. На этом явлении и основано действие плавких предохранителей. Плавкую вставку выбирают с таким расчетом, чтобы она плавилась раньше, чем температура проводов линии достигнет опасного уровня или перегруженный потребитель выйдет из строя.

Плавкий предохранитель состоит из собственно плавкой вставки, патрона или держателя, в котором закрепляется плавкая вставка, и иногда устройства, облегчающего гашение дуги. Концы плавкой вставки соединены с клеммами, с помощью которых предохранитель включается в линию последовательно с защищаемым потребителем или участком цепи.

Для предохранителей с плавкой вставкой характерны такие параметры:

- номинальное напряжение — напряжение, при котором предохранитель работает длительное время;
- номинальный ток — ток, который плавкая вставка выдерживает неограниченно долгое время;
- значение номинального тока, указанное на предохранителе, равно наибольшему номинальному току плавкой вставки, которая может быть установлена в держатель предохранителя;
- минимальный испытательный ток плавкой вставки — ток, при котором вставка перегорает за время более 1 часа;
- кратность минимального испытательного тока — отношение минимального испытательного тока к номинальному току плавкой вставки;
- максимальный испытательный ток плавкой вставки — ток, при котором вставка перегорает за время менее 1 часа;
- кратность максимального испытательного тока — отношение максимального испытательного тока к номинальному току плавкой вставки;
- предельный отключающий ток (разрывная мощность) — ток (мощность) короткого замыкания, который способен разорвать (отключить) предохранитель;
- защитная характеристика плавкой вставки — зависимость полного времени от момента возникновения тока до его отключения плавкой вставкой от величины тока, проходящего через вставку, или кратности этого тока к номинальному току вставки.

Основная характеристика плавкой вставки — зависимость времени ее перегорания от тока (рис. 2.34) — строится на основании эксперимента для партии одинаковых предохранителей, которые последовательно пережигают при разных токах. При этом замеряют время, по истечении которого вставка перегорает, и ток, проходящий через вставку. Каждому току соответствует определенное время перегорания. При построении временной кривой по оси абсцисс иногда откладывают не абсолютное значение тока, а отношение тока к его номинальному значению.

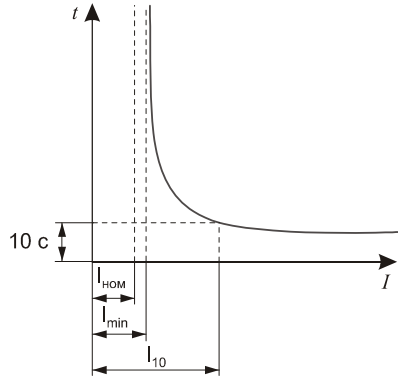


Рис. 2.34. График зависимости времени перегорания плавкой вставки от величины электрического тока

На временно́й кривой особо выделяются следующие токи, которые используются для выбора плавких вставок:

- I_{min} — наименьший из токов, расплавляющих вставку (при этом токе вставка еще плавится, но в течение неопределенно продолжительного времени (1–2 ч); при меньших токах вставка уже не расплавляется);
- I_{10} — ток, при котором плавление вставки и отключение сети происходит через 10 с после установления тока;
- $I_{ном}$ — номинальный ток вставки, т. е. ток, при котором вставка длительно работает, не нагреваясь выше допустимой температуры.

Указанные токи связаны простым соотношением $I_{ном} = I_{10}/2{,}5$.

Требуемый диаметр плавкой вставки подбирают в зависимости от номинального тока. Минимальный ток определяют из приближенного соотношения:

$$I_{min} = (1{,}3...1{,}5)I_{ном}.$$

По конструктивным особенностям различают *пластинчатые*, *патронные*, *трубочные* и *пробочные* предохранители. Сила тока, на который рассчитана плавкая вставка, указывается на ее корпусе. Оговаривается также максимально допустимое напряжение, при котором может использоваться предохранитель.

В квартирной проводке получили наибольшее распространение плавкие пробочные предохранители (рис. 2.35). Такой предохранитель состоит из патрона с резьбой, укрепленного в фарфоровой коробке с крышкой. В патрон ввинчивается фарфоровая пробка, имеющая резьбу. Внутри пробки находится проволочка из легкоплавкого металла. Один конец проволочки припаян к резьбе, а другой — к металлическому контактному упору. При замыкании линии проволочка перегорает, и ток прекращается.

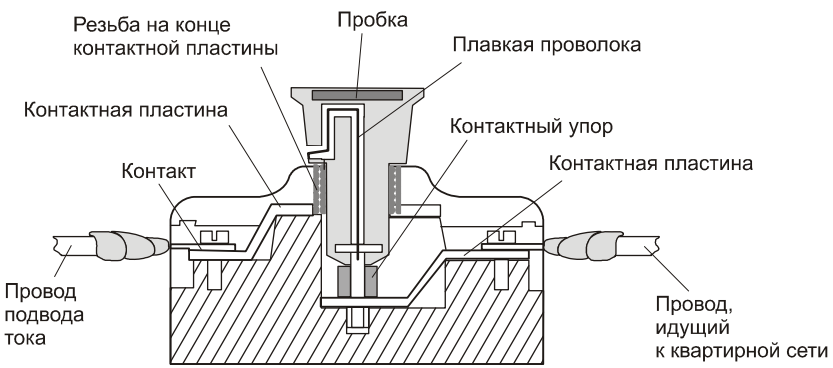


Рис. 2.35. Конструкция плавкого пробочного предохранителя

Промышленность выпускает пробочные предохранители типа ПРС-10 и ПРС-25-25А с плавкими вставками. На рис. 2.36 представлен предохранитель типа ПРС-10 с плавкой вставкой ПВД-I-10А. Особенностью этой конструкции является то, что при перегорании предохранителя, для восстановления его работы, необходимо в пробке заменить только плавкую вставку, в то время как в предохранителе, представленном на рис. 2.35, придется заменять всю пробку.

Предохранитель типа ПРС-10 с плавкой вставкой ПВД-I-10А рассчитан на номинальный ток 10 А, номинальное напряжение 230 В, 50 Гц и имеет габариты 62×72×35 мм. Размеры плавкой вставки ПВД-I-10А — ∅16×33 мм. Для предохранителя типа ПРС-10 в зависимости от номинального тока выпускают следующие плавкие вставки: ПВД-I-1 (1,0 А), ПВД-I-2 (2,0 А), ПВД-I-4 (4,0 А), ПВД-I-6.3 (6,3 А) и ПВД-I-10 (10 А), а для предохра-

нителя типа ПРС-25-25А: ПВД-II-10 (10 А), ПВД-II-16 (16 А), ПВД-II-20 (20 А) и ПВД-II-25 (25 А).

Внимание! Для предотвращения пожара ЗАПРЕЩАЕТСЯ вставлять в патроны предохранителей вместо пробок и вставок гвозди, шурупы, толстые провода и другие так называемые «жучки».

а *б*

Рис. 2.36. Предохранитель типа ПРС-10 (*а*) с плавкой вставкой ПВД-I-10А (*б*)

2.3.4. Трубочные предохранители

В некоторых электро- и радиоприборах применяют трубочные предохранители. В специальных пластиночных держателях укреплена стеклянная трубочка, внутри которой находится плавкая предохранительная проволочка. Концы проволочки припаяны к металлическим колпачкам, которые закреплены на трубочке (рис. 2.37).

На каждом плавком предохранителе, как уже отмечалось, указана предельная величина тока, как правило в амперах (А), при котором он срабатывает. При сгорании предохранителя необходимо осмотреть всю квартирную сеть и устранить повреждение. Затем заменяют сгоревший предохранитель новым, рассчитанным на такой же ток. Стеклянные трубочные плавкие предохранители выпускаются на широкий диапазон тока сгорания — от 32 мА до 15 А (рис. 2.38).

Рис. 2.37. Трубочные предохранители

Рис. 2.38. Стеклянные трубочные плавкие предохранители

Трубчатые предохранители различают:

- по размеру — ∅3,0×9,5 мм; ∅3,6×10,0 мм; ∅4,5×14,5 мм (например, FS-45_G-F-xxx); ∅5,0×20,0 мм (например, FS-52-G-F-xxx); ∅6,3×32,0 мм (например, FS-63-G-F-xxx);
- по внешнему исполнению — цилиндрические (для установки в держатель); с выводами (для монтажа на печатную плату); с ножевыми выводами (применяются в автомобилестроении); SM-предохранители (технология, основанная на тонких металлических пленках, для мобильных устройств);
- по материалу корпуса — стеклянные и керамические;
- по времени срабатывания — быстрые, сверхбыстрые, с задержкой;
- по возможности восстановления — одноразовые (все плавкие предохранители; после срабатывания требуют замены) и самовосстанавливающиеся (Polyfuse).

Если в наличии нет промышленного трубочного предохранителя, то в крайнем случае можно временно соединить контакты трубочки медной проволочкой диаметром 0,2...0,25 мм. Более точно подобрать провод для плавкого предохранителя поможет табл. 2.7.

Таблица 2.7. *Требуемый диаметр плавкой вставки предохранителя в зависимости от номинального тока*

Ток, А	Диаметр провода, мм			
	Медь	Алюминий	Сталь	Олово
1	0,039	0,066	0,132	0,183
2	0,069	0,104	0,189	0,285
3	0,107	0,137	0,245	0,380
5	0,180	0,193	0,346	0,53
7	0,203	0,250	0,45	0,66
10	0,250	0,305	0,55	0,85
15	0,32	0,400	0,72	1,02
20	0,39	0,485	0,87	1,33
25	0,46	0,56	1,0	1,56
30	0,52	0,64	1,15	1,77
35	0,58	0,70	1,26	1,95
40	0,63	0,77	1,38	2,14
45	0,68	0,83	1,5	2,3
50	0,73	0,89	1,6	2,45
60	0,82	1,00	1,8	2,8
70	0,91	1,10	2,0	3,1
80	1,0	1,22	2,2	3,4
90	1,08	1,32	2,38	3,65
100	1,15	1,42	2,55	3,9
120	1,31	1,60	2,85	4,45
160	1,57	1,94	3,2	4,9
180	1,72	2,10	3,7	5,8
200	1,84	2,25	4,05	6,2
225	1,99	2,45	4,4	6,75
250	2,14	2,60	4,7	7,25
275	2,2	2,80	5,0	7,7
300	2,4	2,95	5,3	8,2

По известному току сгорания предохранителя выбирают диаметр и материал провода.

Для одножильного медного провода диаметром d больше 0,2 мм ток сгорания $I_{пр}$ (А) предохранителя определяют по упрощенной формуле

$$I_{пр} = 80 \cdot d^{3/2}.$$

Для провода такого же типа, но меньшего диаметра (0,02–0,2 мм) справедлива формула

$$I_{пр} = (d - 0{,}005)/0{,}034.$$

2.3.5. Автоматические предохранители

Наиболее удобны в эксплуатации автоматические предохранители с биметаллической пластиной, по виду напоминающие пробочные. На рис. 2.39 представлены предохранители серии ПАР производства ООО «Силовые машины — завод "Реостат"» (г. Великие Луки Псковской области, **http://www.reostat.ru/item_99.html**).

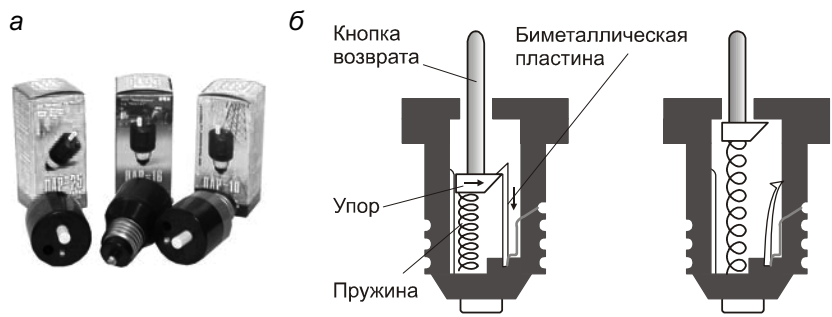


Рис. 2.39. Общий вид предохранителей серии ПАР производства ООО «Силовые машины – завод "Реостат"» (*а*) и устройство автоматического предохранителя с биметаллической пластиной (*б*)

Пластина предохранителя рассчитана на прохождение через нее тока определенной величины. Электрическая цепь автоматического предохранителя содержит биметаллическую пластину. При прохождении тока большей величины пластина нагревается и размыкает электрическую цепь. Теперь, чтобы появилось электричество в квартире, необходимо подождать несколько минут,

пока пластина остынет и примет первоначальную форму. После этого следует нажать на торце патрона красную кнопку, которая восстановит контакт биметаллической пластины и подвижного контакта. Промышленность выпускает электроустановочные резьбовые автоматические выключатели с биметаллической пластиной типа ПАР с цоколем Е27 (табл. 2.8) [10].

Таблица 2.8. *Технические характеристики предохранителей автоматических резьбовых типа ПАР производства ЗАО «ЧЭАЗ» (г. Чебоксары,* ***cheaz@cheaz.ru****)*

Параметры	Тип предохранителя автоматического резьбового			
	ПАР-6,3	ПАР-10	ПАР-16	ПАР-25
Номинальный ток, А	6,3	10	16	25
Диаметр не более, мм	40	43	43	43
Высота не более, мм	75	90	92	94
Номинальное напряжение, В	250			
Номинальная частота сети, Гц	50			
Тип цоколя	Е27			
Масса, не более, г	–	85	106	110
Срок службы, лет	10			
Гарантийный срок эксплуатации, лет	2,5			

Предохранители автоматические резьбовые переменного тока типов ПАР-6,3, ПАР-10, ПАР-16, ПАР-25 предназначены для защиты от токов перегрузки и короткого замыкания, а также для нечастых оперативных включений и отключений бытовых электрических сетей (рис. 2.40). Предохранители типа ПАР устанавливаются (заворачиваются) в стандартные резьбовые патроны. Они долговечны, надежны по конструкции, просты и удобны в эксплуатации.

Рис. 2.40. Внешний вид плавких предохранителей с биметаллической пластиной ПАР-10 (*а*), ПАР-16 (*б*), ПАР-25 (*в*)

2.3.6. Токи короткого замыкания

Электротехническим коротким замыканием (КЗ), как известно, называется соединение токоведущих частей разных фаз или потенциалов между собой или с корпусом оборудования, соединенным с землей, в сетях электроснабжения или в электроприемниках. В реальных условиях эксплуатации причиной короткого замыкания может быть ухудшение сопротивления изоляции во влажной или химически активной среде, недопустимый перегрев изоляции, механические воздействия, ошибочные вмешательства при эксплуатации, обслуживании, ремонте и т. д.

Во время КЗ путь тока укорачивается, т. е. он идет, минуя сопротивление нагрузки, поэтому ток может увеличиться до недопустимых величин, если напряжение не отключится под действием защиты. Однако даже при наличии защиты бывают случаи, что напряжение не отключается. Это происходит, если КЗ возникает в удаленной точке и из-за большого сопротивления до места аварии величина тока недостаточна для срабатывания защиты. Невзирая на это, при таком значении тока может произойти возгорание проводов и, как следствие, возникновение пожара.

Поэтому необходим расчет тока короткого замыкания (ТКЗ). Если к сети электроснабжения присоединяются другие электроприемники в более удаленных местах, то величина ТКЗ может меняться.

В таких случаях повторно требуется рассчитать ТКЗ в месте установки новых электроприемников. Так как тепловое воздействие ТКЗ заключается в перегреве аппаратуры и проводов, то при выборе аппаратов их нужно проверять по условиям КЗ, с тем чтобы они выдержали ТКЗ в месте их установки.

Наряду с сетями с глухозаземленной нейтралью существуют сети с изолированной нейтралью. На практике в большинстве случаев происходят однофазные короткие замыкания. В сетях с изолированной нейтралью при соединении одной фазы с землей короткое замыкание не возникает и бесперебойность электроснабжения не нарушается, но такой режим соответствует аварийному состоянию и его необходимо отключить.

При замыкании одной фазы на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжения на двух других фазах повышаются в 1,73 раза, а напряжение на нулевой точке становится равным фазному напряжению относительно земли.

В сетях с глухозаземленной нейтралью при соединении фазового провода с землей перегорает предохранитель или срабатывает автоматический выключатель, при этом электроснабжение нарушается, а при сгорании предохранителя могут повредиться обмотки двигателей при работе на двух фазах.

2.3.7. Расчет тока короткого замыкания

При выборе АВВ необходимо знать значение его тока срабатывания в реальных условиях. Номинал автомата выбирается исходя из допустимой токовой нагрузки проводников и потребляемой мощности потребителей. Допустимая токовая нагрузка проводника, как известно, определяется сечением проводника и его материалом. Следует учитывать, что ток $I_{\text{расц}}$ срабатывания магнитного расцепителя автоматов, например, отвечающего характеристике B, составляет $I_{\text{расц}} = 3I_{\text{ном}}$ ($I_{\text{ном}}$ — номинальный ток). Однако защита может не сработать, если КЗ происходит в удаленной точке, т. к. сопротивление цепи может оказаться слишком

большим, и ток будет недостаточным для срабатывания защиты. В связи с этим возникает необходимость расчета тока короткого замыкания (ТКЗ) [11].

Ток короткого замыкания $I_к$ можно рассчитать по формуле

$$I_{кз} = \frac{U_ф}{Z_п + Z_т},$$

где $I_{кз}$ — ток КЗ, А; $U_ф$ — фазное напряжение сети, В; $Z_п$ — сопротивление петли «фаза — нуль», Ом; $Z_т$ — полное сопротивление фазной обмотки трансформатора на стороне низкого напряжения, Ом.

Полное сопротивление $Z_т$ фазной обмотки трансформатора можно определить из формулы

$$Z_т = \frac{U_{кз} \cdot U_{ном}}{100\sqrt{3} \cdot I_{ном}},$$

где $I_{ном}$, $U_{ном}$ — номинальный ток и напряжение трансформатора; $U_{кз}$ — напряжение короткого замыкания трансформатора, выраженное в % от $U_{ном}$.

Сопротивление петли рассчитывают по формуле

$$Z_п = \sqrt{R_п^2 + X_п^2},$$

где $R_п$ — активное сопротивление одного провода цепи КЗ; $X_п$ — его индуктивное сопротивление, рассчитанное по удельному индуктивному сопротивлению, равному 0,6 Ом/км.

Активное сопротивление одного провода определяется по известной формуле (1.2): $R_п = \rho l/S$. При расчетах ТКЗ осветительной сети $Z_т = 0{,}01$ Ом ≈ 0.

Тогда выбираем АВВ из условия, что ток срабатывания расцепителя не должен превышать значения ТКЗ, т. е. $I_{расц} < I_{кз}$.

Заметим, что приведенные расчетные формулы ТКЗ подходят только для идеальных условий и не учитывают некоторых факторов (например, наличия скруток, увеличивающих сопротивление). Более точные результаты можно получить только непосредственным замером сопротивления.

2.4. Электропровода

2.4.1. Назначение электропроводов

От счетчика провода идут к предохранительному щитку, а от него уже внутрь квартиры, образуя внутриквартирную электросеть, к которой подсоединяются розетки и электроосветительная арматура [12]. Электропроводка внутри помещений бывает открытой и скрытой. В городских квартирах или каменных коттеджах в большинстве случаев применяется проводка, скрытая в стенах. Скрытая проводка наиболее распространена и безопасна в эксплуатации. Основной ее недостаток — сложность присоединения новых токоприемников. Скрытые провода выводят на поверхность стен через изоляционные трубки, воронки, фарфоровые или пластмассовые втулки, чтобы присоединить их к светильникам, наружным выключателям, штепсельным розеткам и другим приборам.

Выбор способа прокладки проводки зависит от характера помещения (табл. 2.9). В сухих отапливаемых, а также подсобных помещениях с относительной влажностью не выше 60% разрешается выполнять любые виды электропроводки [13].

Надежность, долговечность и безопасность проводки во многом определяется выбором проводов. В современном строительстве не рекомендуется использовать токонесущий кабель из алюминия, т. к. этот металл подвержен коррозии, со временем меняется его кристаллическая структура, а значит, и электропроводящие свойства.

Увеличение внутреннего сопротивления таких проводов ведет к потерям электроэнергии и разогреву проводов и соединений. Скрытая проводка, выполненная на основе алюминия, в жилых домах служит 30 лет, а открытая — 20 лет. По наблюдениям специалистов, за этот период виниловая изоляция становится ломкой, в результате перетирания проводов учащаются случаи неполных коротких замыканий и, как следствие, пожаров. Отказы старой сети происходят, как правило, внезапно.

Таблица 2.9. *Виды электропроводки и способ ее прокладки в зависимости от условий окружающей среды*

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ ее прокладки	Характеристика проводов или кабелей
Открытая электропроводка		
Сухие и влажные помещения	На роликах и клицах	Незащищенные одножильные провода
Сухие помещения	На роликах и клицах	Скрученные двужильные провода
Помещения всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность прямого попадания дождя или снега на электропроводку	Незащищенные одножильные провода
Наружные установки	Непосредственно на поверхности стен и на струнах, полосах, других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов	Непосредственно на поверхности стен и на струнах, полосах, других несущих конструкциях	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же
Помещения всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок и кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в металлической и неметаллической оболочках

Таблица 2.9 *(окончание)*

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ ее прокладки	Характеристика проводов или кабелей
Скрытая электропроводка		
Помещения всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгораемых материалов. В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Сухие, влажные и сырые помещения	Монолитная укладка в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода
Помещения всех видов и наружные установки	В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке

Медь — металл с меньшим по сравнению с алюминием удельным сопротивлением, обладает высокой пластичностью и стойкостью к коррозии, поэтому при проведении электротехнических работ чаще используют медные провода. Для проводки нужен провод ВВГ (винил-винил-гибкий) с двойной виниловой изоляцией. Другой тип кабеля для электротехнических работ — NYM, который кроме двойной виниловой изоляции имеет прослойку из силикона со специальными негорючими добавками. При нагревании силикон затвердевает, коксуется, предотвращая стекание изоляции, а значит, и короткое замыкание, даже если кабель расположен вертикально. Сечение проводов должно соответствовать предполагаемой мощности электроприборов. Для этого необходимо определить предположительный перечень электроприборов, подключаемых к сети, и подсчитать их суммарную мощность (табл. 2.10) [10].

Для разных видов проводки есть определенная номенклатура проводов и кабелей. В настоящее время в соответствии с требованиями ГОСТ для электропроводки в доме (квартире) в основном применяют медные провода сечением 1,5 мм и алюминиевые сечением 2,5 мм с двойной изоляцией. Предпочтительнее устанавливать медную электропроводку, т. к. медь обладает лучшей проводимостью и более пластична, чем алюминий. Необходимо предусмотреть мощный ввод для вашего распределительного щита. В зависимости от размера жилища и суммарной нагрузки следует использовать трехжильный медный кабель сечением не менее 6 мм. Для разводки розеток рекомендуют применять медный кабель сечением 2,5 мм, а для осветительных групп — сечением 1,5 мм.

Таблица 2.10. *Мощность потребителей электроэнергии в квартире*

Уровень мощности потребителя	Потребители	Мощность, кВт	Примечание
Маломощные	Освещение	(0,1–0,2)/м^2	Без заземления
	Телевизор, приемник, ПК, тостер, миксер, кофемолка и т. п.	(0,1–0,3)/шт.	Допустимо, но не желательно включать по несколько штук в одну розетку. Заземлять желательно

Таблица 2.10 *(окончание)*

Средней мощности	Холодильник, пылесос, старая стиральная машина, кухонный комбайн, ручной электроинструмент (дрель, рубанок, пила, газонокосилка и т. п.)	(0,5–1)/шт.	Для каждого нужна своя розетка, на одном проводе 2–3 розетки. Заземлять обязательно
Мощные	Электрокамин, чайник, переносная плитка, накопительный водонагреватель, стационарный электроинструмент и т. п.	(1,5–2,2)/шт.	Для каждого нужна своя розетка с отдельным проводом и — желательно — предохранителем. Заземлять обязательно
Высокомощные	Автоматическая стиральная машина, стационарная электроплита, проточный водонагреватель, печь для сауны, система отопления дома, сварочный аппарат и т. п.	(4–20)/шт.	Для каждого нужна своя розетка с отдельным проводом и предохранителем, желательна трехфазная подводка. Заземлять обязательно

Все провода, как известно, можно разделить по зависимости их площади сечения жил от допустимого значения проходящего тока. Для определения площади сечения провода необходимо знать максимальную силу тока, которая возможна в проводнике с учетом нагрева его изоляции. Рабочая температура проводов и шнуров в резиновой изоляции не должна превышать 65 °С, а в пластмассовой — 70 °С. При комнатной температуре 25 °С допустимый перегрев изоляции не должен превышать 40–45 °С.

Значения токов I несложно определить, вычислив паспортную мощность P потребителей по формуле: $I = P/220$ (например, для обогревателя мощностью 2000 Вт ток составит 9 А, а для лампочки 60 Вт — 0,3 А), зная суммарный ток всех потребителей и учитывая соотношения допустимой для провода токовой нагрузки на сечение (при открытой проводке): для медного провода — 10 А/мм2, а для алюминиевого — 8 А/мм^2. При выполнении скрытой проводки (в трубе или же в стене) из-за плохих условий

охлаждения приведенные значения можно умножить на поправочный коэффициент 0,8. При относительно малых токах сечение жил определяет прочность проводника, особенно при соединении винтовыми контактными зажимами. Исходя из этого, сечение медной жилы не должно быть меньше 1 мм^2, алюминиевой — 2 мм^2. Для открытой стационарной внутренней проводки на роликах сечение алюминиевой жилы не должно быть менее 2,5 мм^2. Приведенные соотношения довольно просты и достаточны для выбора проводов в бытовых условиях.

В табл. 2.11 приведена максимально допустимая мощность медного кабеля (без заземления) с двумя и четырьмя жилами. При нагрузке, указанной в табл. 2.11, температура кабеля достигает 80 °С.

Таблица 2.11. *Максимально допустимая мощность для медного кабеля (без заземления)*

Сечение жилы, мм^2	Две жилы, U = 220 В		Четыре жилы, U = 380 В	
	I, А	P, кВт	I, А	P, кВт
0,5	—	—	—	—
0,75	6	1,3	—	—
1,0	10	2,2	—	—
1,5	17	3,7	14	9,2
2,5	24	5,3	22	14,5
4	34	7,5	27	17,8
6	41	9	35	23,1
10	60	13	45	29,7
16	75	16,5	65	42,9
25	100	22	80	52,8
35	120	26,4	100	66
50	165	36,3	135	89,1
70	200	44	165	108,9
95	245	53,9	200	132
120	280	61,6	230	151,8
150	320	74	—	—

Более точно рассчитать необходимое сечение проводов и кабеля, гарантированно выдерживающих длительно допустимую токовую нагрузку, можно при помощи табл. 2.12, в которой приведены максимально допустимые значения токовых нагрузок для проводов разного сечения из меди и алюминия при температуре окружающего воздуха +25 °С и земли +15 °С для усредненных условий прокладки. Этими данными можно воспользоваться при выборе площади сечения проводов для внутриквартирной проводки.

Таблица 2.12. *Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и ПВХ изоляцией, А*

Токопроводящая жила		Для открытой прокладки	Число и тип проводов, проложенных в одной трубе				
			два одножильных	три одножильных	четыре одножильных	один двухжильный	один трехжильный
Площадь сечения, мм^2	Диаметр, мм						
1	2	3	4	5	6	7	8
С медными жилами							
0,5	0,80	11	—				
0,75	0,98	15					
1	1,13	17	16	15	14	15	14
1,5	1,38	23	19	17	16	18	15
2,5	1,78	30	27	25			21
4	2,26	41	38	35	30	32	27
6	2,76	50	46	42	40		34
10	3,57	80	70	60	50	55	50
16	4,51	100	85	80	75	80	70
25	5,64	140	115	100	90	100	85

***Таблица 2.12** (окончание)*

1	2	3	4	5	6	7	8
35	6,68	170	135	125	115	125	100
50	7,98	215	185	170	150	160	135
70	9,44	270	225	210	185	195	175
95	11,00	330	275	255	225	245	215
120	12,36	385	315	290	260	295	250
С алюминиевыми жилами							
2,5	1,78	24	20	19			16
4	2,26	32	28		23	25	21
10	3,57	60	50	47	39	42	38
16	4,51	75	60		55	60	55
25	5,64	105	85	80	70	75	65
35	6,68	130	100	95	85	95	75
50	7,98	165	140	130	120	125	105
70	9,44	210	175	165	140	150	135
95	11,00	255	215	200	175	190	165
120	12,36	295	245	220	200	230	190

Следует заметить, что в табл. 2.12 приведены усредненные значения токов, т. к. каждый конкретный провод будет иметь свою допустимую токовую нагрузку, которая кроме материала и сечения еще зависит от числа жил, образующих провод, вида изоляции и ее толщины, способа прокладки и окружающей его среды. Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках должны быть не менее приведенных в табл. 2.13.

Таблица 2.13. *Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводке*

Проводники	Сечение жил, мм^2	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двужильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной электропроводки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах	2,5	4
вводы от воздушной линии под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной электропроводки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели, прокладываемые в замкнутых каналах или замоноличенно (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

Для электропроводки внутри помещений используют специальные марки проводов (табл. 2.14).

Таблица 2.14. *Характеристики некоторых марок изолированных проводов для внутренней проводки*

Марка провода	Рабочее напряжение, В	Сечение, мм^2	Краткая характеристика	Способ прокладки
ПВРД	380	0,5–6	Провод гибкий медный двухжильный с резиновой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке	Открыто на роликах
ПГВ	500	0,75–95	Провод гибкий с медными жилами в полихлорвиниловой изоляции	В трубах и металлических рукавах
ПЛВ	500	0,75–4	Двойной медный провод в полихлорвиниловой изоляции	Под штукатуркой в каналах бетонных плит и прибивание гвоздями к стене
ПР-500	500	0,75–400	Провод медный одножильный с резиновой изоляцией в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	В изолированных трубах, на роликах, шлицах по деревянным, металлическим и бетонным поверхностям
ПР-3000	3000	1,5–185		
ПРЛ	500	0,75–6	Провод медный, одножильный в резиновой изоляции с полихлорвиниловой оболочкой	Открыто по панелям и скрыто в коробках
ПРГ-500	500	0,75–400	Гибкий провод с 7 или 9 медными жилами в резиновой изоляции с оплеткой из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	В металлических рукавах
ПРГ-3000	3000	1,5–135		
ПРГ-6000	6000	10–150		

Таблица 2.14 *(продолжение)*

Марка провода	Рабочее напряжение, В	Сечение, мм^2	Краткая характеристика	Способ прокладки
ПРГЛ	500	0,75–70	Провод гибкий медный одножильный с резиновой изоляцией имеет оплетку, покрытую лаком	Открыто по панелям и скрыто в коробках
ПРГВ	500	1,0–6	Провод гибкий медный одножильный с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	Для стационарной прокладки для присоединения к подвижным частям электрических машин
ПРП	500	1–95 (1, 2 и 3 жилы) 1–35 (4 жилы)	Провод с медными жилами с резиновой изоляцией в оплетке из стальной проволоки	Для открытой проводки в установках, требующих защиты от легких повреждений, и для крепления скобами
ПРШП	500	1–35	Провод медный в резиновой изоляции с резиновым шлангом в оплетке из стальной проволоки	То же
ПРД	380	0,5–6	Провод медный двухжильный в резиновой изоляции в непропитанной оплетке	Для открытой проводки на роликах в сухих помещениях
ПРТО-500	500	1–500 (одножильный) 1–120 (многожильный)	Провод с медными жилами с резиновой изоляцией в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	В стальных трубах и тонких металлических трубах, металлических рукавах для открытой проводки и скрытой проводки
ПРТО-2000	2000			

***Таблица 2.14** (окончание)*

Марка провода	Рабочее напряжение, В	Сечение, мм^2	Краткая характеристика	Способ прокладки
АПН	500	2,5–4 (2 жилы)	Провод установочный с алюминиевыми жилами с найритовой светостойкой резиновой изоляцией. Может быть с 1, 2 или 3 жилами	Под штукатуркой в каналах бетонных плит и прибивание гвоздями к стене
АЛПВ	500	2,5–6 (2 или 3 жилы)	Одноленточный с однопроволочными алюминиевыми жилами в полихлорвиниловой изоляции	
АППР	380	2,5–6 (1 или 2 жилы)	Алюминиевый провод с резиновой изоляцией	Для прокладки по деревянным конструкциям жилых домов и хозпостроек в сельской местности
АПР-500	500	2,5–400	Провод с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	В изолированных трубах, на роликах, шлицах, по деревянным, металлическим и бетонным поверхностям

После уточнения всех параметров электропроводки можно приступать к разработке проекта электроснабжения квартиры или дома.

При составлении схемы электроснабжения необходимо руководствоваться некоторыми положениями. Для кухонной плиты и ванной комнаты желательно предусмотреть отдельную проводку. По классической схеме контуры освещения и розеток выполняют раздельно. Если вы планируете использовать приборы и установки с мощностью присоединяемых устройств 2 кВт и выше, сле-

дует предусмотреть собственный контур. Для многокомнатных квартир распределители контура тока применяют двухрядной конструкции с 24 отдельными площадками. После составления схемы должны обязательно остаться резервные площадки для возможного расширения имеющегося оборудования без крупных затрат.

Приведем пример расчета контуров для современной ванны.

1-й контур переменного тока: освещение (три подключения), вентилятор, теплоизлучатель, розетка на умывальник (фен, электробритва), штепсельная розетка (сушилка полотенец).

2-й контур переменного тока: стиральная машина.

3-й контур переменного тока: сушилка белья.

4-й контур переменного тока: установка «теплый пол».

5-й контур трехфазного тока: бойлер горячей воды.

В проектах не всегда точно указывают места установки всех элементов электропроводки, и поэтому их правильное размещение определяют исходя из реального местоположения различных потребителей. Это должно избавить в последующем от применения удлинителей и других приспособлений, которые не только создают массу неудобств, но и существенно влияют на безопасность. Существует два способа разметки электропроводки. Можно наметить сначала места всех потребителей в каждом помещении, а потом магистральные участки, ведущие к главному распределительному щитку. При втором способе идут от щитка и последовательно перебирают комнаты. Во всех помещениях прежде всего намечают места установки светильников, розеток, распределительных коробок и стационарно закрепленной электроаппаратуры. Все истинные расстояния между электроустройствами вносят в схему электроснабжения для определения параметров проводов.

После получения данных по токовой нагрузке на различных участках и общей длине проводки можно выбрать марки конкретных проводов [14]. При этом нужно учесть вид электрической проводки, способы ее прокладки и характеристики окружающей среды, в которой ее будут эксплуатировать. Все провода следует использовать по их назначению (см. табл. 2.14). Напри-

мер, марки АППВС, АПН, АППВ, АПВ, АПРН предназначены для беструбных скрытых проводок; причем под штукатурку, выполняемую мокрым способом, помещают АППВ, АПВ, АППВС, АПН; в свою очередь АПР, ППВ, АППР — для открытой проводки на роликах и изоляторах; АППВ и ППВ можно прибивать к стенам гвоздями, а АППВ, АПВ, ППВ и АППВС удобно крепить на открытой поверхности скобами. Расшифровка условного обозначения установочных проводов дана на рис. 2.41.

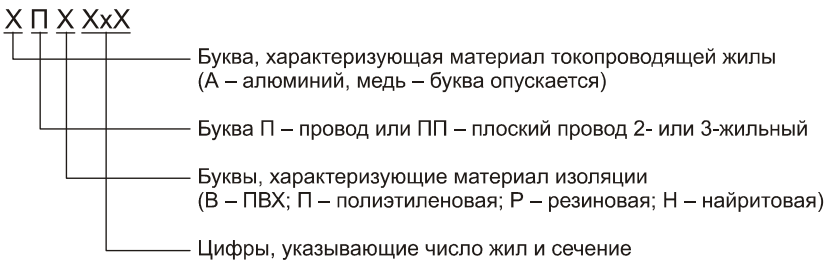


Рис. 2.41. Расшифровка условного обозначения установочных проводов

В электропроводке применяют алюминиевые и медные жилы. Основным материалом для изготовления токоведущих жил служит алюминий — провода из него дешевле медных, но имеют ряд особенностей и недостатков: меньшую механическую прочность, слабую сопротивляемость повторяющимся механическим нагрузкам (изгиб, вибрация, кручение и т. д.). Так как проводимость меди выше проводимости алюминия, допустимые токовые нагрузки на медные провода выше, и они выдерживают в 1,5 раза бóльшую плотность тока. Медные провода прочнее при растяжении, не текут в контактных зажимах и устойчивее к коррозии. Поэтому в местах с повышенной опасностью (сырость, высокая температура, труднодоступность для ремонта и обслуживания проводки) предпочтительнее провода с медными жилами.

Последний показатель при выборе провода — его изоляция. Наиболее эффективные изоляционные материалы: вулканизационная и найритовая резина, а также различные виды пластмасс. В табл. 2.15 приведены основные характеристики проводов, представленных сегодня на российском рынке.

Таблица 2.15. *Провода и кабели, применяемые в электропроводке*

Марка	Сечение жил, мм^2	Число жил	Характеристика
Провода			
АПВ	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией
АППВ	2,5–6	2; 3	Провод с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием
АППР	2,5–10 2,5	2; 3; 4	Провод с алюминиевой жилой, не распространяющей горение резиновой изоляцией и разделительным основанием
АПР	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом
АПРН	2,5–120	1	Провод с алюминиевой жилой и резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке
АМПВ	1–10	1	Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией
АМППВ	1,5–6	2; 3	То же, но плоский с разделительным основанием
ПВ–1	0,5–95	1	Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией
ПВ–2	2,5–95	1	То же, но гибкий
ППВ	0,75–4	2; 3	Провод с медными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием
ПР	0,75–120	1	Провод с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом
ПРГ	0,75–120	1	Провод гибкий, с медной жилой, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом
ПРГИ	0,75–120	1	Провод с медной гибкой жилой и резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами
ПРИ	0,75–120	1	Провод с медной жилой и резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами

Таблица 2.15 *(окончание)*

Марка	Сечение жил, мм^2	Число жил	Характеристика
Кабели			
АВВГ	2,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке
АВРГ	4–300 2,5–300	1; 2; 3; 4	Кабель с алюминиевыми жилами, резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке (без покровов)
АНРГ	4–300 2,5–300	1; 2; 3; 4	Кабель с алюминиевыми жилами, резиновой изоляцией, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке (без покровов)
АПВГ	2,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с алюминиевыми жилами, полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке
ВВГ	1,5–50 2,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с медными жилами, поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке
ВРГ	1–240	1; 2; 3; 4	Кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке
НРГ	1–240	1; 2; 3; 4	Кабель с медными жилами, резиновой изоляцией, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке
ПВГ	1,5–50	1; 2; 3; 4	Кабель силовой, с медными жилами, полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке

На отечественном рынке кроме проводов российского производства можно приобрести и их импортные аналоги. В настоящее время в Европе существуют параллельно две системы маркировки: национальная и международная гармонизированная.

Структура обозначения по международной системе:

- начальная буква:
  - H — гармонизированная система,
  - A — признанный национальный тип;

- цифровой код допустимого напряжения:
  - 03 — 300 В переменного или 300 В трехфазного тока,
  - 05 — 300 В переменного или 500 В трехфазного тока,
  - 07 — 450 В переменного тока или 750 В трехфазного тока;
- буквенные обозначения для изоляционного материала:
  - V — полихлорвинил,
  - R — каучук;
- буквенные обозначения для кабельной оболочки:
  - V и R — изоляционный материал,
  - T — текстильная оплетка;
- буквенные обозначения для геометрии провода:
  - H — плоский делимый провод,
  - H2 — плоский неделимый провод;
- буквенное обозначение после дефиса (вид провода):
  - U — однопроволочный,
  - K — тонкопроволочный гибкий провод при жесткой прокладке,
  - R — многопроволочный при жесткой прокладке,
  - F — тонкопроволочный гибкий;
- число жил;
- наличие защитного провода:
  - G — с защитным проводом,
  - X — без него;
- поперечный разрез провода в квадратных миллиметрах.

Пример. Маркировка H05VR – F 3 G 1 соответствует 3- или 5-жильному проводу с защитным проводом, полихлорвиниловой изоляцией, каучуковой оплеткой и поперечным сечением по 1 мм^2 на проводник, для переменного тока 300 В и с гибкой прокладкой.

Наряду с новыми обозначениями применяют и старые, которые в соответствии с национальными нормами начинаются с буквы N (Германия). Так, плоский провод, предназначенный для прокладки под штукатуркой, обозначают как NYIF, провод с оплеткой из полихлорвинила — NYM, кабель для прокладки в зем-

ле — NYY, шнур с резиновой изоляцией — NSA, провода, предназначенные для прокладки в неметаллических трубах в сухих помещениях на штукатурке и под ней, — NYA.

Следуя приведенной маркировке импортных проводов, можно самостоятельно выбрать требуемый провод. Например, для дачи (с зимними перепадами температур), городской квартиры и бани лучше покупать провод NYM.

Совет. Будьте бдительны, не приобретайте кабель и провод у малоизвестных производителей и поставщиков, какой бы заманчивой ни была экономия при покупке. Помните, что ценой вашей ошибки, скупости или экономии может оказаться человеческая жизнь.

Специалисты Кабельного центра ЗАО «РОСИНВЕСТ-Энерго» (**http://www.chelkabel.ru**) изучили и проанализировали множество ситуаций и причин аварий, возникших из-за применения некачественной (контрафактной) или несоответствующей кабельно-проводниковой продукции. Все их выводы приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16. *Способы распознавания некачественной (контрафактной) или несоответствующей кабельно-проводниковой продукции*

Ситуация	Способы распознавания проблемы	Последствия
Кабель с заниженным сечением	С помощью омметра замерить сопротивление жилы либо измерить штангенциркулем ее диаметр, посчитать по формуле (1.2) сопротивление, сравнить со значением, регламентируемым ГОСТ 22483-77. Например, для медной жилы сечением 2,5 мм^2 по формуле (1.2) на длине 1 км получаем сопротивление $R_ж$ = 6,67 Ом. Сопротивление, регламентируемое ГОСТ 22483-77 для сечения 2,5 мм^2, R_{max} = 7,41 Ом. $R_ж < R_{max}$, следовательно, сечение соответствует ГОСТ	Тепло, выделяемое на токопроводящей жиле при прохождении по ней тока, прямо пропорционально сопротивлению; больший нагрев жилы **приводит к расплавлению изоляции, короткому замыканию и возгоранию**

Таблица 2.16 *(продолжение)*

Ситуация	Способы распознавания проблемы	Последствия
Замена многопроволочного кабеля однопроволочным	Визуальный осмотр. По ГОСТ 16442-80 токопроводящая жила сечением свыше 16 мм^2 должна быть многопроволочной	На однопроволочной жиле выделение тепла больше, чем на многопроволочной, нагрев жилы **приводит к расплавлению изоляции, короткому замыканию и возгоранию**
Подмена кабеля с постфиксом «нг» на кабель без постфикса	Почти не распознать	Кабель с постфиксом «нг» (например, ВВГнг) не распространяет горение при прокладке в пучках. Кабель без этого постфикса (например, АВВГ) не распространяет горение при одиночной прокладке. Требования по нераспространению горения регламентирует ГОСТ 12176-89. **При прокладке кабеля без постфикса «нг» в пучках в случае возгорания одного из кабелей пламя распространится и на другие кабели вместо локализации очага пожара**
Использование кабеля с резиновой изоляцией вместо кабеля с ПВХ-изоляцией (подмена)	Визуальный осмотр, сравнение с проектом	**Срок эксплуатации кабеля с резиновой изоляцией гораздо меньше, чем у кабеля с ПВХ-изоляцией**. Например, для кабелей КГ, КГХЛ срок службы — 4 года с момента изготовления, а для кабелей ВВГ срок службы — 30 лет с момента ввода в эксплуатацию
Нарушена технология производства кабеля	Визуальный осмотр («раковины» в изоляции)	**Попадание воды, разрушение изоляции кабеля, короткое замыкание**

Таблица 2.16 *(окончание)*

Ситуация	Способы распознавания проблемы	Последствия
Нарушена технология при перемотке кабеля; недопустим большой изгиб кабеля	Визуальный осмотр при прокладке (трещины и разрывы изоляции)	**Попадание воды, разрушение изоляции кабеля, короткое замыкание**
Нарушение условий транспортировки барабанов	Визуальный осмотр (витки сдавлены друг другом)	Нарушение геометрических размеров кабеля **может привести к нарушению изоляции**

Действия, при обнаружении повреждения кабеля:

- вызов представителя ТПП или поставщика, составление акта;
- прожиг кабеля в месте повреждения с помощью специальной аппаратуры (трансформатор прожига);
- выявление места повреждения кабеля с помощью акустической или индуктивной индикации (примерная стоимость оборудования — 400–500 тыс. руб. для аппаратуры RD-4000 английского производства);
- раскопка грунта либо разбор стены/траншеи;
- муфтование;
- восстановление грунта/стены/траншеи.

Стоимость работ для восстановления кабеля, проложенного в земле, колеблется от 100 до 300 тыс. руб. в зависимости от длины участка и срочности проведения работ.

В случае возникновения вопросов по выбору марки и сечения кабельно-проводниковой продукции следует обращаться к квалифицированным менеджерам. Профессионал знает, какую кабельно-проводниковую продукцию приобрести, сомневающийся должен прислушаться к мнению специалиста.

2.4.2. Монтаж и укладка проводов

Чтобы электропроводка оставалась безопасной долгое время и не подвергалась нежелательным воздействиям, ее нужно правильно разместить и уложить [15].

Виды работ и необходимый инструмент:

- Измерение, контроль, разметка: складной метр (только из дерева), карандаш, отбивной шнур, прибор для проверки наличия напряжения, прибор для прозванивания проводов (пробник).
- Захват, сгибание и другие механические работы: пассатижи (с изолированными ручками), плоскогубцы, круглогубцы, трубогиб, щипцы для сгибания трубок.
- Забивание, долбление, резка: молоток, сапожный нож, зубило, шлямбур.
- Бурение, завинчивание: бур, отвертка, гаечный ключ.
- Пайка: паяльник, наждак, паяльная кислота, оловянный припой.

На завершающем этапе электромонтажа выполненную работу должен проконтролировать специалист.

После приобретения необходимых проводов переходят к подготовке трассы. Провода прокладывают только по вертикальным и горизонтальным линиям, а их расположение должно быть точно известно во избежание повреждения при сверлении отверстий, забивании гвоздей и т. д. Горизонтальная прокладка проводится на расстоянии 50–100 мм от карниза и балок, на 150 мм от потолка и на 150–200 мм от плинтуса. Вертикально проложенные участки проводов должны быть удалены от углов помещения, оконных и дверных проемов не менее чем на 100 мм. Необходимо проследить, чтобы провод не соприкасался с металлическими конструкциями здания. Параллельная прокладка вблизи трубопроводов с горючими веществами (газом) выполняется на расстоянии не менее чем 400 мм. При наличии горячих трубопроводов (отопление и горячая вода) проводка должна быть защищена от воздействия высокой температуры асбестовыми прокладками или необходимо применить провод с защитным покрытием. За-

прещается прокладывать провода пучками, а также с расстоянием между ними менее 3 мм.

Для закладывания проводки в стены следует начертить ход пазов внутри монтажных зон. Отверстия для розеток и распределительных коробок можно выдолбить молотком и зубилом или стамеской. Для облегчения выполнения этой задачи существуют специальные фрезы, которые можно приобрести на рынке. В кирпичной кладке пазы можно также фрезеровать, для чего с помощью углового шлифовального станка нужно сделать два параллельных надреза вдоль линии размещения провода, затем вырезать образовавшееся промежуточное пространство посредством шлицевой фрезы.

Максимальная глубина вертикальных пазов зависит от толщины стен, но не бывает более 6 см. При толщине стены 11,5 см глубина паза составит 2 см, при 17 — 3 см, при 24 — 4 см, при 30 — 5 см, при толщине свыше 36 см — максимально возможная. Горизонтальные пазы разрешены в стенах, толщина которых составляет 24 см и более.

Открытую проводку применяют в основном в индивидуальном жилом секторе, и она недостаточно безопасна в эксплуатации. Самая безопасная в эксплуатации — скрытая проводка, и потому она наиболее распространена. Такой тип проводки защищен от механических повреждений и влияния солнечных лучей, пыли и газов на изоляцию. При прокладке проводки под штукатуркой на деревянной стене под провода подкладывают трехмиллиметровый слой асбеста. Основной недостаток скрытой проводки — невозможность без переделки присоединить новые токоприемники.

В связи с этим, живущим в квартирах нужно быть очень осторожными при различных переключениях электрических проводов и замене выключателей и розеток. Чтобы заменить или даже нарастить электропровод, который вы неосторожно обломили, придется сбивать кафельную плитку, которую вы, возможно, совсем недавно положили, иначе до места соединения проводов вам не добраться.

При ремонте и модернизации электропроводки под слоем сухой штукатурки пробивать в ней канавки по всей длине не нужно. Сухую штукатурку обычно закрепляют на стене на рейках, и

между стеной и штукатуркой имеется пустота. Чтобы проложить провода, достаточно по трассе пробить в штукатурке несколько отверстий диаметром 30–40 мм, через них протолкнуть жесткую проволоку, с помощью которой затем можно протащить провода по всей трассе. При ремонте проводки можно использовать существующий неисправный провод в качестве кондуктора.

При оборудовании деревянных дачных домиков и строительстве гаражей применяют скрытую проводку в стальных или пластмассовых трубах. При прокладке электропроводки из нескольких проводов в трубах, выбор таких проводов производят, исходя из меньшего на 10–20% значения допустимого тока, приведенного для них в табл. 2.13. Это связано с тем, что в трубе провода нагревают друг друга и в трубном канале условия охлаждения хуже, чем на воздухе.

Если неизвестна площадь сечения провода S, то измеряют штангенциркулем его диаметр d и вычисляют ее по известной формуле:

$$S = 0{,}785d^2,$$

где S — площадь сечения, мм^2; d — измеренный диаметр провода, мм.

