

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.
ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 6-05-0812-04 «Энергетическое обеспечение
сельского хозяйства»*

Минск
БГАТУ
2025

УДК 621.31(07)
ББК 31.26я7
М77

Авторы:

старший преподаватель *М. В. Янко*,
старший преподаватель *И. А. Павлович*,
старший преподаватель *С. С. Нефедов*,
старший преподаватель *В. В. Богданович*,
кандидат физико-математических наук, доцент *С. М. Барайшук*

Рецензенты:

кафедра энергоэффективных технологий
УО «Международный государственный
экологический институт имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета
(кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры *В. А. Пащинский*);
кандидат технических наук,
начальник отдела технического контроля
ОАО «ТерраЦинк» *А. Н. Скрипко*

Монтаж и обслуживание электроустановок. Практикум : учебно-
М77 методическое пособие / М. В. Янко, И. А. Павлович, С. С. Нефедов
[и др.]. – Минск : БГАТУ, 2025. – 164 с.
ISBN 978-985-25-0283-2.

Содержит краткие теоретические сведения, порядок выполнения, правила оформления и контрольные вопросы к каждой работе. Рассмотрены классификация, основные характеристики, устройство и принцип работы электрооборудования, применяемого в агропромышленном комплексе; основные способы измерения электрических и неэлектрических величин; инструменты и расходные материалы к ним; основы организации и выполнения электромонтажных работ и технического обслуживания электрооборудования.

Для студентов, обучающихся по специальностям 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 6-05-0812-04 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства».

УДК 621.31(07)
ББК 31.26я7

ISBN 978-985-25-0283-2

© БГАТУ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Практическая работа № 1 ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ	5
Практическая работа № 2 ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	33
Практическая работа № 3 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ.....	53
Практическая работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ И КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	88
Практическая работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ.....	114
Практическая работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО И СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	132
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	162

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Монтаж и обслуживание электроустановок» является основной в процессе освоения студентами рабочей профессии электромонтера по ремонту и обслуживанию электроустановок. Практикум обеспечивает систематизацию и закрепление знаний, полученных во время лекционных и практических занятий. Практические работы позволяют студентам теоретически изучить устройство, принцип работы и классификацию основного электрооборудования, применяемого в АПК РБ.

Кроме того, в процессе освоения указанной учебной дисциплины студенты получают навыки выполнения электромонтажных работ, которые развивают и совершенствуют в процессе прохождения ознакомительной инженерной и производственной электромонтажной практики. Дополнительно студенты изучают порядок организации и технологию обслуживания различных видов электрооборудования, используемого на предприятиях АПК, что в совокупности с приобретенными навыками является важным элементом практической профессиональной подготовки инженеров-электриков.

Рекомендации по оформлению работ

Отчет следует выполнять в тетради для практических работ по дисциплине «Монтаж и обслуживание электроустановок». В отчете должны приводиться следующие пункты:

1. Номер и название практической работы.
2. Цель и задачи работы.
3. Результаты выполнения упражнений.
4. Общий вывод по выполненной практической работе.

Практическая работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить характеристики ручной и механизированной обработки материалов.

Задачи работы: изучить разметку поверхностей; рубку, правку и гибку металлов; резку материалов по разметке и без нее; приемы опилования плоских поверхностей; технологию сверления сквозных отверстий; технологию нарезания резьбы резьбонарезными инструментами.

1.1. Разметка поверхностей

При выполнении работ по монтажу и обслуживанию электрооборудования производятся следующие слесарные операции: разметка, рубка, правка, гибка различных материалов.

Разметка – операция нанесения на обрабатываемую заготовку разметочных линий, определяющих контуры будущей детали или места, подлежащие обработке. Точность, достигаемая при обычных методах разметки, составляет примерно 0,5 мм. При точной разметке ее можно повысить до сотых долей миллиметра.

Для нанесения разметок с целью обозначения границ изготавливаемой детали используются различные измерительные средства, чертилки, рейсмусы и керны.

Измерительные линейки применяют для измерения с нужной точностью внутренних и наружных размеров плоских деталей. Измерения линейкой производят путем ее прикладывания к измеряемой детали.

Измерительная рулетка предназначена для определения размеров линейных объектов.

Угольник – чертежный, слесарный, столярный инструмент для построения углов – обычно представляет собой прямоугольный треугольник с острыми углами 30° и 60° или 45°. Является разновидностью линейки.

Чертилки (рис. 1.1) предназначены для нанесения линий (рисок) на размечаемую поверхность с помощью линейки, угольника или шаблона. Их изготавливают из инструментальной стали. Угол заострения – 15° – 20° .

Чертилка с отогнутым концом представляет собой заостренный с двух сторон стальной стержень, один конец которого отогнут под углом 90° . Средняя часть чертилки утолщена, для удобства на ней сделана накатка. Отогнутым концом наносят риски в труднодоступных местах.



Рис. 1.1. Чертилки:
а – с кольцом; б – со вставными иглами;
в – с отогнутым концом; з – циркуль разметочный;
1 – кольцо; 2 – ручка; 3 – стержень

Кернер – слесарный инструмент, применяющийся для нанесения углублений (кернов) на предварительно размеченных линиях (керны делают для того, чтобы риски были отчетливо видны и не стирались в процессе обработки детали). Различают кернеры обыкновенные, специальные, пружинные (механические), электрические и др. Обыкновенный кернер (рис. 1.2) представляет собой стальной стержень длиной 100, 125 или 160 мм и диаметром 8, 10 или 12 мм соответственно.

Рейсмус, или рейсмас, – инструмент для проведения на заготовке разметочных линий, параллельных выбранной базовой линии, или перенесения размеров с чертежей на заготовку (рис. 1.3).

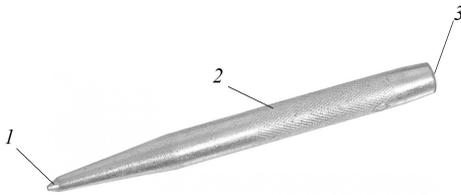


Рис. 1.2. Кернер:
1 – часть рабочая;
2