Минимальные сечения токопроводящих жил изолированных проводов марки АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ и т. п., прокладываемых в трубах, составляют 1 мм^2 для медных и 2 мм^2 для алюминиевых проводов. Здесь тоже существуют свои нормативы, которыми следует руководствоваться. При пересечении с трубами отопления расстояния от них до труб электропроводки должны быть не менее 5 см, а при параллельной прокладке — 10 см. Если на трассе прокладки трубопровода имеются два угла изгиба, то расстояние между коробками не должно превышать 5 м, а на прямых участках — 10 м. Металлические трубы укладывают с уклоном, чтобы в них не накапливался конденсат. Расстояние между точками крепления открыто проложенных металлических труб составляет 2,5–3,0 м, а на изгибах — 15–20 см от угла.

В последнее время в современных домах из монолитного бетона и при оборудовании офисов широко применяют плинтусные электропроводки. В электротехническом плинтусе предусмотрено пять каналов: в двух верхних укладывают провода групповой

электрической сети, в трех нижних — провода радиотрансляции, телефона и телевизионный кабель. Провода в плинтусе фиксируют специальными пластмассовыми клицами (рис. 2.42) через каждые 50–70 см.

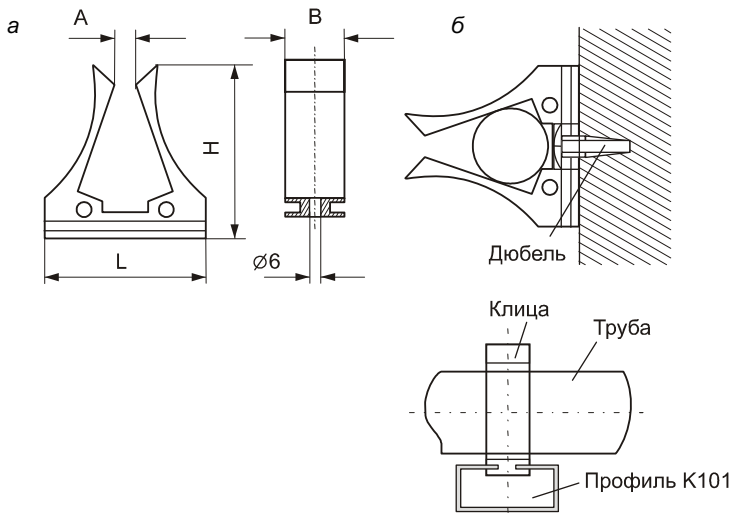


Рис. 2.42. Общий вид пластмассовых клиц (*а*) и их крепление (*б*)

Клицы позволяют трубе перемещаться вдоль своей оси в случае возможных температурных деформаций. В табл. 2.17 приведены размеры и масса пластмассовых клиц в соответствии с российским стандартом.

Таблица 2.17. *Данные пластмассовых клиц*

Тип	Наружный диаметр труб, мм	Размеры, мм				Масса 1000 шт., кг
		A	B	H	L	
Л75УЗ	25	14	16	53	43	14
Л76УЗ	32	16	18	64	56	21
Л77УЗ	40	26	18	71	66	25
Л78УЗ	50	33	18	87	76	36

Для прокладки проводов при огибании дверного проема и ее декоративного оформления служит специальный электротехнический наличник. Для этих же проводок существуют надплинтусные штепсельные розетки, унифицированные монтажные коробки, телевизионные и телефонные безотрывные розетки.

2.4.3. Изготовление углублений в бетонной стене при монтаже электропроводки

При самостоятельном монтаже установочных элементов электропроводки, например, переносе электрической розетки или выключателя, иногда возникает необходимость изготовления углублений в бетонной стене. Для заглубления в стену скрытой проводки под розетки и выключатели делают ямки, под провода перфоратором или дисковым инструментом выполняют штробы, представляющие собой канавку в стене, куда укладывается провод и закрепляется алебастром. Провода можно просто укладывать в штробу, а можно вставить в гофрированный шланг или пластиковую трубу (если нужно обеспечить возможность последующей их перетяжки или замены). Гофрированный шланг, так или иначе, можно случайно повредить дрелью при сверлении отверстия в стене, а двойная изоляция современных проводов вполне защищает от утечки тока. Отчасти защитить скрытую проводку, а точнее максимально затруднить механическое повреждение ее можно, если вставить провода в железные трубки. Весьма эффективна и принятая за рубежом трехпроводная схема домашней проводки в заземленном кожухе.

Долбить бетон лучше мощным перфоратором — инструментом со специальной насадкой. Такую работу желательно делать в будние дни, т. к. возникает много шума и пыли. Использование штробореза по бетонным стенам, по мнению специалистов практиков, не совсем оправдано ни экономически, ни практически. По времени получается даже больше в сравнении, например, с работой болгаркой. Все равно потом приходится долго подчищать перфоратором сделанное углубление. Штроборез целесообразен

при больших объемах работ по кирпичу, гипсу и т. п., но только не по бетону. Штроборез несколько удобнее, даже хотя бы тем, что к нему можно подсоединить пылесос. Время вырубки ямки для установочной коробки в бетоне — 2–3 мин, а метра штробы — 1–2 мин.

При изготовлении углубления в бетоне, с помощью перфоратора, лучше пользоваться насадкой-зубилом, а не коронками для углублений под установочные коробки в бетоне. Это связано с тем, что при попадании на арматуру с коронки часто слетают зубья. Конечно, углубление получается не совсем ровное, но это не важно, т. к. в процессе замуровки установочной коробки происходит выравнивание места. Коронка, однако, незаменима при работе по кирпичу, пеноблокам, гипсу и т. п.

Что касается сверления гнезд под монтажные коробки электроустановочных изделий (розеток, выключателей и т. д.) в стенах из кирпича, природного или искусственного камня, гипсокартоне или дереве, то для этих целей используют специальные виды коронок (алмазные сверла). В продаже есть коронки как зарубежного, так и отечественного производства. Для «сухого» сверления подойдут коронки производства ООО «Инстри» (г. Екатеринбург, **http://www.instri.com/**) (рис. 2.43). Эти коронки имеют полезную длину 60 мм, высоту сегмента 7 мм, а для соединения — хвостовик М14. Технические характеристики коронок производства ООО «Инстри» приведены в табл. 2.18.

Рис. 2.43. Коронка для «сухого» сверления производства ООО «Инстри» (г. Екатеринбург)

Таблица 2.18. *Технические характеристики коронок производства ООО «Инстри» для «сухого» сверления*

Диаметр, мм	Количество сегментов, шт.	Толщина сегмента, мм	Длина сегмента, мм
68	4	3,5	19
76	6	3,5	15
82	6	3,5	15

Оригинальная конструкция корпуса коронки позволяет эффективно осуществлять вынос шлама из зоны сверления. Коронка изготовляется с посадкой под болгарку (М14), а система переходников и хвостовиков позволяет применять ее на перфораторе (безударный режим) и на дрели. Схемы установки коронки на перфоратор и на дрель показаны на рис. 2.44.

а

Коронка электромонтажная

Переходник ГМ12х1,5-ВМ14

Хвостовик ВМ12х1,5-SDS+

б

Коронка электромонтажная

Хвостовик трехгранник ВМ14

Рис. 2.44. Схемы установки коронки на перфоратор (*а*) и на дрель (*б*)

Для выполнения отверстий под распределительную коробку или подрозетник необходимо использовать коронку с наружным диаметром на 2–3 мм больше диаметра подрозетника или распределительной коробки, для того чтобы обеспечить их надежное крепление в посадочном отверстии. Сверление может вестись как «всухую», так и с подачей воды (рис. 2.45). Для подачи воды применяется специальная насадка. «Мокрое» сверление значительно увеличивает скорость проходки и ресурс сверла.

Рис. 2.45. Дрель с коронкой для ручного сверления

Для сверления могут быть использованы ручные сверлильные машины: дрели, перфораторы в безударном режиме, специализированные машины. Базовый вариант коронки выполняется с хвостовиком G ½". Для адаптирования их на машины с другими посадками выпускается серия переходников (адаптеров) (**http://www.instri.com/index.php?page=products&pid=100045**).

Для «мокрого» сверления применяется насадка для подачи воды (проливка), для «сухого» — насадка для отсоса шлама (пылеотсос). Насадка устанавливается на выходной вал (шпиндель) дрели, при этом наружный диаметр корпуса дрели на выходе шпинделя должен быть равен 43 мм (евростандарт). При использовании перфоратора с патроном SDS+ применяется хвостовик B½"-SDS+.

Для ручного сверления рекомендуется такое электрооборудование: дрель 1500–2500 об/мин; мощностью 800–1200 Вт (в зави-

симости от диаметра сверления), желательно с предохранительной муфтой от «заклинивания». Глубины сверления до 1500 мм можно достигнуть с помощью нескольких удлинителей. Производительность алмазного сверления — 1,5–2 см/мин в железобетоне средней армированности. Ресурс алмазного сверла — 4–8 погонных метров в железобетоне и 40–60 погонных метров в кирпиче. «Мокрое» сверление предпочтительнее по ресурсу и производительности.

В продаже, помимо коронок производства ООО «Инстри», присутствуют и изделия других фирм, например, коронки торговой марки «ЕРМАК» (рис. 2.46). Эти изделия производятся на предприятиях КНР и Индии из российского металла.

Рис. 2.46. Коронки торговой марки «ЕРМАК»

Для выполнения горизонтальных штроб на высоте более 165 см понадобятся козлы или крепкий стол, поскольку при долблении нужно сильно нажимать на инструмент. Если это делать на стремянке и направлять усилие вбок, то можно упасть и получить травму.

Для пропила в бетоне или кирпиче каналов для прокладки скрытой электропроводки или труб есть специальные инструменты, например, бороздоделы (шлицерезы). Бороздоделы работают практически без пыли.

При выборе бороздодела, а также другого инструмента, нужно помнить, что бывает инструмент бытовой и профессиональный. Отличие между ними заключается в назначении, конструкции и цене, причем достаточно существенное. Бытовой инструмент дешевле профессионального и рассчитан на меньшие нагрузки. Его конструкция несколько иная, но это не значит, что он хуже. Он выполняет те же функции, что и профессиональный, и с тем же качеством, но время непрерывной работы механизмов и оснастки существенно меньше, хотя и вполне достаточное для дома. А на сэкономленные деньги лучше купить еще один полезный и нужный механизм. Бороздоделы различаются по своему главному параметру — глубине и ширине вырезаемой канавки в бетоне или кирпиче. Что касается мощности инструмента, то чем бороздодел мощнее, тем он глубже способен сделать канавку. Немалое значение имеет вес инструмента, т. к. от этого зависит утомляемость во время работы. В табл. 2.19 приведены технические данные некоторых типов бороздоделов.

Таблица 2.19. *Технические данные бороздоделов*

Марка	Глубина канавки, мм	Ширина канавки, мм	Потребляемая мощность, Вт	Масса, кг	Внешний вид (рис. 2.47)
BOSCH 65 A	20–65	20–40	1679	8,4	*а*
MAKITA SG 1250	0–38	0–35	1400	4,1	*б*
BOSCH 20 CA	0–20	30	520	2,8	*в*
BOSCH GNF 35 CA	0–35	3–39	820	4,1	*г*

В бороздоделах используют специальные алмазные отрезные круги, как правило, разработанные фирмой-изготовителем (спецпринадлежность), которые обеспечивают оптимальный результат при работе на самых различных материалах.

Рис. 2.47. Бороздоделы: *а* — BOSCH 65 A, *б* — MAKITA SG 1250, *в* — BOSCH 20 CA, *г* — BOSCH GNF 35 CA

Укажем сервисные особенности бороздоделов:

- безопасное и оптимально эргономичное обращение;
- предохранительная блокировка непреднамеренного погружения отрезного круга;
- точнейшая установка глубины резания по шкале;
- регулировка ширины резания с определенным шагом в зависимости от модели;
- арретирование (блокирование) шпинделя для легкой замены кругов;
- отсек ключей на машине;
- подсоединение пылеотсоса;
- отключающиеся щетки.

В комплект поставки бороздодела, как правило, входят принадлежности: дополнительная рукоятка, 2 алмазных диска, шайбы (упорная и 5 распорных), зажимная гайка и кейс.

Цена на бороздоделы колеблется от 10 до 30 тыс. руб., в зависимости от модели. Учитывая высокую стоимость инструмента, а также отсутствие необходимости его частого использования, имеет смысл брать бороздоделы в фирмах проката инструмента. В табл. 2.20 для примера приведен прейскурант проката бороздодела, ударной дрели и перфоратора в ООО «НВФ ФАКТОТУМ» (г. Санкт-Петербург, **http://www.prokatinstrumenta.ru/**).

Таблица 2.20. *Прейскурант проката некоторых инструментов в ООО «НВФ ФАКТОТУМ» (г. Санкт-Петербург)*

Наименование	Цена залога	Цена проката за день	Цена проката за неделю
	руб.		
Бороздодел BOSCH GNF 35 CA 1400W	8000	300	1750
Ударная дрель ИНТЕРСКОЛ ДУ-750-ЭР 750W	1000	180	910
Перфоратор BOSCH GBH 2-26 DFR 800W	6000	280	1680
Перфоратор MILWAUKEE PPH 26XE 800W	5000	250	1470
Перфоратор METABO KHE 26 Contact 800W	6000	280	1680
Перфоратор AEG PN 2200 RX 620W	4000	250	1470

Примечание. Для оформления договора проката необходимо иметь гражданский паспорт с постоянной регистрацией в Санкт-Петербурге. При внесении залога в размере полной рыночной стоимости инструмента и оплате полной стоимости аренды при получении инструмента для оформления договора проката возможно предъявление документов, выданных в других регионах.

2.5. Сращивание и ответвление проводов

2.5.1. Общие сведения

При прокладке или ремонте квартирной проводки, а также ремонте электроприборов довольно часто приходится сращивать и делать ответвление проводов. Во время этой операции необходимо стремиться к тому, чтобы получить качественное соединение и хороший контакт проводов. Это очень важно, т. к. в местах плохого контакта из-за увеличения сопротивления токопроводящие жилы нагреваются, что может привести к возгоранию изоляции. Место соединения проводов должно быть тщательно заизолировано.

Существует несколько способов соединения проводов и кабелей:

- контактными зажимами:
- клеммными колодками с винтовым зажимом;
- скруткой;
- пайкой в скрутке или в гильзе;
- электросваркой;
- методом контактного разогрева;
- опрессовкой в гильзах и др.

Методы, связанные с электросваркой и контактным разогревом, требуют наличия специального инструмента, который не всегда есть в доме. Например, для контактного разогрева применяют аппарат ВКЗ-1, в состав которого входят сварочный пистолет, сварочный трансформатор, угольный электрод и устройство управления.

В домашних условиях для самостоятельного соединения проводов более всего подходят контактные зажимы и клеммные контактные колодки, в крайнем случае скрутка без пайки.

Способы соединения проводников, которые будут рассмотрены в этом разделе, практически равнозначны. У каждого есть

свои достоинства и свои недостатки. Пайка, например, не требует периодических проверок плотности контакта, но делать ее не будет ни один монтажник — слишком много времени занимает самое простое соединение двух проводов. Клеммы WAGO всем хороши: соединяют мгновенно, надежны, но они предназначены только для однопроволочных жил. Есть модели WAGO и для многопроволочных, но они служат для соединения одного жесткого проводника с одним гибким и строго определенного их количества (нельзя, скажем, сделать еще одно ответвление, когда все «места» заняты). У винтовых зажимов тоже есть «плюсы» и «минусы»...

Из этого следует вывод: если соединение проводов сделано грамотно и добросовестно, то в дальнейшем с ним проблем не будет, каким бы способом оно ни было выполнено.

2.5.2. Соединение контактными зажимами

Современное развитие техники соединения электропроводов направлено на упрощение этой операции и стремление к тому, чтобы ее мог выполнить малоквалифицированный специалист. В настоящее время провода все чаще соединяют клеммными пружинными зажимами. В этом случае не требуется ничего скручивать или спаивать, достаточно только зачистить должным образом концы, например, двух сращиваемых проводов и вставить в отверстия зажима.

Немецкая фирма «WAGO» уже несколько десятилетий успешно развивает свою оригинальную конструкцию плоскопружинного зажима, позволяющего надежно соединять медные и алюминиевые проводники в любой комбинации без использования инструмента (рис. 2.48).

Этот универсальный принцип крепления проводника используется как в простейших клеммах для подключения люстр и светильников, так и в изделиях, предназначенных для работы в сложных условиях промышленного производства, на железнодорожном и морском транспорте. Провод достаточно зачистить от

изоляции и ввести в отверстие — он зафиксируется пружиной. Официальный дистрибьютор «WAGO» в России — московская компания ООО «ДЕЦИМА» (e-mail: **decima@decima.ru**).

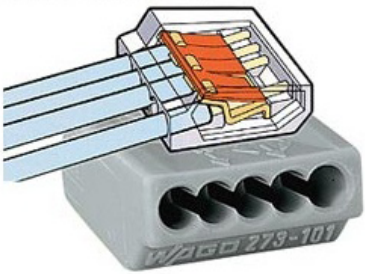


Рис. 2.48. Конструкция плоскопружинного зажима для жестких одножильных проводов

Клеммы «WAGO» наполнены специальной контактной пастой, которая при подключении алюминиевого проводника снимает с него окисную пленку и предотвращает повторное окисление. Эта особенность клемм «WAGO» актуальна для электромонтажа в строительстве, где часто требуется объединение разнородных проводников, что сразу исключает использование скруток и классических винтовых клемм. Алюминиевые проводники с признаками сильного окисления (определяется визуально по темной окраске) следует перед подсоединением очищать механически.

Нельзя пройти мимо еще одного преимущества пружинных клемм «WAGO» — практически мгновенный монтаж проводников, для чего требуется лишь зачистить проводник на 9–11 мм и вставить его в монтажное гнездо. Экспресс-клеммы позволяют подключить осветительные приборы, повесить и снять люстру или бра за считанные секунды [16].

Характеристики клемм для осветительных приборов и распределительных коробок практически не накладывают ограничений на их применение в бытовых целях: номинальное напряжение — до 400 В, номинальный ток — 24 А для медных проводников и 16 А для алюминиевых, допустимые сечения соединяемых проводников — от 0,5 до 2,5 мм^2.

Передовые технологии «WAGO» дают возможность выйти на новый качественный уровень в соединении электрических проводов в домашних условиях.

Достоинства электрического соединения с помощью экспресс-клемм «WAGO»:

- надежное подключение одножильных (маложильных) медных и/или одножильных алюминиевых проводников, а также смешанный электромонтаж;
- для каждого проводника предусмотрено отдельное клеммное место;
- качество подключения не зависит от аккуратности электромонтажника;
- проводники не повреждаются;
- надежная защита от случайного прикосновения к токоведущим частям соединения;
- предусмотрена возможность измерения электрических параметров цепи без нарушения изолированности соединения;
- гарантированная надежность контактов, исключающая короткое замыкание и разогрев в точке соединения;
- безопасность и порядок в распределительной коробке.

Процесс соединения двух проводов с помощью клеммных пружинных зажимов представлен на рис. 2.49.

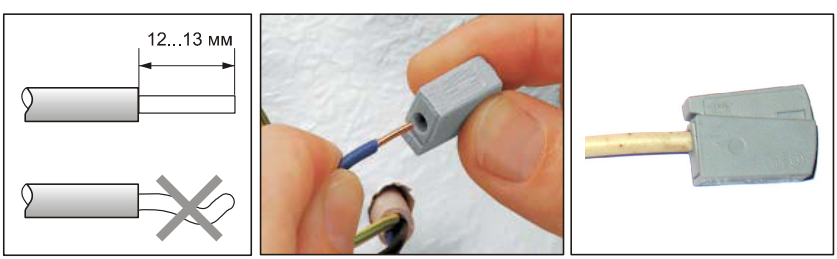


Рис. 2.49. Соединение двух проводов с помощью клеммных пружинных зажимов:

а — съем изоляции с концов проводов на длину 10–13 мм,
б — вставка оголенных концов проводов до упора в отверстия клеммы,
в — результат: надежное соединение двух проводов

При необходимости разобрать созданное соединение следует вытянуть проводник с одновременным легким вращением его.

Зажимы «WAGO» — оптимальный вариант для соединения проводов при токе до 25 А.

Пружинные клеммы, в частности выпускаемые немецкой фирмой «WAGO», достаточно удобны для соединения проводов в квартирной проводке. Существуют модели клемм как для жестких однопроволочных, так и для мягких многопроволочных жил.

Одно из достоинств этих компактных устройств — надежное соединение проводов разного диаметра, как медных, так и алюминиевых. При соединении проводов из разных материалов не возникает электрокоррозия, т. к. провода не касаются друг друга. Более того, как уже упоминалось, паста, заполняющая внутренний объем клемм, разрушает оксидную пленку на алюминии и защищает его от коррозии.

Пользуясь клеммными зажимами «WAGO», следует учитывать, что они соединяют только то число проводов, на которое рассчитаны. Готовясь к электромонтажным работам, нужно тщательно продумать, сколько и каких клемм понадобится. Некоторые виды клеммных пружинных зажимов приведены на рис. 2.50, а их характеристики — в табл. 2.21.

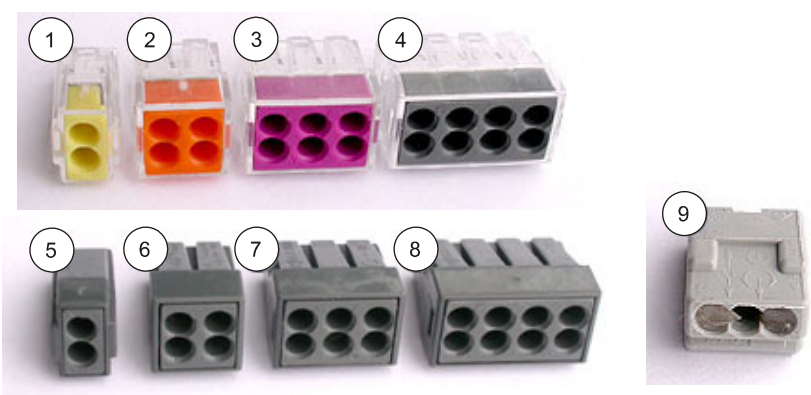


Рис. 2.50. Клеммные зажимы «WAGO» (типы 773; 273)

Таблица 2.21. *Основные характеристики клемм «WAGO» (типы 773; 273)*

Обозначение на рис. 2.50	Наименование	Ток, А	Число соединяемых проводов, шт.	Диапазон сечений, мм^2	Наличие контактной пасты
1	773-322	25	2	1,0–2,5	Без пасты
2	773-324		4		
3	773-326		6		
4	773-328		8		
5	773-302		2		С пастой
6	773-304		4		
7	773-306		6		
8	773-308		8		
9	273-503		3	1,5–4,0	

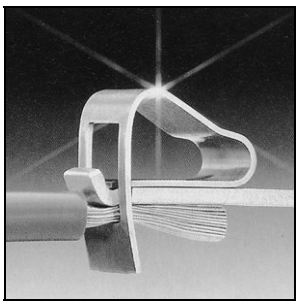
Клеммы 773 и 273 предназначены для присоединения и ответвления одножильных проводников из меди и алюминия или многожильного медного провода с наконечником в электрических цепях переменного тока с частотой 50 Гц напряжением до 380 В. Клеммы применяются в распределительных коробках.

Существуют и другие унифицированные контактные зажимы безвинтового типа, в которых прямой конец жилы вводится в зажим без его формирования.

Примером могут служить клеммные колодки с пружинным зажимом CAGE CLAMP (рис. 2.51).

Зажим CAGE CLAMP изготавливается из стойкой к кислотам и морской воде хромоникелевой стали, пружина прижимает одно- или многожильный медный провод со снятой изоляцией к контактной пластине из электролитической меди [17]. Сила прижима определяется площадью сечения проводов. Проводник под действием высокого контактного нажатия вдавливается в поверхность контактной пластины, образованную слоем сплава олова со свинцом. В результате образуется вибростойкое электрическое соединение, устойчивое к коррозии и обладающее постоянным низким переходным сопротивлением. Базовый элемент

этого соединения, предлагаемый фирмой «WAGO», позволяет соединять провода площадью сечения 0,08–35 мм^2 и соответствует мировым стандартам в области электрических соединений.



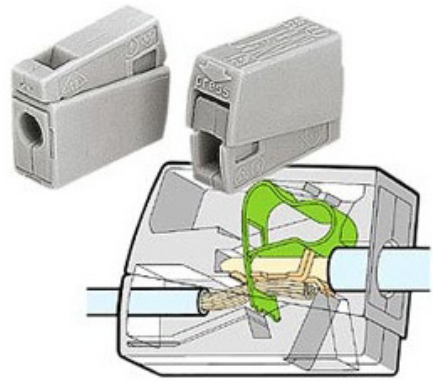


Рис. 2.51. Клеммные колодки с пружинным зажимом CAGE CLAMP

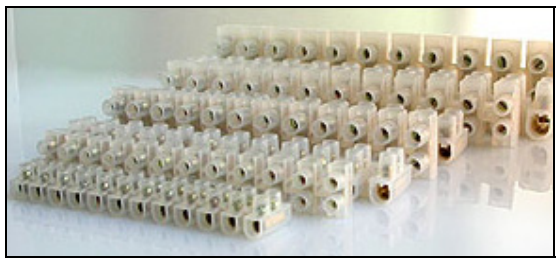
Система таких пружинных зажимов пригодна и для подсоединения однопроволочных алюминиевых проводников сечением до 4 мм^2, если они перед подключением очищены от механических загрязнений и защищаются от последующего окисления смазкой, не содержащей кислот. Величина номинального тока должна соответствовать меньшей проводимости алюминиевых проводников (1,5 мм^2 = 10 А, 2,5 мм^2 = 16 А, 4 мм^2 = 22 А). Попытка вытянуть провод из такого зажима может привести к поломке зажима. Для освобождения провода необходимо в верхней части зажима нажать клавишу, которая отожмет пружину и освободит провод.

2.5.3. Соединение клеммными колодками

Для соединения проводов разного диаметра подходят не только клеммные пружинные зажимы, но и обычные клеммные колодки, часто называемые просто клеммниками. Клеммная колодка представляет собой диэлектрический корпус, в котором закреплено несколько металлических контактов с узлами крепления к ним проводов.

Наиболее распространены клеммные колодки с винтовым зажимом из-за их простоты и дешевизны (рис. 2.52). У них много изолированных друг от друга гнезд (обычно у каждого по два винта).

а



б

в

Рис. 2.52. Клеммные колодки: *а* — проходные, *б* — тупиковые (двухполюсные), *в* — керамические (трехполюсные)

В таком устройстве также не требуется изгибать конец провода в кольцо. Необходимо только конец провода, обработанного соответствующим образом, вставить в отверстие клеммы и зажать его сверху винтом. В клеммной колодке, по существу, провода соединены встык, т. е. с одной и с другой стороны корпуса вставлено и зажато винтами одинаковое число проводов.

Различают проходные, тупиковые и керамические клеммные колодки (см. рис. 2.52). Проходные колодки предназначены для сквозного соединения проводов и кабелей, которые фиксируются с помощью металлических винтов. Проходные клеммные колодки поставляются в виде 12-полюсных реек.

Тупиковые клеммные колодки используют в качестве самого надежного соединительного элемента проводов и кабелей в ответвительных коробках, кабель-каналах, в других электротехнических оболочках силовых и осветительных цепей, а также в качестве за-

земляющих контактов (рис. 2.53). Керамические клеммные колодки применяют для электрических соединений в тех случаях, когда имеют место повышенные рабочие температуры.

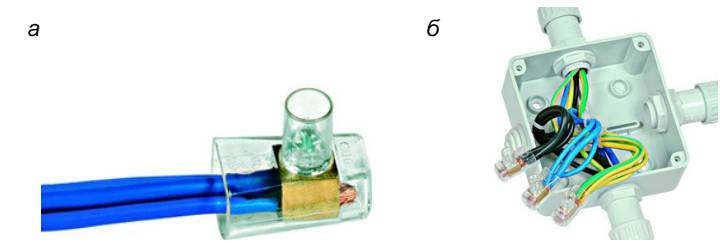


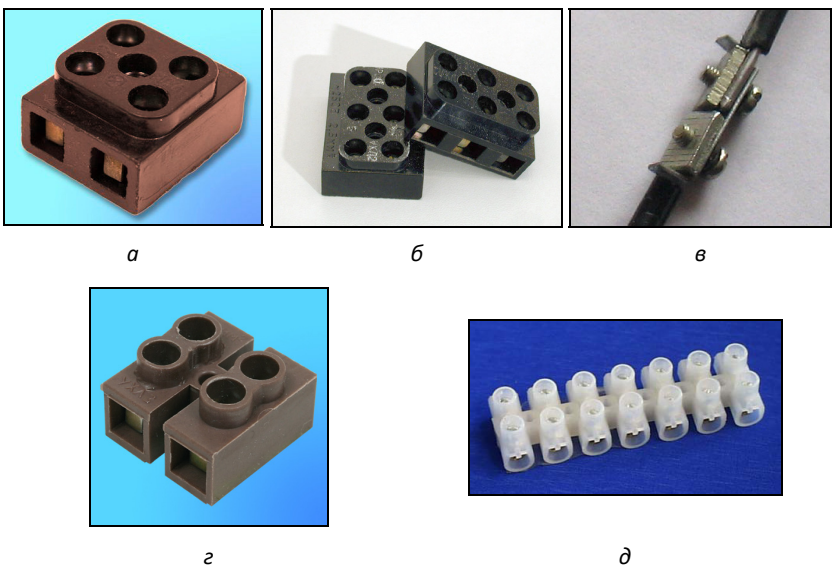
Рис. 2.53. Тупиковая однополюсная клеммная колодка (*а*) и общий вид электрического монтажа с ее помощью в ответвительной коробке (*б*)

Клеммные колодки рассчитаны на работу в сети переменного тока до 10 А с номинальным напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Они различаются габаритными размерами, диаметрами отверстий для подсоединения проводов и материалом. Условно, по числу соединяемых проводов с каждой стороны контактных отверстий, можно выделить монолитные колодки для присоединения от двух до трех проводов, малогабаритные одиночные (для соединения двух проводов) и жгутовые (для 10 и более проводов).

Монолитные колодки типа СО2-2,5 и СО3-2,5 предназначены для присоединения проводов из меди, алюминия и алюминиевых сплавов в электрических цепях переменного тока к световым приборам, пускорегулирующим аппаратам для разрядных ламп и импульсным зажигающим устройствам для разрядных ламп высокого давления (рис. 2.54). Эти колодки изготовлены из фенопласта и позволяют соединять провода сечением до 2,5 мм^2 (*приложение 2.6*). Основная особенность этих клеммных колодок состоит в том, что провод зажимается между двумя пластинками, а не концом вкручивающегося винта. При этом тонкие проводники многопроволочных проводов не повреждаются.

В малогабаритных клеммных колодках типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602 проводник закрепляется нажатием на вставку контакта (см. *приложение 2.6*).

Малогабаритные клеммные колодки поставляются в виде полосы, состоящей из нескольких одиночных соединителей. Такой блок обычно состоит из 10 и более соединителей (рис. 2.54, б). Например, колодка СОВ-2,50-103 может иметь от 2 до 10 секций, соединенных между собой перемычками. От такой полосы отрезают необходимое количество контактных клемм и соединяют провода.



а *б* *в*

г *д*

Рис. 2.54. Монолитные колодки типа СО2-2,5 (*а*), СО3-2,5 (*б*) и конструкция зажима в них проводов (*в*); малогабаритная клеммная колодка типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602 (*г*) и те же колодки в виде полосы (*д*)

Для медных проводов приемлемо соединение при помощи «клеммников» — винтовых зажимов. При соединении алюминиевых проводов, когда провод зажимается винтом, очень желательна гроверная шайба. Дело в том, что алюминий, будучи мягким металлом, довольно быстро вытекает из-под прижавшего его винта, и контакт ухудшается. С помощью малогабаритных клеммных колодок удобно подсоединять люстры, сращивать переломившиеся провода и т. д.

Для качественного электромонтажа предназначены термопластичные клеммные колодки (рис. 2.55). Корпус этих колодок изготавливается из полиамида PA6 или PA66, клемма — из латуни, а зажим представляет собой скругленную пятку винта для предотвращения перерезания жилы. Дополнительную защиту обеспечивает пластина (типы клеммников с буквой P), размещенная между пяткой винта и жилой, предотвращающая передачу скручивающего момента на жилу и равномерно распределяющая прижимное усилие. При выворачивании винта пластина встает в исходное положение, что позволяет заново произвести соединение.

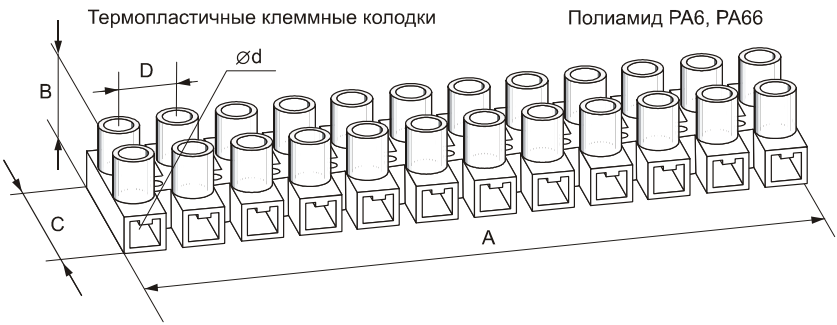


Рис. 2.55. Термопластичные клеммные колодки

В табл. 2.22 приведены параметры некоторых типов термопластичных клеммных колодок.

Многие электромонтажники предпочитают для стационарного монтажа провод ПВС (гибкий, многожильный) только из-за того, что его легко скручивать. Однако соединение нужно зафиксировать, например, пайкой. Это делают редко. Гораздо легче воспользоваться клеммником — вставить скрутку и затянуть один или два винта. В этом конкретном случае важно, чтобы прижим выполнялся плоской пластиной, а не винтом, перерезающим жилы. Если такой пластины нет, то обязательно следует пропаять скрутку или надеть на нее тонкостенный наконечник, препятствующий расползанию проводов в клемме.

Таблица 2.22. *Параметры некоторых типов термопластичных клеммных колодок*

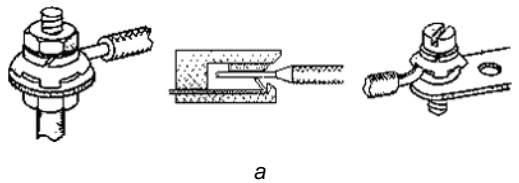
Тип клеммной колодки	Сечение подключаемого провода, мм^2	Ток, А	Напряжение, В	Размеры *A*×*B*×*C*×*D*×Ø*d*, мм
210	2,5	24	380	94×14×16×8×∅2,5
220	2,5	24	250	105×16×20×9×∅2,5
310, 310Р	4	32	380	106×17×18×9×∅3
320, 320Р	4	32	250	117×17×21×10×∅3
412	6	41	380	118×17×19×10×∅4
432	6	41	250	118×22×18×10×∅4
512	10	57	380	141×21×21×12×∅4,5
612	16	76	380	153×22×22×13×∅5,7

2.5.4. Винтовые зажимы

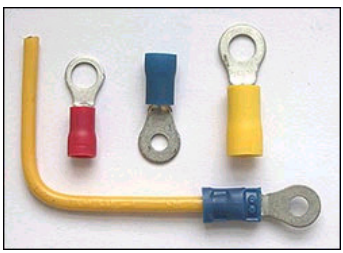
Для присоединения провода к электротехническому устройству с помощью винтового контактного зажима не нужно ничего скручивать или спаивать. Необходимо только придать оголенному концу провода требуемую форму и крепко зажать его винтом с шайбой и гровером. В силу простоты и удобства контактные зажимы широко применяют для присоединения проводов к розеткам, выключателям, к токонесущим элементам электроприборов, для соединения и ответвления проводов в электропроводке. Основные виды винтовых контактных соединений представлены на рис. 2.56.

Винтовые зажимы для однопроволочных алюминиевых и многопроволочных медных жил снабжаются фасонной шайбой или шайбой-звездочкой, препятствующей выдавливанию жилы из-под крепления, а алюминиевые жилы — и разрезной пружинной шайбой (гравером), что обеспечивает постоянное давление на жилу. Стальные детали, а также элементы для соединения

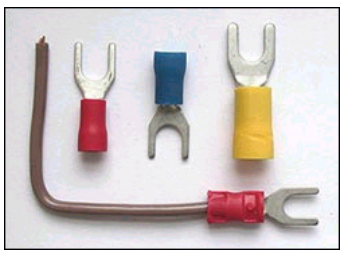
с алюминиевыми проводами должны иметь антикоррозийное гальваническое покрытие.



а



б



в

Рис. 2.56. Основные типы винтовых контактных соединений (*а*) и некоторые виды изолированных наконечников (*б*, *в*)

Последовательность действий при создании соединения с помощью контактного зажима:

1. Срезать с конца провода изоляцию на его длине, равной трем диаметрам винта плюс 2–3 мм.
2. Зачистить жилы мелкой наждачной бумагой, смазанной вазелином, и после этого свить их в плотный жгутик.
3. Подготовленный конец жилы круглогубцами (или пассатижами на круглой оправке) изогнуть в кольцо с диаметром отверстия, соответствующим зажимающему винту. Изгиб кольца на винтовом зажиме должен быть направлен по часовой стрелке.
4. Надеть на винт шайбу, а если нужно, то и гровер, и сверху кольцевой конец провода.
5. Ввернуть зажимной винт с шайбой, гровером и концом провода в резьбовое отверстие контакта до полного сжатия пружинной шайбы и дожать еще примерно на половину оборота.

При выполнении электромонтажных работ особое значение имеет качество (плотность) контактов в местах соединения проводов друг с другом, а также с клеммами электротехнических устройств. Для того чтобы присоединить концы проводов к электроприборам с помощью винтов, они должны иметь наконечники и соединительные разъемы (клеммы) или быть окольцованы. Для этих целей промышленность выпускает наконечники изолированные (НКИ) и наконечники вилочные изолированные (НВИ), которые предназначены для оконцевания медных проводов, а также могут быть использованы при монтаже электрических узлов, где предусмотрено соответствующее крепежное соединение на основе винтовой фиксации (например, при сборке силовых щитков и т. п.) [18].

Изолированные коннекторы допускается опрессовывать только на многожильных медных проводах. Для монтажа одножильных проводов следует применять неизолированные наконечники и специальные матрицы для опрессовки (тип 05). Изоляцию с провода снимают на требуемую длину, без повреждения жил проводника. Длина снятия изоляции определяется геометрией коннектора. Для облегчения ввода многожильного проводника в наконечник жилу следует слегка закрутить для придания ей компактной формы.

Размер наконечника должен соответствовать сечению провода. Геометрия контактной части выбирается в соответствии с типом вводной клеммы и условиями эксплуатации. При наличии вибрации или в условиях подвижного состава вилочные наконечники (рис. 2.56, *в*) не рекомендуются.

Наконечники с изолирующей манжетой выпускаются трех стандартных цветов: красного, синего и желтого. Они предназначены для оконцевания и соединения многопроволочных (гибких) и моножильных медных проводов сечением от 0,5 до 6 мм^2; рассчитаны на силу тока от 5 до 50 А, напряжение до 500 В и различные температурные диапазоны в зависимости от материала, из которого изготовлена изолирующая манжета.

Наконечники закрепляют на оголенных концах проводов методом опрессовки, используя профессиональный инструмент [19]. Пресс-клещи, оснащенные храповым механизмом, обеспе-

чивают блокировку обратного хода до прохождения полного цикла опрессовки. Это исключает риск недоопрессовки по вине работника. Например, для опрессовки изолированных наконечников (НКИ, НВИ, НШкИ, НШпИ, РпИ, РппИм, РпИо, РшИ, ГСИ) предназначены пресс-клещи типа ПКИ-6 с диапазоном сечений 0,5–6,0 мм^2 (рис. 2.57).

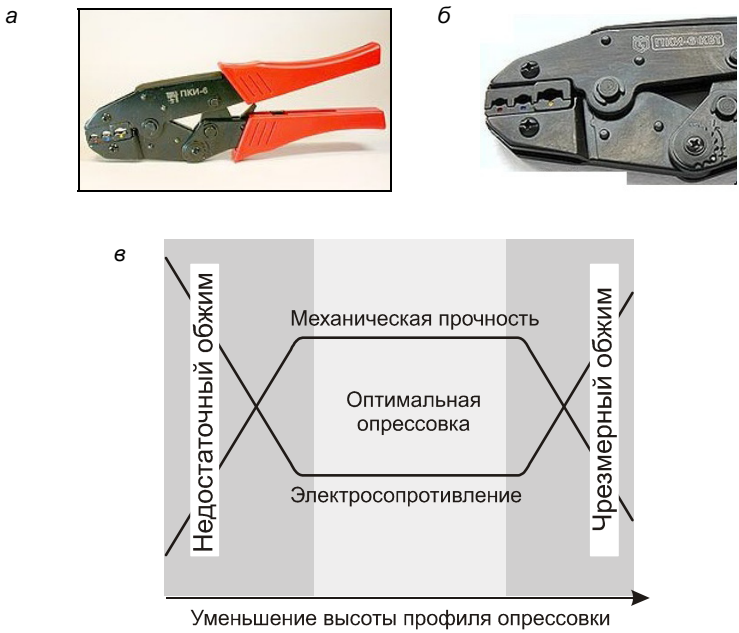


Рис. 2.57. Общий вид пресс-клещей типа ПКИ-6 (*а*, *б*) и график зависимости механической прочности и электрического сопротивления контакта от силы опрессовки (*в*)

На рис. 2.57, *в* приведен график зависимости механической прочности и электрического сопротивления контакта от силы опрессовки (высоты опрессовочного профиля). При смене матриц в пресс-клещах устанавливайте их так, чтобы сторона матриц с наименьшим сечением опрессовочного профиля располагалась у края губок.

Конец зачищенной жилы должен быть видимым и располагаться вровень с опрессовочной частью наконечника или выступать не более чем на 1 мм, без выхода в контактную зону присоединения (рис. 2.58, *а*).

Нужно обязательно убедиться в отсутствии загибания отдельных проводников жилы под изолированной манжетой. Изоляция провода должна заходить внутрь изолирующей манжеты наконечника до упора и полностью перекрываться манжетой.

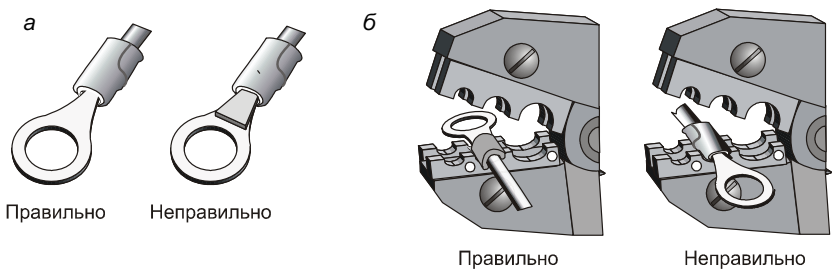


Рис. 2.58. Расположение наконечника на жиле (*а*) и установка коннектора в матрицах пресс-клещей (*б*)

При опрессовке двухконтурными матрицами (обжим по жиле и изоляции) следует правильно располагать наконечник в матрицах пресс-клещей, чтобы каждый из контуров опрессовывал соответствующую часть провода. Наконечник нужно заводить с маркированной стороны матриц (рис. 2.58, *б*). Ориентируйте наконечник так, чтобы технологический шов цилиндрической части располагался сверху. Используйте цветовую или цифровую маркировку на матрицах для идентификации профиля обжима под выбранный размер наконечника.

Опрессовку необходимо производить до полного смыкания матриц пресс-клещей. После опрессовки нужно убедиться в целостности изолирующей манжеты и механической прочности соединения. Не должно быть какого-либо движения провода в наконечнике.

В табл. 2.23, 2.24 и на рис. 2.59 приведены параметры наконечников НКИ и НВИ. Обозначение наконечников типа НКИ 1,5-4

расшифровывается так: НКИ — наконечник кольцевой изолированный; 1,5 — максимальное сечение провода; 4 — диаметр отверстия под контактный винт. Расшифровка наконечников типа НВИ 1,5-4 аналогична.

Таблица 2.23. *Наконечник кольцевой изолированный типа НКИ*

Наименование	Цвет изоляции	Сечение, мм^2	Размеры (рис. 2.59, *а*), мм				
			D	B	L	l	d
НКИ 1,5-3	Красный	0,50–1,50	3,2	5,5	16,3	11,0	4,0
НКИ 1,5-4			4,3	8,0	18,3	11,0	4,0
НКИ 1,5-5			5,3	8,0	18,3	11,0	4,0
НКИ 1,5-6			6,4	11,6	22,4	11,0	4,0
НКИ 1,5-8			8,4	11,6	27,5	11,0	4,0
НКИ 1,5-10			10,5	13,6	31,6	11,0	4,0
НКИ 2,5-3	Синий	1,50–2,50	3,2	8,5	18,8	11,0	4,5
НКИ 2,5-4			4,3	8,5	18,8	11,0	4,5
НКИ 2,5-5			5,3	9,5	18,8	11,0	4,5
НКИ 2,5-6			6,4	12,0	22,0	11,0	4,5
НКИ 2,5-8			8,4	12,0	27,6	11,0	4,5
НКИ 2,5-10			10,5	13,6	30,2	11,0	4,5
НКИ 6,0-4	Желтый	4,0–6,0	4,3	9,5	26,3	13,7	6,3
НКИ 6,0-5			5,3	9,5	26,3	13,7	6,3
НКИ 6,0-6			6,4	12,0	33,0	13,7	6,3
НКИ 6,0-8			8,4	15,0	34,0	13,7	6,3
НКИ 6,0-10			10,5	15,0	33,7	13,7	6,3

Таблица 2.24. *Наконечник вилочный изолированный типа НВИ*

Наименование	Цвет изоляции	Сечение, мм²	Размеры (рис. 2.59, *б*), мм				
			D	***B***	***L***	***l***	***d***
НВИ 1,5-3	Красный	0,50–1,50	3,7	6,2	21,0	11,0	4,0
НВИ 1,5-4			4,3	7,2	21,0	11,0	4,0
НВИ 1,5-5			5,3	8,0	21,0	11,0	4,0
НВИ 2,5-4	Синий	1,50–2,50	4,3	7,2	21,0	11,0	4,5
НВИ 2,5-5			5,3	8,0	21,0	11,0	4,5
НВИ 2,5-6			6,4	10,7	21,0	11,0	4,5
НВИ 6,0-4	Желтый	4,0–6,0	4,3	8,2	24,7	13,7	6,3
НВИ 6,0-5			5,3	9,0	24,7	13,7	6,3
НВИ 6,0-6			6,4	12,0	24,7	13,7	6,3

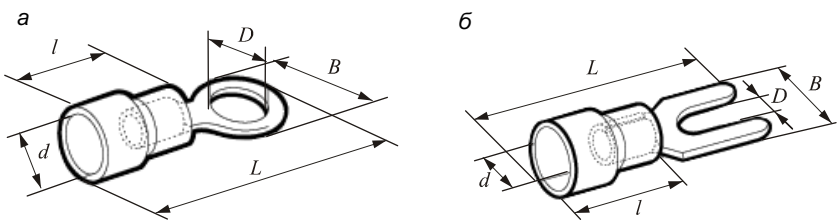


Рис. 2.59. Размеры наконечников: *а* — НКИ; *б* — НВИ

К этому следует добавить, что для оперативных перекроссировок электрических соединений предпочтительнее вилочные наконечники, поскольку в этом случае не требуется полный демонтаж крепежного соединения, достаточно лишь ослабить винтовую фиксацию.

При отсутствии промышленных наконечников присоединить провода к приборам можно, зачистив концы проводов и заделав их или петелькой, или без нее (рис. 2.60).

Заметим, что в современных условиях снимать изоляцию следует специальным инструментом. Выбор таких инструментов сейчас довольно широк как по конструкции, так и по цене. Рассмотрим в качестве примера автоматический стриппер 2 в 1 для снятия изоляции и резки проводов WS-02B КВТ (производитель — ООО «Ремитек» (г. Москва), **www.remitek.ru)** (рис. 2.61). По прайсу ООО «Ремитек» цена этого стриппера — 279 руб.

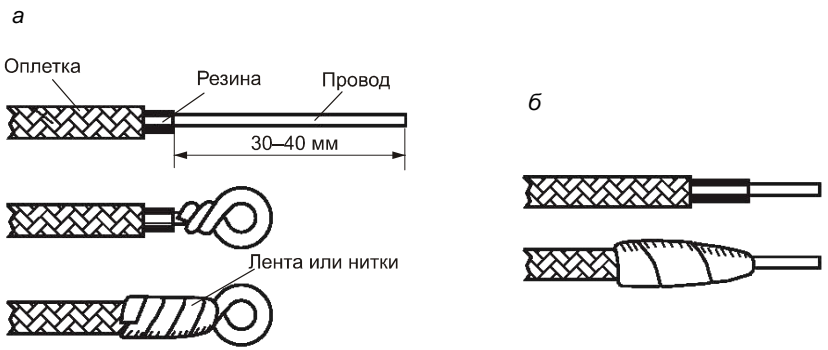


Рис. 2.60. Заделка конца провода петелькой (*а*) и заделка без петельки (*б*)

Рис. 2.61. Автоматический стриппер WS-02B КВТ

Особенности самонастраивающегося инструмента для снятия изоляции WS-02B КВТ:

- Автоматическая настройка на нужный размер и толщину изоляции провода.
- Снятие изоляции с одно- и многожильных проводов сечением 0,2–6,0 мм^2 на требуемой длине.
- Снятие изоляции с плоских телефонных проводов шириной до 8 мм.
- Резка проводов сечением до 6 мм^2.
- Автоматическое раскрытие фиксирующих губок после завершения удаления изоляции.
- Ограничитель длины снятия изоляции.
- Винт регулировки прижимного усилия лезвий.
- Прочный полиамидный корпус, армированный стекловолокном.

Технология резки проводов и снятия изоляции с них приведена на рис. 2.62.

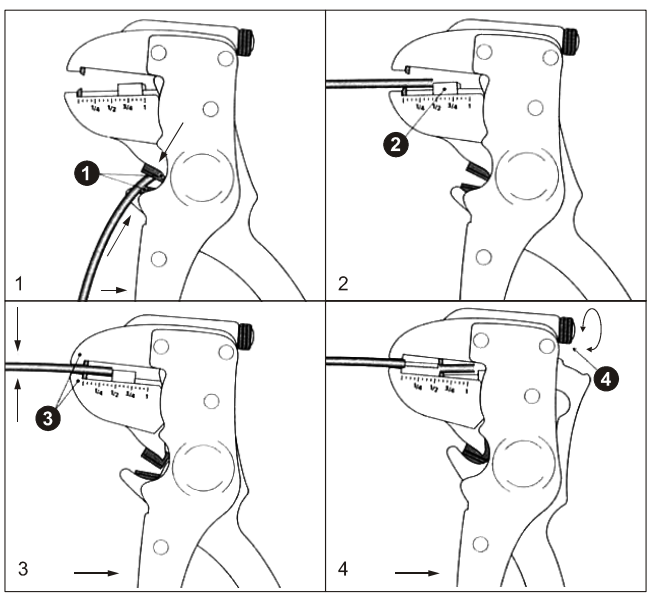


Рис. 2.62. Резка проводов (1)
и снятие изоляции с провода стриппером WS-02B КВТ (2, 3, 4)

Резка: поместить провод между режущими лезвиями 1 и полностью сомкнуть рукоятки.

Внимание! Инструмент не предназначен для резки стальных проводов.

Снятие изоляции: установить ограничитель длины снятия изоляции в требуемое положение. Поместить провод между губками инструмента так, чтобы его конец упирался в ограничитель длины.

При сжатии рукояток провод фиксируется губками инструмента 3, а лезвия надрезают и снимают изоляцию, не повреждая жилы.

Для проводов с очень мягкой или твердой изоляцией отрегулировать прижимное усилие винтом 4.

Внимание! Инструмент не предназначен для снятия тефлоновой изоляции.

Если у вас пока нет стриппера, то придется по старинке очищать провода от изоляции ножом. Нож следует держать не перпендикулярно проводу, а плашмя, чтобы не повредить жилы (см. рис. 2.63). Не держите зачищаемый провод на пальцах, так можно порезать руку.

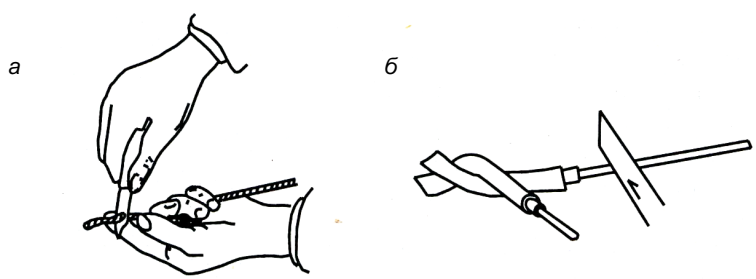


Рис. 2.63. Снятие ножом изоляции с провода (*а*) и зачистка его концов (*б*)

Вид заделки зависит от способа крепления проводов к клеммам арматуры или потребителей тока. Создание определенного вида конца провода при его заделывании называют *оконцеванием*. Если при оконцевании проводов сечением до 1 мм^2 можно использовать простые инструменты (например, круглогубцы), то при оконцевании проводов большего сечения требуются специальные приспособления. Многопроводные медные жилы сечением 1–2,5 мм^2 оконцовывают обжатием изогнутой в кольцо жилы концевым наконечником типа «П». Перед опрессовкой жилу скручивают в тугой повив в виде кольца. После этого наконечник с надетой жилой укладывают в желоб матрицы, находящейся в специальном приспособлении, и обжимают до упора торцов пуансона и матрицы.

2.5.5. Соединение проводов обжимом

Для необслуживаемых соединений проводов применяют сварку или механический обжим с помощью специального инструмента. Технология обжима или опрессовки используется для соединения алюминиевых и медных проводов. Обжим — это создание формы, несъемной связи между проводником и соединительным элементом. При опрессовке на зачищенные провода, смазанные пастой для защиты от окисления, надевают обжимную муфту (гильзу) и обжимают ее в нескольких местах мощными клещами. В результате получается электрически и механически высококачественный контакт.

Соединение проводов с помощью обжимных гильз допускается выполнять двумя видами: «встык» или «внахлест».

В продаже имеются гильзы соединительные как изолированные, так и неизолированные, и предназначены они для стационарного соединения медных проводов в единую электрическую цепь.

В качестве примера рассмотрим гильзы соединительные изолированные (ГСИ) производства электротехнического завода «КВТ» (г. Калуга, **http://www.kvt.su/produkciya/konektory/**), которые сделаны из меди М1 с электролитическим луженым покрытием (рис. 2.63). Гильза защищена изоляционным материалом из поливинилхлорида (ПВХ). Ее температурный режим эксплуатации лежит в диапазоне: от –10 до +75 °С.

Гильзы соединительные изолированные (ГСИ) завода «КВТ» выпускаются для диапазона сечений проводов 0,5–6,0 мм^2. Габаритные размеры гильз представлены в табл. 2.25 и на рис. 2.64.

Рис. 2.64. Общий вид гильз соединительных изолированных (ГСИ) «КВТ»

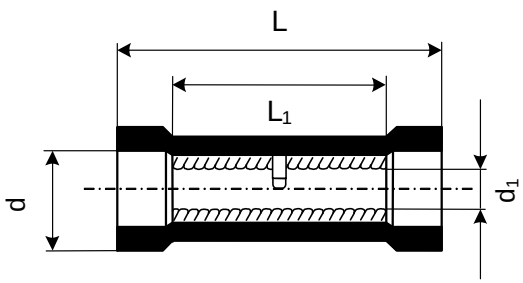


Рис. 2.65. Габаритные размеры гильз соединительных изолированных (ГСИ) «КВТ»

Таблица 2.25. *Габаритные размеры гильз соединительных изолированных (ГСИ) «КВТ»*

Наименование	Цвет изоляции	Диапазон сечений, мм^2	Размеры, мм			
			L	L_1	d	d_1
ГСИ 1,5	Красный	0,5–1,5	22,7	15,0	4,0	2,0
ГСИ 2,5	Синий	1,5–2,5	22,7	15,0	4,5	2,5
ГСИ 6,0	Жёлтый	4,0–6,0	26,7	15,0	6,3	4,0

Номинальное усилие на разрыв опрессованного соединения для любой пары «коннектор/инструмент» дано в табл. 2.26.

Таблица 2.26. *Номинальное усилие на разрыв опрессованного соединения для любой пары «коннектор/инструмент»*

Сечение провода, мм²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0
Усилие, кг	6,0	9,5	11,0	17,0	23,4	32,4	51,0

Для опрессовки соединения, произведенного гильзой соединительной изолированной (ГСИ) «КВТ», рекомендуются ПКИ-6 (см. рис. 2.57).

Из всего обилия в продаже обжимных гильз соединительных неизолированных отметим продукцию ООО «Термолайн» (г. Москва, **http://www.termoline.info/past/rashod.html**) и ООО «Элмастер» (г. Москва, **http://www.elektro-master.ru/connectors/tml_gml.htm**). Обжимные гильзы соединительные неизолированные ООО «Термолайн» представлены на рис. 2.65, а их технические характеристики даны в табл. 2.27.

Рис. 2.66. Обжимные гильзы соединительные неизолированные производства ООО «Термолайн»

Таблица 2.27. *Технические характеристики гильз ООО «Термолайн»*

Марка втулки	**Наружный диаметр, мм**	**Внутренний диаметр, мм**	**Длина, мм**	**Материал**	**Масса, г**
TL-1,25	3,2	1,9	15	Медь	0,9
TL-1,5	3,5	1,8	20	Медь	1,1
TL-2	4,0	2,4	15	Медь	0,7
TL-3,5	5,0	3,5	15	Медь	1,4

Гильзы ООО «Термолайн» предназначены для соединения сигнальных проводов на стыковых соединениях и для соединения кабеля с проводами в контрольных точках. При соединении «встык» используется гильза марки TL-2, а при соединении «внахлест» применяется гильза большего диаметра марки TL-3,5.

Для опрессовки медных проводов большого сечения могут быть использованы гильзы кабельные медные луженые ГМЛ производства ООО «Элмастер». Эти гильзы предназначены для соединения проводов и кабелей с медными жилами сечением от 2,5 до 300 мм^2 и рассчитанные на напряжение до 35 кВ. Они изготавливаются из медных труб марки М2 по ГОСТ 617-72 или других марок, по качеству аналогичных М2.

Алюминиевые провода опрессовывают следующим образом. Концы проводов освобождают от изоляции, зачищают металлической щеткой или ножом до блеска и вводят в алюминиевую муфту, наполненную цинковазелиновой или кварцевазелиновой пастой. Затем гильзу с проводами обжимают специальными клещами.

Аналогично опрессовывают медные провода. При опрессовке медных проводов иногда обжимную муфту заменяют медной фольгой толщиной 0,2–0,3 мм. В этом случае провода зачищают от изоляции на длину 25–30 мм и укладывают параллельно внахлест. Сложенные концы туго обертывают двумя слоями медной фольги и обжимают специальным инструментом. При качественно выполненной опрессовке провода и фольга не имеют обрывов.

При соединении проводов обжимом большое значение имеют размер выбранной гильзы и конструкция обжимающего инструмента. Требуемая стыковая гильза определяется максимальным сечением провода или суммарным сечением проводов с одного из концов гильзы. Если сечение (суммарное сечение) провода (проводов) для принятой гильзы меньше требуемого значения, допускается загибание жилы провода, что удваивает эффективное сечение.

Для электрического соединения и фиксации пучка проводов можно использовать концевые изолирующие заглушки (КИЗ). В отличие от своих традиционных прототипов, представители современного семейства концевых коннекторов (концевые заглушки КИЗ и соединительные зажимы СИЗ) оборудованы встроенным изолирующим корпусом. Концевые заглушки КИЗ предназначены для стационарной фиксации пучка проводов без их последующего демонтажа. Корпус заглушки изготовлен из прозрачного нейлона (что позволяет визуально контролировать процесс обжима); внутри корпуса вмонтирована гальванически луженая медная трубка. Пучок проводов заводится внутрь медной трубки, после чего конструкция обжимается специальными пресс-клещами марки ПКЗ, при этом корпус заглушки изолирует оголенные части проводов, а медная трубка обжимает их. Заглушки рассчитаны на напряжение до 300 В и температурный диапазон от −40 до 105 °С. На рис. 2.66 приведены концевые изолирующие заглушки (КИЗ) производства ТПГ «Техэлектро» (г. Москва, e-mail: **info@techelectro.ru**), в табл. 2.28 — их параметры.

а *б*

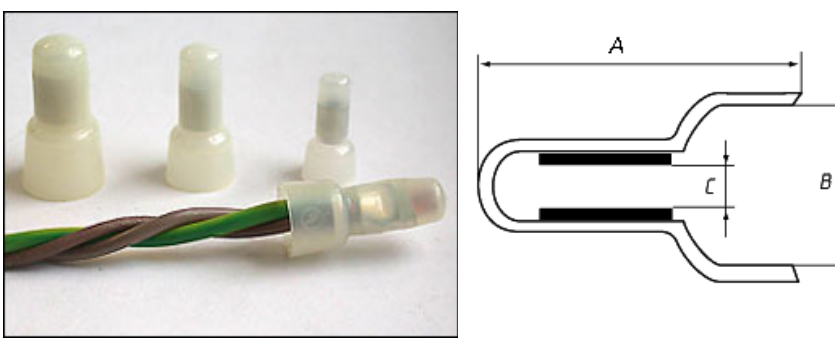


Рис. 2.67. Концевые изолирующие заглушки (КИЗ) ТПГ «Техэлектро» (г. Москва):

а — внешний вид; *б* — чертеж заглушки (размеры A, B и C приведены в табл. 2.28)

Таблица 2.28. *Параметры концевых изолирующих заглушек (КИЗ) производства ТПГ «Техэлектро»*

Наименование	Сумм. макс. сечение, мм²	Сумм. мин. сечение, мм²	Размеры, мм		
			A	B	C
КИЗ 1 (2,5)	до 2,5	от 0,5	18	6,0	2,6
КИЗ 2 (3,5)	до 3,5	от 0,5	21,0	8,0	3,0
КИЗ 3 (6,0)	до 6,0	от 2,5	25,5	10,0	4,0
КИЗ 4 (10,0)	до 10,0	от 4,0	26,0	11,0	5,4
КИЗ 5 (16,0)	до 16,0	от 6,0	26,5	12,0	6,0

Примечания. Расшифровка обозначений в табл. 2.28: КИЗ-2 (3,5) КИЗ — концевая изолирующая заглушка; 2 — порядковый номер; (3,5) — максимальное суммарное сечение проводов.

Инструмент для опрессовки КИЗ 1–3 — пресс-клещи ПКЗ, для опрессовки КИЗ 4 и КИЗ 5 — пресс-клещи ПК-16.

2.5.6. Скрутка проводов

Метод соединения проводов скруткой в настоящее время применяется только при отсутствии специального инструмента и приспособлений. В большинстве случаев провода просто скручивают и заматывают изолентой. К слову, об этом методе нет данных в ПУЭ (Правила устройства электроустановок). Однако при определенных условиях такие соединения достаточно надежны. Чтобы такое соединение было надежно, необходимо скручивать медь с медью, алюминий с алюминием и обеспечить относительно небольшой ток, например, для питания люстры. Длина скрутки должна быть 3–4 см.

Нельзя скручивать между собой алюминиевые и медные провода. В месте соединения алюминия с медью идет процесс электролиза (с участием воды, содержащейся в воздухе), при котором эти металлы разрушаются, в основном алюминий. Чем больше ток, тем быстрее процесс. В световой электропроводке такое соединение может работать довольно долго (10–20 лет). Но бывают и исключения — через месяц свет гаснет... В розеточной элек-

тропроводке такое соединение перегорает обычно через 2–3 года, особенно если используются электрообогреватели. В месте соединения образуется зеленая труха вместо проводов. Заодно выделяется тепло. Если провода, например, фазный и нулевой, прижаты друг к другу, да еще заизолированы пластиковой изолентой (которая плавится), то может произойти короткое замыкание. Если же они лежат свободно, то перегорают, без короткого замыкания. Если через соединение ожидается небольшой и кратковременный ток (например, для дверного звонка), то оно прослужит неопределенно долго.

При сращивании концов проводов, например, *последовательной скруткой*, вначале острым ножом, чтобы не повредить токоведущие проволочки, аккуратно снимают изоляцию. Поверхность проволочек очищают ножом, а после соединяемые провода накладывают друг на друга и плотно, виток к витку, скручивают плоскогубцами. При сращивании проводов следует обратить особое внимание на качество (плотность) при скрутке проводов. При отсутствии плотного контакта проводов происходит их перегрев и возможен пожар. Различают такие основные виды скруток проводов: простая, бандажная и «желобок» (табл. 2.29). Следует помнить, что только качественное сращивание проводов обеспечивает надежную работу электрической линии. Добавим к этому, что скрутка проводов должна быть выполнена очень тщательно, если нет возможности пропаять места соединения.

Если двухпроводный шнур соединен простой скруткой, то после изоляции каждого провода шнура изолируют оба провода вместе.

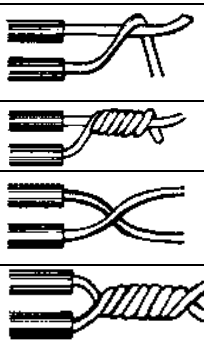
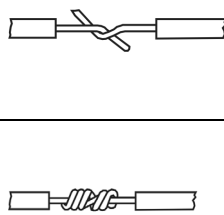
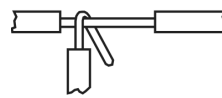
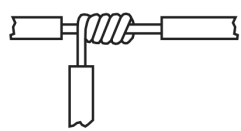
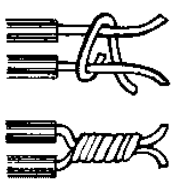
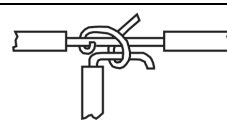
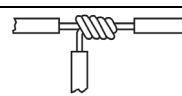
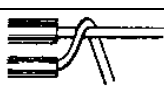
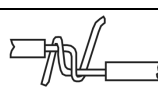
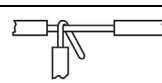
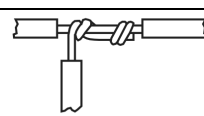
В том вместе, где шнур сгибается и, как правило, происходит его разрыв, желательно для его прочности на место соединения натянуть кусочек резиновой трубки или плотно прилегающую спиральную пружинку.

Вид скрутки зависит в основном от типа и функционального назначения соединения, диаметра и материала скручиваемых проводов.

Место скрутки желательно зафиксировать, например, пропаять, а потом заизолировать либо пластмассовым колпачком, либо изолентой. Согласно ПУЭ, требуется как минимум три ее слоя,

т. е. один проход с тройным перекрытием. Это относится и к хлопчатобумажной (черная ткань), и к виниловой ленте. Разница между ними заключается в том, что первая лента более термостойкая. Она «держит» 70–80 °С, в то время как вторая «течет» при 50–60 °С. Однако хлопчатобумажный материал со временем теряет свои водоотталкивающие свойства (и даже впитывает влагу), поэтому иногда для большей термостойкости внутренний слой делают тканевым, а внешний — виниловым.

Таблица 2.29. *Виды скруток*

Скрутка	Расположение проводов		
	Параллельно	Последовательно	Ответвление
Простая			
			
Бандажная			
			
«Желобком»			
			

Современная скрутка проводов осуществляется без использования плоскогубцев. Для ее создания применяют специальные соединительные полимерные колпачки с металлической спиралью внутри или без нее. На рынке имеются как импортные, так и отечественные колпачки.

Наиболее известны соединительные колпачки типа TORIX T6 и T16 производства компании «THORSMAN» (официальный дилер в России — ООО «Эвелайт» (г. Санкт-Петербург), e-mail: **evlight@mail.wplus.net)**, входящей в группу «LEXEL» (Швеция). Колпачки TORIX T6 и T16 соединяют любые виды и комбинации проводов от 0,5 до 12,5 мм^2 (T6) и от 1,0 до 16,0 мм^2 (T16) (табл. 2.30).

Таблица 2.30. *Соединители для скручивания проводов компании «THORSMAN»*

Тип соединительного зажима	Площадь сечения провода, мм^2	Число соединяемых проводов, шт.
СИЗ-2, TORIX T6* (красного цвета)	0,5 0,75 1,0	2–10
	1,5	2–8
	2,5	2–5
	4,0	2–3
	6,0	2
СИЗ-3, TORIX T16** (зеленого цвета)	1,5	2–10
	2,5	2–6
	4,0	2–4
	6,0	2

Общая площадь:*12,5; **16 мм^2.

С противоположной стороны колпачков находится контрольное отверстие. Соединение выполняется довольно просто, ровные концы проводов зачищают на длину около 15 мм, вставляют внутрь колпачка до упора и вращают корпус с помощью крылышек до момента получения прочного соединения. Полученное соединение можно быстро и легко проверить с помощью обыч-

ных контрольно-измерительных приборов, т. к. на вершине колпачка есть контрольное отверстие для щупа прибора. Полученное соединение можно навинтить и развинтить при одинаковой длине концов проводов. Нужно иметь в виду, что пружинные колпачки рассчитаны на определенное число проводов, поэтому при монтажных работах необходим их набор разного размера. Колпачки этой компании изготовлены из полиамида и предназначены не только для соединения проводов, но и для изоляции проводов после скручивания. Выпускаются колпачки красного и зеленого цвета.

Для фиксации и изоляции пучка проводов («скрутки») в продаже имеются качественные, не уступающие импортным, отечественные соединительные изолирующие зажимы СИЗ и концевые изолирующие заглушки КИЗ производства ТПГ «Техэлектро» (г. Москва, e-mail: **info@techelectro.ru**). Зажимы СИЗ предназначены для соединения в единый «пучок» и изоляции медных и алюминиевых проводов сечением от 0,75 до 5,5 мм² (рис. 2.68).

Рис. 2.68. Общий вид зажимов СИЗ (*а*), их устройство (*б*) и технология зажима концов проводов (*в*)

Зажим накручивают на оголенные 10–12 мм части проводов в несколько оборотов до полной фиксации пучка проводов, при этом внешний корпус выполняет функцию изоляции.

Корпус изолирующего зажима выполнен из прессованного огнеупорного ПВХ, внутри него вмонтирована анодированная пружина конической конфигурации. Зажимы СИЗ используют при электромонтажных работах как в бытовых, так и в промышленных помещениях при эксплуатационном диапазоне температур от −25 до +85 °С. Удобство данной продукции заключается в быстроте монтажа, надежности соединения и изоляции, а также возможности многократного демонтажа/монтажа узла без нарушения целостности проводов. Параметры зажимов СИЗ приведены в табл. 2.31 и на рис. 2.69.

Таблица 2.31. *Параметры соединительных изолирующих зажимов (СИЗ) производства ТПГ «Техэлектро» (г. Москва)*

Наименование	Суммарное сечение, мм²		Цвет	Размеры (рис. 2.69), мм		
	Макс.	Мин.		A	B	C
СИЗ 1 (3)	2×1,5	3×0,34	Серый	14,2	18,2	3,0
СИЗ 2 (4,5)	3×1,5	3×0,75	Синий	17,6	9,8	4,0
СИЗ 3 (5,5)	3×0,75	3×1,5+1×1,0	Оранжевый	21,0	11	5,0
СИЗ 4 (11)	4×2,5+1×1,0	1×2,5+1×1,0	Желтый	23,5	14	7,0
СИЗ 5 (20)	2×6,0+2×4,0	2×2,5	Красный	26,0	15,0	8,5

Дальнейшим развитием технологии скрутки проводов, с помощью полимерных колпачков, явились колпачковые электрические соединители Scotchlok™ [20].

Колпачковые электрические соединители 3М предназначены для соединения скруткой двух или более кабелей/проводов и изоляции соединения (рис. 2.70). Соединители рассчитаны для

использования с медными силовыми кабелями, однопроволочными и многопроволочными, гибкими и жесткими, сечением от 0,5 до 10,0 мм^2, на напряжение до 600 В для электропроводки в зданиях и до 1000 В для знаков и осветительных приборов. Рабочая температура — 105 °С. Соединители соответствуют стандартам UL, CE и CSA.

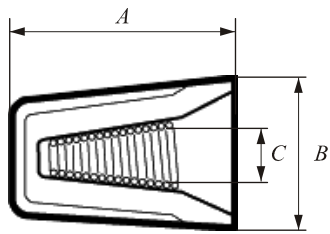


Рис. 2.69. Размеры соединительных изолирующих зажимов

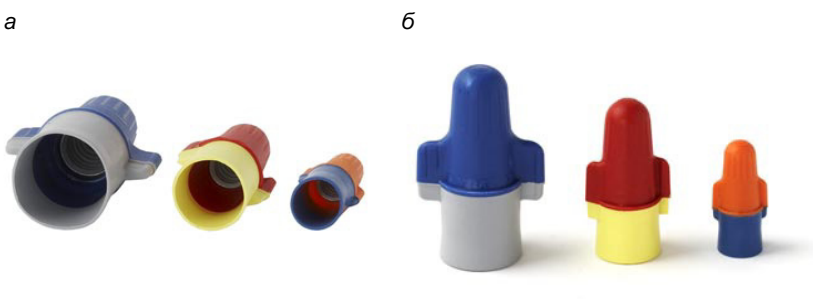


Рис. 2.70. Колпачковые электрические соединители Scotchlok™: вид снизу (*а*) и сбоку (*б*)

Основное отличие этих соединителей от классической серии — это усовершенствованная форма пружины, благодаря которой она как бы «вгрызается» в металл проводника, а также эластичная «юбка», которая не трескается и гнется вместе с проводами. Немаловажное значение имеет особый дизайн корпуса, который создает удобство при монтаже (рис. 2.71).

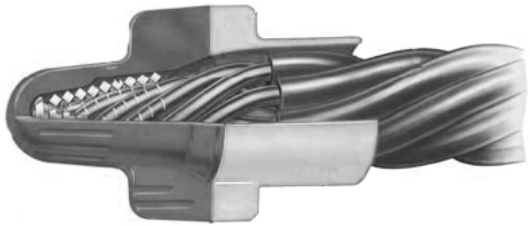


Рис. 2.71. Соединение проводов с помощью соединителя Scotchlok™

Эти соединители, кроме того, более универсальны, т. к. всего лишь три их типоразмера (O/B+, R/Y+, B/G+) охватывают все наиболее используемые сечения медных проводов на напряжение 600 В. Их эластичная «юбка» обеспечивает дополнительную защиту соединения и облегчает «захват» проводов при монтаже. Гибкий внешний изолятор из самозатухающего термопластичного материала надежно защищает соединение. Технические параметры колпачковых электрических соединителей Scotchlok™ приведены в табл. 2.32.

Таблица 2.32. *Параметры колпачковых электрических соединителей Scotchlok™*

Тип размера	O/B+		R/Y+		B/G+	
Цвет	Оранжево-синий		Красно-желтый		Сине-серый	
Емкость соединителя, мм^2	1—5		2—16		10—31,6	
Размеры, мм: длина ширина	26,16 12,4		36,3 19,3		45,5 28,4	
Сочетание кабелей/проводов	Кол-во	Сечение, мм^2	Кол-во	Сечение, мм^2	Кол-во	Сечение, мм^2
	2—6	0,5	5—7	0,5	3—6	2,5
	2—5	0,75	3—7	0,75	2—5	4,0
	2—4	1,0	2—8	1,0	2—4	6,0
	2—3	1,5	2—7	1,5	2	10,0
	2	2,5	2—5	2,5	—	—
	—	—	2—4	4,0	—	—
	—	—	2	6,0	—	—

Для соединения проводов колпачковым электрическим соединителем Scotchlok™ надо выполнить следующую последовательность действий (рис. 2.72):

1. Зачистить изоляцию проводов на длину 13 мм (для O/B+), 19 мм (для R/Y+), 22 мм (для B/G+).
2. Крепко зажав провода, убедиться, что зачищенные концы выровнены и плотно сжаты. (Провода могут быть в скрученном и нескрученном состоянии.)
3. Надеть соединитель на зачищенные концы проводов. Для соединения проводов вращать соединитель по часовой стрелке до момента фиксации.

Вид скруток проводов с использованием колпачковых электрических соединителей Scotchlok™ в распределительной коробке приведен на рис. 2.71.

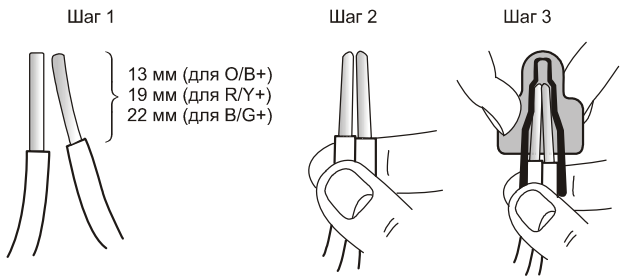


Рис. 2.72. Технология соединения проводов колпачковым электрическим соединителем Scotchlok™

Рис. 2.73. Вид скруток проводов с использованием колпачковых электрических соединителей Scotchlok™

При необходимости раскрутки проволочного соединения следует повернуть колпачок несколько раз против часовой стрелки. Электрические соединители O/B+, R/Y+, B/G+ — это наиболее удобная и эргономичная серия в этой линии изделий.

2.5.7. Пайка проводов

Современные требования ПУЭ запрещают незафиксированную скрутку. Скрутка не должна самопроизвольно распускаться. Пайка представляет собой один из распространенных способов фиксации. Однако ее применение зависит от множества факторов. Например, очень неудобно это делать в распределительной коробке под потолком. Если есть хороший, мощный паяльник, то спаять медные провода не составляет никакого труда. Можно обойтись канифолью и не связываться с кислотными флюсами, требующими тщательной промывки места соединения. Нередко толстые провода разогревают газовыми горелками, только не везде допустимо открытое пламя. В последнее время все чаще в ход идут высокотемпературные фены — выходящая через узкое отверстие струя воздуха разогрета до 700 °С, что достаточно для оловянных припоев. Есть модели, позволяющие достичь более высоких температур (800–900 °С), при которых возможна пайка серебряными припоями.

Медные однопроволочные и многопроволочные провода сечением до 10 мм^2 соединяют скруткой с последующей пропайкой места соединения припоями ПОС-30, ПОС-40 и канифолью в качестве флюса. Цифры в обозначении припоев соответствуют содержанию олова в процентах (по массе). Температура плавления этих припоев — 255 и 234 °С соответственно. При пайке проводов удобен 20%-ный спиртовой раствор канифоли (по объему). Флюс наносится на жилы кисточкой. Для пайки и лужения жил обычно применяют оловянно-свинцовые припои ПОС-30 или ПОС-40. Свойства и области применения некоторых марок припоев приведены в табл. 2.33. Для соединения проводов большого сечения, которые трудно свить между собой, применяют, как правило, бандажную скрутку. Бандаж выполняют залуженной медной проволокой диаметром 0,6–1,5 мм.

Таблица 2.33. *Свойства и области применения некоторых марок припоев*

Марка	Химический состав, % (по массе)	Температура, °С		Область применения
		плавления	пайки	
Для пайки алюминия				
П250А	Олово — 80 Цинк — 20	250	300	Лужение и пайка концов алюминиевых проводов
П300А	Цинк — 60 Кадмий — 40	310	360	Пайка соединений алюминиевых проводов круглого и прямоугольного сечения при намотке обмоток трансформаторов
П300Б	Цинк — 80 Алюминий — 12 Кремний — 8	410	750	Пайка заливкой алюминиевых проводов с алюминиевыми и медными деталями
34А	Алюминий — 66 Медь — 28 Кремний — 6	525	650	Пайка изделий из алюминия и его сплавов
Оловянно-свинцовые				
ПОС-30	Олово — 30 Свинец — 77,7 Сурьма — 2	183	250	Для пайки экранирующих покрытий, латунных пластинок и других деталей
ПОС-40	Олово — 40 Свинец — 57,75 Сурьма — 2	183	222	Пайка соединительных проводов, сопротивлений, конденсаторов
ПОС-61	Олово — 61 Свинец — 39	190	240	Лужение, пайка меди и ее сплавов, токопроводящих частей машин и агрегатов
ПОС-61М	Олово — 61 Медь — 2 Свинец — 37	192	240	То же для мелких (менее 0,2 мм) деталей
ПОССу95-5	Олово — 95 Сурьма — 5	240	290	Пайка коллекторов, якорных секций, бандажей, токопроводящих соединений электрических машин и деталей оборудования
ПОССу40-2	Олово — 40 Сурьма — 0,5 Свинец — остальное	235	285	Пайка бандажей коллекторов и секций электрических машин, приборов, жестяных деталей

Места соединения скруткой должны быть длиной не менее 10–15 наружных диаметров соединяемых жил. Перед пайкой жилы зачищают мелкой наждачной бумагой до блеска, залуживают и закрепляют между собой. Пайка применяется в основном для мягких многопроволочных проводов. Если соединение будет испытывать механическое воздействие, то пайку не следует делать, т. к. возможное смещение провода может привести к обрыву соединения в том месте, где заканчивается луженый участок. Пайка также не применяется для соединений, работающих в условиях нагрева.

Во время пайки необходимо следить, чтобы припой проник на все спаиваемые проволочки. По окончании процесса соединения место пайки необходимо очистить от остатков канифоли ватным тампоном, смоченным в ацетоне. После этого обнаженные провода необходимо обмотать липкой изоляционной лентой. Вначале лентой захватывают часть изоляции шнура, приблизительно 1 см, а затем покрывают провода, перекрывая каждый предыдущий оборот лентой так, чтобы провод оказался обмотанным двойным слоем изоляционной ленты. Соединение медных проводов, с помощью пайки, обеспечивает долговечный контакт с отличной проводимостью.

При пайке алюминиевых жил рациональна скрутка желобком, в котором под слоем расплавленного припоя легче защищать жилы от оксидной пленки.

В домашних условиях, как показывает практика, выполнить качественную пайку алюминиевых проводов, с помощью методов, описанных в популярной литературе, довольно трудно. В связи с этим пайка алюминия в данной книге не рассматривается. Если все же такая необходимость возникает, то лучше воспользоваться промышленными методами и установками.

2.5.8. Соединение проводов сваркой

Сварка — самый надежный способ соединения электропровода, непревзойденный по долговечности и нагрузочной способности. Сварное соединение неразборное. Этот способ широко при-

менялся до 1990-х гг., а в жилых домах — приблизительно до 1966 г. как для алюминиевых, так и для медных проводов. В ответственных случаях — в промышленности, на военных объектах — скрутку сваривали с помощью трансформатора и угольного электрода, в качестве которого использовалась щетка от электродвигателя. Дугой проваривали ее кончик, создавая надежный контакт на многие годы.

Наиболее простой способ сварки алюминиевых жил сечением до 10 мм^2 и медных до 4 мм^2 известен и описан в литературе под названием «контактный разогрев». Согласно этому способу, концы жил разогреваются угольным электродом до образования расплавленного шарика. Нагрев происходит в точке соприкосновения электрода и жилы. Концы свариваемых жил и электрод подключают к вторичной обмотке трансформатора мощностью не менее 0,5 кВт и выходным напряжением 6–10 В. Для сварки можно применить лабораторный 9-амперный автотрансформатор (ЛАТР), если снять с него регулирующий напряжение ползунок и поверх сетевой обмотки намотать вторичную обмотку. Перед намоткой новой обмотки нужно обмотать сетевую обмотку несколькими слоями бумаги от крафт-пакетов, а сверху этого еще намотать несколько слоев лакоткани или изоляционной ленты на хлопчатобумажной основе.

Для самостоятельного изготовления трансформатора необходимо Ш-образное трансформаторное железо с сечением магнитопровода S не менее 25 см^2. Число витков обмоток определяется по формулам: первичной $W_1 = (40 \cdot U_1)/S$ и вторичной $W_2 = (40 \cdot U_2)/S$. Например, для напряжения сети $U_1 = 220$ В и сечения магнитопровода $S = 30$ см^2 первичная обмотка должна иметь 293 витка, а для выходного напряжения в 10 В вторичная обмотка — 13 витков. Первичная обмотка наматывается проводом диаметром 0,8–1 мм, а вторичная может быть намотана в несколько проводов параллельно (например, в три провода диаметром по 3 мм). Главное, чтобы общее сечение проводов вторичной обмотки было не менее 15–20 мм^2. Для электрода можно взять угольную щетку от коллекторного электродвигателя или графитовый вкладыш от троллейбусной штанги. На рабочей плоскости электрода следует вырезать ножом небольшую лунку, в которую

будет засыпаться флюс и где будет формироваться на концах свариваемых жилах расплавленный шарик. Возможная конструкция устройства для контактной сварки концов пучка проводов методом контактного разогрева приведена на рис. 2.74. Сварка возможна и раздельными зажимами, без соединения их в единую конструкцию.

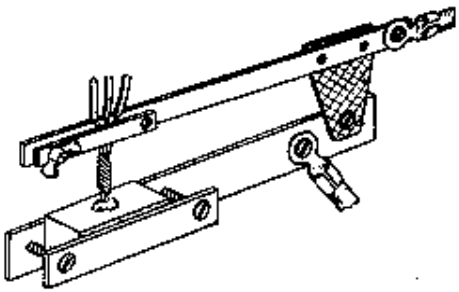


Рис. 2.74. Конструкция устройства для контактной сварки концов пучка проводов

Перед сваркой с проводов срезают изоляцию на длине 40–50 мм, зачищают оголенные концы наждачной бумагой до блеска и скручивают (рис. 2.75). Для защиты расплава от кислорода желательно использовать флюс «ВАМИ», состоящий из хлористого калия, хлористого натрия и криолита, взятых в соотношении 5:3:2 (по массе). В крайнем случае, можно обойтись и обычной аптечной бурой (тетраборатом натрия).

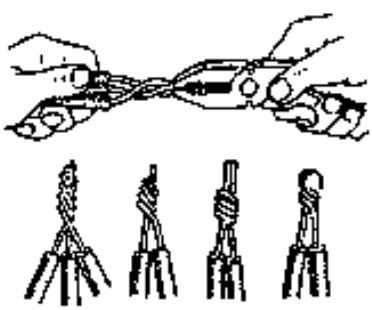


Рис. 2.75. Виды скрутки проводов перед сваркой

Перед сваркой в лунку угольного электрода насыпают флюс и опускают скрутку проводов, прижимая их к электроду. Одевают очки для газосварщика и включают трансформатор. Под слоем расплавившегося флюса концы жил оплавляются и сливаются в шарик. Только после того как концы проводов остынут и образуется спай, отводят жилы от электрода.

Чтобы уменьшить потери напряжения, трансформатор размещают поближе к месту сварки. Сетевой выключатель выводят отдельным шнуром и держат в левой руке. После сварки соединение очищают от флюса стальной щеткой, покрывают лаком и изолируют.

Сварку следует проводить с соблюдением правил техники безопасности, желательно в кожаных перчатках и в защитных очках-светофильтрах, невзирая на то что процесс проходит без брызг и капель расплавленного металла. Весь процесс нужно выполнять на полу, застеленном листом асбеста, оргалита или фанеры.

Для освоения технологии сварки необходимо потренироваться на отрезках ненужных проводов, но перед этим нужно обжечь угольный электрод. Лучше всего это делать на открытом воздухе.

Для соединения алюминиевых проводов сечением 2,5–10 мм^2 методом контактного разогрева пригоден отечественный аппарат ВКЗ-1 промышленного изготовления, состоящий из сварочного трансформатора и пистолета, угольного электрода и цепей управления. Сварку можно выполнить при помощи аппарата ВКЗ-1 или с применением клещей с угольными электродами и обоймами.

В аппарате ВКЗ-1, по существу, реализована описанная ранее технология сварки проводов без применения флюса. Торец скрученных жил на длине 30–40 мм кусачками заостряют с образованием угла 30° и зажимают в губках держателя так, чтобы заостренный конец упирался в лунку угольного электрода, предварительно отведенного назад. После нажатия спускового рычага происходит автоматический процесс сварки, который прекращается при оплавлении жил на заданной длине, определяемой величиной хода подвижного угольного электрода. При движении угольного электрода пленка оксида Al_2O_3 ломается,

а расплавленный алюминий токоведущих жил перемешивается, чем и обеспечивается после остывания капли жидкого алюминия надежный электрический контакт, имеющий достаточную механическую прочность.

На российском рынке можно приобрести и более современные аппараты для контактной сварки проводов, например, итальянской фирмы BlueWeld (представитель в России — ТД «Внештехконтракт», e-mail: **tools@vnesh.ru**). Так, модель PLUS 400 представляет собой однофазный переносной аппарат для точечной сварки с микропроцессорным управлением (рис. 2.76).

Рис. 2.76. Аппарат PLUS 400 для контактной сварки проводов итальянской фирмы «BlueWeld»

Аппарат PLUS 400 снабжен новой системой управления «Fuzzy Logic», что упрощает обслуживание и повышает качество точечной сварки. Основные технические характеристики аппарата:

- Сварочный ток — 6300 А.
- Мощность аппарата — 2,3 кВт.
- Максимальный диаметр свариваемых проводов — 2±2 мм.
- Автоматическая регулировка продолжительности сварки и тока сварки в зависимости от толщины материала.

- Возможность регулирования времени и тока сварки в зависимости от толщины выбранного материала; установка времени сварки в зависимости от установленного значения.
- Возможность выбора между непрерывным и импульсным режимами сварки (для материалов с высоким коэффициентом упругости).
- Усилие рычага — от 40 до 120 кг (длина рычагов — 120 мм).
- Рукоятка из термостойкого изолирующего материала.
- Размеры: 440×100×185 мм, масса — 11 кг.
- Питание от сети — 380 В с частотой 50 Гц.

Эта же фирма выпускает аппарат PLUS 20/TI с питанием от сети 220 В, но он может сваривать материалы толщиной до 1±1 мм. Особенность этого аппарата — наличие электронного таймера синхронного типа с регулировкой продолжительности сварки от 0,1 до 1,2 с.

2.5.9. Ответвления проводов. Сжимы типа «орешки»

Для присоединения различных электроприборов иногда приходится делать ответвление проводов. Соединение и ответвление проводов скрытой проводки выполняют скруткой, пайкой, сваркой, опрессовкой или зажимами в ответвительных коробках. При скрытой проводке допускается выполнять ответвления плоских проводов во вводных коробках выключателей, розеток или светильников.

Наиболее просто сделать ответвление от целого провода, если использовать для этой цели ответвительные сжимы, известные среди электриков как «орешки» (рис. 2.77). Их так называют из-за схожести корпуса с грецким орехом. В этом случае не требуется разрезать, скручивать и пропаивать провод.

Внутри «орешка» находятся две стальные пластины с канавками под проводники, сжимаемые четырьмя винтами с гровер-

ными шайбами, а между ними еще одна плоская пластина, служащая барьером при соединении медных и алюминиевых проводов. Все соединение закрывается пластмассовым корпусом. Есть модели как для «уличных», так и для «домашних» работ. Чаще всего их применяют при подсоединении к алюминиевым проводам, например, воздушных линий. В многоэтажных жилых домах с их помощью делают отводы в квартиры от алюминиевого «стояка». Сжимы могут быть использованы для выполнения ответвлений от медных и алюминиевых проводов.

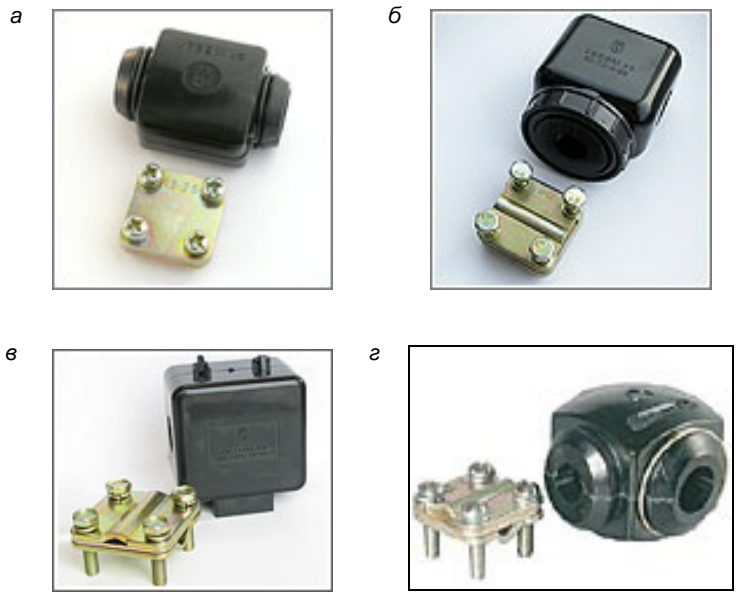


Рис. 2.77. Виды конструкций ответвительных сжимов («орешки»): *а* — У659, *б* — У733, в — У739, *г* — У731

Выпускаемые ответвительные сжимы У731-734; У739; У859; У870-872 (КВТ) предназначены для выполнения ответвлений от магистральных линий медных и алюминиевых проводов напряжением до 660 В с предварительным снятием изоляции на месте установки без разрезания проводника.

Особенности сжимов «орешки»:

- корпус сжимов выполнен из карболита — термостойкого материала, выдерживающего температуру свыше 200 °С;
- универсальные прижимные винты — монтаж крестовой или плоской отверткой;
- степень защиты IP20;
- металлическая плашка изготовлена из анодированной стали;
- разработка и изготовление сжимов может быть произведена по индивидуальным размерам заказчика.

В табл. 2.34 приведены параметры некоторых типов ответвительных сжимов «орешки» производства электротехнического завода «КВТ» (г. Калуга, e-mail: **kf@techelectro.ru**), а их габаритные размеры — на рис. 2.78.

Таблица 2.34. *Сжимы ответвительные «орешки» электротехнического завода «КВТ» (г. Калуга)*

Тип	Рисунок 2.58	Сечение проводов, мм^2		Размеры, мм			Масса 1000 шт., кг
		магистральных	ответвительных	L	B	H	
У731(КВТ)	*а*	4–10	1,5–10	44	44	36	49,7
У733(КВТ)		16–35	1,5–10	44	44	36	50,1
У734(КВТ)		16–35	16–25	44	44	36	56,5
У739(КВТ)	*б*	4–10	1,5–2,5	—	—	—	43,9
У859(КВТ)	*в*	50–70	4–35	64	45	79	273
У870(КВТ)		95–150	16–50	85	62	100	665
У871(КВТ)		95–150	50–95	85	62	100	643
У872(КВТ)		95–150	95–120	85	62	100	647

Примечание. Провода укладывают перпендикулярно углублению в накладке (деталь сжима).

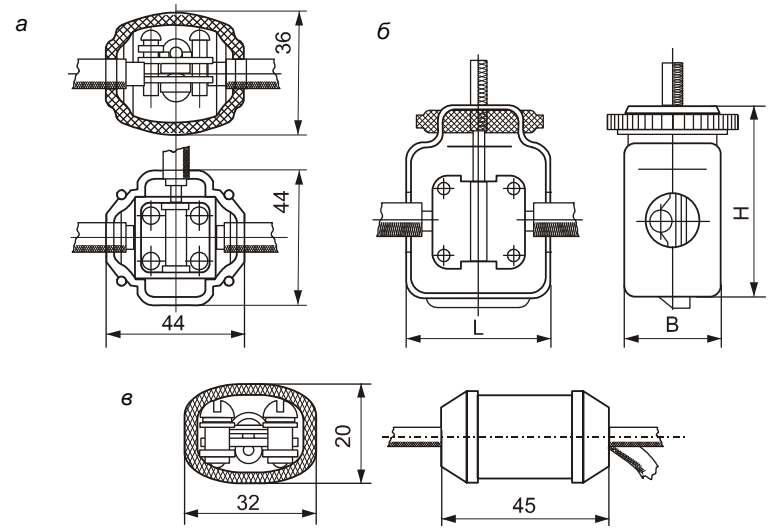


Рис. 2.78. Габаритные размеры ответвительных сжимов

Последовательность установки ответвителей У731-734; У739; У859; У870-872:

- отключить напряжение на данной магистрали;
- снять участок изоляции магистрального провода на месте монтируемого ответвления и зачистить изоляцию с конца отводимого провода (при удалении изоляции жилы будут повреждены инструментом, которым будет производиться данная операция) (рис. 2.79);
- полностью разобрать ответвитель (снять два крепежных кольца с корпуса и разобрать его на две части; разобрать металлический монтажный узел (раскрутить четыре болта));
- собрать на магистрали все компоненты в обратной последовательности (собрать узел с ответвительным проводом, закрутить и затянуть болты, закрепить корпус вокруг металлической части при помощи крепежных колец);
- включив подачу энергии, убедиться в качестве монтажа.

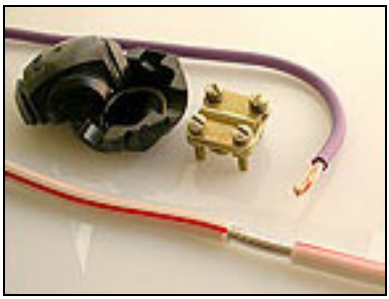


Рис. 2.79. Вид проводов, подготовленных для соединения в ответвителе типа У731

Отметим, что при использовании сжимов ответвительных типа «орешки», во время монтажа нарушается целостность жилы, из-за удаления участка изоляции провода. В связи с тем что отводимая и магистральная линии соединяются стальными плашками, происходит увеличение сопротивления отводимой линии. При недостаточной затяжке сжима на магистрали возможно нарушение целостности провода из-за его перегрева. После демонтажа такого узла полностью восстановить изоляцию провода крайне проблематично.

2.5.10. Ответвления проводов. Зажимы прокалывающие

В некоторых случаях предпочтительнее для ответвления проводов использовать не сжимы «орешки», а герметичные прокалывающие зажимы ЗПО, предназначенные для выполнения ответвлений от магистральных линий медных и алюминиевых изолированных проводов напряжением до 1 кВ без их разрезания и снятия изоляции с проводника (рис. 2.80). Усилие затяжки болтов контролируют срывной головкой. У зажимов ЗПО контактная часть изготовлена из стальной анодированной пружины, а материал изоляции — нейлон 6.6. Зажим работает в диапазоне температур от −40 до +105 °С.

Преимущества прокалывающих зажимов:

- простота и удобство монтажа;
- монтаж осуществляется без снятия изоляции и разрезания проводника;

- герметичность соединения (стойкость к атмосферным осадкам);
- надежность контактного соединения без механической деформации проводника;
- конструкция зажима рассчитана на монтаж при низких температурах.

Рис. 2.80. Общий вид герметичных прокалывающих зажимов типа ЗПО

При установке зажима прокалывающего ответвительного герметичного (ЗПО) необходимо:

- выбрать место ответвления;
- установить ответвитель на магистраль и присоединить провод ответвления;
- затянуть гайку до срыва головки.

При этом не нужно обесточивать линию (т. к. монтаж может производиться на питаемый провод). В месте ответвления не нарушается структура провода (не нужно удалять изоляцию). Соединение происходит через анодированную медь, а принцип срывающейся головки гарантирует качественный монтаж данного узла.

В результате получается полностью герметичная конструкция, отвечающая всем современным требованиям, что дает дополнительные преимущества ЗПО при выборе монтажного приспособления перед устаревшими типами ответвителей У700 и У800. В табл. 2.35 приведены технические данные зажимов, выпускаемых электротехническим заводом «КВТ» (г. Калуга).

Таблица 2.35. *Зажимы прокалывающие ответвительные электротехнического завода «КВТ» (г. Калуга)*

Тип	Сечение проводов, мм^2	
	магистральных	ответвительных
ЗПО16-95/1,5-10	16–95	1,5–10
ЗПО16-95/4-50	16–95	4–50
ЗПО50-150/6-50	50–150	6–50
ЗПО25-95/25-95	25–95	25–95
ЗПО50-150/50-150	50–150	50–150

На рис. 2.81 приведено сравнение монтажа ответвителей типа «орешки» и зажимов прокалывающих ответвительных герметичных (ЗПО).

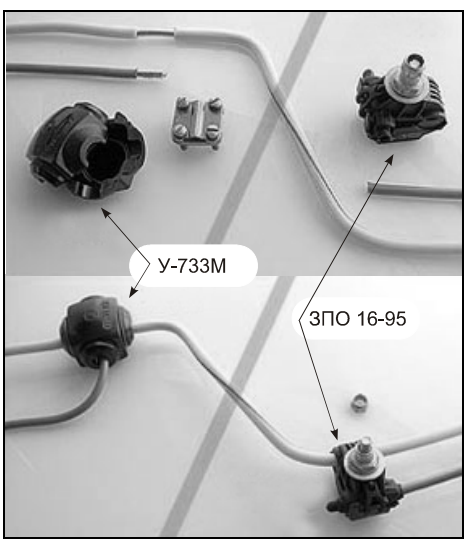


Рис. 2.81. Сравнение монтажа ответвителей типа «орешки» ответвительных герметичных (ЗПО)

2.5.11. Ответвления проводов. Ответвители типа ОВ

Для выполнения отвода (ответвления) от токонесущего проводов мелких сечений от 0,25 до 6 мм² включительно можно использовать ответвители типа ОВ производства ТПГ «Техэлектро» (г. Москва, e-mail: **info@techelectro.ru**) (рис. 2.82).

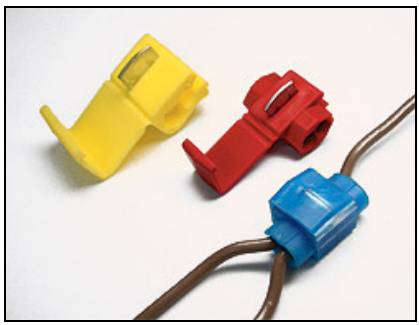
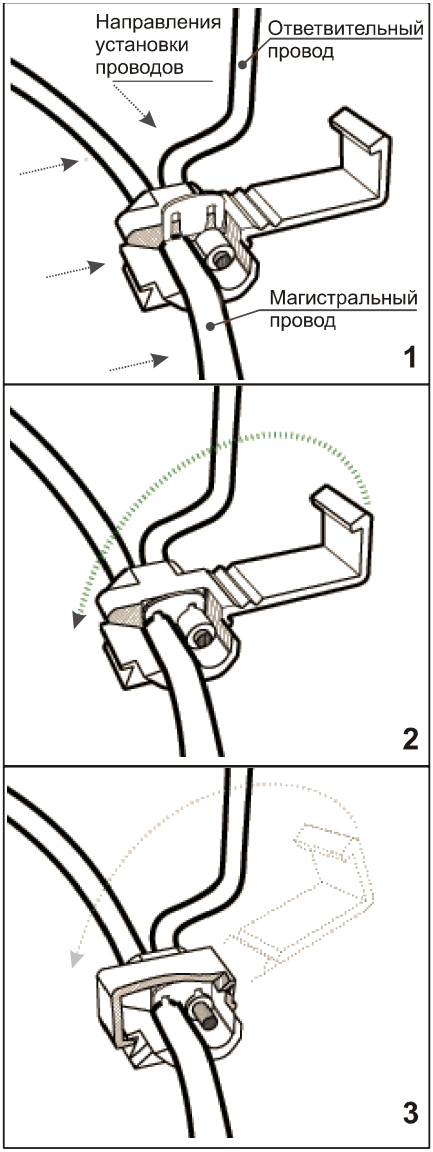


Рис. 2.82. Общий вид ответвителей типа ОВ производства ТПГ «Техэлектро» (г. Москва)

Применение их аналогично ответвительным сжимам для силового кабеля («орешки» типа У731, У733, У734), но не нужна предварительная зачистка провода и специальный инструмент. На рис. 2.83 приведена конструкция ответвителя ОВ, а в табл. 2.36 — его характеристики.

Таблица 2.36. *Характеристики ответвителей типа ОВ ТПГ «Техэлектро» (г. Москва)*

Наименование	Сечение, мм²	Цвет	Размеры (рис. 2.84), мм	
			L	B
ОВ 1	0,25–1,5	Красный	20	22
ОВ 2	1,5–2,5	Синий	20	22
ОВ 3	4,0–6,0	Желтый	21	32



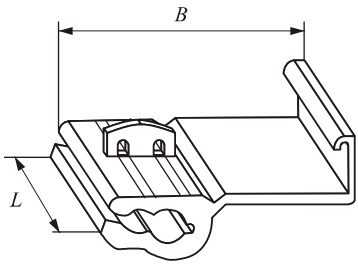


Рис. 2.84. Размеры ответвителей типа ОВ

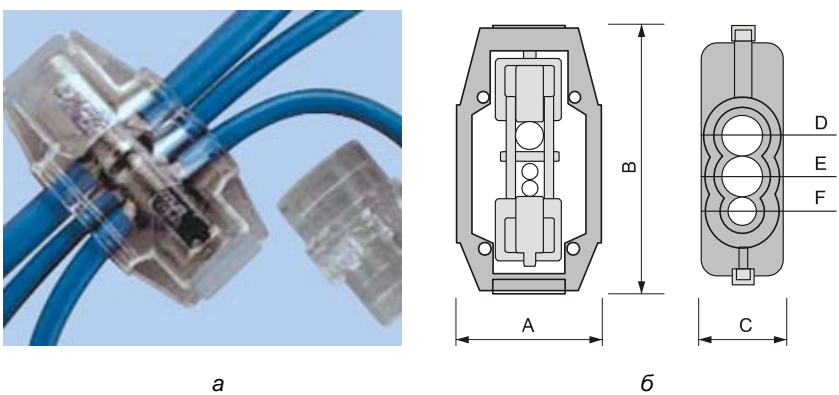
Рис. 2.83. Технология использования ответвителей типа ОВ:

1 — вставка магистрального и ответвительного проводов,
2 — вставка металлического соединителя,
3 — загиб конца ответвителя

Заметим, что в состав ТПГ «Техэлектро» также входит электротехнический завод «КВТ» (г. Калуга, производство кабельной арматуры) и завод электротехнических изделий «ВЗЭТИ-Техэлектро» (г. Воскресенск, конструирование и производство электрощитового оборудования).

2.5.12. Ответвление проводов клеммной колодкой

Среди ответвителей, выпускаемых сегодня промышленностью, для электропроводки представляет интерес продукция компании «ДКС» — ведущего российского производителя кабеленесущих систем (г. Москва, **http://www.dkc.ru/**). Компания разработала и выпускает универсальную ответвительную клеммную колодку, которая пригодна для квартирной электропроводки (рис. 2.85).



а *б*

Рис. 2.85. Ответвление универсальной клеммной колодкой (*а*) и ее устройство (*б*)

Размеры универсальной ответвительной клеммной колодки приведены в табл. 2.37.

Таблица 2.37. *Клеммная колодка ответвительная универсальная*

Код	Сечение провода, мм^2	Размеры, мм						Маленькая/большая упаковка, шт.
		A	B	C	D	E	F	
ВК616	2×16	45,2	67	25,2	13	13	7	2/32
ВК635	2×35	46,5	84	25,6	15	15	11	2/32
ВК650	2×50	49,7	94,7	29	18	18	13	1/16
ВК670	2×70	51,9	105,8	31,2	19	19	14	1/16

Универсальная ответвительная клеммная колодка обеспечивает надежную коммутацию и быстрое соединение/размыкание электрических цепей.

2.5.13. Ответвление методом простой скрутки

При отсутствии сжимов или специальных ответвителей типа ОВ ответвление можно сделать методом простой скрутки. В этом случае зачищают изоляцию основного проводника на 1,5–2 см и после этого к нему присоединяют конец ответвляемого провода со снятой с его конца изоляцией. Зачищенные жилы ответвляемого провода плотно, виток к витку, обматывают вокруг основного провода (рис. 2.86).

Место ответвления запаивают и изолируют лентой. Как при соединении проводов, так и при их ответвлении различают скрутки ответвлений: простая, бандажная и «желобок» (см. табл. 2.29). На рис. 2.87 показано, как сделать ответвления от двухпроводной линии методом простой скрутки.

В помещениях соединения и ответвления проводов при всех видах электропроводок выполняют в соединительных и ответвительных коробках. Разветвительные коробки следует устанавливать на уровне поверхности стены, заподлицо с ней и закрывать пластмассовыми крышками (для безопасности и из эстетических соображений). Розетки и выключатели устанавливают в аналогичных разветвительных коробках из стали или пластмассы.

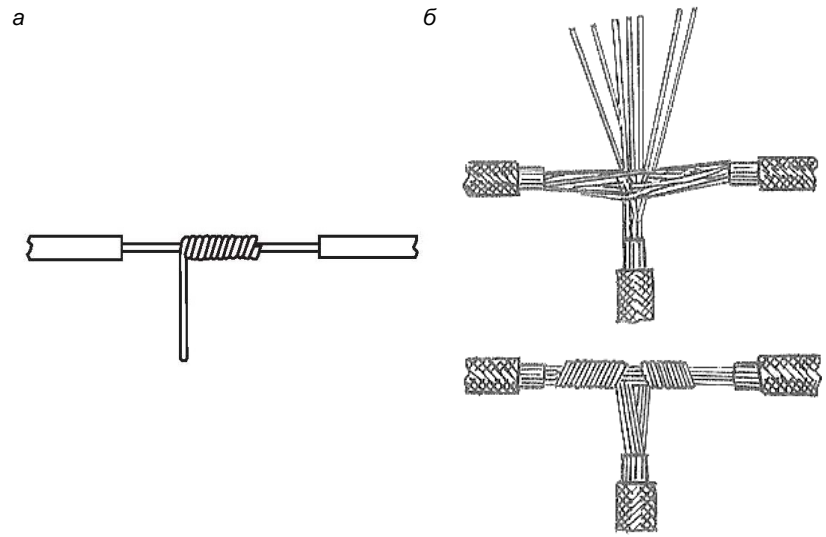


Рис. 2.86. Технология ответвления методом простой скрутки:
а — ответвление проводов с медной жилой,
б — ответвление многопроволочных медных проводов

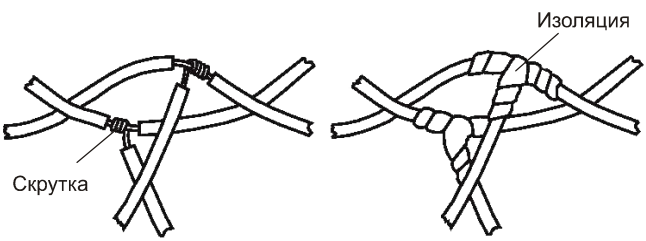


Рис. 2.87. Ответвления от двухпроводной линии методом простой скрутки

2.5.14. Ответвительные коробки

Перед монтажом электропроводки, согласно плану нужно подготовить места для установки коробок для протяжки, соединения и ответвления проводов и кабелей при открытой или при скрытой электропроводке до 1000 В, прокладываемых в пласт-

массовых трубах в производственных, административных и подсобных помещениях. При прокладке скрытой проводки следует предусмотреть места коробок для установки в них выключателей и штепсельных розеток, имеющих распорные лапки.

Любое соединение должно быть доступно для осмотра и ремонта. Чтобы соединения было удобнее контролировать в дальнейшем, их выполняют в распаечных коробках. Это старое название коробок осталось с того времени, когда провода соединяли в основном пайкой. Теперь такой операции нет, и «распайкой» называют любую скрутку, сжим, соединение.

Главная функция монтажных коробок состоит в том, чтобы создать безопасную и длительную основу для установки проводки, телефонных стыков, а также розеток, выключателей, регуляторов освещенности и устройств связи. Основная функция таких коробок — обеспечить безопасность в местах прокладки кабеля. Главные факторы при такой установке: место монтажа и число выводов кабеля. Конструкции соединительных и ответвительных коробок должны соответствовать способам прокладки и условиям окружающей среды.

Коробки состоят из корпуса и крышки. После отделки, по крышкам разветвительных коробок легко определяется трасса электропроводки, что полезно знать при укреплении картин и других украшений, требующих пробивки стен.

Крышки коробок крепятся к ее корпусу защелкиванием или металлическими винтами с антикоррозийным покрытием. Некоторые коробки оснащены мягкими уплотнительными втулками, предназначенными для ввода в коробку труб, проводов и кабелей. Для обеспечения степени защиты IP 55–IP 56 коробки комплектуют резиновыми прокладками. Каждая коробка при покупке должна быть упакована в термоусадочную пленку и снабжена индивидуальной этикеткой. Существуют конструкции ответвительных коробок, в которых вместо обычных уплотнительных втулок на боковых поверхностях и на основании коробок имеются гибкие вводы в виде мембран. Такие коробки получили название ответвительных коробок с мембранами.

Коробки ответвительные делят для внешней и внутренней проводки. На рис. 2.88 представлены ответвительные коробки

для наружного монтажа производства компания «Пласт Электро» (г. Москва, **http://ni.plastelectro.ru/**). Эти коробки пылевлагозащитные и снабжены мягкими самоуплотняющимися мембранными гермовводами.

Рис. 2.88. Коробки ответвительные для открытой электропроводки компании «Пласт Электро» (г. Москва)

Различают коробки ответвительные скрытой электропроводки для твердых и гипсокартонных стен. Коробки состоят из корпуса и крышки, изготовленных из ударопрочного полистирола (УПМ). Крышки, как правило, крепятся к корпусам коробок самонарезающими оцинкованными стальными винтами. На рис. 2.89, *а* представлены ответвительные коробки для скрытой электропроводки (до 1000 В) производства ЗАО «ЛЮКСЭЛ» (г. Москва, **http://www.luxel.ru/**). Эти коробки пылевлагозащитные и снабжены мягкими самоуплотняющимися мембранными гермовводами. Представленная на рис. 2.89, *б* коробка для гипсокартонных стен (код LX39501) имеет 16 вариантов для ввода проводников и оригинальный быстросъемный крепеж. Внутренние размеры коробки: 100×100×45 мм.

а *б* *в*

Рис. 2.89. Коробки ответвительные для скрытой электропроводки производства ЗАО «ЛЮКСЭЛ»:
а — для твердых стен, *б* — для гипсокартонных стен, *в* — монтаж в коробке

Для утопленных электроизделий служат установочные коробки. До недавнего времени они были, как правило, жестяными, но сейчас на рынке уже имеется большое количество пластмассовых коробок.

Коробки изготавливают из пожаро- и взрывобезопасного материала полимера (арилокс или др.) или металла. Металлические ответвительные и установочные коробки в местах ввода в них проводов должны иметь втулки или отрезки полихлорвиниловой трубки.

Ответвительные коробки для скрытой проводки следует устанавливать «заподлицо» с поверхностью штукатурки и хорошо закреплять в предназначенных для них углублениях. Если возникает необходимость углубить выемку, то это делают дрелью и посаженной на нее специальной цилиндрической фрезой с победитовыми зубцами или с помощью молотка и зубила, как встарь. В углублении стены коробку закрепляют цементным раствором или специальными крепежными элементами, предусмотренными в ее конструкции. Например, российская компания «Пласт Электро» (г. Москва, e-mail: **info@plastelectro.ru**, **http://www.plastelectro.ru**) предлагает для этой цели распорные лапки, фиксируемые винтами (рис. 2.90). Если предполагается, что проводка никогда не будет ремонтироваться, то коробку целесообразней фиксировать цементным раствором, в противном случае предпочтительней применить крепежные элементы.

В местах соединений проводов, идущих к розеткам, патронам ламп, выключателям и к другим потребителям, устанавливают разветвительные коробки, в которые прячут все скрутки проводов.

Разветвительные коробки бывают внутри с клеммными колодками (рис. 2.91) и без них. Есть модели как для скрытой, так и для открытой проводки. Их размеры подбирают в соответствии с количеством соединений и сечением проводов. Перед установкой разветвительных коробок в их корпусах необходимо вырезать отверстия для подвода и отвода проводов, согласно плану прохождения проводов электросети. На корпусе коробки контур отверстий отмечен, и остается только их прорезать ножом.

Рис. 2.90. Коробка PE 030 040R распаечная с распорными лапками для скрытой проводки (компания «Пласт Электро»)

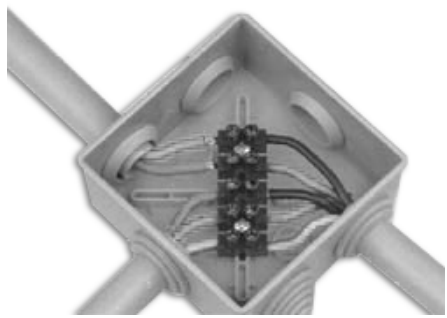


Рис. 2.91. Разветвительная коробка с клеммными колодками

Опыт показывает, что лучше применять коробки с клеммниками, позволяющими просто соединить несколько проводов. В такой конструкции клеммник представляет собой единую медную планку с отверстиями и винтовыми прижимами. Все токоведущие части хорошо изолированы (рис. 2.92). В коробке закреплено обычно несколько клеммников, их число зависит от типа проводки. Такая конструкция хороша для жестких проводников, но не совсем удобна для гибких, т. к. их нужно облуживать или опрессовывать наконечником.

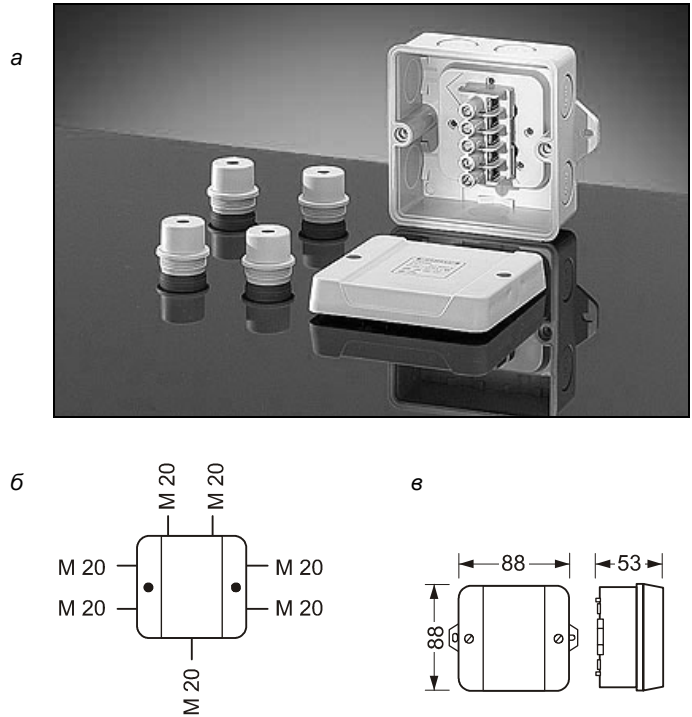


Рис. 2.92. Кабельная ответвительная коробка D 9125 для защитного монтажа производства фирмы «Hensel» (Германия): 1,5–2,5 мм^2 — 3 провода, 4 мм^2 — 1 провод, клемма 5 полюсов, с внешним креплением (*а*); расположение отверстий (*б*); габаритные размеры (*в*)

Удобство и быстрота монтажа в условиях ограниченного пространства, особенно соединение проводов, в распаячных коробках в большей степени зависят от габаритов клеммника. В этом случае больше всего подходят распаечные коробки с *инсталляционными пружинными клеммами* немецкой фирмы «WEIDMULLER» (**http://www.weidmuller.ru/**) (рис. 2.93, *а*).

Данные клеммы предназначены для надежного соединения от двух до восьми проводов одновременно, при объединении их на одну токопроводящую шину, находящуюся в изоляционном корпусе.

а *б*

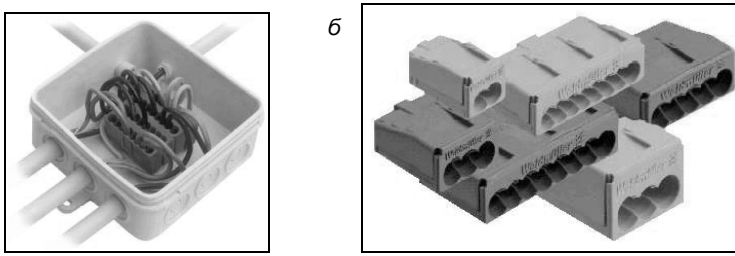


Рис. 2.93. Соединение проводов в распаячной коробке пружинными клеммами «WEIDMULLER» (*а*) и D-клеммы фирмы «WEIDMULLER» (*б*)

Для работы с инсталляционными клеммами «WEIDMULLER» нужно просто вставить провод с предварительно снятой изоляцией в конусообразное гнездо клеммы, а при необходимости отсоединения достаточно вытянуть провод, покручивая его вдоль оси. Компактная конструкция клеммы и возможность механического соединения нескольких клемм друг с другом при помощи защелки «ласточкин хвост» помогут сэкономить место в распределительной коробке и обеспечить наглядность соединений. Специальные тестовые отверстия в клеммах «WEIDMULLER» позволяют производить электрические измерения без разъединения проводов.

Несмотря на видимую простоту устройства такой клеммы, существует целый ряд важных особенностей, качественно отличающих инсталляционные клеммы фирмы «WEIDMULLER» от подобных изделий других фирм-производителей. Фирма «WEIDMULLER» выпускает всего два типоразмера инсталляционных клемм, именуемые также «D-клеммы» (рис. 2.93, *б*), перекрывая весь диапазон сечений провода, используемого в бытовых силовых и осветительных сетях:

- клемма D 2.5 (от 0,75 до 2,5 мм^2) на 2, 3, 4, 5, 8 полюсов;
- клемма D 4.0 (от 1,5 до 4,0 мм^2) на 3 полюса.

Клемма WEIDMULLER обеспечивает надежный, долговременный электрический и механический контакт с контактным элементом клеммы, представляющей собой токоведущую шину из электролитической меди, спрессованной с лепестковой стальной пружиной, покрытой хромоникелевым сплавом. Высокие показа-

тели D-клемм по надежности электрического контакта (напряжение до 450 В, ток до 35 А) и коррозионной стойкости соединения достигаются за счет применения оловосвинцового покрытия медной токоведущей шины. Такое покрытие обеспечивает «мягкий» контакт проводника с медной шиной, гарантируя низкое переходное сопротивление. Несмотря на то что в последнее время алюминиевый провод применяется все реже, но с ним еще приходится сталкиваться. В этом случае D-клеммы также допустимы. Специально для работы с алюминиевым проводом WEIDMULLER выпускает контактную пасту «Alu-Top 30», разрушающую оксидную пленку на алюминиевом проводнике и защищающую его от дальнейшего окисления. Паста «Alu-Top 30» поставляется в тюбике-шприце, позволяющем заполнять внутреннее пространство клеммы при работе с алюминиевым проводом.

Отдельная поставка контактной пасты удешевляет клемму WEIDMULLER по сравнению с изделиями других производителей, выпускающих уже заполненные подобной пастой клеммы. Относительно невысокая цена D-клемм (около 0,09 долл./шт.) делает их привлекательными и незаменимыми при монтаже бытовых электросетей.

В распределительных коробках можно использовать также клеммы WAGO типа 222 (рис. 2.94).

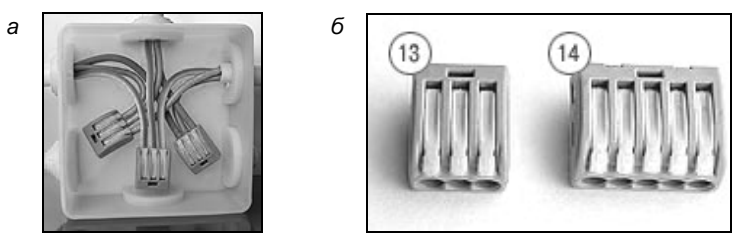


Рис. 2.94. Распределительная коробка с клеммами WAGO типа 222 (*а*) и общий вид клемм (*б*)

Они предназначены для присоединения и ответвления одножильных и многожильных проводников из меди в электрических цепях переменного тока с частотой 50 Гц напряжением до 380 В. Для проводников из алюминия данные клеммы заполняются токопроводящей пастой.

Клеммы WAGO типа 222 универсальные и могут также применяться для подключения осветительного оборудования. Они рассчитаны на ток 32 А и подключение 3 или 5 проводников сечением 0,08–4 мм^2 без контактной пасты.

При выполнении скрытой электропроводки в бетонных и кирпичных стенах розетки и выключатели монтируют в одно-, двух- и трехместные установочные коробки (рис. 2.95). Наибольшее распространение имеют коробки диаметром порядка 70 мм и высотой 40 мм. Коробки устанавливают в имеющихся или сделанных в стене углублениях для выключателей и штепсельных розеток скрытой проводки. Их заделывают в стену или перегородку так, чтобы края совпадали с поверхностью штукатурки, и после этого закрепляют алебастровым раствором. Выключатели и штепсельные розетки монтируют в пластмассовых установочных коробках скрытой проводки с помощью распорных лапок и прикручиванием монтажной пластины винтами-саморезами к стойкам коробки.

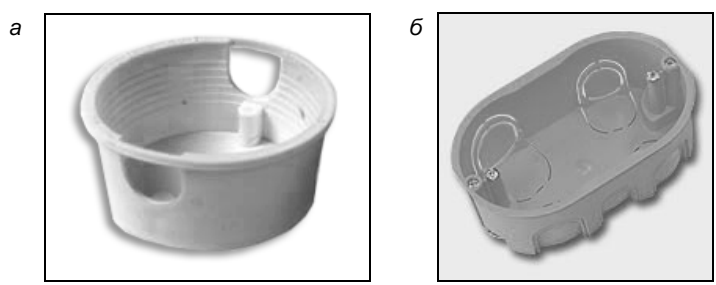


Рис. 2.95. Коробки установочные/подрозетники для скрытой проводки:
а — одноместная фирмы «WESSEN»,
б — двухместная фирмы «LEGRAND» (Франция)

В местах соединения проводов электропроводки с проводами светильников устанавливают потолочные розетки. В отверстиях для подвешивания люстр нужно вставить и укрепить крюки достаточной прочности. Для очень тяжелых люстр конструкция крепления требует расчета на прочность, который должен выполнить специалист. Выход отверстия с проводом и крюком

оконцовывается втулкой или потолочной розеткой-лепниной, например, типа РП 1-03. Потолочная розетка предназначена для декоративного оформления отверстий диаметром от 40 до 90 мм в плитах перекрытий или в потолочной коробке, после установки крюков для подвешивания светильников и проведения электромонтажных работ (рис. 2.96). Габариты потолочной розетки РП 1-03 составляют 100×15 мм.

Настенные и потолочные плафоны и бра крепят дюпелями или саморезами с пластмассовыми пробками, а также с помощью деревянных подрозетников соответствующего диаметра или заводских конструкций крепления.

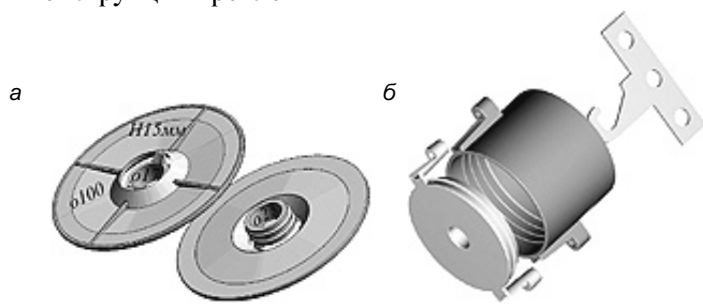


Рис. 2.96. Общий вид потолочных розеток (*а*) и потолочной коробки (*б*)

Монтажные и установочные коробки для выключателей, штепсельных розеток должны быть вынесены за пределы ванных и туалетных комнат.

На рынке имеется большой ассортимент монтажных коробок как отечественных, так и зарубежных производителей. Например, компания «Пласт Электро» предлагает модель РЕ 031007, рассчитанную на монтаж в гипсокартонные стены электроустановочных изделий корейского («ANAM», «Shin-Dong») и итальянского («GEWISS») производства (рис. 2.97).

Дополнительная втулка в коробке РЕ 031 007 допускает два варианта крепления розетки. Расстояние между крепежными отверстиями для устанавливаемого механизма составляет 83,5 мм.

Коробка комплектуется крепежными шурупами. Распаечная коробка PlastElectro может поставляться в комплекте с качественным клеммным зажимом компании «Spelsberg». При подрезании ступенчатых заглушек на входах, что очень удобно, удается получить отверстие, точно соответствующее диаметру вводимого кабеля или трубы.

Рис. 2.97. Установочная двухместная коробка PE 031 007 для скрытой проводки в полых стенах (изготовитель — «Пласт Электро»)

2.6. Технология прокладки скрытой электропроводки

Электропроводкой называют совокупность проводов и кабелей вместе с креплениями, поддерживающими защитные конструкции и детали [21]. Анализ пожаров показывает, что одна из основных причин возникновения загораний — неисправность электропроводки и неправильный ее монтаж. Вид электропроводки и способ прокладки проводов и кабелей выбирают в зависимости от характеристики окружающей среды в соответствии с нормативно-техническими документами, такими как «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), а также составленной на их основании «Инструкции по электроснабжению индивидуальных жилых домов и других частных сооружений» (см. табл. 2.9).

Выбранный вид проводки и способ прокладки проводов и кабелей должны соответствовать также требованиям пожарной безопасности (табл. 2.38).

Таблица 2.38. *Выбор вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности*

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		**Провода и кабели**
из сгораемых материалов	**из несгораемых или трудносгораемых материалов**	
Открытая электропроводка		
На роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
Непосредственно	То же	Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов
В трубах и коробах из несгораемых материалов	В трубах и коробах из трудносгораемых и несгораемых материалов	Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых материалов
Скрытая электропроводка		
С подкладкой несгораемых материалов и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
С подкладкой несгораемых материалов	То же	Защищенные провода и кабели в оболочке из трудносгораемых материалов
Непосредственно	«	То же из несгораемых
В трубах и коробах из трудносгораемых материалов — с подкладкой под трубы и короба несгораемых материалов и последующим заштукатуриванием	В трубах и коробах: из сгораемых материалов — монолитная укладка в бороздах и т. п., в сплошном слое несгораемых материалов	Незащищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых и несгораемых материалов
То же из несгораемых материалов — непосредственно	То же из трудносгораемых и несгораемых материалов — непосредственно	

После выбора проводов для электропроводки, установки соединительных, ответвительных и установочных коробок монтируют проводку. Как уже было сказано, проводка бывает скрытой и открытой. В дальнейшем уделим основное внимание скрытой проводке, применяющейся в городских квартирах. Скрытую проводку прокладывают внутри стен, в пустотах перекрытий и др. Довольно часто при такой проводке используют плоские провода в полихлорвиниловой изоляции, которые иногда прокладывают в бороздах под штукатуркой на глубине не менее 5 мм.

При скрытой электропроводке провода и кабели прокладывают следующими способами:

- в металлических и неметаллических трубах;
- в гибких металлических (металлорукава) и неметаллических (ПХВ-гофротрубы) трубах;
- в рукавах;
- в коробах;
- в замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций;
- в заштукатуренных бороздах.

При выборе вида электропроводки необходимо учитывать два основных фактора:

- класс помещения или среды (классификация по ПУЭ);
- степень возгораемости строительных материалов и конструкций зданий, на которых монтируется проводка (разделение по степени возгораемости по СНиП).

В зависимости от этих факторов и выбирают марку проводов и кабелей для различного вида помещений и вида электропроводки.

Монтаж всех видов проводок допускается при температуре не ниже 15 °С. При низких температурах некоторые изоляционные материалы становятся хрупкими; при их сгибании в изоляции образуются трещины, которые в процессе эксплуатации могут быть причиной повреждения проводов и кабелей.

В жилых домах и квартирах поручить монтаж электропроводки лучше опытным специалистам. Если все же обстоятельства складываются таким образом, что монтировать проводку все же придется самостоятельно, то перед этим необходимо обязательно ознакомиться с требованиями ПУЭ.

Самое главное — нельзя крепить электропроводку гвоздями по горючему основанию, завязывать ее в узлы, оттягивать электролампы веревками.

Скрытая и открытая прокладка проводов и кабелей по нагреваемым поверхностям (печи, камины, дымоходы и т. д.) запрещается, т. к. из-за высыхания изоляции провода и кабели приходят в негодность и, как следствие, приведут к пожару.

Радиус изгиба незащищенных изолированных проводов должен быть не менее трехкратной величины наружного диаметра провода, защищенных и плоских проводов — не менее шестикратной величины наружного диаметра или ширины плоского провода. Кабели с пластмассовой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке прокладывают с радиусом изгиба не менее шестикратной, а с резиновой изоляцией — не менее десятикратной величины наружного диаметра кабеля.

По сгораемому основанию электропроводку следует прокладывать в металлических трубах или проводами, защищенными оболочкой из несгораемого материала. Если у вас нет такой возможности, то самый простой способ — проложить между основанием и проводом асбестовую ткань или гипсоволокнистую плиту. Многие сейчас выполняют в квартирах так называемый евроремонт. При этом устанавливают подвесные потолки типа «Армстронг». В этом случае электропроводку необходимо прокладывать в пространстве между основным и подвесным потолком в металлорукавах или в винилпластовых трубах.

Соединять электропровода можно только в электрических распределительных коробках, защищенных крышками. Жилы соединяют при помощи клеммников, контактных пружинных зажимов, сжима, опрессовки, сварки или пайки. Категорически запрещено соединение скруткой, это приводит к перегреву соединения и, как следствие, к возгоранию.

Прокладку проводов выполняют участками: щиток — ответвительная коробка — штепсельная розетка; щиток — ответвительная коробка — выключатель, ответвительная коробка — светильник и т. п. Отдельно питаются группы освещения и розеток. Соединение проводов между собой вне коробок не разрешается. Провод нарезают на куски, равные длине отдельных участков, укладывают с легким нажатием по всей длине прямого участка от коробки до поворота трассы и закрепляют алебастровым раствором.

При повороте провода разделительное основание вырезают для придания проводу поворота в плоскости. После укладки провода на повороте он закрепляется алебастровым раствором. Аналогично монтируют провода на всей оставшейся трассе до следующей коробки.

При монтаже проводки должна быть обеспечена возможность свободного выполнения соединений проводов в ответвительных коробках, коробках для выключателей и штепсельных розеток. Такая необходимость может возникнуть в период эксплуатации для ремонта или замены выключателей, штепсельных розеток и светильников. Поэтому концы провода с раздельными жилами вводят в коробки с запасом 50–70 мм. После этого провод у коробки закрепляют.

Для присоединения к светильникам, штепсельным розеткам, выключателям открытой установки скрыто проложенных проводов на места выхода их из стен, перегородок и перекрытий надевают изоляционные трубки, пластмассовые втулки или воронки, чтобы исключить излом проводов из-за их многократного изгибания.

Проходы через стены проводов и кабелей выполняют в изоляционных трубах для предотвращения механических повреждений.

Жилы заземляющих и нулевых защитных проводов соединяют между собой сваркой. К электроприборам, подлежащим заземлению или занулению, защитные провода присоединяют болтами. Металлические корпуса стационарных электроплит зануляют, для чего от квартирного щитка прокладывают отдельный проводник сечением, равным сечению фазного провода, и присоеди-

няют к нулевому защитному проводнику питающей сети перед счетчиком. В проводниках, обеспечивающих защитное заземление или зануление, не должно быть предохранителей и выключателей. В противном случае при срабатывании защиты все приборы, включенные в данную линию, окажутся под опасным потенциалом сети.

Защищенные провода и кабели типа АПРН, АПРВ, АВРГ, АПРГ, АВВГ и т. п. разрешается прокладывать непосредственно по поверхности стен и потолков. Высота прокладки их в изоляционных трубах с металлической оболочкой или в гибких металлических рукавах от уровня пола не нормируется.

В местах возможных механических повреждений электропроводку защищают стальными коробами, уголками, тонкостенными трубами, металлорукавами, ограждениями или прокладывают скрыто.

При скрытой проводке проводов и кабелей с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в пустотах строительных конструкций, в бороздах и т. д. с наличием сгораемых конструкций провода и кабели защищают сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон, где имеется сгораемый материал строительной конструкции.

При скрытой прокладке проводов до их окончательной заделки мокрой или сухой гипсовой штукатуркой проверяют проводку на отсутствие обрыва токоведущих жил провода и короткого замыкания в сети.

2.7. Монтаж проводов в кабель-каналах

Пластмассовые кабель-каналы находят все большее применение при монтаже современной электропроводки в квартирах и дачных домах, однако основное их предназначение — монтаж кабельных сетей в офисных помещениях [22]. Кабель-канал предназначен для монтажа открытой электропроводки в тех слу-

чаях, когда скрытый монтаж кабельной системы по каким-либо причинам неприменим, что, как правило, имеет место в большинстве офисных помещений. Помимо прочего, кабель-каналы являются элементами офисного дизайна. «Короба» или «кабель-каналы» — это термины, обозначающие электротехнические изделия, представляющие собой замкнутый профиль прямоугольного, треугольного или близкого к ним сечения для монтажа на архитектурную поверхность (стену, пол, потолок) и заключения в своем объеме электрических проводов (рис. 2.98).

Рис. 2.98. Кабель-каналы марки «NEVSKI PLASTEX»

Кабель-каналы предназначены для прокладки различных кабелей: электросиловых, телефонных, информационных и т. п. Они позволяют спрятать кабель и тем самым облагородить интерьер помещения. В кабельных каналах информационные и электросиловые кабели разделены специальными перегородками, предотвращающими электрические помехи. К примеру, в электротехническом плинтусе имеется пять каналов. В двух верхних укладывают провода групповой электрической сети, в трех нижних — провода радиотрансляции, телефона и телевизионный кабель. Провода телефона и радиотрансляции разделены таким образом, чтобы не было взаимных влияний (помех). Проводка в кабель-каналах сменяема. Если внешний вид коробов не идет вразрез с вашими представлениями об эстетике, смело используйте их для разводки проводов внутри квартиры.

После составления плана, разметки и подбора комплектации приступают к монтажным работам. Несущая система для от-

крытой проводки в административных, жилых и представительских помещениях состоит из пластиковых каналов, соединительных и ответвительных аксессуаров, элементов крепления электроустановочных изделий, в том числе телефонных (RJ-11) и компьютерных (RJ-45) розеток. Имеется два типоразмера короба — с тремя и с пятью отделениями для разных видов кабеля. Кабель-каналы отличаются высоким эстетическим исполнением и предлагаются в трех цветовых решениях: «Слоновая кость», «Коричневый» и «Черный» («Антрацит»).

Некоторые пластиковые кабель-каналы предназначены для декоративной прокладки трубопроводов: пневматических и гидравлических систем охлаждения кондиционеров, прочих инженерных сетей. Кабель-каналы производят из негорючего пластика ПВХ, поливинилхлорида. Они устойчивы к повышенным температурам и физическим повреждениям. Различные типы кабель-каналов позволяют удовлетворять требованиям, вызванным специфическими свойствами коммуникаций.

Первыми импортными коробами, получившими широкое распространение в нашей стране, были изделия под торговой маркой «Legrand». Сегодня на этом рынке представлены как российские, так и иностранные торговые марки: «Thorsman», «REHAU», «МК», «Marshall Tufflex», «GGK», «IBOCO (Bacciotti)», «LAP», «Efapel». Выбор кабель-каналов достаточно широк. В качестве примера рассмотрим кабель-каналы российской компании «Нева Лайн Электро» (**http://www.nevskiplastex.ru/catalog/**). Кабель-канал марки NEVSKI PLASTEX изготавливается из пластика, не поддерживающего горения с сопротивлением изоляции более 5 МОм, белого цвета, длиной 2 м независимо от сечения (табл. 2.39). Конструкция кабель-канала NEVSKI PLASTEX оснащена двойным замком, который усиливает крепежное соединение с крышкой. Тем самым предотвращается разъединение крышки с основной частью кабель-канала. Кабель-канал крепят шурупами, гвоздями, дюбелями, а также клеем или двухсторонним скотчем (по ровной поверхности). К кабель-каналу марки NEVSKI PLASTEX разработаны и выпускаются аксессуары: плоский, внешний, внутренний и Т-образный углы, заглушки, соединительные скобы.

Таблица 2.39. *Кабель-каналы марки NEVSKI PLASTEX*

Артикул	Наименование	Сечение		Кол-во секций	Кол-во в упаковке, шт.
		Ширина, мм	Высота, мм		
20001	Канал 12×12	12	12	1	—
20011	Канал 15×10	15	10	1	60
20021	Канал 15×17	15	17	1	50
20031	Канал 16×16	16	16	1	60
20041	Канал 20×10	20	10	1	60
20051	Канал 25×16	25	16	1	50
20061	Канал 30×15	30	15	1	40

Таблица 2.39. *Кабель-каналы марки NEVSKI PLASTEX (окончание)*

Артикул	Наименование	Сечение		Кол-во секций	Кол-во в упаковке, шт.
		Ширина, мм	Высота, мм		
20071	Канал 25×30	25	30	1	20
20081	Канал 40×16	40	16	1	30
20091	Канал 40×25	40	25	1	24
20101	Канал 50×25	50	25	1	20
20102	Канал 50×25/2	50	25	2	20
20111	Канал 40×40	40	40	1	8
20121	Канал 50×50	50	50	1	8
20131	Канал 60×40	60	40	1	8
20141	Канал 75×75	75	75	1	4
20151	Канал 80×50	80	50	1	4
20161	Канал 100×40	100	40	1	4
20173	Канал 100×50	100	50	от 1 до 3	4
28173	Перегородка 100×50	—	48	—	40/20
20181	Канал 100×60	100	60	1	4

Системы кабель-каналов, как правило, имеют в своем составе набор совместимых аксессуаров, которые позволяют монтировать электроустановочные изделия в короб и прокладывать трассы внешней электропроводки, повторяя линии стен, полов и потолков помещений и зданий.

По ряду причин, в том числе для минимизации стоимости погонного метра и удобства монтажа, наибольшее распространение получили пластиковые короба, однако иногда встречаются и металлические (из стального и алюминиевого профиля).

Популярность кабель-каналов объясняется тем, что подобный монтаж позволяет создавать электрические сети, сохраняя такие достоинства внешней электропроводки, как мобильность, гибкость инсталляции, дешевизну монтажа и возможность изменения конфигурации, и добавляя к ним повышенную электропожаробезопасность и эстетичный внешний вид.

Глава 3
Монтаж электроустановочных изделий

Электроустановочные изделия представляют собой группу электрических устройств, которые применяются в сетях переменного тока с межфазным напряжением 42, 220 и 380 В. К ним относятся выключатели, переключатели, электрические соединители, патроны и т. п.

3.1. Подготовка к монтажу

Электроустановочные изделия желательно покупать после составления плана и разметки прохождения проводки на стенах, когда станет ясно, какое необходимо количество выключателей, разветвительных коробок, розеток, сколько потребуется провода и т. д. При подборе комплектации следует отдать предпочтение качественной продукции, которая прослужит дольше и будет работать надежнее. При покупке некоторых электроустановочных изделий, в частности розеток, выключателей и монтажных коробок, необходимо учитывать тип проводки (открытая или скрытая) [1, 2].

Для установки этих изделий потребуются следующие инструменты: фонарик, индикаторная отвертка, перочинный нож, ножницы, изолента, кусачки изолированные, щипцы для снятия изо-

ляции с проводов, плоскогубцы с изолированными ручками, щипцы для обжима контактных клемм и набор отверток (шлицевая и крестовая) (рис. 3.1).

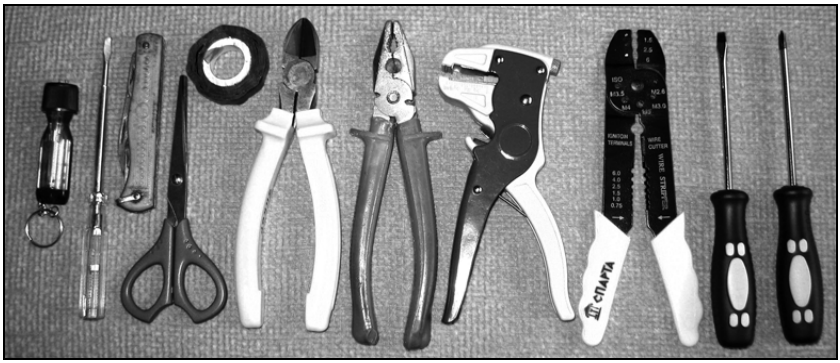


Рис. 3.1. Основные инструменты для монтажа электроустановочных изделий

Внимание! При монтаже электроустановочных изделий электричество необходимо обязательно отключить. На квартирном щитке нужно установить рукоятки автоматов и пакетного выключателя в положение «Выкл» (рис. 3.2). Если на квартирном щитке установлены резьбовые предохранители, то следует выкрутить пробки.

Рис. 3.2. Вид отключенных выключателей на квартирном щитке

3.2. Монтаж выключателей

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

По способу крепления проводов бывают выключатели с винтовым и безвинтовым зажимом. В первом случае провод с помощью винта зажимают между контактными пластинами. Такой способ крепления хорош для алюминиевых проводов: в процессе работы они могут нагреваться и с течением времени потихоньку деформироваться или, как говорят специалисты, «начинают течь». Тогда контакт ослабевает, искрит, греется. Но достаточно лишь подкрутить винт — и все в порядке. Медные провода можно быстро, просто и надежно подключать безвинтовым зажимом — специальной клеммой.

При скрытой проводке выключатели и розетки устанавливают в металлические или пластмассовые монтажные коробки [3, 4]. Монтажные коробки существуют для полых и сплошных стен. В сплошных стенах коробки монтируют в углублениях в стене и закрепляют алебастровым раствором, в полых стенах — с помощью лапок.

Для монтажа выключателя потребуется фонарик, индикаторная отвертка, ножницы, изолента, кусачки изолированные, щипцы для снятия изоляции с проводов и набор отверток (шлицевая и крестовая) (рис. 3.3).

Перед монтажом индикаторной отверткой проверяют отсутствие напряжения на каждом из проводов для подключения к контактам выключателя. Если индикаторная отвертка не светится, значит, напряжения нет и можно начинать монтаж изделия.

Рис. 3.3. Основные инструменты для монтажа выключателя

Последовательность монтажа выключателяя скрытой проводки с винтовым зажимом проводов в установочную коробку:

1. Аккуратно поддеть и извлечь клавишу; если выключатель двойной, то вторую клавишу также следует вынуть (рис. 3.4).

Рис. 3.4. Детали, снятые с выключателя: клавиши, прижимная пластина и декоративная крышка

2. Снять верхнюю декоративную крышку.
3. Вывернуть клеммные винты.
4. Оконцовать провода проводки. В зависимости от конструкции выключателя, окольцевание провода может и не понадобиться, а потребуется только снятие изоляции с его конца на 10 мм и его зачистка.

5. Присоединить оконцованные выводы проводки с помощью винтов, шайбы и шайбы гровер к клеммам выключателя. Провод будет зажат между контактной пластиной шайбой, гровером и головкой винта. В некоторых выключателях достаточно зажать винтом зачищенный провод в клемме (рис. 3.5).

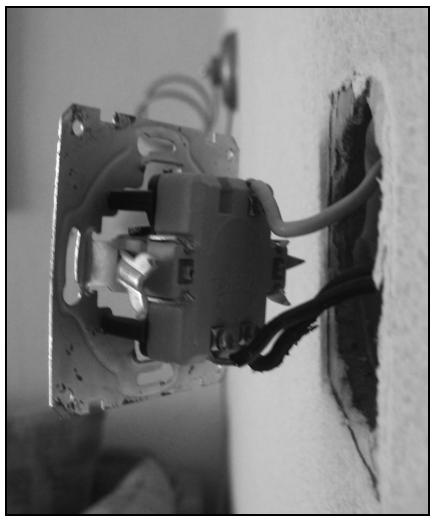


Рис. 3.5. Двойной выключатель с присоединенными подводящими проводами

6. Открутить винты из пластинок распорных скоб до такого положения, когда можно вставить выключатель в коробку.
7. Осторожно задвинуть выключатель в коробку до упора концов металлической скобы. При необходимости можно загнуть провода проводки вглубь коробки (рис. 3.6, *а*).
8. Завинтить винты распорных лапок до тех пор, пока они при раздвигании не упрутся в стенки коробки, при этом выключатель будет прочно закреплен. Винты заворачивают до упора поочередно, не допуская перекоса с таким усилием, чтобы не расколоть основание.
9. Закрепить декоративную крышку выключателя (рис. 3.6, *б*).
10. Установить клавишу (клавиши) (рис. 3.6, *в*, *г*).

Отметим, что кроме выключателей с креплением в установочных коробках с помощью «лапок», упирающихся в стену, в последнее время появились выключатели с металлическими крепежными пластинами с отверстиями. В последнем случае в полость стены крепится специальная установочная коробка, имеющая отверстия, к которым и прикручивается шурупами пластина выключателя.

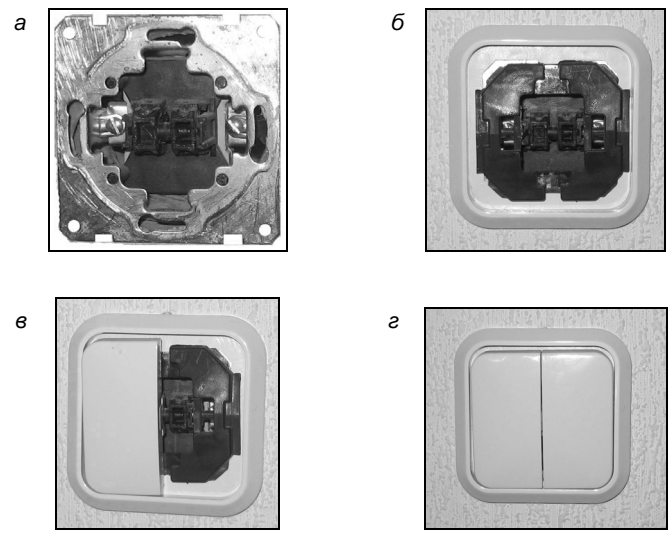


Рис. 3.6. Монтаж выключателя: крепление выключателя в коробке (*а*), установка декоративной крышки (*б*), установка клавиш (*в*, *г*)

Чтобы заменить один выключатель другим, необходимо отключить электроэнергию и демонтировать старый выключатель, а потом уже по описанной методике установить новый.

3.3. Монтаж штепсельных розеток

Штепсельные розетки используются для включения однофазных и трехфазных электрических приемников с номинальными токами до 10 А в сеть напряжением 220 В и до 25 А в сеть 380 В [5]. Они состоят из двух основных частей: розеточной и штеп-

сельной. Штепсельная часть может быть 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 розеток позволяет подсоединять вилки как с цилиндрическими, так и с плоскими контактами.

Установка штепсельных розеток в помещениях запираемых складов, содержащих горючие материалы или материалы в сгораемой упаковке, не допускается. В пожароопасных помещениях классов П-I и П-II допускается установка розеток пыленепроницаемого, а в помещениях класса П-IIа и в наружных установках класса П-III — закрытого исполнения. Во взрывоопасных помещениях розетки не устанавливают, их монтируют вне этих помещений.

Инструменты для монтажа розетки и выключателя одинаковы (см. рис. 3.3).

Перед монтажом розетки убеждаемся с помощью индикаторной отвертки, что напряжения нет на каждом из проводов для подключения к контактам розетки. Если индикаторная отвертка не светится, значит, напряжения нет и можно начинать монтаж розетки.

Последовательность монтажа розетки скрытой проводки с винтовым зажимом проводов в установочную коробку:

1. Разобрать розетку, для чего открутить винт, крепящий декоративную панель к корпусу розетки.
2. Вывернуть не до конца клеммные винты, сделав отверткой 6–8 оборотов.
3. Снять изоляцию с концов подсоединяемых проводов на длину 10 мм и зачистить их поверхность.
4. Вставить по одному концу провода в соответствующую клемму, т. е. в пространство между квадратной гайкой и контактом. Винтом крепко зажать конец провода между квадратной гайкой и контактом (рис. 3.7).

Примечание. В зависимости от конструкции розетки, ее клемма может по-разному зажимать конец провода.

5. Открутить винты из пластинок распорных скоб до такого положения, когда можно вставить корпус розетки в коробку.
6. Осторожно задвинуть корпус розетки в коробку до упора концов металлической скобы. При необходимости можно загнуть провода проводки вглубь коробки (рис. 3.8).

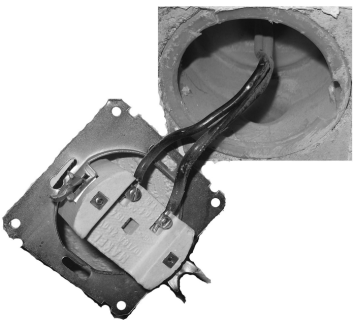


Рис. 3.7. Вид розетки с прикрученными подводящими проводами

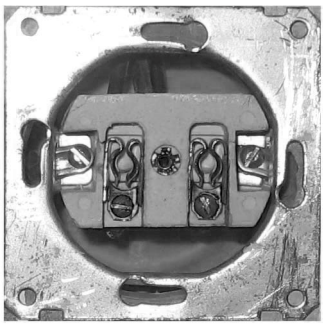


Рис. 3.8. Розетка, вставленная в установочную коробку

7. Завинтить винты распорных лапок до тех пор, пока они при раздвигании не упрутся в стенки коробки, розетка при этом будет прочно закреплена. Винты заворачивают до упора поочередно, не допуская перекоса с таким усилием, чтобы не расколоть основание.
8. Закрепить декоративную крышку розетки (рис. 3.9).

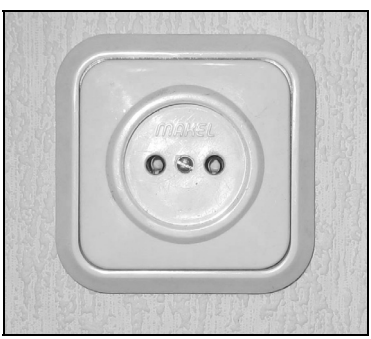


Рис. 3.9. Вид розетки после установки

9. Включить напряжение в квартире, вставить в розетку штепсель настольной лампы и проверить, как его контакты входят в гнезда розетки, и горит ли при включении лампа.

Чтобы заменить одну розетку другой, необходимо отключить электроэнергию и демонтировать старую розетку, а потом уже по описанной методике установить новую.

3.4. Использование металлорукавов

При прокладке кабельных линий часто возникает вопрос, чем защитить электропроводку в случаях, когда возможны механические повреждения. В этой ситуации на помощь приходят стальные короба, тонкостенные трубы и металлорукав [6].

Металлорукав является наиболее удобным материалом при прокладке электрических сетей, коммуникаций, при монтаже пожарных и охранных сигнализаций. Обладая гибкостью, металлический рукав является незаменимым при прокладке линий по поверхностям, имеющим повороты и неровности.

До недавнего времени на рынке электротехнической продукции для прокладки кабельных линий использовался, в большинстве случаев, только неизолированный рукав, т. е. рукав, не защищенный никакой оболочкой. Такой металлорукав в условиях атмосферных воздействий очень быстро приходил в негодность: оцинкованная лента, из которой изготавливается металлорукав, подвержена коррозии (другими словами, просто ржавеет). Чтобы продлить срок службы такого металлорукава, его приходилось красить или подвергать какой-либо другой обработке.

На сегодняшний день необходимость в этих действиях пропала, т. к. на рынке появился металлорукав в ПВХ-изоляции. Такая изоляция надежно защищает оцинкованную ленту от коррозии. Негерметичный металлический рукав стал по своим свойствам приближен к герметичному.

ПВХ-изоляция металлорукова резко расширяет сферу его применения. Металлорукав стало возможно применять при обустройстве вентиляционных систем, при транспортировке порошкообразных и сыпучих веществ.

Эстетические характеристики металлорукава также очень сильно возросли. По внешнему виду он практически перестал отличаться от пластиковой гофры, причем прочностные характеристики у металлического рукава гораздо выше.

На рынке присутствуют два цветовых варианта изолированного металлорукава — серый и черный. Металлический рукав в ПВХ-изоляции серого цвета выпускается до 100-го диаметра, а черного — до 50-го (рис. 3.10). Технические характеристики металлорукавов черного и серого цветов практически не отличаются (см. *приложение П3.2*) [7]. Разница лишь в жесткости ПВХ-изоляции, т. е. в радиусе изгиба металлорукава, да и непосредственно в самом цвете изоляции.

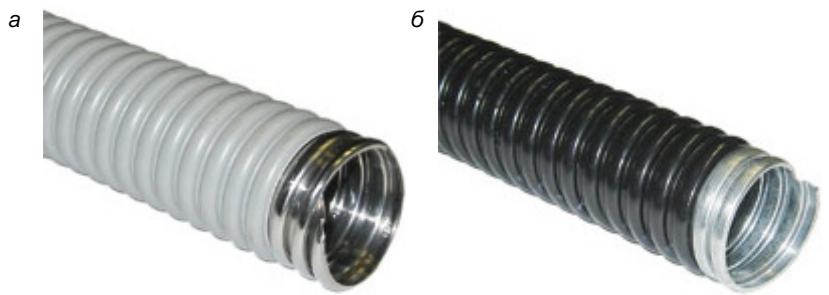


Рис. 3.10. Металлорукав в ПВХ-изоляции серого (*а*) и черного (*б*) цветов

Также для металлорукава в ПВХ-изоляции поставляется целый спектр арматуры, с помощью которой металлические рукава можно соединить друг с другом, ввести его в коробку, прибор или в другое устройство, осуществить герметичный переход с трубы тонкостенной на металлорукав. Все это значительно упрощает монтаж кабельных систем с помощью металлического рукава.

Необходимо также отметить, что ранее названная арматура для металлорукава применяется и для неизолированного металлорукава.

3.5. Использование электротехнических плинтусов

Электротехнические плинтусы представляют собой длинные узкие пеналы с продольными перегородками [8]. Их изготавливают из трудносгораемой пластмассы. На плинтусе имеется крышка, которая защелкивается с основанием. На рис. 3.11 представлен плинтус электротехнический Vist производства ОАО «Невский завод пластмасс» (**http://www.stroyservice-spb.ru/**).

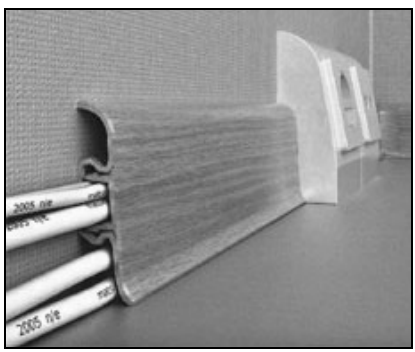


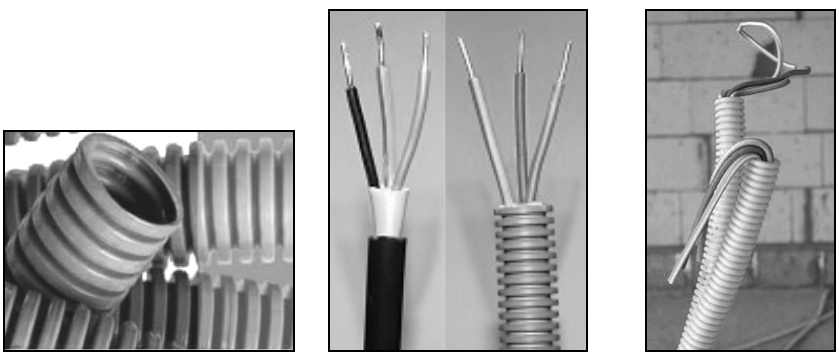
Рис. 3.11. Общий вид электротехнического плинтуса и проводов, проложенных в нем

Боковые стенки пенала пружинят. Электротехнические плинтусы располагают на стенах у пола, потолка и по периметру дверных проемов. Чтобы шнур переносного телефонного аппарата не выскакивал из розетки, можно прикрепить его к стене или плинтусу с помощью резинового компенсатора.

Для открытой или скрытой проводки по стенам и потолкам в последнее время все чаще используют трубы гибкие гофрированные из ПВХ, выполненные из сгораемых и несгораемых материалов. Система гофрированных труб выполняет функцию, аналогичную кабель-каналам и коробам при укладке кабельных пучков и проводов силового электропитания и информационных

сетей. При монтаже применяют различные аксессуары для обвода углов стен и потолков, разводку в распределительных и установочных коробках и элементы соединений, розеток и выключателей для внутреннего монтажа (т. е. внутри стен). Допускается использование и по стенам и потолкам, перегородкам. Система гофрированных труб обязательно включает в себя аксессуары для монтажа и распределительные коробки.

Негорючий самозатухающий материал ПВХ исключает возможность возгорания от короткого замыкания и распространения пламени по трубке. На рис. 3.12 представлены гофрированные гибкие кабель-каналы для монтажных и прокладочных работ.



а *б* *в*

Рис. 3.12. Гофрированные кабель-каналы (*а*) и провода, протянутые в них (*б*, *в*)

Гофрированные кабель-каналы бывают разного диаметра и предназначаются для размещения в них различных кабелей и проводов. Изготовлены они могут быть из полиэтилена низкого давления (ПНД) и из самозатухающего поливинилхлорида (ПВХ). Последний надежнее, безопаснее при пожаре, но и дороже. Кабель-каналы, или гофры, предохраняют кабели от воздействия внешней среды и в некоторой степени от механических повреждений. Для более надежной защиты от повреждений существует металлическая оболочка для проводов.

Для того чтобы протащить кабель через гофроканал, необходимо сначала скрутить концы проводов. В каждом гофрированном кабель-канале имеется специальная проволока, облегчающая эту операцию. Протаскивать кабель (особенно длинный) лучше вдвоем. Если же помощников не нашлось, нужно растянуть кабель-канал и зафиксировать его дальний конец с помощью веревки или изоляционной ленты к какому-либо неподвижному предмету (например, к столбу). Скрученные концы кабеля необходимо надежно прикрепить к проволоке. Затем следует равномерно протаскивать кабель сквозь гофру. Когда из ближнего отверстия покажется протаскиваемый кабель, необходимо точно отмерить требуемую его длину и только потом отрезать кусок.

Наибольшее преимущество дает применение гофрированных труб при устройстве фальшполов и подвесных потолков. Гибкие «рукава» незаменимы при прокладке кабеля в труднодоступных местах, где сложно установить жесткую конструкцию. Следует иметь в виду, что существуют специальные тяжелые и сверхтяжелые конструкции гофрированных труб, предназначенные для укладки в цементную стяжку или бетон.

При помощи гофрированных кабель-каналов можно смонтировать телефонные, компьютерные электрические и телевизионные сети. Необходимый диаметр трубы подбирают в соответствии с толщиной кабеля и назначением подключенного к нему устройства:

- для телефонной и сигнализационной сети; для осветительных приборов — 16 мм;
- для выключателей и розеток — 20 мм;
- для соединения распределительных коробок между собой и с распределительными щитками — 25 мм;
- для соединений, проводимых между этажами, — 40–50 мм.

Выбрать минимальный диаметр гофрированных труб в зависимости от площади сечения и числа жил кабеля типов NYM, ВВГ, а также проводов типов ПВС, ПВ3, ПВ1, помогут данные табл. 3.1.

Таблица 3.1. *Выбор минимального диаметра гофрированных труб в зависимости от площади сечения и количества жил кабеля типов NYM, ВВГ и проводов типов ПВС, ПВ3, ПВ1*

Площадь поперечного сечения провода, мм^2	Число проводов, шт.	Внешний диаметр трубы, мм
1,5	2/3/4/5	16/16/20/20
2,5	2/3/4/5	16/16/20/25
4	2/3/4/5	20/20/25/25
6	2/3/4/5	20/25/32/32
10	2/3/4/5	25/32/32/40
16	2/3/4/5	32/32/40/40
25	2/3/4/5	32/40/50/50
35	2/3/4/5	40/50/50/63
50	2/3/4/5	50/50/63/63
70	2/3/4	50/63/63
95	2/3	63/63
120	2	63
150	2	63

Для крепления электротехнических труб к стенам, потолкам, балкам и другим поверхностям при прокладке электропроводки применяют специальный крепеж (клипсы). При прямом соединении труб используют муфты.

При прокладке гофрированных кабель-каналов не рекомендуется протягивать несколько сетей в одной трубе. Следует избегать соприкосновения труб с острыми углами. В случае необходимости укладки гофрированного кабель-канала в бетон, гофра фиксируется до заливки раствора, а протяжка производится после окончательного формирования стены. Увеличить отрезок гофрированной трубы позволяют специальные транзитные коробки, устанавливаемые на углах или по центру канала.

3.6. Монтаж на DIN-рейке

Название «DIN-рейка« пришло в Россию из Германии, аббревиатура «DIN» расшифровывается, как Deutsches Institut fur Normung (Институт стандартизации Германии). DIN-рейка предназначена для крепления различного электротехнического оборудования стандарта DIN: электроавтоматов, УЗО, дифференциальных автоматов, контакторов, нулевых шин, коммутационных клемм, розеток, звонков и т. п.

Хорошими механическими свойствами обладают DIN-рейки марки NEVSKI PLASTEX. Имеется несколько их типоразмеров, которые идеально подходят для решения любых проблем по установке и фиксации оборудования, а также перфорированных коробов в электрическом щите. Рейки обладают высокой прочностью и антикоррозионной стойкостью. Материал DIN-рейки — оцинкованная сталь, толщина — 0,9, 1,5 и 2,3 мм.

Серия F имеет отверстия на базе (18×6,3 мм, посадочный размер — 25 мм), предназначенные для фиксации перфорированных коробов и специальных суппортов.

DIN-рейки со сплошным дном снабжены непрерывной линией по центру основания, что облегчает сверление отверстий. Длина DIN-рейки составляет от 70 до 2000 мм, отверстия следуют с определенным шагом. Для резки DIN-реек существуют специальные гильотины. Выпускают DIN-рейки в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60715-2003 (рис. 3.13).

Рис. 3.13. DIN-рейка: низкая (7,5×35 мм) перфорированная (*а*), без перфорации (*б*), типоразмеры (*в*)

DIN-рейку обычно прикручивают винтами к кронштейну, закрепленному саморезами на стене (рис. 3.14).

Рис. 3.14. Крепление DIN-рейки

Электротехническое оборудование, предназначенное для крепления на DIN-рейке, имеет специальный паз, в который вставляется рейка (рис. 3.15).

а *б*

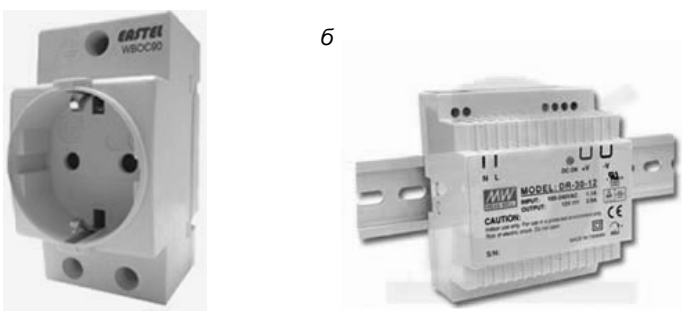


Рис. 3.15. Розетка на DIN-рейку WBOC90 (*а*)
и крепление электротехнического оборудования на DIN-рейке (*б*)

DIN-рейки иногда комплектуются следующими аксессуарами:

- кронштейном;
- клипсами;
- гильотиной для резки.

Монтаж и фиксацию оборудования на DIN-рейке осуществляют специальными наборными прижимами (рис. 3.16).

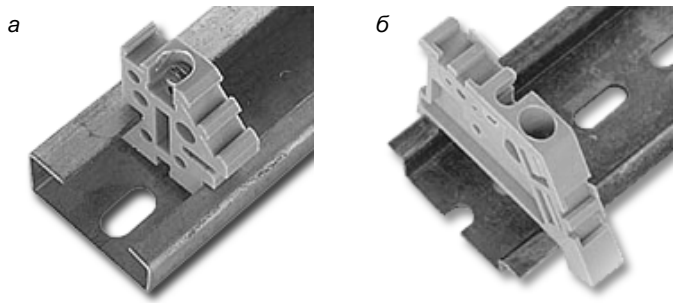


Рис. 3.16. Монтажные DIN-рейки и прижимы: *а* — рейка типа Р3-1 с прижимом КП, *б* — DIN-рейка с прижимом КП-35

Следует помнить, что длина DIN-рейки зависит от количества электротехнического оборудования, устанавливаемого на ней.

3.7. Подключение люстры

Непосредственная подвеска любых светильников на проводах запрещается.

3.7.1. Общие правила

В настоящее время в потолке обязательно предусмотрено специальное отверстие, из которого выходят провода для подключения.

В это же отверстие обычно вмонтирован крюк, но иногда его нет. Крюк следует обязательно изолировать от люстры (светильника) при помощи поливинилхлоридной трубки. Это необходимо

для предотвращения появления потенциала в металлической арматуре бетонных плит или стальных труб при нарушении изоляции в люстре (светильнике).

Для подключения люстры потребуется индикаторная отвертка. Перед монтажом ее работоспособность нужно проверить. Для этого вставляем жало индикаторной отвертки в отверстие розетки, в которой есть электричество, и держим палец на металлической пластине, расположенной на рукоятке отвертки. Если лампочка в индикаторной отвертке засветилась, то индикаторная отвертка исправна.

Перед началом монтажа люстры отключаем квартирную электросеть, выкручиваем пробки или выключаем автоматы на квартирном щитке. Для верности проверяем индикаторной отверткой отсутствие напряжения на каждом из проводов для подключения. Если индикаторная отвертка не светится, значит, напряжения нет и можно начинать монтаж изделия.

3.7.2. Особенности подключения люстр

В зависимости от конструкции, люстры к подводящим проводам могут быть подключены с помощью:

- экспресс-клемм;
- клеммной колодки;
- самозажимных клемм, имеющихся в люстре;
- скрутки, если все провода медные.

Лампу накаливания подключают к фазному и нулевому проводам электропроводки, при этом выключатель должен находиться в разрыве фазового провода. В противном случае, когда возникнет необходимость, с лампы нельзя будет убрать напряжение. В патроне лампы фазный провод подключается к верхнему контакту, а нулевой провод — к контакту, соединенному с боковой резьбой (рис. 3.17).

Рис. 3.17. Подключение патрона электролампы

В зависимости от числа ламп и схемы их соединения люстры могут включаться одноклавишным (рис. 3.18) или двухклавишным выключателем (рис. 3.19).

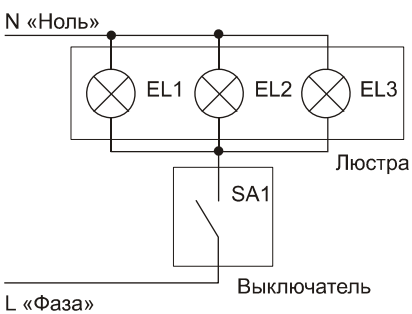


Рис. 3.18. Схема включения люстры с тремя лампами одноклавишным выключателем

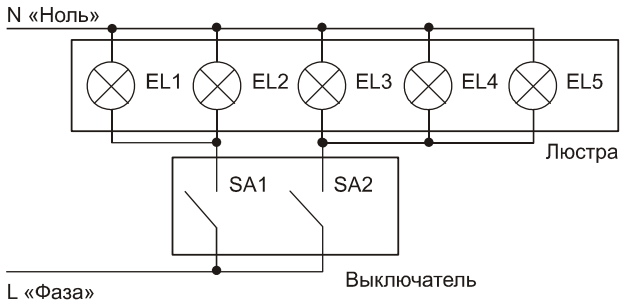


Рис. 3.19. Схема включения люстры с двумя группами ламп двухклавишным выключателем

Если в комнате в потолке для подключения люстры выведены два провода, то приобретают люстру с включением одноклавишным, а если выведено три провода — двухклавишным выключателем.

3.7.3. Технология монтажа люстры

Если на потолке находятся три конца провода и выключатель двойной, то один из них нулевой и два фазовых после выключателя. Если два конца и выключатель одинарный, то тогда после выключателя один нулевой и один фазовый провод (рис. 3.20). Фазовые провода идут на выключатель, а нулевой сразу идет в распаечную коробку.

Примерный порядок монтажа люстры.

1. Снимаем с трех потолочных концов изоляцию на длину 10 мм, затем разводим их в сторону друг от друга, так чтобы они не замыкались.
2. Подаем напряжение. Включаем выключатель, который относится к данному светильнику. Осторожно, индикаторной отверткой касаемся по очереди каждого из оголенных концов проводов и определяем фазовый и нулевой. Если индикатор загорелся, то этот провод фазовый, а если индикатор не горит — нулевой. Запоминаем нулевой провод, а после отключения электричества помечаем его кусочком изоляции.

3. Если из люстры выходят три провода, то нужно найти среди них «нуль». Провода могут быть разного или одинакового цвета. Нулевой провод бывает черного, белого или голубого цвета. Его подключают к нулевому проводу в распределительной коробке. Если же провода одинакового цвета, то найти нулевой провод можно с помощью мультиметра, включив его на измерение сопротивления. Один щуп подключают к контакту, соединенному с резьбой патрона люстры, а другой щуп поочередно подсоединяют к выходным проводам люстры. Если стрелка прибора отклонилась, то тот провод и будет нулевым. Вместо мультиметра можно использовать простейший пробник, батарейку и лампочку от карманного фонарика.
4. Существует еще метод определения нулевого провода люстры без приборов, однако им нужно пользоваться осторожно. В этом случае по очереди включаем в розетку два любых провода люстры, не дотрагиваясь при этом 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. При этом один провод всегда подключен к розетке. При подключении к свободному отверстию розетки по очереди, сначала загорается один ряд ламп, а потом другой ряд ламп. Тот провод, который не вынимался из розетки, и будет нулевым.
5. Вешаем люстру на крюк в потолке.
6. Соединяем нулевой провод люстры с нулевым проводом на потолке. Два фазных провода с любым из двух на потолке. Соединяем провода скруткой или с помощью клеммных колодок, самозажимных клемм (установленных на самой люстре) и контактных пружинных зажимов, например, типа WAGO.
7. Поднимаем декоративный колпак люстры и закрываем им соединения проводов.
8. Включаем электричество в комнате и проверяем работу люстры. Если клавиши выключателя включают не тот по-

рядок загорания большого или малого света, то чтобы изменить порядок включения, нужно просто поменять местами фазные концы на люстре или на выключателе, *отключив при этом электричество*.

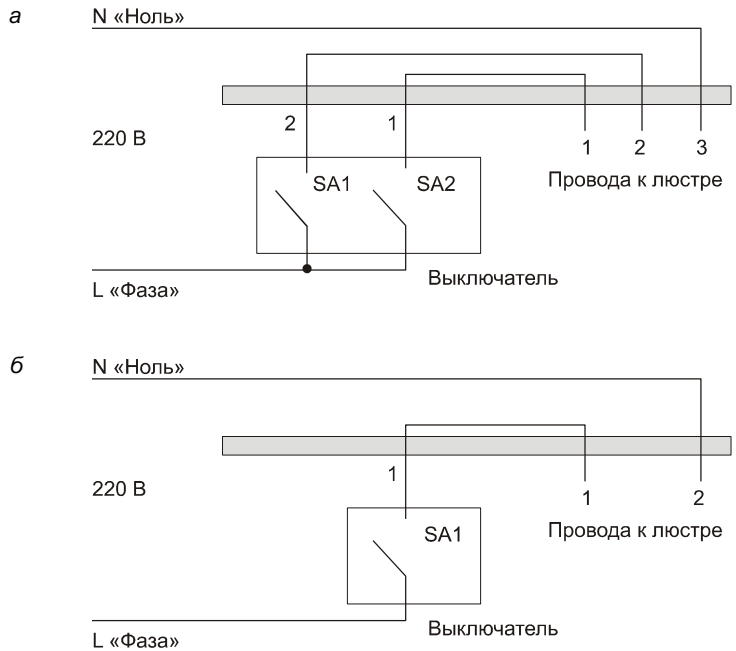


Рис. 3.20. Схемы подводящих потолочных проводов: для люстры с двойным (*а*) и одинарным (*б*) выключателем

Примечание. В некоторых конструкциях люстр иногда бывает четвертый провод — желто-зеленого цвета, для заземления. Если такой же провод заземления выходит из отверстия в потолке, то соединяем их вместе.

Еще раз напомним, что нельзя скручивать медный и алюминиевый провода, т. к. со временем такой контакт разрушается. Если контакты начнут подгорать, то возможен пожар. Поэтому для осветительных приборов идеально подходят клеммники или экспресс-клеммы упоминавшейся немецкой фирмы «WAGO», которые не требуют при подключении инструмента.

3.7.4. Подключение с помощью экспресс-клемм

Для подключения люстр выпускают специальные экспресс-клеммы «WAGO» серии 224 (рис. 3.21). Особенностью этих клемм является то, что потолочные одножильные провода как обычно вставляют в круглое отверстие экспресс-клеммы, а многожильные концы проводов люстры — в соответствующее прямоугольное отверстие клеммы после нажатия клавиши, связанной с ним [9].

Экспресс-клеммы «WAGO» серии 224 для люстр или бра позволяют быстро подключать осветительные приборы, гарантируют надежность контакта, исключая возможность короткого замыкания.

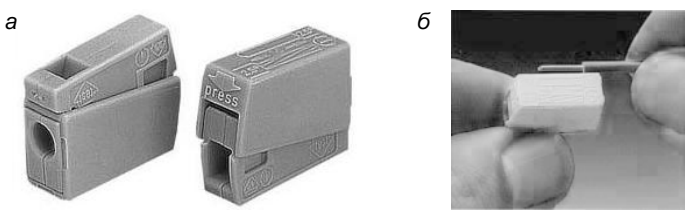


Рис. 3.21. Экспресс-клемма для подключения люстры (*а*) и провод, подготовленный для вставки в клемму (*б*)

Приведем характеристики клемм серии 224.

- Сечение подключаемых одножильных проводников с монтажной стороны — 1,0–2,5 мм^2 (для медных проводников); 2,5 мм^2 (для алюминиевых).
- Сечение подключаемых медных одножильных и многожильных луженых опрессованных проводников со стороны люстры/бра — 0,5–2,5 мм^2.
- Номинальное напряжение — 400 В.
- Номинальный ток — 24 А (для медных проводников), 16 А (для алюминиевых).
- Число подключаемых входных проводников — один (серия 224-111); два (серии 224-122 и 224-201).

Экспресс-клеммы «WAGO» серии 224 имеют плоскопружинный зажим для одножильных медных или алюминиевых проводников с монтажной стороны (потолок или стена) и зажим CAGE CLAMP для подключения многожильных, в том числе луженых или опрессованных медных проводников от осветительного прибора. С монтажной стороны клеммы наполнены контактной пастой «Алю-Плюс», которая при подключении алюминиевого проводника автоматически снимает с него окисную пленку и защищает от окисления. Алюминиевые проводники с признаками сильного окисления (определяется визуально по темной окраске) следует перед подсоединением очищать механически.

Инструменты, необходимые для подключения люстры с помощью экспресс-клемм: фонарик, индикаторная отвертка, кусачки, изолента, ножницы, щипцы для снятия изоляции с провода (рис. 3.22).

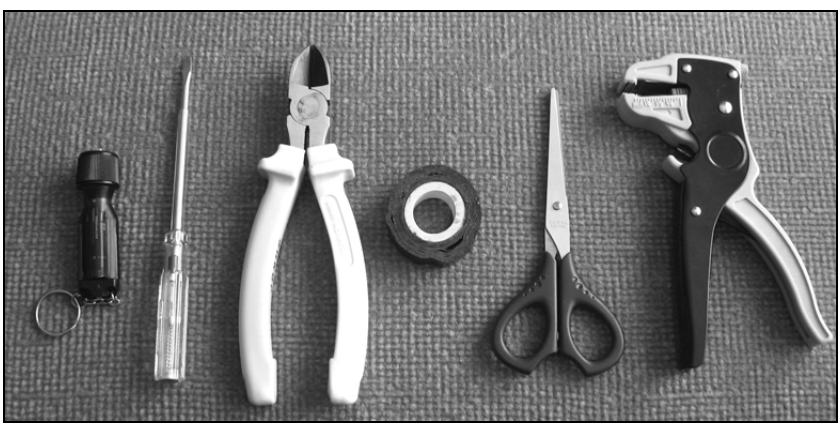


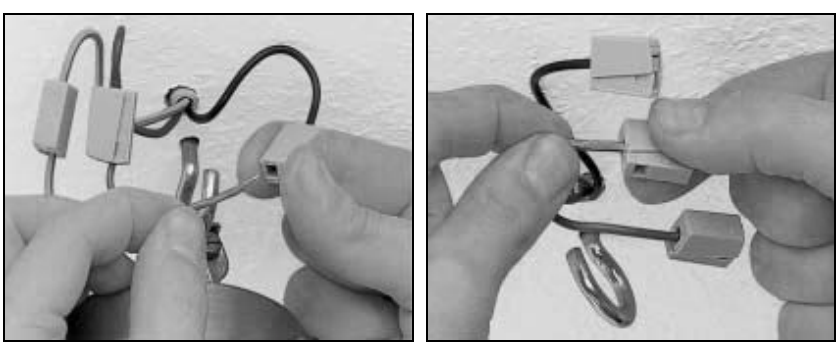
Рис. 3.22. Инструменты, необходимые для подключения люстры с помощью экспресс-клемм

Рассмотрим методику подключения проводов люстры с помощью экспресс-клемм.

1. Снять изоляцию с проводников на 9–11 мм. Правильную зачистку изоляции производят по мерке, имеющейся на клемме. Зачищенный участок с монтажной стороны не должен иметь сильных изгибов.
2. Ввести зачищенный жесткий проводник от потолка (стены) в круглое отверстие до упора.
3. Нажать клавишу клеммы со стороны прямоугольного отверстия до упора и ввести зачищенный проводник от люстры (бра).
4. При необходимости проверки наличия напряжения в местах подсоединения, щупы прибора вставляют в щелевые отверстия на тыльной стороне корпуса клеммы.

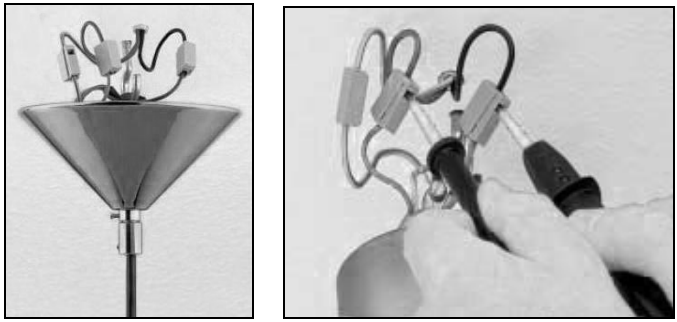
Чтобы отсоединить люстру (бра), следует сжать клемму со стороны прямоугольного отверстия и вынуть проводник из клеммы (рис. 3.23, *а*). Если возникает необходимость отсоединить клемму, то вытягивают проводник, одновременно слегка вращая его (рис. 3.23, *б*).

На рис. 3.24 показан общий вид люстры, подсоединенной к сети с использованием экспресс-клемм «WAGO» серии 224, и проверка напряжения сети пробником с присоединением щупов к контактам клеммы через щелевое отверстие на тыльной стороне ее корпуса.



а *б*

Рис. 3.23. Отсоединение от экспресс-клеммы: провода люстры (*а*) и потолочного проводника (*б*)



а *б*

Рис. 3.24. Подсоединение к сети люстры с помощью экспресс-клемм «WAGO» серии 224 (*а*) и проверка напряжения сети (*б*)

3.7.5. Подключение с помощью клеммной колодки

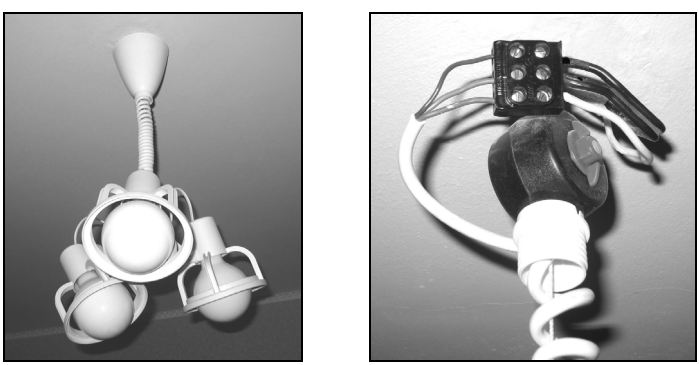
С помощью клеммной колодки люстру подключают тогда, когда подводящие потолочные провода алюминиевые, а провода люстры — медные. При выборе соответствующей клеммной колодки для подключения светильников и люстр рекомендуем обратить внимание на светотехнические колодки типа СОВ (см. рис. 2.54), в которых концы проводов со снятой изоляцией зажимаются между двумя пластинами. В нашем случае важно, что эти контактные зажимы обеспечивают присоединение проводов без специальной подготовки, т. е. не требуется облуживание или оконцевание. Колодки типа СОВ пригодны для соединения как одно-, так и многопроволочных проводов, которые не повреждаются при зажатии.

При подключении люстры с помощью клеммной колодки типа СОВ понадобится немного инструментов: индикаторная отвертка, щипцы для снятия изоляции с провода и отвертки (рис. 3.25). Кусачки не указаны, т. к. перекусить провод можно и щипцами для снятия изоляции с провода, у большинства таких устройств есть ножницы.

Рис. 3.25. Инструменты, необходимые для подключения люстры с помощью клеммной колодки типа СОВ

На рис. 3.26 показана люстра, подсоединенная к потолочным проводам с помощью клеммной колодки типа СОВ-2,5-006-03.

Если по каким-то причинам колодка типа СОВ не подходит для подключения светильника (например, из-за ее габаритов), то придется воспользоваться клеммными колодками с винтовым зажимом (см. рис. 2.52, *а*), имеющими меньшие размеры, по сравнению с СОВ.



а *б*

Рис. 3.26. Люстра (*а*), подсоединенная к сети с использованием клеммной колодки типа СОВ-2,5-006-03 (*б*)

В таких колодках не рекомендуется зажимать многопроволочные провода, которые в большинстве случаев имеются у люстр для их подключения. Дело в том, что при зажиме винтом, его конец перерезает тонкие проволочки провода. Соединение становится ненадежным и начинает греться, что приводит к нарушению контакта. В настоящее время для решения этой проблемы концы медных многопроволочных проводов опрессовывают втулочными наконечниками с пластмассовыми манжетами [10]. В продаже имеются наконечники штыревые втулочные изолированные (НШвИ) (рис. 3.27).

Одинарные и двойные втулочные наконечники НШвИ, единственные специально разработанные под опрессовку, полностью заменяют обязательный процесс облуживания многопроволочных медных проводов (типа ПВ-3, ПВС и т. п.) при монтаже различного электрооборудования.

Рис. 3.27. Наконечники штыревые втулочные изолированные (НШвИ)

Примечание. Раньше рекомендовалось облуживать концы многожильных проводов.

Втулочные наконечники состоят из медной луженой трубки, один конец которой развальцован для облегчения ввода многожильного провода, и полиамидной изолирующей манжеты. Мон-

таж втулочного наконечника занимает несколько секунд, главное при этом — не скручивать жилы и подобрать наконечник точно по площади сечения провода (см. *приложение 3.1*). При выборе втулочных наконечников с пластмассовыми манжетами следует обратить внимание на то, что они имеют цветовую маркировку, которая связана с сечением наконечника.

Порядок опрессовки многопроволочных медных проводов.

1. Кусачками аккуратно откусить конец провода.
2. Щипцами для снятия изоляции с провода удалить изоляцию на длину металлической гильзы наконечника.
3. Тщательно распрямить проволочки и уложить их параллельно друг другу.
4. Надеть втулочный наконечник на конец подготовленного провода так, чтобы конец высовывался из гильзы на 0,5–1 мм, а манжета закрывала край изоляции провода.
5. Обжать наконечник щипцами для обжима контактных клемм.

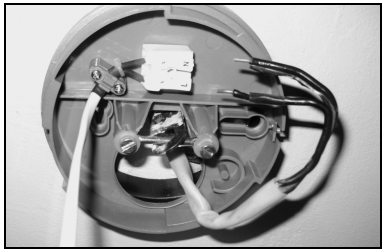
После опрессовки концов проводов люстры наконечники вставляют в отверстия клеммной колодки и зажимают винтами. Теперь уже можно подсоединить клеммную колодку с люстрой к потолочным проводам, зажав на колодке соответствующие винты отверткой.

3.7.6. Подключение с помощью самозажимных клемм

В последнее время в конструкциях люстр устанавливают самозажимные клеммы, что достаточно удобно. На клавишах этих клемм стоят обозначения: фаза (*L*) и ноль (*N*). Для подключения люстры с самозажимными клеммами потребуются те же инструменты, что и при подключении люстр с помощью экспресс-клемм (см. рис. 3.27).

Подключение люстр с самозажимными клеммами выполняют так, как показано на рис. 3.28.

а



б

в

Рис. 3.28. Подсоединение к сети люстры с использованием самозажимных клемм: общий вид (*а*), концы проводов со снятой изоляцией (*б*), подключенные потолочные провода (*в*)

Вначале отключаем квартирную электросеть и только после этого начинаем вешать саму люстру. С помощью индикаторной отвертки определяем фазовый и нулевой подводящие провода. Фазовый провод отмечаем кусочком изоленты.

Снимаем с потолочных концов проводов изоляцию на длину 10 мм и разводим концы в стороны на расстояние, равное расстоянию между отверстиями на колодке подключения. Нажимаем на клавиши клемм и вставляем в их отверстия концы потолочных проводов. Фазовый провод, помеченный изолентой, вставляем в отверстие, отмеченное на клавише буквой «*L*», а нулевой провод (непомеченный) вставляем в отверстие с надписью на клавише «*N*». Отпускаем клавиши клемм. Все, люстра подсоединена к сети (рис. 3.28, *а*). Включаем квартирную электросеть (вкручиваем пробки или включаем автоматы на квартирном щитке). Щелкаем выключателем, люстра должна загореться, если в ней есть лампочки.

3.8. Проверка и испытание изоляции электросети

После монтажа электропроводки и электроустановочных изделий окончательно проверяют работу светильников, люстр, штепсельных розеток, контролируют исправность групповых потребителей. Проводят замеры и составляют акты на испытание автоматов, скрытые работы. Измеряют сопротивление изоляции проводов и электрооборудования, сопротивление повторного заземления нулевого провода и сопротивление петли «фаза — нуль».

Для предотвращения короткого замыкания в электрических цепях необходим постоянный контроль за техническим состоянием изоляции проводов. Для этих целей обычно пользуются специальным прибором. В качестве примера рассмотрим тестер электрических установок Fluke 1651 (США), который можно купить у дилера этой компании в России — ООО «Электронприбор» (г. Москва, Наукоград Фрязино, **http://www.electronpribor.ru/**) (рис. 3.29).

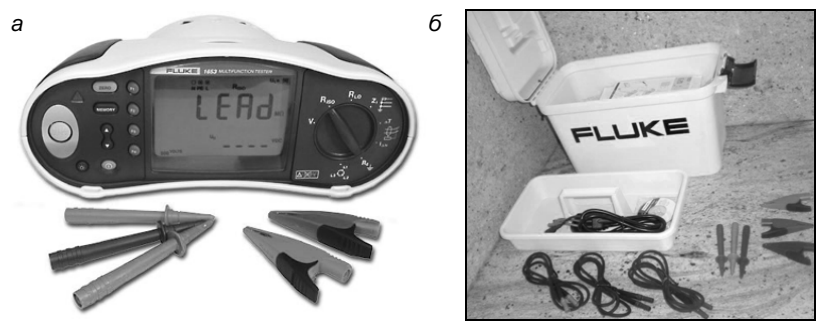


Рис. 3.29. Тестер электрических установок Fluke 1651 (*а*) и его комплектация (*б*)

Тестеры Fluke серии 1650 (табл. 3.2) проверяют безопасность электрических установок в жилых, коммерческих и промышленных зданиях. Они позволяют измерять сетевое напряжение и частоту, сопротивление изоляции, время и ток срабатывания УЗО, силу тока КЗ «Фаза — Земля» и «Фаза —

Нейтраль», сопротивление заземления [11]. Используя тестеры, можно убедиться в безопасности и правильной установке стационарной электропроводки и защитных устройств в соответствии с требованиями IEC 60364, HD 384 и соответствующих российских стандартов. Номер изделия в госреестре РФ — 28262-04, цена — 30 100 руб. Уникальный эргономичный дизайн, легкий вес и универсальный ремень для освобождения рук превращают работу с многофункциональными тестерами Fluke 1650 в удовольствие. Простые органы управления и большой дисплей с широким углом обзора делают тестеры серии 1650 более удобными и безопасными в работе.

Таблица 3.2. *Модельный ряд тестеров Fluke серии 1650*

Модель	Fluke 1651	Fluke 1652	Fluke 1653
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ			
Напряжение и частота	+	+	+
Проверка правильности подключения (полярности)	+	+	+
Сопротивление изоляции	+	+	+
Тестовое напряжение при измерении сопротивления изоляции	500, 1000 В	250, 500, 1000 В	50, 100, 250, 500, 1000 В
«Прозвонка» цепи и измерение сопротивления	+	+	+
Измерение сопротивления линии и контура заземления	+	+	+
Измерение тока короткого замыкания фазы на землю (PFC) и фазы на нейтраль (PSC)	+	+	+
Измерение времени срабатывания	+	+	+
Измерение тока срабатывания (линейно нарастающим воздействием)	–	+	+
Автоматическое тестирование УЗО	–	+	+
Тестирование чувствительности УЗО к постоянному току	–	+	+

Таблица 3.2 (окончание)

Модель	Fluke 1651	Fluke 1652	Fluke 1653
Измерение сопротивления заземления	–	–	+
Индикатор чередования фаз	–	–	+
ПРОЧИЕ ВОЗМОЖНОСТИ			
Самодиагностика	+	+	+
Подсветка дисплея	+	+	+
ПАМЯТЬ, ИНТЕРФЕЙС			
Память	–	–	+
Подключение к компьютеру	–	–	+
Реальное время и дата (при работе с ПО FlukeView™)	–	–	+
Программное обеспечение	–	–	+
АКСЕССУАРЫ в комплекте			
Прочный кейс	+	+	+
Щуп с дистанционным управлением запуска тестирования	+	+	+

Не забывайте, что при проверке испытателем цепей сопротивления изоляции электропроводки в квартире или на даче необходимо сначала обесточить всю электросеть. Для этого следует на квартирном щитке вывернуть все пробки или выключить все автоматические выключатели на фазовом и нулевом проводах.

3.9. Обнаружение наличия и места обрыва в проводке

Быстро отыскать скрытый электрический провод в стене дома, обрыв провода в жгуте или кабеле, определить перегоревшую лампочку в электрической гирлянде без специального прибора весьма затруднительно.

Для отыскания электрического провода в стене промышленность выпускает так называемые детекторы скрытой проводки, которые бывают встроены в уровни. Примером может служить недорогой (490 руб.) лазерный уровень со встроенным детектором скрытой проводки производства ООО «Маяк ТМ» (г. Москва, **http://mayak-tm.ru/index.html**, e-mail: **nv@mayak-tm.ru**) (рис. 3.30).

В корпусе уровня установлен электронный модуль для поиска электропроводки или места обрыва провода в кабеле. Принцип, заложенный в конструкцию прибора, заключается в обнаружении переменного электрического поля, излучаемого проводом, подключенным к электросети 220/380 В.

Прибор можно использовать при проведении ремонтных работ, размещении и креплении книжных полок, картин и других домашних предметов, когда необходимо точно знать расположение скрытой в стенах электропроводки.

Рис. 3.30. Лазерный уровень со встроенным детектором скрытой проводки производства ООО «Маяк ТМ»

Применение прибора позволяет избежать повреждения проводов и предупредить возможное поражение электрическим током.

Технические характеристики лазерного уровня со встроенным детектором скрытой проводки производства ООО «Маяк ТМ»:

- мощность лазерного излучения — 1 мВт;
- рабочее расстояние — до 30 м;
- диаметр луча — 6 мм;
- высота центра луча — 23 мм;
- точность задания горизонтали — 1 мм/м;
- глубина обнаружения электропроводки — не менее 5 см;
- вес — 190 г;
- габаритные размеры — 203×61×22 мм;
- питание — пальчиковые элементы типа АА (3×1,5 В);
- подсветка индикатора уровня.

Для обнаружения скрытой электропроводки нужно включить прибор и передней частью поднести к месту предполагаемой закладки. При наличии проводки, подключенной к электросети, загорится индикатор «Сеть». Индикатор светится в пределах некоторого расстояния по обе стороны от места уложенной проводки. Прибор обладает высокой чувствительностью и в некоторых случаях, для более точного определения местоположения проводки, ее нужно уменьшить, передвигая руку, удерживающую прибор, от задней части к передней, а также увеличивая расстояние между прибором и проводкой.

Светодиодный индикатор имеет узконаправленный выход световой энергии, поэтому при поиске проводки прибор нужно расположить так, чтобы индикатор по отношению к глазу не находился под острым углом. Прибор не обнаруживает электропроводку, заключенную в заземленный металлический кожух, т. к. экранируется излучение фазного провода. Незаземленные электроприборы, подключенные к сети, могут повлиять на работу прибора, если они находятся вблизи с местом измерения или непосредственно за стеной. На время поиска их следует отключить от электросети.

В современных квартирах электропроводка, подводимая к розеткам и потолочным светильникам, как правило, находится в металлических трубах, размещенных в потолочных перекрытиях. А для ремонта или иных работ достаточно уточнить местоположение проводки от выключателей, находящейся в стенах квартиры. Определение местоположение проводки, подводимой к выключателям, нужно провести в режимах: включено и выключено.

Обнаружение места обрыва в кабеле строится на том же принципе, что и поиск скрытой электропроводки. Поврежденный провод, подключенный к фазе электросети 220/380 В, до места его обрыва является излучающей антенной. При поиске поврежденного провода необходимо поочередно подключить к фазе электросети все провода кабеля.

Повысить вероятность обнаружения места обрыва можно, если соединить все исправные проводники с общим проводом уси-

лителя низкой частоты, а к оборванному проводу подключить специальный генератор, сигнал которого будет четко идентифицировать прибор, подобный описанному. Комплект миниатюрного искателя скрытой проводки, состоящий из приемника-искателя и генератора, выпускает фирма «Связьприбор» (г. Тверь, **http://www.svpribor.ru/**) под названием ЛИС (искатель скрытой проводки) стоимостью 7890 руб. (рис. 3.31).

ЛИС может отыскать провода в потолках, стенах и полах (в том числе теплых) и обрыв провода; нелегальные обводы счетчиков, выключатели и предохранители; кабель и трубы на глубине до 1,5 м. Он не боится напряжения 220 В. Предусмотрена встроенная подсветка для работы в темных местах.

Рис. 3.31. Искатель скрытой проводки ЛИС фирмы «Связьприбор»

Место обрыва проводов с помощью ЛИСа ищут так, как показано на рис. 3.32. Подключают выводы генератора: вывод *1* к жиле искомого кабеля, вывод *2* — к заземлению. Включают генератор на минимальную мощность. При большом удалении от места подключения мощность генератора следует увеличить. Для обнаружения обрыва жил кабеля необходимо заземлить все жилы, кроме подключенной к генератору, а также все жилы на дальнем конце кабеля. Далее, приемником-искателем проходят вдоль кабеля и по минимуму сигнала определяют место обрыва.

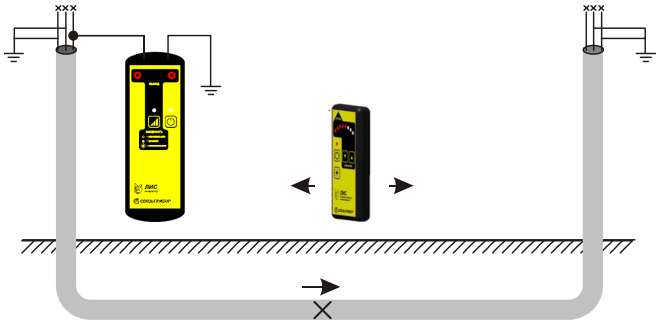


Рис. 3.32. Поиск места обрыва проводов

По такой же методике можно определить глубину залегания кабеля. Подключают генератор, как описано ранее. Располагают приемник-искатель на поверхности стены или земли при максимуме сигнала. Устанавливают усиление так, чтобы показания были в пределах шкалы светодиодного индикатора. Отводя приемник-искатель от стены (земли), добиваются в 2 раза меньших показаний. В этом случае расстояние от прибора до стены (земли) соответствует глубине залегания провода (кабеля) *h* (рис. 3.33).

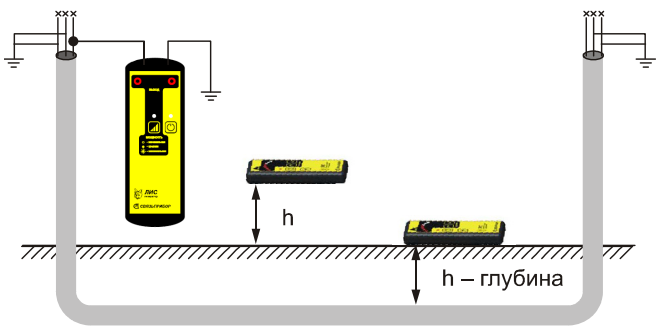


Рис. 3.33. Определение глубины залегания кабеля

3.10. Неисправности электропроводки

Типичные неисправности как скрытой, так и открытой электропроводки:

- короткое замыкание между фазовым и нулевым проводами;
- замыкание фазового провода на «землю»;
- плохие контакты в соединениях;
- обрыв проводов.

Обычно короткое замыкание происходит в момент подключения какого-либо электрического прибора к сети, что свидетельствует о неисправности этого прибора.

Наиболее распространенная причина, по которой может произойти короткое замыкание в квартире или доме, — нарушение изоляции в местах перегиба провода. Так бывает, например, у входа провода в штепсельную вилку, патрон, настольную лампу, утюг и т. п. Происходит перекручивание и сгибание проводов под острым углом, повреждение их изоляции при побелке, закорачивание металлическими предметами штепсельных гнезд, внутренних частей электрических патронов и т. п. Короткое замыкание может произойти из-за повреждения скрытой проводки в результате непродуманных действий при забивании гвоздей и пробивании отверстий в стене.

Еще одна причина коротких замыканий — перегрев и, как следствие, разрушение изоляции из-за пользования электроприборами, потребляющими большой ток, при плохом состоянии электропроводки.

В результате короткого замыкания может выйти из строя счетчик электроэнергии или возникнуть пожар. Вредные последствия короткого замыкания предотвращают электрические предохранители, которые отключают участок цепи, где произошло короткое замыкание, от сети, размыкая цепь при возрастании тока до опасной величины. При этом, как упоминалось в *главе 2*, в плавких предохранителях (так называемых пробках) от сильно-

го тока расплавляется тонкая проволочная вставка, а в автоматических предохранителях срабатывает выключатель.

Во избежание короткого замыкания необходимо тщательно следить за исправностью электропроводки и электроприборов. Ни в коем случае нельзя допускать замены перегоревших пробок пучками проволоки («жучками»), т. к. ток, проходя через такой суррогат предохранителя, способен значительно превысить допустимый, в результате чего может загореться изоляция проводов и возникнуть пожар. Сгоревшие плавкие предохранители нужно заменить другими, но только заводского изготовления. Более удобны в использовании автоматические предохранители многократного действия, в которых вместо плавкой вставки имеется реле, срабатывающее при больших токах. Для установки на щитке предохранитель снабжен цоколем и резьбой; включается и выключается он нажатием кнопок.

Ввинтив такую автоматическую пробку, необходимо нажать на включающую кнопку до упора. При автоматическом отключении пробки перед повторным включением следует установить и устранить причину срабатывания предохранителя. Повторное включение допускается спустя 1,5 мин после срабатывания реле. Для отключения предохранителя вручную нужно нажать красную кнопку.

Примечание. Иногда предохранители в виде плавкой вставки (тонкой медной проволоки), зажатой между контактами под крышкой, устанавливаются прямо в штепсельных розетках. Для замены такой вставки нужно предварительно вывернуть пробки на счетчике вашей квартиры или дома и только потом снимать крышку розетки.

Если в результате короткого замыкания загорелись провода, следует немедленно отключить ток — вывернуть пробки из гнезд или отключить автоматический выключатель на квартирном щитке; если доступ к ним затруднен, нужно оборвать провода любым инструментом с изолированной ручкой (топором, молотком) и только после этого тушить пожар обычными средствами. Плохой контакт в выключателях, патронах, розетках и т. п., а

также некачественное соединение проводов являются причиной недостаточного напряжения для питания электроприборов. Это проявляется, например, в пониженной яркости ламп накаливания. Непостоянный контакт в электропроводке приводит к прерывистой работе электроприборов. В таком случае рекомендуется сначала проверить правильность работы самого электроприбора, включив его в заведомо исправную розетку в другом помещении квартиры. Обрывы проводов встречаются крайне редко и при открытой проводке их легко обнаружить.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

П1.1. Цветовая маркировка резисторов

Расшифровка цветовых обозначений номиналов резисторов может быть выполнена с помощью компьютерной программы, а при ее отсутствии можно воспользоваться приведенным далее рис. П1.1, который доходчиво поясняет процесс прочтения номинала резистора.

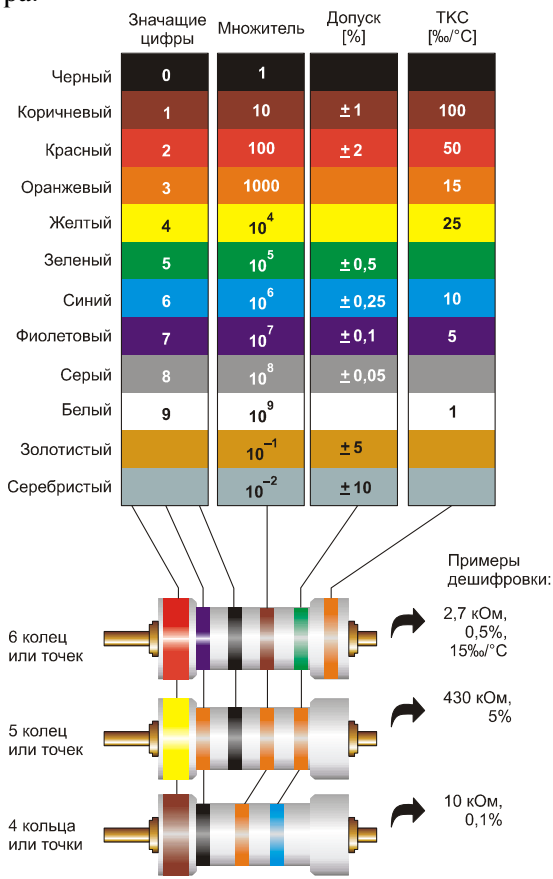


Рис. П1.1. Цветовая маркировка резисторов

П1.2. Условные графические обозначения электротехнических изделий и оборудования

Таблица П1.2.1. *Условные графические обозначения*

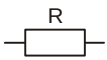
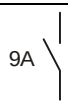
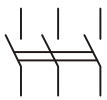
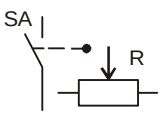
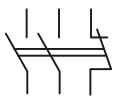
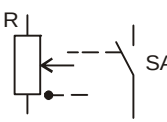
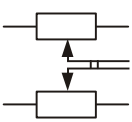
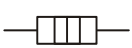
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Резистор постоянный		Выключатель однополюсный	
Резистор переменный с выключателем, изображенный:		Выключатель многополюсный, например, трехполюсный	
совмещенно		Выключатель трехполюсный с двумя замыкающими и одним размыкающим контактами	
разнесенно		Выключатель двухполюсный, замыкающий одну цепь раньше размыкания другой	
Резистор переменный сдвоенный		Выключатель двухполюсный, размыкающий одну цепь позже размыкания другой	
Элемент нагревательный		Выключатель однополюсный с двойным замыканием	
Конденсатор постоянной емкости		Выключатель однополюсный с самовозвратом: замыкающий размыкающий	

Таблица П1.2.1 *(продолжение)*

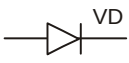
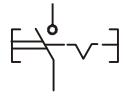
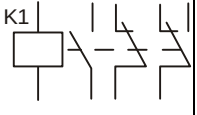
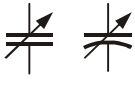
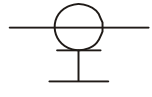
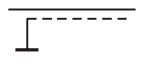
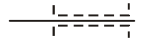
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Конденсатор электролитический:		Выключатель кнопочный нажимной с самовозвратом: с замыкающим контактом	
полярный		с размыкающим контактом	
неполярный		Выключатель кнопочный нажимной без самовозврата:	
Диод, выпрямительный столб		с возвратом, посредством вторичного нажатия кнопки	
Транзистор структуры: *p-n-p*		с возвратом, посредством отдельного привода, например, нажатием специальной кнопки «Сброс»	
n-p-n		Реле электрическое с замыкающим, размыкающим и переключающим контактами	
Конденсатор переменной емкости		Провод коаксиальный, внешний проводник которого соединен с корпусом	
Катушка индуктивности		Провод экранированный, экран соединен с корпусом	
Катушка индуктивности с подстроечным сердечником		Провод экранированный частично	

***Таблица П1.2.1** (продолжение)*

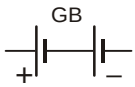
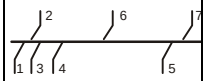
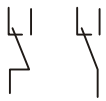
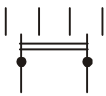
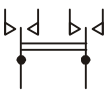
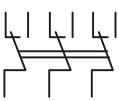
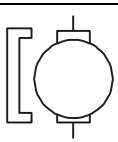
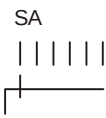
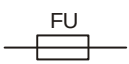
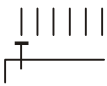
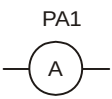
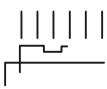
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Батарея		Жгуты проводов	
Электрический звонок		Переключатель однополюсный	
Зуммер		Переключатель двухполюсный 3-позиционный с нейтральным положением	
Лампа электрическая осветительная		Переключатель двухполюсный 3-позиционный с самовозвратом в нейтральном положении	
Лампа неоновая		Переключатель многополюсный (например, трехполюсный)	
Электродвигатель		Переключатель однополюсный многопозиционный (например, 6-позиционный)	
Плавкий предохранитель		Переключатель однополюсный 6-позиционный с безобрывным переключением	
Амперметр		Переключатель однополюсный, многопозиционный с подвижным контактом, замыкающим три цепи, исключая одну промежуточную	

Таблица П1.2.1 *(окончание)*

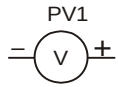
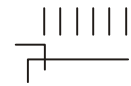
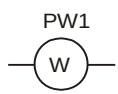
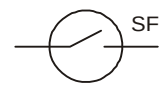
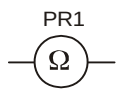
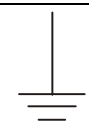
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вольтметр		Переключатель однополюсный, многопозиционный с подвижным контактом, который в каждой последующей позиции подключает параллельную цепь к цепям, замкнутым в предыдущей позиции	
Ваттметр		Герконовое реле, управляемое постоянным магнитом	
Омметр		Заземление	

Таблица П1.2.2. *Квалифицирующие символы контактов*

Функция	Обозначение
Контактор	
Выключатель	
Разъединитель	
Выключатель-разъединитель	
Автоматическое срабатывание	
Путевой или концевой выключатель	
Самовозврат	
Отсутствие самовозврата	
Дугогашение	

Таблица П1.2.3. *Примеры обозначений контактов*

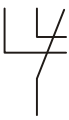
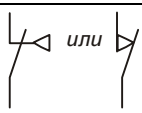
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Контакт коммутационного устройства		Контакт без самовозврата: замыкающий	
переключающий без размыкания цепи (мостовой)		размыкающий	
с двойным замыканием		Контакт с самовозвратом	
с двойным размыканием		замыкающий	
Контакт импульсный замыкающий		размыкающий	
при срабатывании		Контакт переключающий с нейтральным центральным положением, с самовозвратом из левого положения и без возврата из правого положения	
при возврате		Контакт контактора	
при срабатывании и возврате		замыкающий	

Таблица П1.2.3 *(продолжение)*

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Контакт импульсный размыкающий		размыкающий	
при срабатывании		замыкающий дугогасительный	
при возврате		размыкающий дугогасительный	
Контакт выключателя		замыкающий с автоматическим срабатыванием	
Контакт в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы		Контакт в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы	
замыкающий		замыкающий	
размыкающий		размыкающий	

Таблица П1.2.3 *(окончание)*

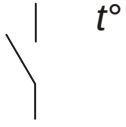
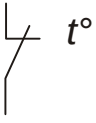
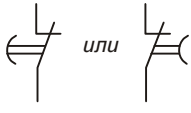
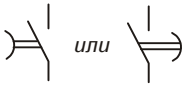
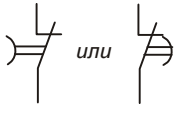
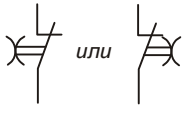
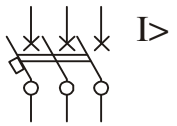
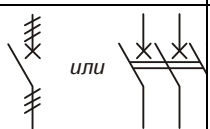
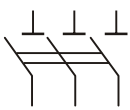
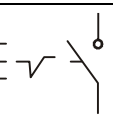
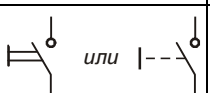
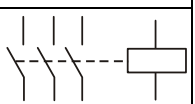
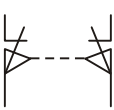
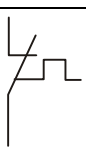
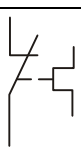
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Контакт разъединителя		Контакт выключателя-разъединителя	
Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт)		Контакт концевого выключателя	
замыкающий		замыкающий	
размыкающий		размыкающий	
Контакт, замыкающий с замедлением, действующим		Контакт, размыкающий с замедлением, действующим	
при срабатывании		при срабатывании	
при возврате		при возврате	
при срабатывании и возврате		при срабатывании и возврате	

Таблица П1.2.4. *Примеры обозначений контактов двухпозиционных коммутационных устройств*

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Контакт замыкающий выключателя		Контакт замыкающий выключателя трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока	
однополюсный		Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и возвратом элемента управления	
трехполюсный		автоматически	
Разъединитель трехполюсный		посредством вытягивания кнопки	
Выключатель ручной		Выключатель электромагнитный	
Выключатель концевой с двумя отдельными цепями		Выключатель инерционный	
Выключатель термический саморегулирующий*		Контакт термореле	

*Следует различать изображение термического контакта и контакта термореле.

Таблица П1.2.5. *Примеры обозначений контактных соединений*

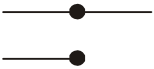
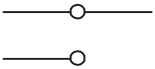
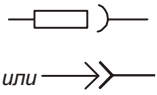
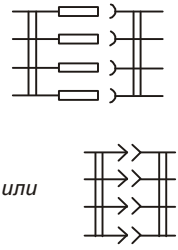
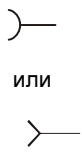
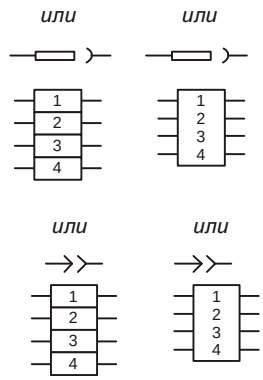
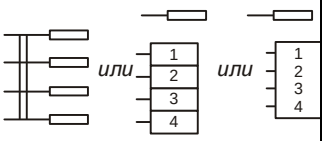
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Контакт неразборного соединения		Контакт разборного соединения	
Контакты разъемного соединения:		Соединение контактное разъемное	
штырь		Соединение контактное разъемное четырехпроводное*	
гнездо			
Контакт скользящий:		Штырь четырехпроводного контактного разъемного соединения*	

Таблица П1.2.5 *(продолжение)*

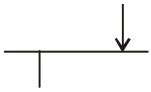
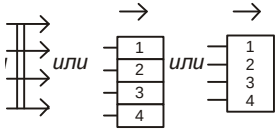
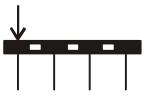
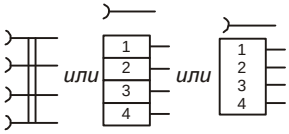
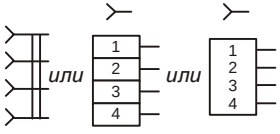
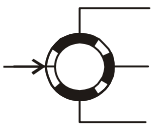
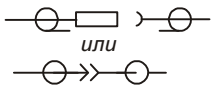
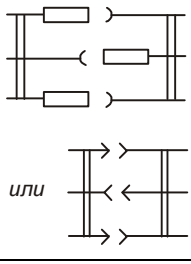
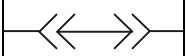
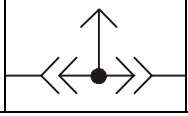
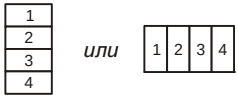
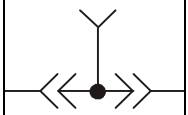
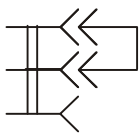
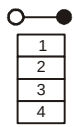
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
по линейной токопроводящей поверхности			
по нескольким линейным токопроводящим поверхностям		Гнездо четырехпроводного контактного разъемного соединения*	
по кольцевой токопроводящей поверхности			
по нескольким кольцевым токопроводящим поверхностям**		Соединение контактное разъемное коаксиальное	
Перемычка коммутационная:		Соединение с защитным контактом	
на размыкание		Перемычки контактные	
с выведенным штырем		Колодка зажимов	

Таблица П1.2.5 *(окончание)*

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
с выведенным гнездом		Колодка с разборными контактами	
на переключение		Колодка с разборными и неразборным и контактами	

*Цифры внутри прямоугольника обозначают номера контактов.

**При выполнении схем с помощью ЭВМ допускается применять штриховку вместо зачернения.

П1.3. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах (ГОСТ 2.710-81)

Буквенные коды элементов приведены в табл. П1.3.1 Позиционные обозначения элементам (устройствам) присваивают в пределах изделия. Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, имеющих одинаковый буквенный код в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз и слева направо.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условным графическим обозначением элементов или устройств с правой стороны или над ними. Цифры и буквы, входящие в позиционное обозначение, выполняются одного размера.

Таблица П1.3.1. *Буквенные коды элементов*

Одно-буквенный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двух-буквенный код
A	Устройства (общее обозначение)	—	—
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот	Сельсин-приемник	BE
		Сельсин-датчик	BC
		Тепловой датчик	BK
		Фотоэлемент	BL
		Датчик давления	BP
		Тахогенератор	BR
		Датчик скорости	BV
C	Конденсаторы	—	—
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная, аналоговая	DA
		Схема интегральная, цифровая, логический элемент	DD
		Устройство задержки	DT
		Устройство хранения информации	DS
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Дискретный элемент защиты по напряжению	FV
		Предохранитель	FU
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Элементы индикаторные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL

Таблица П1.3.1 *(продолжение)*

Однобуквенный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле указательное	KH
		Реле токовое	KA
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле поляризованное	KP
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели	—	—
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотометр	PF
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Счетчик активной энергии	PI
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Измеритель времени, часы	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	QF
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Термистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU

Таблица П1.3.1 *(продолжение)*

Однобуквенный код	Группы видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных **Примечание.** Обозначение применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: от уровня	SL
		от давления	SP
		от положения	SQ
		от частоты вращения	SR
		от температуры	SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Трансформатор напряжения	TV
		Стабилизатор	TS
U	Преобразователи электрических величин в электрические	Преобразователь частоты, инвертор, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Приборы электровакуумные	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
X	Соединения контактные	Токосъемник	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединения разборные	XT
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
		Электромагнитная плита	YH

П1.4. Конденсаторы МБГВ

Технические условия: АДПК.673613.000 ТУ.

Назначение: работа в импульсном режиме.

Конструкция: в стальных прямоугольных корпусах, герметизированных пайкой, с лепестковыми выводами.

Допустимое отклонение емкости:

- 10...30%, ±10% — для $C_{ном}$ = 60, 100, 130, 160 мкФ;
- ±10% — для $C_{ном}$ = 200 мкФ.

Тангенс угла потерь: не более 0,01.

Постоянная времени между выводами: не менее 500 МОм·мкФ.

Сопротивление изоляции между выводами и корпусом: не менее 5000 МОм.

Интервал рабочих температур: от –60 до +60 °С.

Частота следования импульсов:

- для $C_{ном}$ = 60, 100 мкФ — 1 Гц;
- для $C_{ном}$ = 130, 160 мкФ — 3 Гц;
- для $C_{ном}$ = 200 мкФ — 1,5 Гц.

Синусоидальная вибрация: диапазон частот — 1–200 Гц, амплитуда ускорения — 5g.

Механический удар: многократного действия, пиковое ударное ускорение — 15g.

Атмосферное пониженное давление: 1,95 кПа.

Климатическое исполнение: УХЛ 5.1 и В 2.1.

Минимальная наработка: 1 000 000 имп.

Пример обозначения:

конденсатор МБГВ 1000 В — 100 мкФ — ±10% — АДПК.673613.000 ТУ.

Габаритные размеры конденсаторов МБГВ приведены на рис. П1.2 и в табл. П1.4.1.

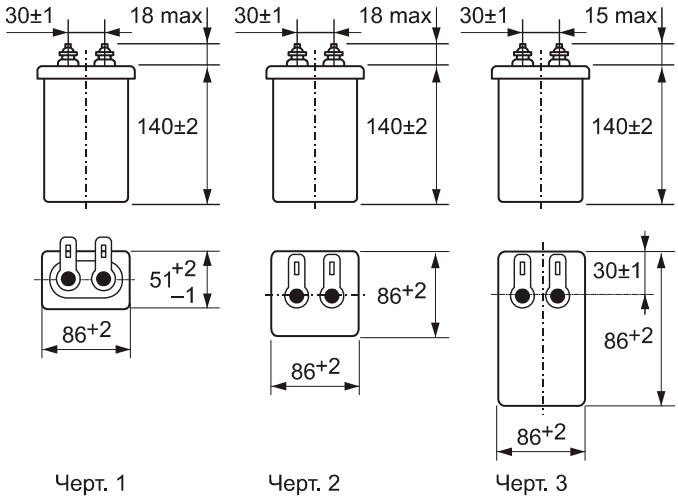


Рис. П1.2. Конденсаторы МБГВ

Таблица П1.4.1. *Конденсаторы МБГВ*

$C_{ном}$, мкФ	$U_{ном}$, В	L, мм	B, мм	H, мм	A, мм	h_{max}, мм	Номер чертежа
130	500	86	86	140	30	18	2
160							2
60	1000		51				1
100			86				2
200			156			15	3

П1.5. Конденсаторы МБГО

Технические условия: ТУ 6281-001-32796130-00.

Назначение: работа в цепях постоянного и пульсирующего токов.

Конструкция: в стальных прямоугольных корпусах, герметизированных пайкой, с лепестковыми выводами.

Допустимое отклонение емкости: ±5, ±10, ±20%.

Тангенс угла потерь: не более 0,015.

Постоянная времени между выводами: 200 МОм·мкФ.

Сопротивление изоляции между выводами и корпусом: 5000 МОм.

Интервал рабочих температур: от –60 до +70 °С.

Климатическое исполнение: УХЛ 5.1.

Минимальная наработка: 10 000 ч.

Пример обозначения:

конденсатор МБГО-1-160 В-20 мкФ ±10% — ТУ 6281-001-32796130-00.

Габаритные размеры конденсаторов МБГО приведены на рис. П1.3 и в табл. П1.5.1.

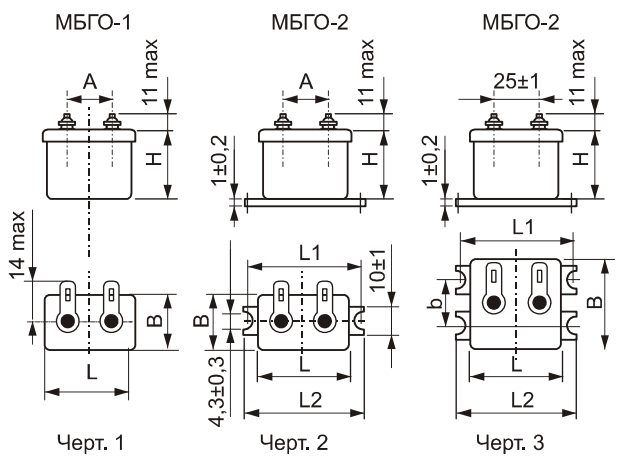


Рис. П1.3. Конденсаторы МБГО

Таблица П1.5.1. *Конденсаторы МБГО*

$C_{ном}$, мкФ	$U_{ном}$, В	*H*, мм	*L*, мм	*B*, мм	*A*, мм	Номер чертежа
20,0	160	50	46	31	25	1, 2
30,0				41		1, 3
10,0	315			21		1, 2
20,0				41		1, 3
30,0				56		
10,0	400			31		1, 2
20,0				61		1, 3
10,0	500			41		
20,0				61		1
1,0	630	25	31	26	13	1, 2
4,0		50	46		25	1, 3
10,0				56		

П1.6. Конденсаторы МБГП

Технические условия: ОЖО.462.144 ТУ.

Назначение: работа в цепях постоянного и пульсирующего токов.

Возможная замена: КБГ, К73-16, К42-19, МБГО, МБГЧ, МБМ и др.

Конструкция: в стальных прямоугольных корпусах, герметизированных пайкой, с лепестковыми выводами.

Номинальная емкость: 0,1–10 мкФ.

Номинальное напряжение: 400, 630, 1000, 1600 В.

Допустимое отклонение емкости: ±5, ±10, ±20%.

Тангенс угла потерь: не более 0,01.

Сопротивление изоляции и постоянная времени между выводами:

- для $C_{ном} \le 0{,}24$ мкФ — 5000 МОм;
- для $C_{ном} > 0{,}24$ мкФ — 1000 МОм·мкФ.

Сопротивление изоляции между выводами и корпусом: 5000 МОм.

Интервал рабочих температур: от –60 до +70 °С.

Синусоидальная вибрация:

- для МБГП-1: диапазон частот — 1–200 Гц; амплитуда ускорения — 10g;
- для МБГП-2, МБГП-3: диапазон частот — 1–80 Гц; амплитуда ускорения — 5g.

Механический удар: одиночного действия, пиковое ударное ускорение 500g, многократного действия, пиковое ударное ускорение 40g.

Атмосферное пониженное давление: $1{,}3 \cdot 10^{-7}$ кПа.

Климатическое исполнение: УХЛ 5.1 и В 2.1.

Минимальная наработка: 10 000 ч.

Пример обозначения: конденсатор МБГП-1-400 В-0,24 мкФ — ±10% — ОЖО.462.144 ТУ.

Габаритные размеры конденсаторов МБГП приведены на рис. П1.4 и в табл. П1.6.1.

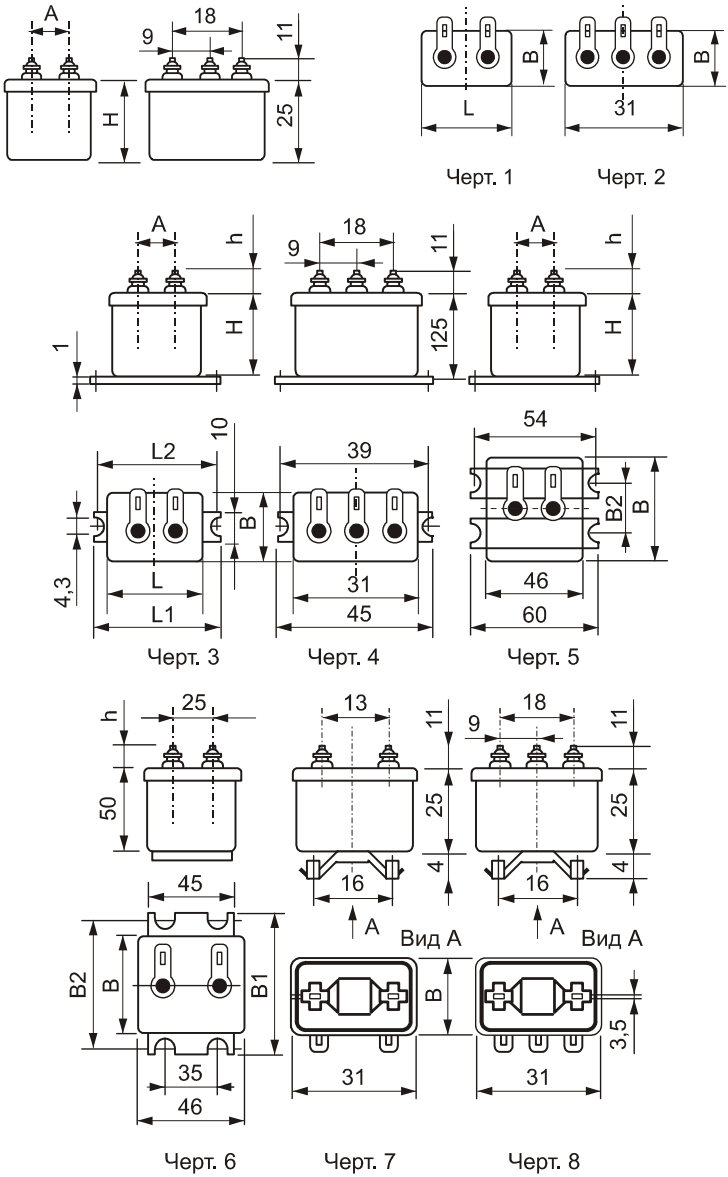


Рис. П1.4. Конденсаторы МБГП

Таблица П1.6.1. *Конденсаторы МБГП*

$C_{ном}$, мкФ	$U_{ном}$, В	*H*, мм	*L*, мм	*B*, мм	*A*, мм	Номер чертежа
2×0,1	400	25	31	11	13	6, 7, 8
0,24	25	31	11	13		1, 2, 4
0,51			16			
1			31			
1	50	46	11	25		1, 2
2			21			1, 2, 5
3,9			31			
10			66			1, 3, 5
0,1	630	25	31	11		1, 2, 4
0,24	25	31	16	13		
0,51			31			
1	50	46	16	25		1, 2
2			31			1, 2, 5
3,9			56			1, 3, 5
10	112	69	47	35		1
0,51	1000	50	46	16		1, 2
1	50	46	26	13		1, 2, 5
2			51	25		1, 3, 5
3,9	112	69	34			1
10		69	64			
0,24	1600	50	46	16	25	1, 2
0,51	50	46	26	25		1, 2, 5
1			46			1, 3, 5
2			86			
3,9	112	69	47	35		1
10	100		107			

П1.7. Конденсаторы серии КМ для повышения коэффициента мощности электроустановок

Для повышения коэффициента мощности электроустановок широко используют бумажно-масляные конденсаторы серии КМ, предназначенные для работы в установках с частотой 50 Гц (табл. П1.7.1).

Таблица П1.7.1. *Техническая характеристика бумажно-масляных конденсаторов (серия КМ)*

Тип	Номинальное напряжение, В	Типовая емкость, мкФ	Типовая мощность, кВАр	Напряжение, при котором допускается длительная работа конденсатора, В
КМ-0,23-5-3	230	220	5,4	250
КМ-0,40-7-3	400	140	7,0	430
КМ-0,40-9-3	400	180	9,0	430
КМ-0,525-7-3	525	85	7,3	575
КМ-0,525-9-3	525	105	9,0	575
КМ-1,05-9-1	1050	26,0	9,0	1150
КМ-3,15-10-1	3150	3,22	10,0	3500
КМ-6,3-10-1	6300	0,803	10,0	6900
КМ-10,5-10-1	10 500	0,291	10,0	11 500
КМ-0,23-18-3	230	1120	18,0	250
КМ4-0,40-36-3	400	726	36,0	430
КМ-0,525-45-3	525	525	45,0	575
КМ-1,05-24-1	1050	69,2	24,0	1150
КМ-3,15-25-1	3150	8,0	25,0	3500
КМ-6,3-25-1	6300	2,0	25,0	6900
КМ-10,5-25-1	10 500	0,724	25,0	11 500

Примечание. В обозначении конденсатора буква К означает область применения (косинусный), буква М — масляный, первая цифра — номинальное напряжение конденсатора в киловольтах, вторая — мощность конденсатора в киловольтамперах реактивных (квар), третья — число фаз в конденсаторе.

П1.8. Нормативный показатель потребления реактивной мощности

Таблица П1.8.1. *Реактивная мощность, кВАр*

Номинальная мощность трансформатора, кВА	Диапазон напряжения, кВ					
	5–10		15–20		25–30	
	Холостой ход	Полная нагрузка	Холостой ход	Полная нагрузка	Полная нагрузка	Холостой ход
5	0,75	1	0,8	1,1	1	1,3
10	1,2	1,7	1,5	2	1,7	2,2
20	2	3	2,5	3,5	3	4
25	2,5	3,5	3	4	4	5
50	3,5	6	5	7,5	6	9
75	5	8	6	9	7	11
100	6	10	8	11	10	13
160	10	12	12,5	15	15	18
200	11	17	14	19	18	22
250	15	20	18	22	22	25
315	18	25	20	28	24	32
400	20	30	22	36	28	40
500	22	40	25	45	30	50
630	28	46	32	52	40	62
1000	45	80	50	85	55	95
1250	50	85	55	90	60	100
1600	70	100	60	110	70	120
2000	80	160	85	170	90	180
5000	150	300	170	200	200	250

П1.9. Буквенно-цифровые обозначения зажимов и проводов*

Обозначение зажимов

Для обозначения зажимов электрических элементов используют условный цвет, соответствующие графические или буквенно-цифровые символы (табл. П1.9.1).

Таблица П1.9.1. *Обозначения зажимов электрических устройств*

Присоединительный зажим электрического устройства	Обозначение	
	буквенно-цифровое	графическое
Для переменного тока:		
1-я фаза	U	
2-я фаза	V	
3-я фаза	W	
нейтральный провод	N	
Защитный провод	PE	По ГОСТ 2.721
Заземляющий провод	E	"
Провод бесшумового заземления	TE	"
Провод соединения с корпусом	MM	"
Провод эквипотенциальный	CC	"

Зажимы электрических устройств, предназначенные для прямого или непрямого соединения с питающими проводами трехфазной системы, предпочтительно обозначать буквами U, V, W, если необходимо соблюдение последовательности фаз.

---

*Согласно ГОСТ 2.709-89 (СТ СЭВ 3754-82, СТ СЭВ 6308-88) обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

Зажим, соединенный с корпусом, обозначают буквами ММ, зажим эквипотенциальный — СС. Этим обозначением пользуются только в том случае, когда соединения данного зажима с защитным проводом или землей не видно. Обозначения проводов специального вида приведены в табл. П1.9.2.

Таблица П1.9.2. *Обозначения проводов специального вида*

Наименование	Обозначение	
	буквенно-цифровое	графическое
Система питания переменного тока:		
фазный провод	L	
1-я фаза	L1	
2-я фаза	L2	
3-я фаза	L3	
нейтральный провод	N	
Система питания постоянного тока:		
положительный полюс	L+	+
отрицательный полюс	L–	–
средний провод	M	
Защитный провод с заземлением	PE	По ГОСТ 2.721
Защитный провод незаземленный	PU	"
Соединенный защитный и средний провод	PEN	"
Заземляющий провод	E	"
Провод бесшумового заземления	TE	"
Провод соединения с корпусом	MM	"
Провод эквипотенциальный	CC	"

Пример буквенно-цифровых обозначений проводов и зажимов трехфазной системы приведен на рис. П1.5.

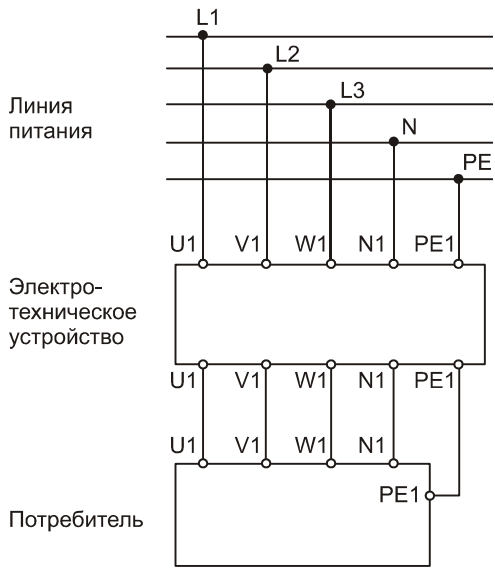


Рис. П1.5. Пример буквенно-цифрового обозначения

Обозначение участков цепей

Обозначение участков цепей служит для их опознавания, может отражать их функциональное назначение и создает связь между схемой и устройством.

При обозначении используют прописные буквы латинского алфавита и арабские цифры, выполненные одним размером шрифта.

Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение.

Соединения, проходящие через неразборные, разборные и разъемные контактные соединения, обозначают одинаково. Допускаются в обоснованных случаях разные обозначения.

Обозначение цепи переменного тока состоит из обозначения участков цепей фазы и последовательного номера:

- участки цепи 1-й фазы — L1, L11, L12, L13 и т. д.;
- 2-й фазы — L2, L21, L22, L23 и т. д.;
- 3-й фазы — L3, L31, L32, L33 и т. д.

Пример обозначения приведен на рис. П1.6. Допускается, если это не вызовет ошибочного подключения, обозначать фазы соответственно буквами A, B, C.

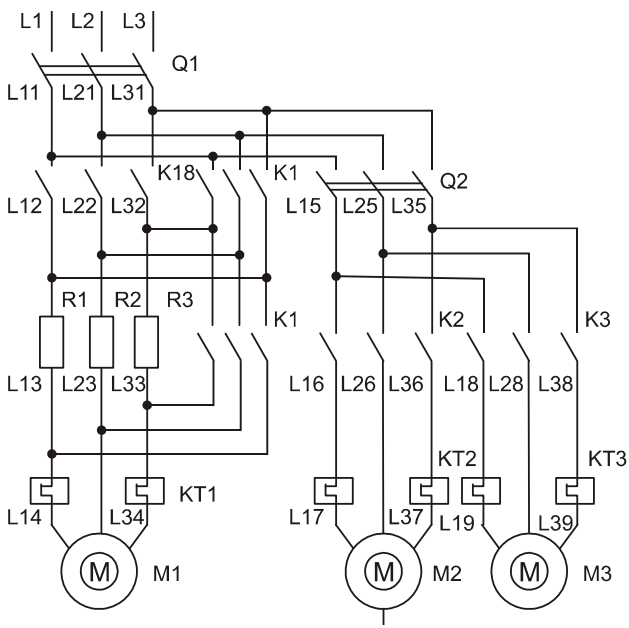


Рис. П1.6. Пример обозначения цепи переменного тока

Цепи постоянного тока обозначают нечетными числами на участках положительной полярности и четными числами на участках отрицательной полярности. Входные и выходные участки

цепи обозначают с указанием полярности «L+» и «L–»; допускается применять только знаки «+» и «–» (рис. П1.7).

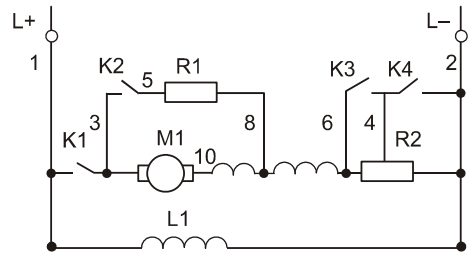


Рис. П1.7. Пример обозначения цепи постоянного тока

П1.10. Цветовое обозначение шин*

Согласно шестому изданию ПУЭ, в электроустановках должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми. Цветовое обозначение шин приведено в табл. П1.10.1.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или для антикоррозийной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым только в местах присоединения шин; если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряже-

*ПУЭ. Минэнерго СССР. 6-е изд., перераб. и доп.

нием, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

Таблица П1.10.1. *Цветовое обозначение шин*

Шина	Переменный трехфазный ток	Переменный однофазный ток	Постоянный ток
Фазы A	Желтый	Желтый (присоединенная к началу обмотки источника питания)	—
Фазы B	Зеленый	Красный (присоединенная к концу обмотки)	—
Фазы C	Красный	—	—
Нулевая рабочая N	Голубой		
Нулевая рабочая N, используемая в качестве нулевой защитной	Желтый и зеленый (продольные полосы)	—	—
Положительная [+]	—	—	Красный
Отрицательная [–]	—	—	Синий
Нулевая рабочая M	—	—	Голубой
Резервная (как резервируемая основная шина)	Если же резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин		
Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы	Обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока		

Обозначение электропроводки (ПУЭ-7)

Согласно ПУЭ-7 (2002 г., Министерство энергетики РФ) электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознания по всей длине проводников по цветам (табл. П1.10.2).

Таблица П1.10.2. *Цветовое обозначение электропроводки по ПУЭ-7*

Число цветов	Цвет	Наименование проводника
Одноцветный	Голубой	Нулевой рабочий или средний проводник электрической сети
Двухцветный	Зеленый-желтый	Защитный или нулевой защитный проводник
Двухцветный с голубыми метками	Зеленый-желтый по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже	Совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник
Одноцветный вариант	Черный, коричневый, красный, фиолетовый, серый, розовый, белый, оранжевый, бирюзовый	Фазовый проводник

Цветовое обозначение цепей по их функциональному назначению (ГОСТ 12.2.007.0)

Цветовая идентификация проводников по функциональному назначению цепей согласно ГОСТ 12.2.007.0 приведена в табл. П1.10.3.

Таблица П1.10.3. *Цветовое обозначение цепей по функциональному назначению (ГОСТ 12.2.007.0)*

Цвет	Функциональное назначение цепей
Черный	Проводники силовых цепей
Красный	Проводники в цепях управления, измерения и сигнализации переменного тока
Синий	Проводники в цепях управления, измерения и сигнализации постоянного тока
Зеленый и желтый (комбинация)	Нулевые защитные проводники
Голубой	Проводники, соединенные с нулевым рабочим проводником и не предназначенные для заземления

Идентификация проводов (ГОСТ МЭК 60204-1-2002)

Согласно ГОСТ МЭК 60204-1-2002 «Электрооборудование машин и механизмов», если провода идентифицируют по цветовой маркировке, то допустимы следующие цвета: черный, коричневый, красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой (включая светло-голубой), фиолетовый, серый, белый, розовый, бирюзовый.

Примечание. Перечень цветов взят из МЭК 60757.

В целях безопасности цвета зеленый и желтый не должны использоваться, если их можно спутать с двухцветным сочетанием «зеленый-желтый».

Защитный провод должен быть легко распознаваем благодаря своей форме, расположению, маркировке или цвету. При обозна-

чении цветом это должно быть двухцветное сочетание «зеленый-желтый». Его наносят по всей длине провода. Такое сочетание предназначено только для защитного провода.

На изолированных проводах двухцветное сочетание «зеленый-желтый» должно быть таким, чтобы на длине 15 мм один из цветов покрывал не менее 30%, но не более 70% поверхности провода, а другой цвет — оставшуюся часть.

Когда защитный провод легко различим благодаря своей форме, конструкции, расположению (например, провод с оплеткой) или когда изолированный провод труднодоступен, цветовое кодирование не обязательно по всей длине. Однако концы или доступные части должны четко маркироваться графическим символом 417-МЭК-5019 или двухцветным сочетанием «зеленый-желтый».

Когда цепь включает нулевой провод, обозначаемый цветом, последний должен быть светло-голубым (МЭК 60446, 3.1.2). Если возможно разночтение, то другие провода нельзя обозначать светло-голубым цветом.

При отсутствии нулевого провода светло-голубой провод может быть использован для других целей, но только не в качестве защитного провода.

При обозначении цветом нулевые неизолированные провода следует маркировать светло-голубой полосой шириной от 15 до 100 мм, цвет, который дублируют на каждой оболочке, оборудовании или в каждом доступном месте, или же окрашивают в светло-голубой цвет по всей длине.

Идентификация других проводов должна осуществляться с помощью цвета (или целиком, или одной, или несколькими полосами), цифр, букв, а также путем их сочетания. Цифры должны быть арабскими, буквы — латинскими (прописными или строчными).

Изолированные однополярные жесткие провода должны иметь следующее цветовое обозначение:

- черный — силовые цепи переменного и постоянного тока;
- красный — цепи управления переменного тока;
- голубой — цепи управления постоянного тока;

- оранжевый — цепи управления блокировкой с питанием от внешнего источника энергии.

Исключения из перечисленных правил допустимы:

- для внутренних кабелей на независимых приборах, приобретаемых отдельно с полным комплектом кабелей;
- когда изоляционный материал невозможно окрасить в нужные цвета;
- когда используется многопроводный кабель, за исключением двухцветного сочетания «зеленый-желтый».

Маркировка цепей в разных странах

Проводники, принадлежащие разным фазам, маркируют отдельным цветом. Это делается для удобства обслуживания, монтажа и ремонта электротехнического оборудования. В разных странах маркировка цепей отличается (табл. П1.10.4).

Таблица П1.10.4. *Цветовая маркировка цепей в зарубежных странах*

Страна	Проводник				
	A	B	C	Нейтраль	Земля
США (120/208 В)	Черный	Красный	Голубой	Белый или серый	Зеленый
США (277/480 В)	Оранжевый	Коричневый	Желтый	Белый или серый	Зеленый
Канада	Красный	Черный	Голубой	Белый	Зеленый
Канада (изолированные трехфазные установки)	Оранжевый	Коричневый	Желтый	Белый	Зеленый
Великобритания (с апреля 2006 г.)	Красный (коричневый)	Желтый (ранее — белый) (черный)	Голубой (серый)	Черный (голубой)	Зелено-желтый

Таблица П1.10.4 *(окончание)*

Страна	Проводник				
	A	B	C	Нейтраль	Земля
Европа (с апреля 2004 г.)	Коричневый	Черный	Серый	Голубой	Зелено-желтый
Европа (до апреля 2004 г., в зависимости от страны)	Коричневый или черный	Черный или коричневый	Черный или коричневый	Голубой	Зелено-желтый
Европа. Обозначение шин	Желтый	Зеленый	Красный	—	—
Австралия и Новая Зеландия	Красный	Желтый	Голубой	Черный	Зелено-желтый (на старых установках — зеленый)
Южная Африка	Красный	Желтый	Голубой	Черный	Зелено-желтый (на старых установках — зеленый)
Малайзия	Красный	Желтый	Голубой	Черный	Зелено-желтый (на старых установках — зеленый)
Индия	Красный	Желтый	Голубой	Черный	Зеленый

П1.11. Расшифровка условных обозначений на шкалах стрелочных электроизмерительных приборов

Таблица П1.11.1. *Условные обозначения на шкалах стрелочных электроизмерительных приборов*

Обозначение по МЭК-51	Наименование	Условное графическое обозначение
B-1	Ток постоянный	
B-2	Ток переменный однофазный	
B-3	Ток постоянный и переменный	
C-1	Напряжение испытательное 500 В	
C-2	Напряжение испытательное, превышающее 500 В (например 2 кВ)	
D-1	Прибор применять при вертикальном положении шкалы	
D-2	Прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
F-1	Прибор магнитоэлектрический с подвижной рамкой	
F-3	Прибор магнитоэлектрический с подвижным магнитом	
F-5	Прибор электромагнитный	
F-7	Прибор электродинамический	
F-16	Прибор электростатический	

Таблица П1.11.1 *(окончание)*

Обозначение по МЭК-51	Наименование	Условное графическое обозначение
F-18	Термопреобразователь неизолированный	
F-19	Термопреобразователь изолированный	
F-20	Преобразователь электронный в измерительной цепи	
F-21	Преобразователь электронный во вспомогательной цепи	
F-22	Выпрямитель	
F-23	Шунт	
F-24	Сопротивление добавочное	
F-27	Экран электростатический	
F-28	Экран магнитный	
F-31	Зажим для заземления	
F-33	Ссылка на соответствующий документ	
F-35	Часть вспомогательная общая	

* Цифра в условном обозначении показывает, что в случае встроенных преобразователей обозначения F-18, F-19, F-20 и F-22 сочетаются с обозначением прибора (например, с F-1). В случае внешних преобразователей обозначения F-18, F-19, F-20 и F-22 сочетаются с обозначениями F-35.

** Цифра в условном обозначении — см. дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации.

П1.12. Основные характеристики мультиметра APPA iMeter 5

Таблица П1.12.1. *Основные характеристики мультиметра APPA iMeter 5*

Параметры		APPA iMeter 5
Постоянное напряжение	Пределы измерений	400 мВ; 4; 40; 400; 600 В
	Погрешность	± (0,5 % + 2 ед. мл. разр.)
	Макс. разрешение	0,1 мВ
Переменное напряжение	Пределы измерений	400 мВ; 4; 40; 400; 600 В (макс. разреш. 1 мВ)
	Погрешность	± (1,3 % + 5 ед. мл. разр.)
	Полоса частот	50–500 Гц
Постоянный ток	Пределы измерений	400 мкА; 4000 мкА
	Макс. разрешение	0,1 мкА
Переменный ток	Пределы измерений	400 мкА; 4000 мкА
	Макс. разрешение	0,1 мкА
Сопротивление	Пределы измерений	400 Ом; 4; 40; 400 кОм; 4; 40 МОм
	Погрешность	± (0,9 % + 5 ед. мл. разр.)
	Макс. разрешение	0,1 Ом

Таблица П1.12.1 *(окончание)*

Параметры		**APPA iMeter 5**
Испытание *p-n*-переходов	Макс. ток теста	1,1 мА
	Напряжение теста	1,5 В
Частота	Пределы измерений	5; 50; 500 Гц; 5; 50; 500 кГц; 5 МГц
	Погрешность	±(0,3% + 5 ед. мл. разр.)
	Макс. разрешение	0,001 Гц
	Чувствительность	Не менее 1 В (синус, меандр)
Емкость	Пределы измерений	50 нФ/ 500 нФ; 5; 50; 100 мкФ
	Погрешность	± (5% + 0,2 нФ)/ ± (2,9% + 5 ед. мл. разр.)
	Макс. разрешение	0,01 нФ
Общие данные	Макс. индиц. число	4000
	Скорость измерения	3 изм./с
	Автовыключение	30 мин
	Источник питания	1,5 В×2 (тип СЦ)
	Габаритные размеры	56×12×112 мм
	Масса	115 г

П1.13. Воздействие на организм человека токов разной величины

Таблица П1.13.1. *Воздействие электрического тока на организм человека*

Ток, мА	Характер воздействия
До 1	Не ощущается
1–8	Ощущения безболезненны. Управление мышцами не утрачено. Возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением
8–15	Ощущения тока болезненны. Управление мышцами еще не утрачено и возможно самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением
15–20	Ощущения тока весьма болезненны. Управление мышцами, близлежащими к контакту, утрачено. Самостоятельное освобождение от контакта с частями, находящимися под напряжением, невозможно
20–50	Ощущения тока еще более болезненны. Сильные сокращения мышц. Дыхание затруднено
50–100	Возможна вентрикулярная фибрилляция сердца, немедленно приводящая к смерти
100–200	Возникновение вентрикулярной фибрилляции сердца, неизбежно приводящей к смерти; самовосстановление нормального биения сердца не известно
200 и более	Сильнейшие ожоги и настолько сильные сокращения мыщц, что схватывают сердце и держат его в течение времени протекания тока, что препятствует возникновению фибрилляции

Приложение 2

П2.1. Типовые схемы щитков квартирных серии ЩК по ГОСТ Р51628-2000

Типовые схемы различных вариантов подключения квартирных щитков приведены на рис. П2.1–П2.5.

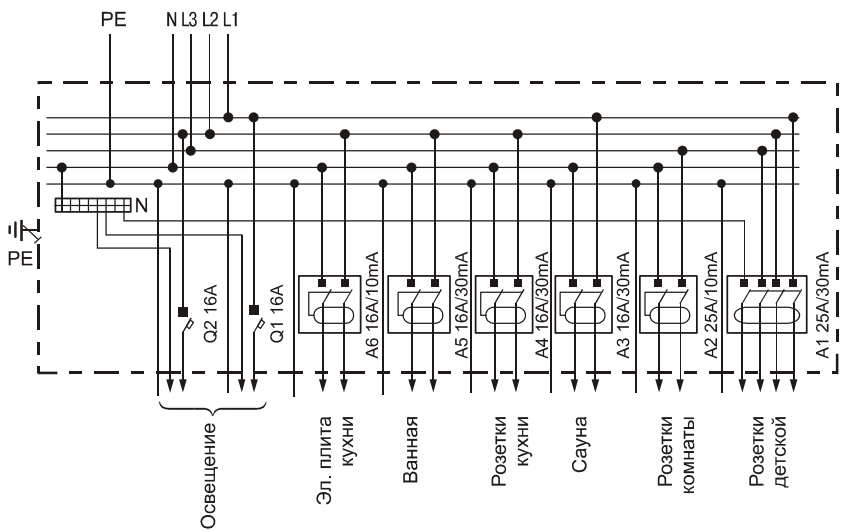


Рис. П2.1. «Вариант 1». Трехфазный ввод, групповые УЗО, 8 групп потребителей

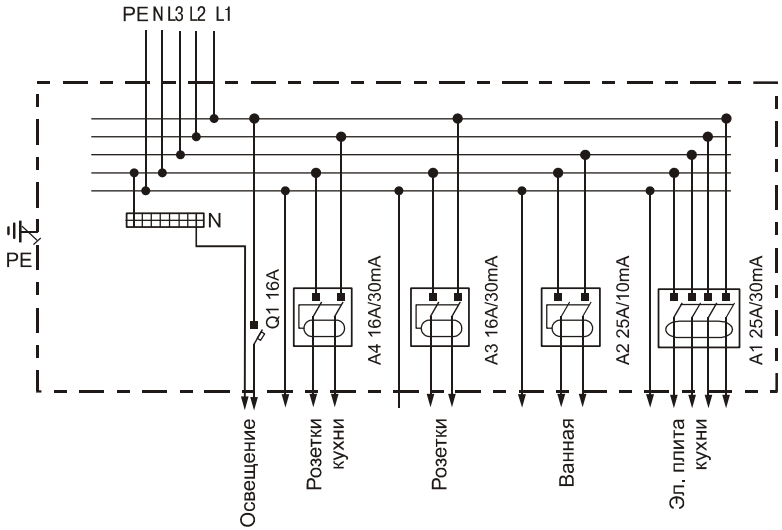


Рис. П2.2. «Вариант 2». Трехфазный ввод, групповые УЗО, 5 групп потребителей

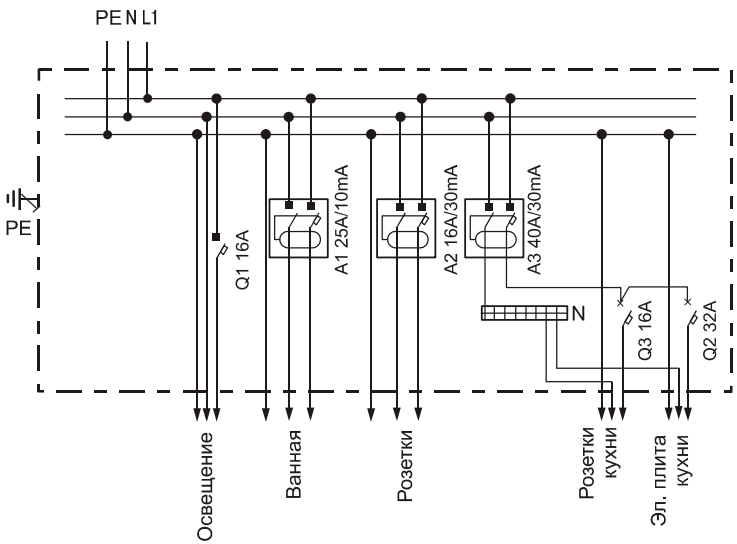


Рис. П2.3. «Вариант 3». Двухфазный ввод, групповые УЗО, 5 групп потребителей

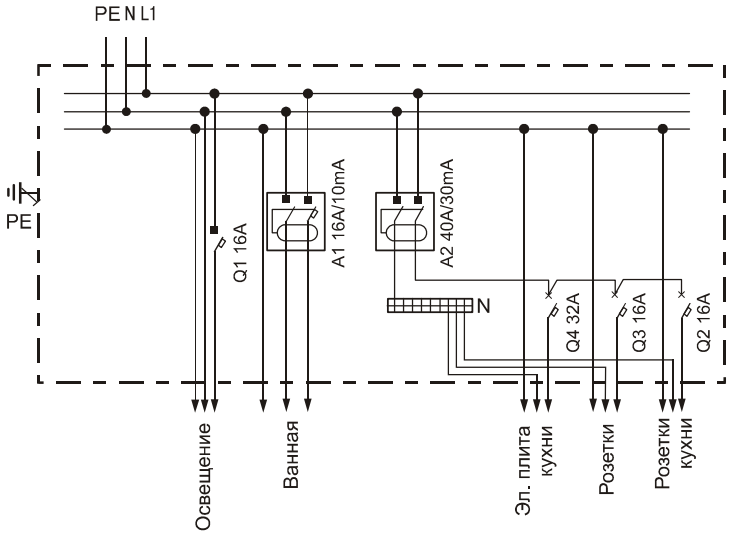


Рис. П2.4. «Вариант 4». Двухфазный ввод, групповые УЗО, 5 групп потребителей

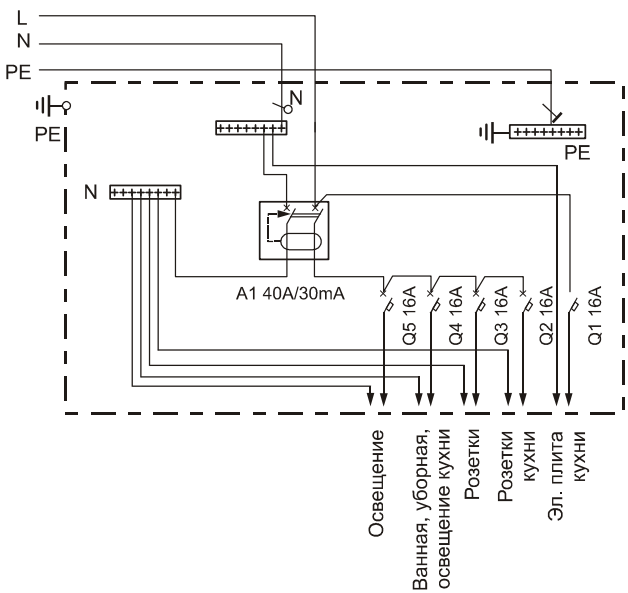


Рис. П2.5. «Вариант 5». Двухфазный ввод, вводное УЗО, 5 групп потребителей

П2.2. Счетчики электроэнергии индукционные

Технические параметры некоторых моделей однофазных и трехфазных индукционных счетчиков электроэнергии приведены в табл. П2.2.1 и П2.2.2, их внешний вид и схемы включения — на рис. П2.6—П2.9 соответственно.

Таблица П2.2.1. *Технические параметры некоторых моделей счетчиков электроэнергии однофазных индукционных*

Параметр	СО-505 (г. Чебоксары)	СО-ЭЭ6705 (прямоугольный корпус), СО-ЭЭ6706 (круглый корпус) (г. Санкт-Петербург)
Класс точности	2,0	
Номинальное напряжение, В	220	
Частота сети, Гц	50	
Номинальный ток, А	10	
Максимальный ток, А	40	
Ток перегрузки, А	48	—
Порог чувствительности	0,05 А	0,5% от номинального тока
Передаточное число, об/кВт·ч	600	—
Рабочая температура, °С	от –20 до +55	от –20 до +60
Габаритные размеры, мм	208×135×114	223×146×122
Установочные размеры, мм	138×92	149×98 (СО-ЭЭ6705) 138×92 (СО-ЭЭ6706)
Масса, не более кг	1,2	1,4
Срок службы, лет	32	
Межповерочный интервал, лет	16	
ТУ 4228-032-00226023-95	ОКП 42-2821	ОПТ.468.006 ПС

а *б* *в*

Рис. П2.6. Однофазные индукционные счетчики электроэнергии: *а* — СО-505, *б* — СО-ЭЭ6705, *в* — СО-ЭЭ6706

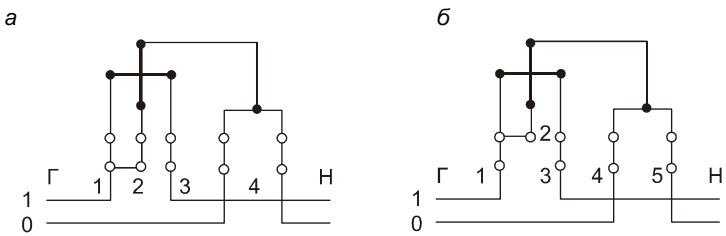


Рис. П2.7. Схемы включения однофазных индукционных счетчиков электроэнергии: *а* — СО-ЭЭ6705, *б* — СО-ЭЭ6706

Таблица П2.2.2. *Технические параметры некоторых моделей трехфазных индукционных счетчиков электроэнергии (г. Чебоксары)*

Параметр	СА4У-510	СА4-514	СА4-518
Класс точности	2,0		
Способ включения	Трансформаторный	Прямой	
Номинальное напряжение, В	3×220/380		
Частота сети, Гц	50		
Номинальный ток, А	3×5	3×10	3×20 (3×10)
Максимальный ток, А	3×6,25	3×40	3×80
Максимальный ток, % от $I_{ном}$	125	400	400 (800)

Таблица П2.2.2 *(окончание)*

Параметр	СА4У-510	СА4-514	СА4-518
Порог чувствительности, А	0,025	0,05	0,1 (0,05)
Передаточное число, об/кВт·ч	600	125	60
Число импульсов телеметрического выхода для исполнения «Т», имп/кВт·ч	600	125	60
Рабочая температура, °С	от –20 до +50		
Потребляемая мощность в цепи напряжения: не более			
полная, ВА	6,0		
активная, Вт	1,5		
Потребляемая мощность в цепи тока не более, ВА	0,6		
Вес, не более, кг	3,2		4,6
Габаритные размеры, мм	283×174×129		313,5×174×129
Установочные размеры, мм	210×155		
Средняя наработка на отказ, ч	37 500		70 000
Срок службы, лет	32		
Межповерочный интервал, лет	8		
ТУ	4228-040-00226023-98	4228-047-00226023-99	4228-051-00226023-01
ОКП	42-2836	42-2835	42-2835

Примечание. Счетчики классифицируются по номеру разработки. Структура условного обозначения СА4(У)_5[*]Т: СА — счетчик трехфазный; 4 — четырехпроводный; У — трансформаторный; 5 — предприятие ОАО «МЗЭП»; [*] — порядковый номер разработки: 10; 14; 18; Т — телеметрический выход.

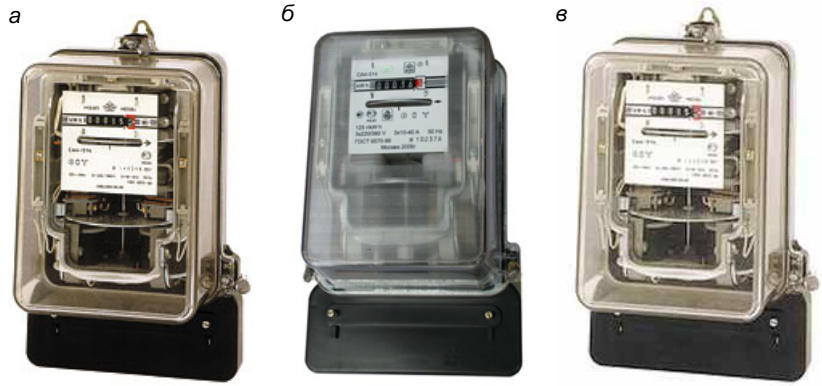


Рис. П2.8. Трехфазные индукционные счетчики электроэнергии: *а* — СА4У-510, *б* — СА4-514, *в* — СА4-518

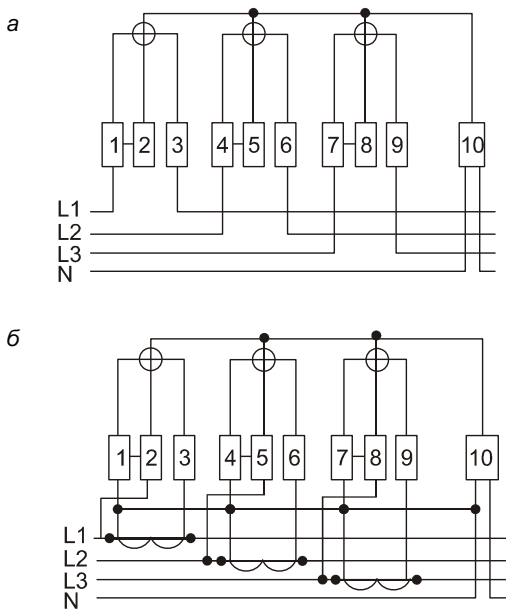


Рис. П2.9. Схемы включения трехфазных индукционных счетчиков электроэнергии: *а* — СА4У-510, *б* — СА4-514 и СА4-518

П2.3. Счетчики электроэнергии однофазные электронно-механические

Технические параметры некоторых моделей электронно-механических и электронных счетчиков электроэнергии приведены в табл. П2.3.1 и П2.3.2, их внешний вид и схемы включения — на рис. П2.10—П2.12 соответственно.

Таблица П2.3.1. *Технические параметры однофазных электронно-механических счетчиков*

Параметр	Марка счетчика			
	ЦЭ-2705	СОЭ-52/50*	СОЛО*	СО-ЭА05
Номинальное напряжение контролируемой сети, В	220			
Диапазон изменения напряжения контролируемой сети, В	187–242	—	176–242	—
Номинальный ток нагрузки, А	5	5–50 (5–60)	10–80	10
Максимальный ток нагрузки, А	50	—	10–100	50
Минимальный ток нагрузки, А	0,25	—	5–60	—
Кратковременная перегрузка по току, А	150	—	—	—
Номинальная частота контролируемой сети, Гц	50			
Диапазон изменения частоты контролируемой сети, Гц	47,5–52,5	—	—	—
Полная мощность, потребляемая цепью тока, не более, ВА	0,05	0,3	0,5	—
Активная мощность, потребляемая в цепи напряжения, не более, Вт	2,5	—	2,0	1,3

***Таблица П2.3.1** (окончание)*

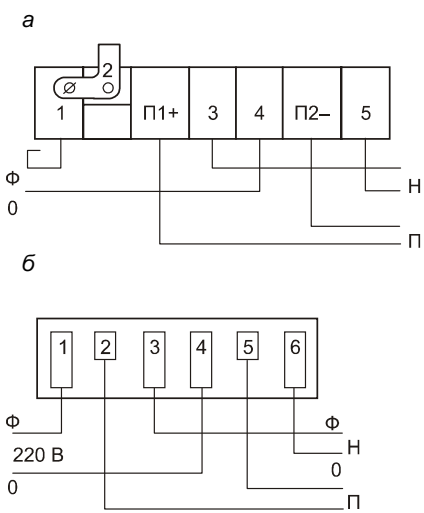
Параметр	Марка счетчика			
	ЦЭ-2705	СОЭ-52/50*	СОЛО*	СО-ЭА05
Полная мощность, потребляемая в цепи напряжения, не более, ВА	—	10	8,0	5,5
Класс точности в диапазоне нагрузок 1…1000% номин. тока	2,0	1,0 или 2,0	1,0; 2,0	1,0
Коэффициент передачи основного передающего устройства, имп./кВт·ч	16 000	—	—	—
Межповерочный интервал, лет	16			6
Рабочий диапазон температур, °С	—	от –40 до +60	от –25 до +55	–35 до +55
Средний срок службы, лет	30	32	30	—
Передаточные числа, имп./кВт	—	4000, 6400	6400 или 3200	—
Габаритные размеры, мм	114×206×71	208×135×113	215×134×113 (круглый корпус) 208×132×69,3 (прямоугольный корпус)	200×121×96
Масса, не более, кг	—	0,6	0,7	—

*Могут эксплуатироваться автономно и в составе автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) с использованием импульсного выхода.

Особенности счетчика СОЭ-52: наличие светодиодного индикатора работы и телеметрического выхода, использование SMD-монтажа.

Особенности счетчика СОЛО: расширенный диапазон рабочих температур; счетчик имеет шести- или семиразрядный электромеханический (ЭМ) счетный механизм, устойчивый к электромагнитным воздействиям, или жидкокристаллический индикатор; технологический запас по классу точности; счетчик некритичен к углам отклонения от вертикального положения; защита от хищения электроэнергии; имеет те же габаритно-установочные размеры, что и индукционные счетчики.

Рис. П2.10. Счетчики электроэнергии однофазные электронно-механические: *а* — ЦЭ-2705, *б* — СОЛО, *в* — СОЭ-52/50, *г* — СО-ЭА05



Г – генератор
Ф – фаза
П – основное передающее устройство счетчика
(П1+):(П2–) – контакты испытательного выхода

Ф – фаза
2; 5 – контакты испытательного выхода

Рис. П2.11. Схемы включения счетчика электроэнергии однофазного электронно-механического модели «Соло»: *а* — модели с круглым корпусом, *б* — модели с прямоугольным корпусом со встроенным шунтом

Счетчики электрической энергии электронные однофазные ЦЭ2736М (однотарифные) и ЦЭ2706Ш (многотарифные)

Электронные счетчики предназначены для точного учета бытового потребления активной электроэнергии в однофазных двухпроводных сетях переменного тока частотой 50 Гц. Счетчики могут использоваться и в качестве датчика для телеизмерения мощности в информационно-измерительных системах учета электроэнергии. Электронные счетчики не имеют движущихся частей, благодаря чему увеличиваются временной ресурс и улучшается температурный режим их работы.

Электронный счетчик ЦЭ2736М с шунтовым преобразователем тока предназначен для измерения и учета активной энергии в однофазных цепях переменного тока и передачи телеметрической информации о расходуемой электроэнергии при работе в автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ).

Энергонезависимая память счетчика ЦЭ2706Ш обеспечивает сохранение результатов учета и их вывод на индикацию при полном отключении от питающей сети в течение 10 лет. Тип крепления счетчика: Ш — шкафной.

Счетчик ЦЭ2736М выполнен в типовом корпусе и полностью отвечает требованиям ГОСТ 30207-94 (МЭК 1036).

Счетчики выпускаются в различных исполнениях, в том числе обеспечивающих учет постоянной составляющей тока нагрузки. Изготовитель этих счетчиков — ООО «ЧЭАЗ-ЭЛПРИ» (г. Чебоксары, **http://www.elpri.ru/**).

Сертификат соответствия ЦЭ 2736М:

№ РОСС. RU.ME48.B01515. Счетчик занесен в государственный реестр средств измерений под № 26372-04.

Сертификат соответствия ЦЭ 2706Ш:

№ РОСС. RU.ME48.B01650.

Счетчик занесен в государственный реестр средств измерений под № 26372-04.

Отличительные особенности электронных счетчиков:

- гальванически изолированы от схемы учета и снабжены телеметрическим выходом для передачи информации;
- широкий диапазон рабочих температур окружающей среды;
- высокая перегрузочная способность с обеспечением точности учета в широком диапазоне токов;
- нечувствительность к воздействиям внешних электромагнитных полей измерительного канала и счетного механизма;
- установочные размеры унифицированы с размерами индукционных однофазных счетчиков.

Таблица П2.3.2. *Технические параметры электронных счетчиков*

Наименование	ЦЭ2736М	ЦЭ2706Ш
Класс точности в диапазоне нагрузок 1...1000% номинального тока	1,0	1,0; 2,0
Число временных тарифных зон учета	1	от 1 до 8
Номинальное напряжение контролируемой сети, В	220	
Диапазон изменения напряжения контролируемой сети, В	187–242	
Номинальная частота контролируемой сети, Гц	50	
Диапазон изменения частоты контролируемой сети, Гц	47,5–52,5	
Номинальный ток нагрузки, А	5	
Минимальный ток нагрузки, А	0,25	
Максимальный ток нагрузки, А	50	40, 50, 60
Активная и полная мощность, потребляемая в цепи напряжения, не более, ВА	4	5
Кратковременная перегрузка по току в течение 0,01 с (для ЦЭ2705) и 0,5 с (для ЦЭ2706Ш), А	150±50	
Полная мощность, потребляемая цепью тока, не более, ВА	0,05	

***Таблица П2.3.2** (окончание)*

Наименование	ЦЭ2736М	ЦЭ2706Ш
Дополнительная погрешность, вызванная внешним постоянным магнитным полем для счетчиков класса 1,0 (2,0), не более, %	±3 (±6)	
Порог чувствительности для счетчика класса точности 1,0 (2,0), А	0,0125 (0,025)	
Интерфейс связи с ЭВМ верхнего уровня	—	RS-232 (RS-485)
Коэффициент передачи телеметрического канала, имп./к Вт·ч	1000–8000	3200
Межпроверочный интервал, лет	16	10
Диапазон рабочих температур, °С	от –40 до +50	от –20 до +50
Средний срок службы до капитального ремонта, лет	30	
Степень защиты	IP51	
Гарантийный срок эксплуатации, лет	5	
Габаритные размеры (ширина×высота×глубина), мм	210×134×113	114×206×71
Масса, не более, кг	0,7	

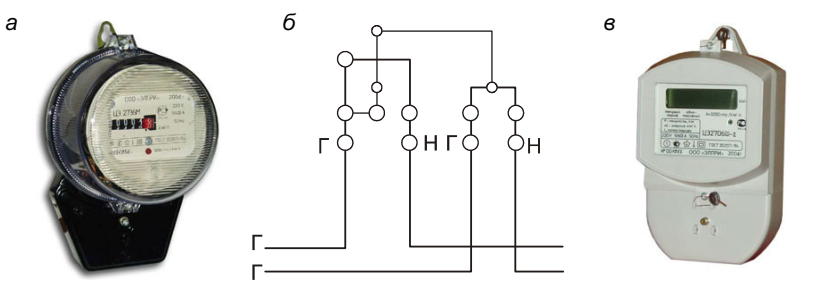


Рис. П2.12. Счетчики электроэнергии электронные однофазные:
а — ЦЭ2736М (однотарифный),
б — схема включения ЦЭ2736М,
в — ЦЭ-2706Ш (многотарифный)

Счетчики электроэнергии семейства «Меркурий»

Трехфазные многотарифные счетчики

а

б

Рис. П2.13. Трехфазный, многофункциональный, активно/реактивный, многотарифный счетчик:
а — МЕРКУРИЙ 233ART2, *б* — МЕРКУРИЙ 231AT

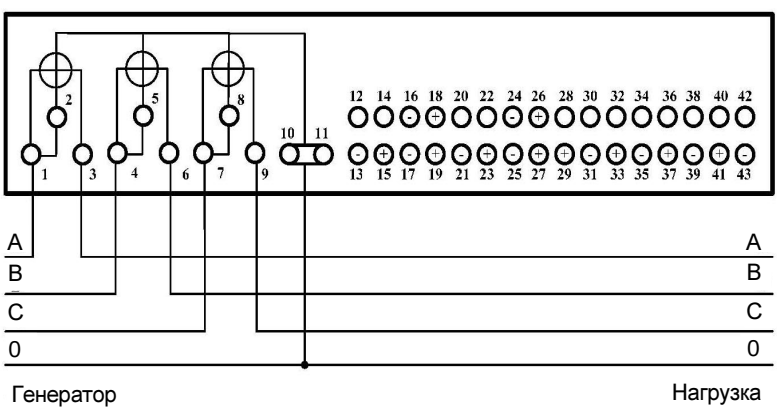


Рис. П2.14, *а.* Схема подключения трехфазного, многофункционального, активно/реактивного, многотарифного счетчика МЕРКУРИЙ 233ART2

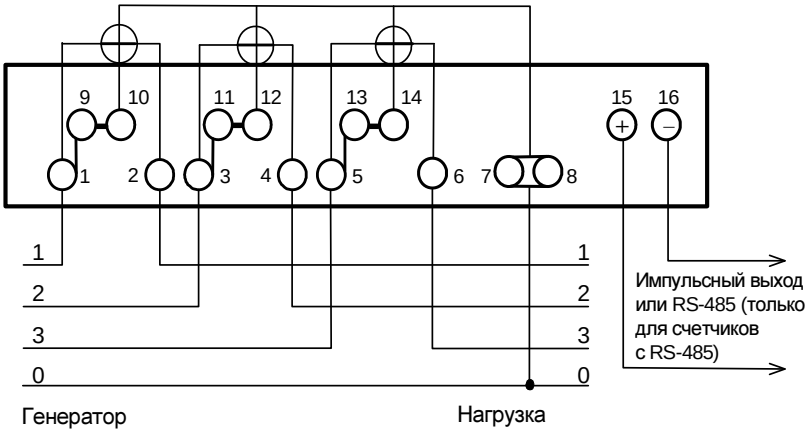


Рис. П2.14, *б*. Схема подключения трехфазного, многофункционального, активно/реактивного, многотарифного счетчика МЕРКУРИЙ 231АТ

Трехфазные однотарифные счетчики

а *б*

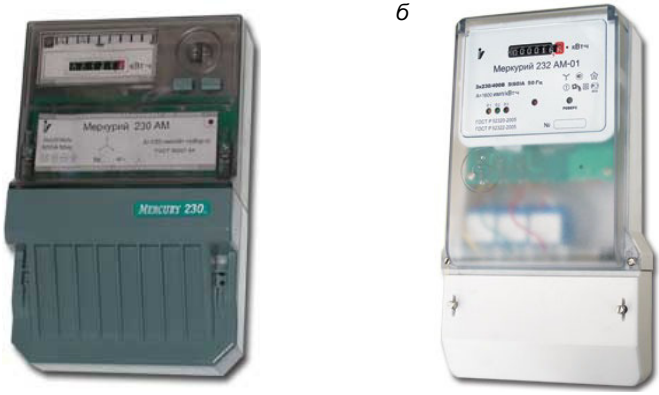
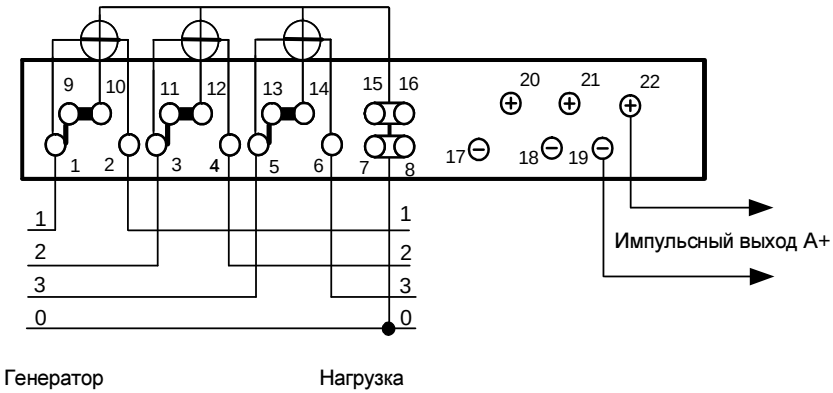
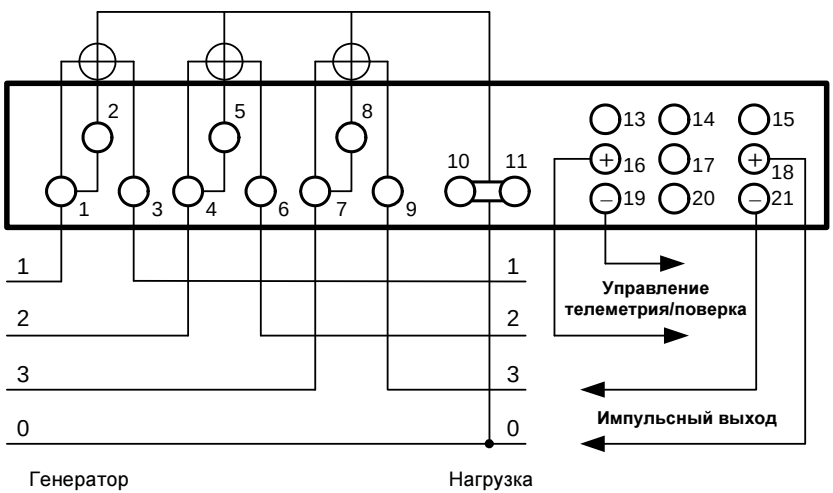


Рис. П2.15. Трехфазный счетчик активной энергии:
а — МЕРКУРИЙ 230АМ, *б* — МЕРКУРИЙ 232АМ



а

Рис. П2.16, *а*. Схема подключения трехфазного счетчика активной энергии МЕРКУРИЙ 230АМ



б

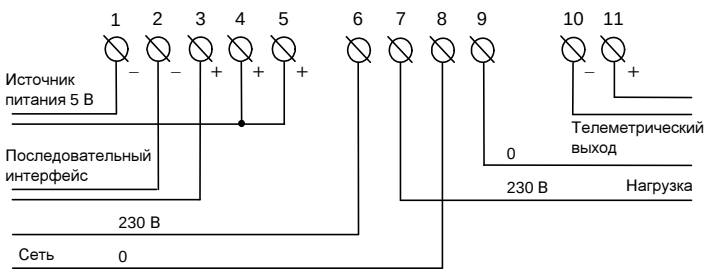
Рис. П2.16, *б*. Схема подключения трехфазного счетчика активной энергии МЕРКУРИЙ 232АМ

Однофазные многотарифные счетчики

а *б* *в*

Рис. П2.17. Однофазный многотарифный счетчик:
а — МЕРКУРИЙ 200, *б* — МЕРКУРИЙ 203.2Т, *в* — МЕРКУРИЙ 205.2Т FION

а



б

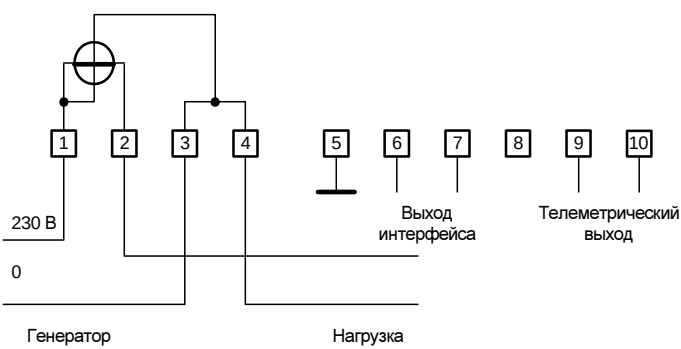


Рис. П2.18. Схема подключения однофазного многотарифного счетчика:
а — МЕРКУРИЙ 200, *б* — МЕРКУРИЙ 203.2Т

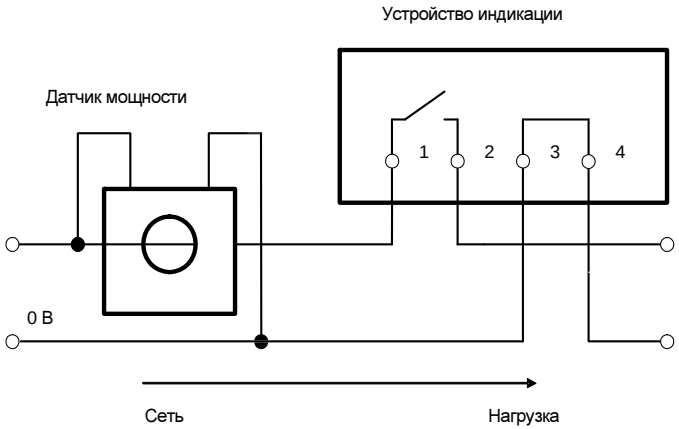


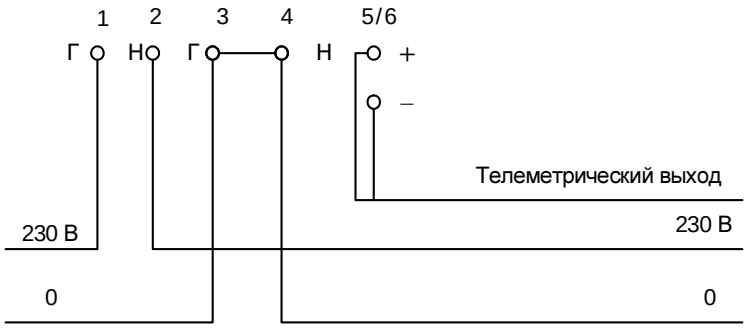
Рис. П2.18, *в*. Схема подключения однофазного многотарифного счетчика МЕРКУРИЙ 205.2T FION

Примечание к рис. П2.18, *а* и *б*. Номинальное напряжение, подаваемое на телеметрический выход (конт. 10 и 11), равно 12 В (предельное — 24 В). Номинальная сила тока этого выхода — 10 мА (предельная — 30 мА).

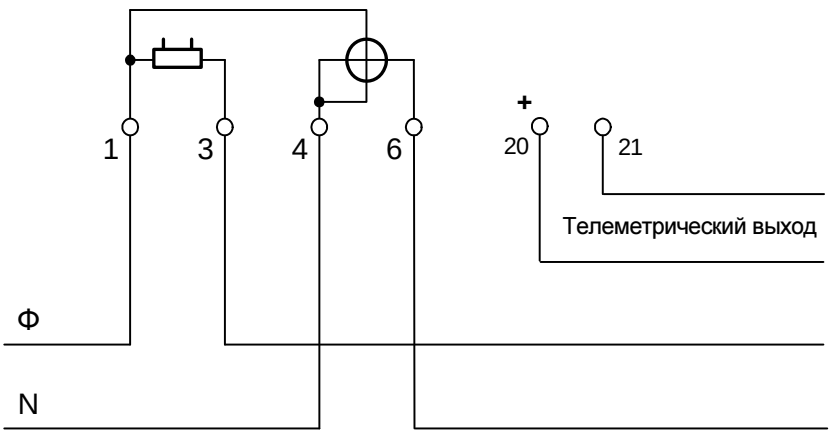
Однофазные однотарифные счетчики

а *б* *в*

Рис. П2.19. Однофазный однотарифный счетчик:
а — МЕРКУРИЙ 201,
б — МЕРКУРИЙ 202, *в* — МЕРКУРИЙ 203



а



б

Рис. П2.20. Схема подключения однофазного однотарифного счетчика:
а — МЕРКУРИЙ 201 и МЕРКУРИЙ 202 к сети 230 В,
б — МЕРКУРИЙ 203

Примечание к рис. П2.20. Номинальное напряжение, подаваемое на телеметрический выход, равно 12 В (предельное — 24 В). Номинальная сила тока этого выхода 10 мА (предельная — 30 мА).

П2.4. Автоматические выключатели АЕ1000 и АЕ2000

Автоматические выключатели АЕ2000

Автоматические выключатели АЕ2000 (рис. П2.21) предназначены для проведения тока в нормальном режиме в электрических цепях напряжением до 380 В, переменного тока частоты 50, 60 Гц, для защиты электрических цепей от токов короткого замыкания и токов перегрузки, для защиты, пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в час.

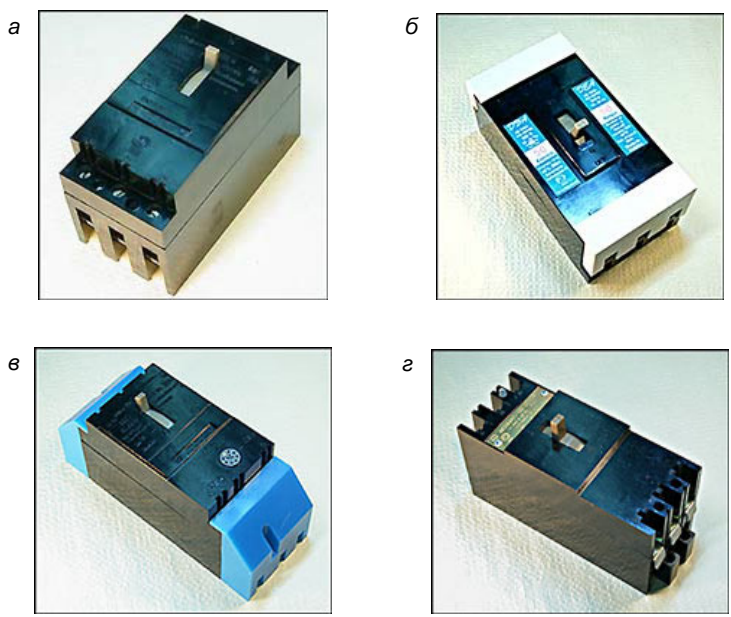


Рис. П2.21. Внешний вид автоматических выключателей:
а — АЕ 2056ММ, *б* — АЕ 2066, *в* — АЕ 2046М IP 20, *г* — АЕ 2056МП

Структура условного обозначения автоматических выключателей АЕ2000

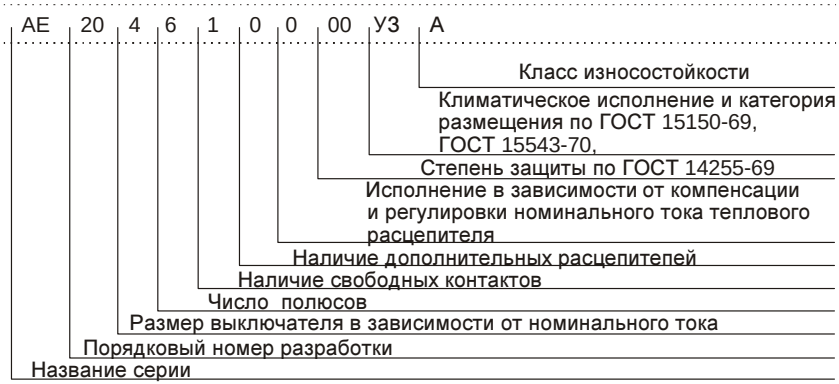


Рис. П2.22. Структура условного обозначения автоматических выключателей АЕ2000

Расшифровка обозначения автоматических выключателей АЕ2000

- Размер автоматического выключателя в зависимости от номинального тока: 2 — 16 А; 3 — 25 А; 4 — 63 А; 5 — 100 А; 6 — 160 А.
- Число полюсов: 2 — двухполюсные с электромагнитным расцепителем в габарите трехполюсного; 3 — трехполюсные с электромагнитным расцепителем; 4 — однополюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями; 5 — двухполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями в габарите трехполюсного; 6 — трехполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями; 7 — четырехполюсные с электромагнитным расцепителем; 8 — четырехполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями.
- Наличие свободных контактов: 1 — без свободного контакта; 2 — 1з; 3 — 1р; 4 — 1з и 1р (з — контакт на замыкание, р — на размыкание).

- Наличие дополнительных расцепителей: 0 — без дополнительного расцепителя; 1 — минимальный расцепитель напряжения; 2 — независимый расцепитель; 3 — минимальный и независимый расцепители напряжения.
- Исполнение в зависимости от компенсации и регулировки номинального тока теплового расцепителя: Р — регулировка номинального тока тепловых расцепителей и температурная компенсация; Н — регулировка номинального тока тепловых расцепителей без температурной компенсации; Б — без регулировки и компенсации для распределительных пунктов (с уменьшенными габаритами); О — без регулировки и компенсации.
- Степень защиты по ГОСТ 14255-69: 00 — IP00; 20 — IP20; 54 — IP54.
- Класс износостойкости: А — первый; Б — второй.

Основные технические параметры однополюсных автоматических выключателей АЕ1000, АЕ2000

Габаритные и установочные размеры однополюсных автоматических выключателей АЕ приведены в табл. П2.4.1 и на рис. П2.23, технические характеристики — в табл. П2.4.2.

Таблица П2.4.1. *Габаритные и установочные размеры однополюсных автоматических выключателей АЕ*

Тип автоматического выключателя	Размеры (рис. П2.23), мм						
	A1	B	C	D	A2	E	F
AE2044	88	164	25	58	110	15	155
AE2544	90	145	25	71	105	15	135

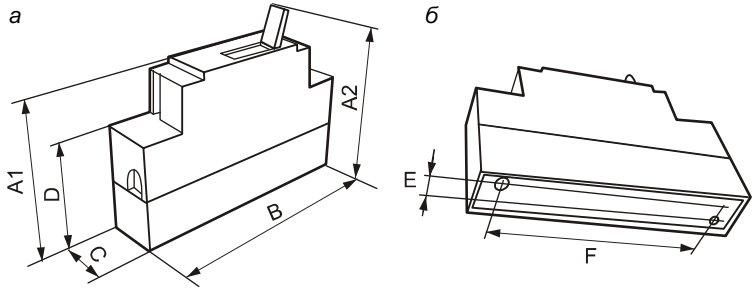


Рис. П2.23. Габаритные (*а*) и установочные (*б*) размеры однополюсных автоматических выключателей АЕ

Таблица П2.4.2. *Технические характеристики однополюсных автоматических выключателей АЕ*

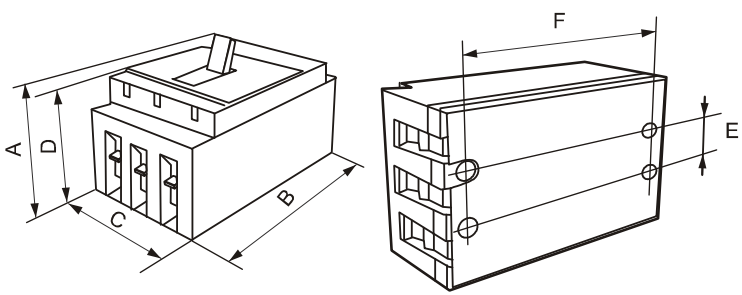
Тип выключателя	**АЕ1031**	**АЕ2044**	**АЕ2544**
Номинальный ток срабатывания, А	25	63	63
Номинальное напряжение, В	380		
Ток срабатывания от номинального, %	1,25, 1,5	12	2, 5, 10
Потребляемая мощность, Вт	5	12	
Номинальный режим	Продолжительный		
Ток отсечки, А	15	12	
Номинальные токи максимальных расцепителей, А	6; 10; 16; 20; 25	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
Коммутационная износостойкость, циклов	20 000		25 000
Сечение внешних проводников, присоединяемых к контактам цепи, мм^2	1–6	1,5–25	1,5–16
Тип расцепителя	Электро-магнитный	Комбинированный	

Основные технические параметры трехполюсных автоматических выключателей серии АЕ2000

Габаритные и установочные размеры трехполюсных автоматических выключателей АЕ приведены в табл. П2.4.3 и на рис. П2.24, технические характеристики — в табл. П2.4.4, а номинальные токи максимальных расцепителей тока — в табл. П2.4.5.

Таблица П2.4.3. *Габаритные и установочные размеры трехполюсных автоматических выключателей АЕ*

Тип автоматического выключателя	Размеры (рис. П2.24), мм					
	A	B	C	D	E	F
АЕ2030М	85	107	56	72	19	92
АЕ2040М	105	145	75	90	16	136
АЕ2040	120	207	75	100	25	194
АЕ2050ММ					16	132
АЕ2050МП					25	194
АЕ2060	105	215	112	70	100	200



а *б*

Рис. П2.24. Габаритные (*а*) и установочные (*б*) размеры трехполюсных автоматических выключателей АЕ

Таблица П2.4.4. *Технические характеристики трехполюсных автоматических выключателей АЕ*

Тип выключателя	АЕ2030ММ	АЕ2040М	АЕ2040	АЕ2050ММ	АЕ2050МП	АЕ2060
Категория	А					
Ток отсечки, А	12					
Номинальный ток расцепителя, А	0,3–50	0,6–63	16–63	80–160	16–100	16–160
Номинальный ток выключателя, А	50	63		100		160
Общее число циклов вкл./выкл.	63 000	40 000		10 000	25 000	40 00
Масса, кг без контактов	0,38	0,93	1,41	1,29	6,3	2,3
с контактами	0,4	0,97	1,6	1,32	6,3	2,53

Таблица П2.4.5. *Номинальные токи максимальных расцепителей тока автоматических выключателей*

Тип автоматического выключателя	Номинальные токи, А
АЕ2030ММ	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50
АЕ2040М	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АЕ2040	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АЕ2050	80; 100
АЕ2050ММ	80; 100
АЕ2050МП	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
АЕ2060	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160

Примечание. Зажимы автоматических выключателей допускают присоединение как медных, так и алюминиевых проводников сечением согласно табл. П2.4.6, зажимы вспомогательной цепи — сечением от 0,5 до 2,5 мм^2.

Таблица П2.4.6. *Сечения проводников, подсоединяемых к автоматическим выключателям, мм²*

Тип автоматического выключателя	Минимальное	Максимальное	
	гибкого (медного)	Жесткого (одно- или многожильного)	
АЕ 2030ММ	1,5	2,5	4
АЕ 2040М		16	25
АЕ 2040			
АЕ 2050ММ	6	35	50
АЕ 2050МП			
АЕ 2060	10	95	

П2.5. Автоматические выключатели АП 50

Автоматические выключатели АП 50Б предназначены для защиты от перегрузок и коротких замыканий электрических цепей напряжением до 220 В постоянного тока, до 500 В переменного тока частоты 50–60 Гц, оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в час, в том числе для пуска, защиты и отключения электродвигателей.

Структура условного обозначения автоматических выключателей АП

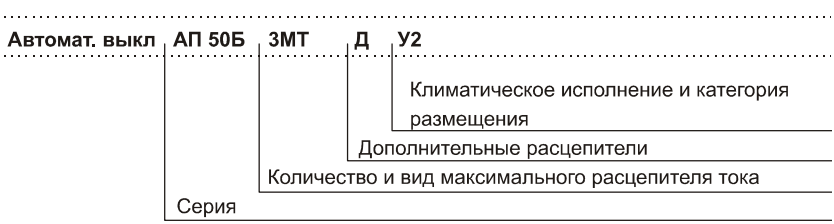


Рис. П2.25. Структура условного обозначения автоматических выключателей АП

Возможные обозначения автоматических выключателей серии АП

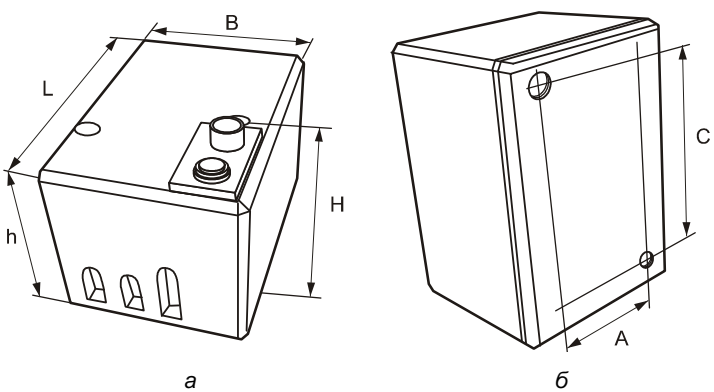
Максимальные расцепители тока: М — электромагнитный; Т — тепловой. Дополнительные расцепители: Н — минимальный расцепитель напряжения; Д — независимый расцепитель; О — максимальный расцепитель тока в нулевом проводе. Климатическое исполнение (У, ХЛ, Т) и категории размещения (2, 3, 5): У3; Т3; ХЛ5 — без дополнительной оболочки; У2; Т2; ХЛ5 — в дополнительной оболочке IP54.

Основные технические параметры автоматических выключателей АП

Габаритные и установочные размеры автоматических выключателей АП приведены в табл. П2.5.1 и на рис. П2.26, технические характеристики — в табл. П2.5.2.

Таблица П2.5.1. *Габаритные и установочные размеры автоматических выключателей АП*

Тип автоматического выключателя	Размеры (рис. П2.26), мм					
	B	h	L	H	A	C
АП 50Б2МТ	81	89	138,5	108,5	57	116
АП 50Б3МТ	103	89	138,5	108,5	78,5	116



а *б*

Рис. П2.26. Габаритные (*а*) и установочные (*б*) размеры трехполюсных автоматических выключателей АП

Таблица П2.5.2. *Основные технические характеристики автоматических выключателей АП*

Тип автоматического выключателя	АП50Б2МТ	АП50Б3МТ
Номинальное напряжение переменного тока, В	До 500	
Шкала номинальных токов расцепителей, А	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	
Установка по току мгновенного срабатывания, А	3,5 и 10	
Износостойкость: общая и коммутационная, циклов	50 000	
Масса, не более, кг	1	3

Таблица П2.5.3. *Варианты присоединения внешних проводников к автоматическим выключателям АП*

Наличие кабельных наконечников	Материал внешних проводников, присоединяемых к контактам	Исполнение кабельных наконечников	Сечение внешних проводников, мм^2
Нет	Медь, алюминий	—	От 1,5 до 6,0 включительно
Есть	Медь	—	До 25 включительно
	Алюминий	Спец. (выполнены на заводе-изготовителе авт. выключателей)	

П2.6. Колодки клеммные типа СО

Внешний вид клеммных колодок СО2-2,5 и СО3-2,5 приведен на рис. П2.27, их габаритные размеры — на рис. П2.28, технические параметры — в табл. П2.6.1.

Рис. П2.27. Внешний вид клеммных колодок СО2-2,5 и СО3-2,5

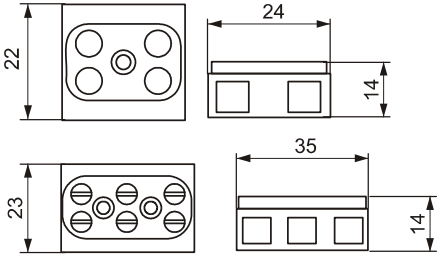


Рис. П2.28. Габаритные размеры колодок СО2-2,5 и СО3-2,5, мм

Таблица П2.6.1. *Технические параметры колодок клеммных СО2-2,5 и СО3-2,5*

Тип колодки	Число клемм	Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм^2	Материал проводника	Номинальное напряжение, В	Частота, Гц	Номинальный ток, А
СО2-2, 5/220 УХЛ3	2	До 2,5	Медь, алюминий, алюмо-медь	220	50	10
СО3-2, 5/220 УХЛ3	3					

П2.7. Колодки клеммные типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602

Внешний вид и габаритные размеры клеммных колодок СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602 приведены в табл. П2.7.1 и на рис. П2.29, их технические параметры — в табл. П2.7.2, структура условного обозначения — на рис. П2.30.

Таблица П2.7.1. *Габаритные и установочные размеры колодки клеммной типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602*

Тип колодки	Размеры (рис. П2.29), мм				
	L	B	H	l	b
СОВ-2,50-103	До 116,5	26	19,5	12	10
С ОВ-4,00-602	24	40	25	14	12

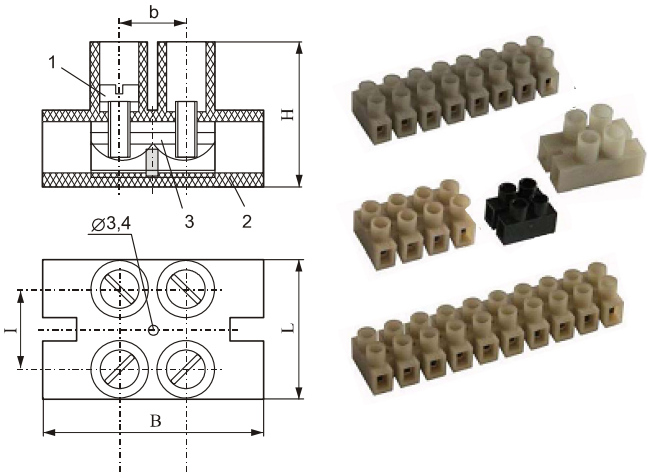


Рис. П2.29. Общий вид, габаритные и установочные размеры колодки клеммной светотехнической типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602 (1 — винт, 2 — корпус, 3 — прижимной контакт)

Таблица П2.7.2. *Основные параметры колодок клеммных типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602*

Тип колодки	Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм^2	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Частота сети, Гц
СОВ-2,50-103	До 2,50	250	10	50; 60
СОВ-4,00-602	До 4,00	380 (с низковольтным импульсом)	16	

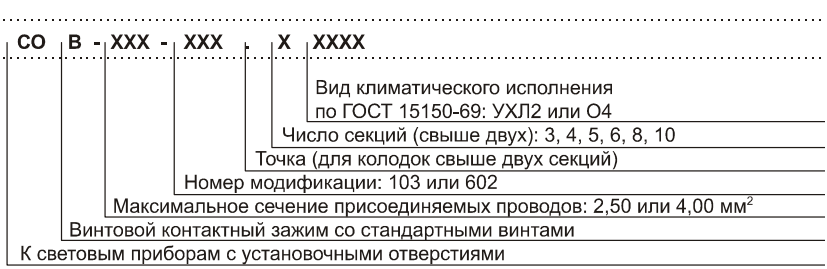


Рис. П2.30. Структура условного обозначения колодки клеммной типа СОВ-2,50-103 и СОВ-4,00-602

П2.8. Шины соединительные (гребенки) типа «штырь» или «вилка»

Габаритные размеры шин соединительных типа PIN («штырь») и FORK («вилка») производства компании «IEK» (**http://www.iek.ru/**) приведены в табл. П2.8.1.

Таблица П2.8.1. *Габаритные размеры шин соединительных типа PIN («штырь») и FORK («вилка») компании «IEK»*

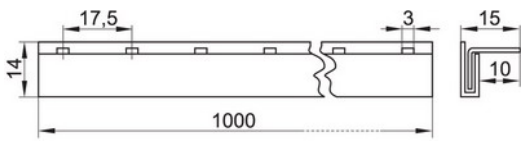
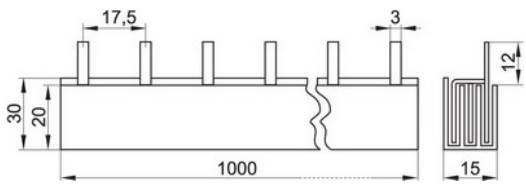
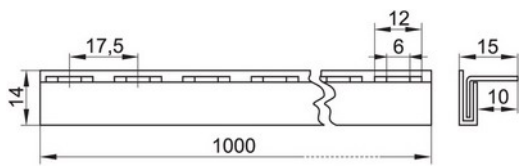
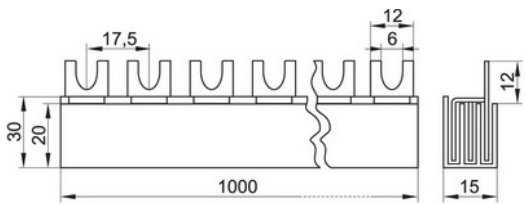
Вид и габаритные размеры	Наименование
	Шина соединительная типа PIN («штырь») 1Р 63А «ИЭК»
	Шина соединительная типа PIN («штырь») 2Р 63А «ИЭК»
	Шина соединительная типа PIN («штырь») 3Р 63А «ИЭК»
	Шина соединительная типа PIN («штырь») 4Р 63А «ИЭК»
	Шина соединительная типа FORK («вилка») 1-фазная «ИЭК»
	Шина соединительная типа FORK («вилка») 2-фазная «ИЭК»

Таблица П2.8.1 *(окончание)*

Вид и габаритные размеры	Наименование
	Шина соединительная типа FORK («вилка») 3-фазная «ИЭК»
	Шина соединительная типа FORK («вилка») 4-фазная «ИЭК»

Шины соединительные (гребенка) типа «вилка» или «штырь» производят различные фирмы, в связи с этим возможно отличие их обозначений. Обозначение гребенок, например, производства ООО «Производственно-торговая компания "ЭВС"» (г. Ярославль, **http://www.evs-yar.ru/grebenki_shiny_soedinit**) показано на рис. П2.31.

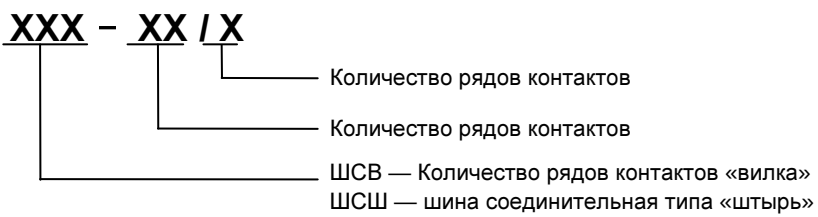


Рис. П2.31. Обозначение гребенок производства ООО «Производственно-торговая компания "ЭВС"»

П2.9. Шины нулевые

Габаритные размеры шин нулевых без изоляторов производства компании «IEK» (**http://www.iek.ru/**) приведены в табл. П2.9.1.

Таблица П2.9.1. *Габаритные размеры шин нулевых без изоляторов производства «IEK»*

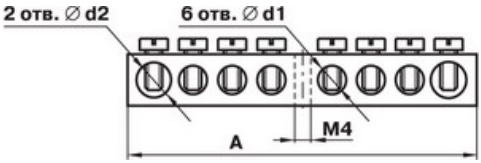
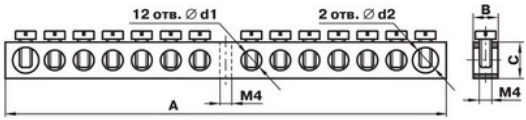
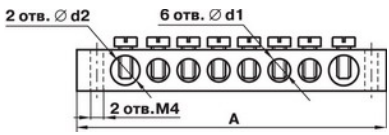
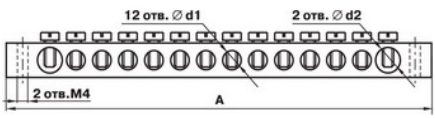
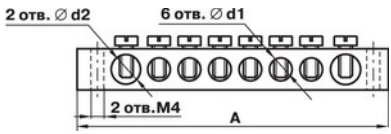
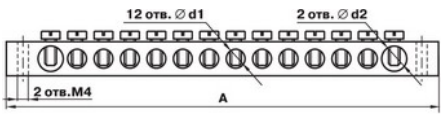
Наименование	Габаритные размеры, мм				Диаметр отверстия, мм	
	A	B	C	M	d1	d2
						
Шина «N» нулевая 6×9 мм 8/1 (8 групп/крепеж по центру) «ИЭК»	64,0	6,0	9,0	M4	4,0	5,2
						
Шина «N» нулевая 6×9 мм 14/1 (14 групп/крепеж по центру) «ИЭК»	109,0	6,0	9,0	M4	4,0	5,2
						
Шина «N» нулевая 6×9 мм 8/2 (8 групп/крепеж по краям) «ИЭК»	65,0	6,0	9,0	M4	4,0	4,0
						
Шина «N» нулевая 6×9 мм 14/2 (14 групп/крепеж по краям) «ИЭК»	115,0	6,0	9,0	M4	4,0	4,0

Таблица П2.9.1 *(окончание)*

Наименование	Габаритные размеры, мм				Диаметр отверстия, мм	
	A	B	C	M	d1	d2
						
Шина «N» нулевая 8×12 мм 14/1 (14 групп/крепеж по центру) «ИЭК»	109,0	8,0	12,0	M5	4,8	7,4
						
Шина «N» нулевая 8×12 мм 14/2 (14 групп/крепеж по краям) «ИЭК»	121,0	6,0	9,0	M4	4,0	5,2

Шины нулевые «IEK» комплектуются не только ставшими уже классическими угловыми изоляторами и DIN-изоляторами, но и DIN-изоляторами типа «стойка», а также корпусными изоляторами на DIN-рейку. Обозначение шин нулевых в сборе на изоляторах и в изоляции производства компании «IEK» приведено на рис. П2.32.

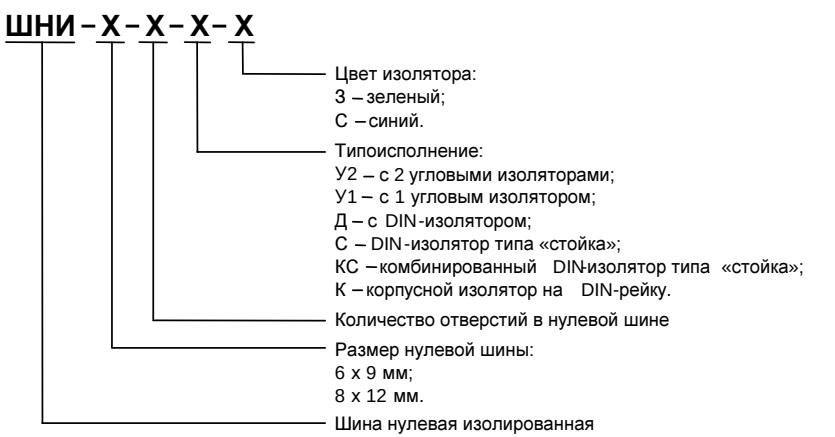


Рис. П2.32. Обозначения шин нулевых на изоляторах и в изоляции производства компании «IEK»

Габаритные размеры шин нулевых на изоляторах и в изоляции производства компании «IEK» приведены в табл. П2.9.2—П2.9.7.

Таблица П2.9.2. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной с двумя угловыми изоляторами производства «IEK»*

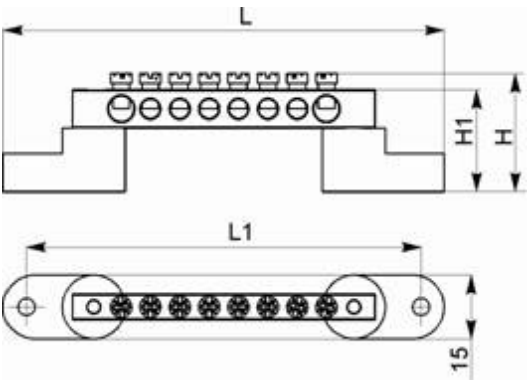
Обозначение	Размер шины и количество отверстий, мм, шт.	H, мм	H1, мм	L, мм	L1, мм
					
ШНИ-6×9-6-У2-С ИЭК	6×9, 6	24	28	93	82
ШНИ-6×9-8-У2-С ИЭК	6×9, 8			105	94
ШНИ-6×9-10-У2-С ИЭК	6×9, 10			119	108
ШНИ-6×9-12-У2-С ИЭК	6×9, 12			133	122
ШНИ-6×9-20-У2-С ИЭК	6×9, 20			173	162
ШНИ-6×9-24-У2-С ИЭК	6×9, 24			198	187
ШНИ-8×12-6-У2-С ИЭК	8×12, 6	27	32	99	88
ШНИ-8×12-8-У2-С ИЭК	8×12, 8			110	99
ШНИ-8×12-10-У2-С ИЭК	8×12, 10			121	110
ШНИ-8×12-12-У2-С ИЭК	8×12, 12			138	127
ШНИ-8×12-20-У2-С ИЭК	8×12, 20			193	182
ШНИ-8×12-24-У2-С ИЭК	8×12, 24			221	210

Таблица П2.9.3. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной в комбинированном DIN-изоляторе типа «стойка» производства «IEK»*

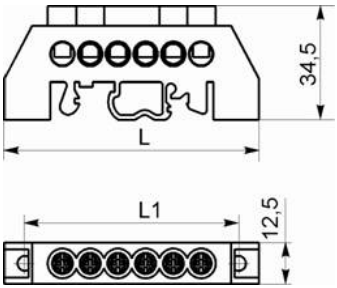
Обозначение	Кол-во отверстий, шт.	L, мм	L1, мм
			
ШНИ-8×12-6-КС-С ИЭК	6	78	66
ШНИ-8×12-8-КС-С ИЭК	8	95	83
ШНИ-8×12-10-КС-С ИЭК	10	112	100
ШНИ-8×12-12-КС-С ИЭК	12	129	115
ШНИ-8×12-14-КС-С ИЭК	14	146	134

Таблица П2.9.4. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной с одним угловым изолятором производства «IEK»*

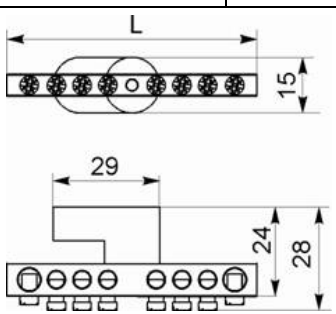
Обозначение	Кол-во отверстий, шт.	L, мм
		
ШНИ-6×9-6-У1-С ИЭК	6	55
ШНИ-6×9-8-У1-С ИЭК	8	68
ШНИ-6×9-10-У1-С ИЭК	10	83

Таблица П2.9.4 *(окончание)*

Обозначение	Кол-во отверстий, шт.	L, мм
ШНИ-6×9-12-У1-С ИЭК	12	96
ШНИ-6×9-20-У1-С ИЭК	20	110
ШНИ-6×9-24-У1-С ИЭК	24	136

Таблица П2.9.5. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной с DIN-изолятором производства «IEK»*

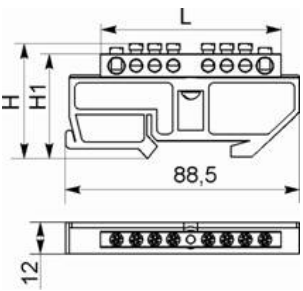
Обозначение	Размер шины и количество отверстий, мм, шт.	H, мм	H1, мм	L, мм
				
ШНИ-6×9-6-Д-С ИЭК	6×9, 6	43,5	40	55
ШНИ-6×9-8-Д-С ИЭК	6×9, 8			68
ШНИ-6×9-10-Д-С ИЭК	6×9, 10			83
ШНИ-6×9-12-Д-С ИЭК	6×9, 12			96
ШНИ-6×9-20-Д-С ИЭК	6×9, 20			110
ШНИ-6×9-24-Д-С ИЭК	6×9, 24			136
ШНИ-8×12-6-Д-С ИЭК	8×12, 6	46,5	43	61
ШНИ-8×12-8-Д-С ИЭК	8×12, 8			72
ШНИ-8×12-10-Д-С ИЭК	8×12, 10			83
ШНИ-8×12-12-Д-С ИЭК	8×12, 12			100
ШНИ-8×12-20-Д-С ИЭК	8×12, 20			160
ШНИ-8×12-24-Д-С ИЭК	8×12, 24			187

Таблица П2.9.6. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной с DIN-изолятором типа «стойка» производства «IEK»*

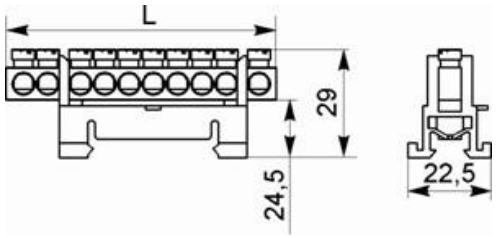
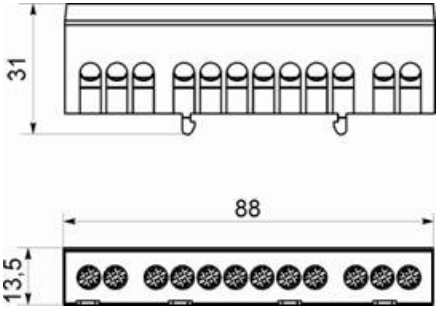
Обозначение	Кол-во отверстий, шт.	L, мм
		
ШНИ-6×9-10-С-С ИЭК	10	72
ШНИ-6×9-12-С-С ИЭК	12	85
ШНИ-6×9-14-С-С ИЭК	14	98

Таблица П2.9.7. *Габаритные размеры шины нулевой изолированной в корпусном изоляторе на DIN-рейку производства IEK*

Обозначение	Вид и габаритные размеры
ШНИ-6×9-12-К-3 ИЭК	

Приложение 3

П3.1. Изолированные наконечники для опрессовки многопроволочных проводов

Основные характеристики штыревых наконечников типа НШвИ (рис. П3.1, табл. П3.1.1):

- материал коннектора: медь М1;
- покрытие: электролитическое лужение;
- материал изоляции: поливинилхлорид (ПВХ);
- температурный диапазон: от −10 до +75 °С;
- инструмент для опрессовки: ПКВ-6, ПКВк-6, ПКВк-16, ПКВ-35, ПКИу-6.

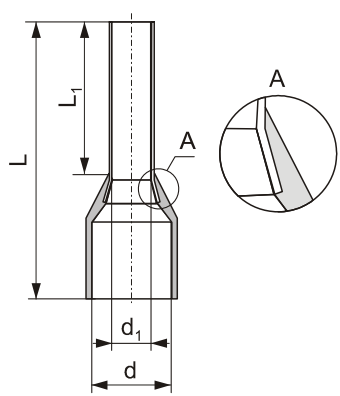


Рис. П3.1. Наконечник штыревой втулочный изолированный

Таблица П3.1.1. *Наконечники штыревые втулочные изолированные*

Артикул	Наименование	Размеры, мм				Сечение, мм^2	Цвет изоляции	Цена, руб.
		L_1	L	d	d_1			
К 0501	НШвИ 0,5-8 (КВТ)	8,0	14,0	2,6	1,0	0,5	Белый	0,40
К 0502	НШвИ 0,5-10 (КВТ)	10,0	16,0					0,42
К 0503	НШвИ 0,75-8 (КВТ)	8,0	14,0	2,8	1,2	0,75	Серый	0,42
К 0504	НШвИ 0,75-12 (КВТ)	12,0	18,0					
К 0505	НШвИ 1,0-8 (КВТ)	8,0	15,0	3,0	1,4	1,0	Красный	0,42
К 0506	НШвИ 1,0-12 (КВТ)	12,0	19,0					0,49
К 0507	НШвИ 1,5-8 (КВТ)	8,0	15,0	3,5	1,7	1,5	Черный	0,50
К 0508	НШвИ 1,5-18 (КВТ)	18,0	25,0					0,67
К 0509	НШвИ 2,5-8 (КВТ)	8,0	15,0	4,2	2,2	2,5	Синий	0,56
К 0510	НШвИ 2,5-18 (КВТ)	18,0	25,0					0,81
К 0511	НШвИ 4,0-9 (КВТ)	9,0	17,0	4,8	2,8	4,0	Серый	0,78
К 0512	НШвИ 4,0-18 (КВТ)	18,0	26,0					1,26
К 0513	НШвИ 6,0-12 (КВТ)	12,0	20,0	6,3	3,5	6,0	Желтый	1,26
К 0514	НШвИ 6,0-18 (КВТ)	18,0	26,0					1,58
К 0515	НШвИ 10,0-12 (КВТ)	12,0	21,0	7,6	4,5	10,0	Красный	1,87
К 0516	НШвИ 10,0-18 (КВТ)	18,0	27,0					2,14
К 0517	НШвИ 16,0-12 (КВТ)	12,0	21,0	8,8	5,8	16,0	Синий	2,05
К 0518	НШвИ 16,0-18 (КВТ)	18,0	27,0					2,67

Таблица П3.1.1 *(окончание)*

Артикул	Наименование	Размеры, мм				Сечение, мм^2	Цвет изоляции	Цена, руб.
		L_1	L	d	d_1			
К 0519	НШвИ 25,0-16 (КВТ)	16,0	27,0	11,2	7,3	25,0	Желтый	2,79
К 0520	НШвИ 25,0-22 (КВТ)	22,0	33,0					3,39
К 0521	НШвИ 35,0-16 (КВТ)	16,0	30,0	12,3	8,3	35,0	Красный	3,64
К 0522	НШвИ 35,0-25 (КВТ)	25,0	39,0					4,86

П3.2. Металлорукав Р3-ЦП в ПВХ-изоляции

Таблица П3.2.1. *Металлорукав в ПВХ-изоляции серого цвета*

Наименование	Кол-во метров в бухте	Номинальный диаметр	Внутренний диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Min эксплуатационный радиус изгиба, мм
Р3-ЦП нг 10	100	10	9,1	15,5	55
Р3-ЦП нг 12	100	12	12,0	15,0	75
Р3-ЦП нг 15	100/50	15	15,7	20,5	75
Р3-ЦП нг 20	50	20	21,0	26,0	90

Таблица П3.2.1 *(окончание)*

Наименование	Кол-во метров в бухте	Номинальный диаметр	Внутренний диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Min эксплуатационный радиус изгиба, мм
РЗ-ЦП нг 25	100/50	25	26,0	32,0	90
РЗ-ЦП нг 32	50/30	32	34,0	41,0	110
РЗ-ЦП нг 38	20	38	39,0	47,0	150
РЗ-ЦП нг 50	20/15	50	52,0	58,0	180
РЗ-ЦП нг 60	10	60	62,0	72,0	245
РЗ-ЦП нг 75	10	75	82,0	92,0	500
РЗ-ЦП нг 100	10	100	100,0	110,0	600

Таблица П3.2.2. *Металлорукав в ПВХ-изоляции черного цвета*

Наименование	Кол-во метров в бухте	Номинальный диаметр	Внутренний диаметр d, мм	Наружный диаметр D, мм	Min эксплуатационный радиус изгиба, мм
РЗ-ЦП 10	100	10	9,5	13,9	105
РЗ-ЦП 12	100	12	10,9	15,9	117
РЗ-ЦП 15	100	15	13,9	18,9	130
РЗ-ЦП 18	50	18	16,9	23,6	130
РЗ-ЦП 20	50	20	18,7	24,0	170

Таблица П3.2.2. *(окончание)*

Наименование	Кол-во метров в бухте	Номинальный диаметр	Внутренний диаметр d, мм	Наружный диаметр D, мм	Min эксплуатационный радиус изгиба, мм
РЗ-ЦП 25	50	25	23,7	30,8	325
РЗ-ЦП 32	25	32	30,4	38,0	325
РЗ-ЦП 38	25	38	36,4	44,0	325
РЗ-ЦП 50	15	50	48,0	58,7	400

Таблица П3.2.3. *Дополнительная таблица сопоставимых размеров*

Металлорукав РЗ-ЦП	Наружный диаметр РЗ-ЦП, мм	Соответствующий диаметр скобы, мм	
		однолапковые	двухлапковые
РЗ-ЦП 10 мм	15,0	16–17	19–20
РЗ-ЦП 12 мм	15,5	16–17	19–20
РЗ-ЦП 15 мм	20,5	21–22	25–26
РЗ-ЦП 20 мм	26,0	25–26	31–32
РЗ-ЦП 25 мм	32,0	31–32	38–40
РЗ-ЦП 32 мм	41,0	48–50	48–50
РЗ-ЦП 38 мм	47,0	48–50	—
РЗ-ЦП 50 мм	58,0	—	—

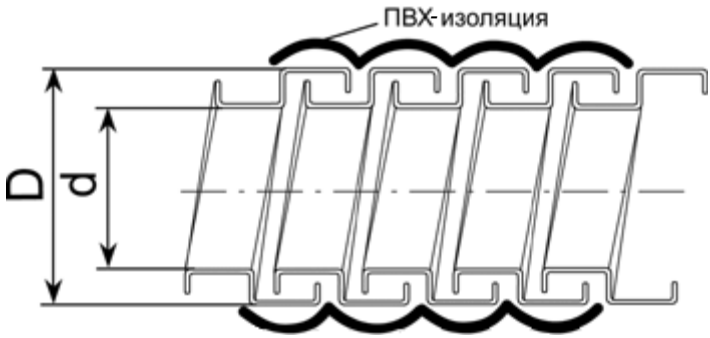


Рис. П3.2. Размеры металлорукавов в ПХВ-изоляции

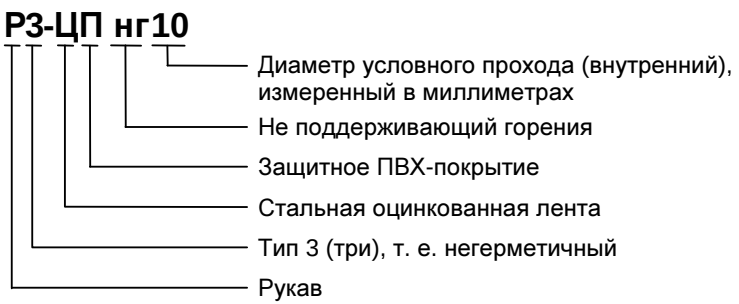


Рис. П3.3. Структура расшифровки условного обозначения металлорукава в ПВХ-изоляции

Рекомендуемые источники

К главе 1

1. *Грибовский А. А.* Измерение критических токов в керамическом сверхпроводнике резистивным методом. — **http://psj.nsu.ru/work/kurs/Gribovsk/grib.html**.
2. *Винтайкин Б. Е.* Физика твердого тела. — **http://fn.bmstu.ru/phys/bib/physbook/tom6/ch4/texthtml/ch4_3_text.htm**.
3. *Жеребцов И. П.* Электрические и магнитные цепи. Основы электротехники. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. — 256 с.
4. **http://www.electromonter.info/handbook/** — Справочник электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования.
5. **http://www.mukhin.ru/stroysovet/electro/** — Электричество в доме и на даче.
6. *Пестриков В. М.* Домашний электрик и не только... Книга 1. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника, 2006. — 240 с.
7. *Юшков А.* Конденсаторы ELECTRONICON для компенсации реактивной мощности // Компоненты и технологии. 2006. №3. — **http://www.kit-e.ru/articles/condenser/2006_3_116.php**.
8. *ГОСТ Р 50571.2-94* (МЭК 364-3-93). Электроустановки зданий. Часть 3. — М.: ГУП «НИАЦ», 1999.
9. **http://www.electric-house.ru/docyments.htm** — Правила устройства электроустановок. 7-е изд.

10. **http://www.know-house.ru/info_new.php?r=engineering&uid=63** — Система заземления.
11. **http://electromaster.ru/modules/myarticles/article.php?storyid=350** — Схемы электроснабжения. Системы заземления.
12. **www.vserinki.ru/sovety/statya_214.html** — Какой выбрать электротестер.
13. *Найфельд М. Р.* Заземления и защитные меры безопасности. — М.; Л.: Энергия, 1965. — 238 с.
14. **http://electricalschool.info/main/electrobezopasnost/52-okazanie-pomoshhi-pri-porazhenii.html** — Оказание помощи при поражении электрическим током.

К главе 2

1. *ГОСТ Р 51628-2000*. Щитки распределительные для жилых зданий. Общие технические условия.
2. **http://www.e380.ru/** — Подробно об УЗО.
3. **http://www.ikm.ru/main.html?/stati/s_4.html** — Электрика для профессионалов.
4. **http://www.lemz.spb.ru/** — ОАО «Ленинградский электромеханический завод» (ЛЭМЗ).
5. *Абрамов А.*, Матейчук И., Панфилов Д., Плавич М. Что стоит за цифровыми счетчиками электроэнергии // Chip news. 2000. №8. **— http://www.chip-news.ru/archive/chipnews/200008/18.html**.
6. *Аганичев А.*, Панфилов Д., Плавич М. Цифровые счетчики электрической энергии // Chip news. 2000. №2. С. 18–22.
7. **http://www.dialin.ru/** — ООО «Электротехническая компания «Диалин».
8. **http://elekroschetchik.ru/ustanovka/** — Электросчетчик.ру.

9. *Перебаскин А. В.* Влезай — не убьет! Реальная помощь домашнему электрику. — М.: Додэка-XXI, 2008. — 176 с.
10. **http://www.cheaz.ru/** — Предохранители автоматические резьбовые.
11. *Алексеев Д.* Автоматические выключатели (выбор и расчет). — **http://www.avr-electro.ru/production/katalog/AVM/avtomats_articl.htm**.
12. *Никифоров А.* Электрика в вашем доме. — Ростов н/Д: Феникс, 2001. — 128 с.
13. **http://www.nivona.ru/polezn_snip_02.htm** — Строительные нормы и правила. Электротехнические устройства (выдержки).
14. **http://www.ielectro.com.ua/** — Все об электротехнике.
15. **http://www.proektstroy.ru/** — Строительный интернет-портал.
16. **http://www.wago.ru/** — ООО «ВАГО Контакт Рус».
17. **http://www.decima.ru/wago/new.html?di=73** — Новая строительно-монтажная клемма серии 222.
18. **http://www.kvt.su/o_predpriyatii/** — Электротехнический завод «КВТ», г. Калуга.
19. **http://www.220net.ru/** — Опрессовка изолированных наконечников пресс-клещами марки КВТ.
20. **http://www.abn.ru/catalog/3m/connect.shtml** — Колпачковые электрические соединители Scotchlok™.
21. **http://electro.narod.ru/** — Практическое руководство для электриков и домашних мастеров.
22. **http://www.bridgecom.ru/equipment/index.php?id=236&firm=Ecoplast** — Короба и кабель-каналы.

К главе 3

1. *Каминский Е. А.* Квартирная электропроводка и как с ней обращаться. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 255 с.
2. *Шир И.* Сами устанавливаем электрооборудование / Пер. с нем. — М.: «Омега», 2007. — 96 с.
3. **http://www.electric-house.ru/mater.htm** — Электрика в доме.
4. **http://www.camremont.ru/** — Сам себе мастер или ремонт своими руками.
5. **http://remontgid.com/** — Все о ремонте и строительстве.
6. **http://www.elektro-master.ru/articles/metallorukav-fittings.htm** — Металлорукав и арматура для металлического рукава. Сферы применения.
7. **http://www.elektro-master.ru/materials/metallorukav-r3cp_pvc.htm** — Металлорукав Р3-ЦП в ПВХ-изоляции.
8. **http://www.metizi.com/about.phtml?a=167**8 — Кабель-каналы. Аксессуары к кабель-каналам.
9. **http://www.prestig.ru/news/?content=news&id=256** — WAGO. Серия 224-111-122.
10. **http://www.secoin.ru/bd/nakon/nakiz13.html** — Изолированные наконечники.
11. **http://www.electronpribor.ru/** — Приборы для измерения параметров петли короткого замыкания.

Предметный указатель

A

ABB, 166
AC, 87

C

CAGE CLAMP, 229

D

DC, 87
DIN-рейка, 311
  аксессуары, 312

N

NEVSKI PLASTEX, 294

P

PEN-проводник, 74

W

WAGO, 225
WEIDMULLER, 282

А

ABB
  тип, 169
Амперметр, 83
  включение в цепь, 84

Б

Бороздодел, 220
  особенности, 222

В

Ваттметр, 39
Вольтметр, 6, 85
выключатели, 398
Выключатели
  серии АЕ, 398
  серии АП, 404
Выключатель
  автоматический, 166
  двухклавишный, 315
  дифференциального тока, 129
  с безвинтовым зажимом, 299
  с винтовым зажимом, 299
  с металлической крепежной пластиной, 302

Г

Генератор переменного тока, 45

Д

Детектор скрытой проводки, 330
Диэлектрик, 8

З

Заглушка
  концевая изолирующая, 249
Зажим
  прокалывающий, 270
  соединительный изолирующий, 254
Закон
  Джоуля — Ленца, 36
  Ома, 23
  Ома для полной цепи, 34
Зануление, 67
Защитное заземление, 66

И

Изолятор, 8
Инструмент
  для монтажа провода, 212
  для опрессовки, 417
  для снятия изоляции, 242
Инструменты
  для монтажа выключателя, 299
  для монтажа электроустановочных изделий, 297
  для подключения люстры, 320
Искатель скрытой проводки ЛИС, 332
Искусственное дыхание, 115

К

Кабель
  действия при обнаружении повреждения, 211
  обнаружение места обрыва, 331
  определение глубины залегания, 333
  протаскивание через гофроканал, 309
Кабель-канал, 292
  гофрированный, 309
Киловатт-час, 39
Класс точности, 82
  электросчетчика, 143
Клеммная колодка, 231
  универсальная ответвительная, 275
Клеммы
  WAGO, 226
Колодка
  клеммная типа СО, 406
  клеммная типа СОВ, 407
Короб, 293
Коробка
  монтажная, 278
Коронки алмазные, 217
Короткое замыкание, 35, 40, 189, 334
  причины, 334
  расчет тока, 191
Коэффициент мощности, 58
  повышение, 61

Л

Лазерный уровень
  технические характеристики, 330
Люстра
  выбор выключателя, 316
  определение нулевого провода, 317
  подключение с помощью клеммной колодки, 322
  подключение с помощью самозажимных клемм, 325
  подключение с помощью экспресс-клемм, 320
  последовательность монтажа, 316
  способы подключения, 314

М

Марка провода, 201
Металлорукав, 305
Монтажные коробки, 299
Мощность
  активная, 57
  единицы измерения, 38
  полная, 57
  реактивная, 57
  электрического тока, 38
Мультиметр, 86

Н

Наконечник, 237
  НВИ, 239
  НКИ, 239
  НШвИ, 324
Напряжение
  безопасное для человека, 107
  единицы измерения, 6
  при параллельном соединении, 30
  при последовательном соединении, 28

Неисправность
электропроводки, 334
Непрямой массаж сердца, 116

О

Опрессовка, 245
медных проводов, 325
Отвертка
индикаторная, 100
Ответвитель
типа ОВ, 273

П

Перфоратор, 216
Плавкая вставка, 180
Плавкий предохранитель
параметры, 180
Предохранители, 42
предохранитель
трубочный, 184
Предохранитель
автоматический, 187
плавкий, 165
пробочный, 183
Припой, 259
Провод
выбор типа, 192
заделка конца, 241
марка, 201
обжим, 245
оконцевание, 245
ответвление, 266
расчет необходимого сечения, 198
скрутка, 250
соединение сваркой, 261
способы соединения, 224
структура обозначения по
международной системе, 207
укладка в электротехнический
плинтус, 215
Проводка. *См.* Электропроводка
Проводник, 6

Р

Расцепитель, 166
Резистор, 14
условное обозначение на схеме, 17
Реостат, 14

С

Сжим
ответвительный, 268
Сила тока, 4
единицы измерения, 4
Система
IT, 77
TN-C, 69
TN-C-S, 72
TN-S, 70
TT, 75
Соединительный колпачок, 253
COM, 87
Сопротивление
активное, 50
единицы измерения, 10
емкостное, 54
индуктивное, 53
полное, 34
при параллельном соединении, 31
при последовательном
соединении, 27
эквивалентное, 27
Схема
замещения, 21
принципиальная, 21
этажного электрощитка, 79
Счетчик. *См.* Электросчетчик

Т

Температурный коэффициент
сопротивления, 25
Тестер, 87
Fluke серии 1650, 327

Ток
дифференциальный, 130
при параллельном соединении, 31
при последовательном соединении, 27

У

Узел, 30
УЗО
принцип действия, 131
тип, 132
типичные ошибки при использовании, 133
УЗО-вилка, 136

Х

Холостой ход, 35

Ч

Частота
круговая, 48
переменного тока, 48

Ш

Штепсельная розетка, 302
последовательность монтажа, 303
Штроборез, 217

Щ

Щиток
распределеительный, 118
учетно-распределительный, 118
Щиток ЩК
структура условного обозначения, 126
Щиток ЩЭ
структура условного обозначения, 119

Э

ЭДС, 5
Экспресс-клеммы, 227, 319
Электрический ток
в проводнике, 8
направление, 3
причины поражения, 108
Электродвижущая сила, 5
Электроизмерительные приборы
параметры, 82
стрелочные, 80
цифровые, 80
Электропроводимость, 13
Электропроводка
выбор вида, 287
способы прокладки, 289
Электросчетчик
индукционный, 145
индукционный параметры, 382
контрольный, 164
передаточное число, 146
перечень документов для подключения, 158
постоянная, 146
проверка, 162
производители, 139
расчет потребляемой энергии, 160
типичные неисправности, 140
установка, 157
цифровой, 149
электронно-механический параметры, 386
электронный, 148
электронный параметры, 390
Электротехнический плинтус, 307

Уважаемые господа!

**Издательство «БХВ-Петербург»
приглашает авторов научно-популярной литературы:
историков, политологов, психологов, бизнес-тренеров и журналистов,
а также людей из мира искусства, желающих поделиться
секретами мастерства.**

- **Если вы знаете и умеете то, что не знают и не умеют другие;**
- **Если вам не нравится то, что уже написано;**
- **Если у вас много идей и творческих планов**

НАПИШИТЕ ВМЕСТЕ КНИГУ С «БХВ-ПЕТЕРБУРГ»!

**Ждем в нашем издательстве как опытных,
так и начинающих авторов и надеемся
на плодотворную совместную работу.
С предложениями обращайтесь
к главному редактору Екатерине Кондуковой.**

**Телефоны:
+7 (812) 251-42-44, 320-06-42**

**190005, г. Санкт-Петербург,
Измайловский пр., д. 29, лит. А.**

bhv®

**vkontakte.ru/club642726
E-mail: kat@bhv.ru**

www.bhv.ru

www.bhv.ru

Марк Р. Миллер, Рекс Миллер, Гленн И. Бейкер

Современный квартирный сантехник

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

Лучшее наглядное руководство по домашней сантехнике

Книга представляет собой подробное и наглядное руководство по выполнению большинства сантехнических работ в доме, начиная с выбора материалов и составления сметы и заканчивая установкой раковин, моек, унитазов, а также бытовых приборов (стиральных и посудомоечных машин, водонагревателей и пр.). Описаны работы по замене сантехники, а также выполнение срочных работ по прочистке засоров в раковинах, ремонту смесителей, сливных бачков и других сантехнических приборов, а также устранению разрывов в трубах. Показаны особенности работы с различными типами труб (медными, пластиковыми, оцинкованными, чугунными, керамическими, стекловолоконными и др.).

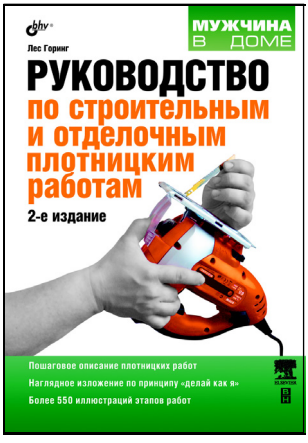
375 иллюстраций наглядно демонстрируют все этапы выполняемых работ.

www.bhv.ru

Лес Горинг
Руководство по строительным и отделочным плотницким работам, 2-е изд.

Магазин "Новая техническая книга"
СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10
www.techkniga.com

Отдел оптовых поставок
E-mail: opt@bhv.spb.su



Перед началом работы
- Чтение строительных чертежей
- Плотницкие инструменты и крепежные изделия
- Изготовление строительного оборудования и ящика для инструментов

Окна и двери
- Установка дверных обвязок, коробок и блоков
- Подгонка и навешивание дверей
- Установка замков, защелок и дверной фурнитуры
- Установка окон в деревянных и других рамах

Обрешетки под внутренние и внешние декоративные детали
- Обрешетки под плинтусы
- Обрешетки под облицовку проемов и стен

Лестницы и перила
- Порядок расчетов
- Монтаж ступеней и перил

Крыши
- Расчет геометрических размеров крыши
- Порядок возведения различных типов крыши
- Чердачный люк, отверстие для дымовой трубы и др.

Каркасные деревянные перегородки
- Соединение стоек и перемычек
- Соединение перегородок с полом и потолком

Арки
- Геометрия различных типов арок
- Изготовление и установка кружал для арок

www.bhv.ru

Дубневич Ф.
Ремонт и отделка загородного дома

Магазин "Новая техническая книга"
СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10
www.techkniga.com

Отдел оптовых поставок
E-mail: opt@bhv.spb.su

В популярной и доступной форме описаны основные вопросы отделки и ремонта загородных домов и дачных домиков с применением как современных технологий и материалов, так и традиционных. Рассмотрены:

- осмотр и проверка технического состояния основных конструкций загородного дома, самостоятельное выявление их неисправностей и дефектов;
- современные и традиционные строительные материалы, применяемые при ремонте и строительстве;
- плотницкие и столярные работы при ремонте загородного дома;
- ремонт фундамента стен, цокольных, межэтажных и чердачных перекрытий, крыши и кровли, деревянных и железобетонных лестниц, межкомнатных перегородок;
- наружная отделка загородного дома;
- внутренняя отделка загородного дома;
- ремонт и замена полов, окон и дверей;
- возведение и ремонт печей, каминов, дымоходов и дымовых труб и др.

Дубневич Федор Федорович, профессиональный строитель, специалист в области промышленного и гражданского строительства. Участвовал в проектировании жилых и общественных зданий в Санкт-Петербурге, высотных жилых и уникальных общественных зданий в Москве, а также в проектировании и строительстве малоэтажных домов в Подмосковье. Автор популярной книги «Как построить дачу за полцены».

www.bhv.ru

Дубневич Ф. Ф.
Как построить дачу за полцены

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

- Планировка и строительство дома
- Столярные и плотничные работы
- Печи и камины

Если вы хотите своими руками и недорого построить уютный дом и благоустроить садовый участок, то эта книга, выдержавшая уже два издания и ставшая бестселлером, для вас. В ней вы найдете советы и рекомендации по выбору проекта дома, подготовке участка к строительству, фундаментным работам, возведению стен и перекрытий, по устройству крыши и кровельным работам, установке окон и дверей. Большое внимание уделено столярным и плотничным работам: внутренней отделке помещений, хозяйственным постройкам, ограждению участка и др. Подробно описана кладка печей и каминов. В новом издании рекомендованы современные строительные материалы и соответствующие им технологии.

Дубневич Федор Федорович, профессиональный строитель, специалист в области промышленного и гражданского строительства. Участвовал в проектировании жилых и общественных зданий в Санкт-Петербурге, высотных жилых и уникальных общественных зданий в Москве, а также в проектировании и строительстве малоэтажных домов в Подмосковье.

www.bhv.ru

Картрайт П.
Кирпичная кладка. Уроки мастера

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

- Основы кирпичной кладки
  - Кирпичи, растворы, инструменты и приспособления
  - Базовые приемы работы
  - Расчеты, разметка и подготовка к работе
  - Встраивание коммуникаций в полую кладку
  - Устройство гидроизоляции
- Кладка при сложном строительстве
  - Сооружение перемычек
  - Обрезка кирпича на уклоне
  - Разметка наклонных поверхностей
  - Кирпичные арки, эркеры, камины
  - Ремонт и замена кладки
- Креативные проекты
  - Кирпичные кухня, бар и барбекю
  - Кладка кирпичного водогрея на дровах, ямы для компоста, водопада со спиральной аркой и др.
- Секреты мастерства
  - Очистка и отделка кладки
  - Расчет количества кирпичей и составление сметы
  - Работа на подряде
  - Организация работы

Питер Картрайт (Peter Cartwright), профессиональный каменщик с более чем 30-летним опытом практической работы.

www.bhv.ru

Клаудия Лоренц-Ладенер
Как построить и оборудовать погреб

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

Переоборудование старых и создание новых помещений для круглогодичного хранения свежих овощей и фруктов

Книга будет полезна всем, кто сталкивается с проблемой длительного хранения большого количества свежих фруктов и овощей, собранных на собственном участке или закупленных на зиму. В ней:

- описаны методы хранения фруктов и овощей вне дома: в земляных ямах, буртах, ледяных хранилищах, погребах различных типов и др.
- показано, как переоборудовать подвальное помещение в погреб с естественным охлаждением;
- на конкретных практических примерах описан процесс строительства различных типов погребов с естественным охлаждением: от выбора материалов до создания гидроизоляции и оборудования системы вентиляции;
- показано, как самостоятельно изготовить «холодильник» без льда и электричества, сделать настоящую холодильную камеру и т. п.;
- даны ценные рекомендации по хранению различных сортов фруктов и овощей, а также орехов, вина и других продуктов. Показано изменение содержания витаминов в фруктах и овощах вследствие хранения.

Клаудия Лоренц-Ладенер, дипломированный инженер в области промышленного дизайна и архитектуры. Коммерческий директор издательства научно-популярной литературы. Богатый урожай с двух яблонь ее сада побудил Клаудию основательно задуматься о хранении свежих фруктов и овощей.

www.bhv.ru

Стайлс Д.

Забавные постройки для вас и ваших детей: дома на деревьях, хижины, плоты, лодки, игрушки

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

Если ваш ребенок попросит построить вигвам, лошадь или кукольный домик, не теряйтесь и не впадайте в панику. Лучше сразу обратитесь к этой книге.

В ней описана масса забавных проектов для детей и их родителей, которые можно реализовать на своих дачных участках или просто в лесу. Книга начинается с основ плотницкого дела, обсуждения инструментов и материалов, а затем — схемы построек и поделок всего, о чем только могут мечтать ребенок или родитель.

Приведены несложные пошаговые инструкции для постройки домиков на деревьях, крепости, хижин, вигвама из веток и брезента, снежного дома эскимосов и др. Показано как разнообразить свой отдых у водоема и построить плот в стиле Геккльберри Финна, вёсельную лодку, парусник, тарзанку и др. Описаны различные «забавные штуки, которые могут сделать и сами дети»: сокровищница, игрушечная пушка, катапульта, арбалет, космический или пиратский корабль и др.

Дэвид Стайлс, король проектов «сделай сам», выступает в роли мастера на все руки, живущего по соседству, который с энтузиазмом помогает выполнить всю работу быстро и без особых затруднений.

www.bhv.ru

Кашкаров А.
Современный квартирный сантехник, строитель и электрик

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

Кашкаров Андрей Петрович, писатель, публицист. Член Российского межрегионального союза писателей, действительный член Академии русской словесности и изящных искусств им. Г. Р. Державина, член Российского психологического общества и Союза радиолюбителей России. Ведущий рубрики журнала «Магия дома». Автор более 50 научно-популярных книг по радиоэлектронике, домашней электротехнике, мобильной связи.

Практические рекомендации и пошаговые инструкции по проведению сантехнических работ, подключению бытовой техники, установке электрооборудования и осуществлению строительных и ремонтных работ в квартире и в доме.

Сантехнические работы

- Водоснабжение
- Ремонт и замена труб
- Подключение стиральных и посудомоечных машин
- Установка кранов, смесителей, радиаторов

Строительные работы

- Застекление лоджий
- Установка и замена стеклопакетов
- Создание внутриквартирных перегородок

Электрика

- Подвод электроэнергии от щитка к розеткам
- Заземления бытовой техники
- Монтаж розеток, выключателей, люстр и светильников
- Экономия электроэнергии

www.bhv.ru

Пестриков В. М.
Современный дачный электрик

Магазин "Новая техническая книга"

СПб., Измайловский пр., д. 29, тел.: (812) 251-41-10

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.spb.su

Готовые электротехнические решения для загородного дома с использованием современных технологий, материалов и оборудования.

Электричество в загородном доме

— подвод электроэнергии к дому

— электропроводка в загородном доме

Автономные источники электроэнергии

— дизельные и бензиновые электрогенераторы

— ветрогенераторы, термогенераторы, солнечные батареи

Обогрев жилища

— выбор и подключение обогревателей

— теплые полы

Водоснабжение дома

— конструкция трубопровода и установка насосной станции

— домашние водонагреватели: выбор и подключение

Электродвигатели в быту

— особенности электродвигателей бытовых электроустройств

— включение мощных трехфазных двигателей в однофазную сеть

Электродуговая сварка на даче

— оборудование для электросварки

— технология сварки

Садовые электрические инструменты

— электрические триммер и тяпка

— электроинструмент для стрижки живой изгороди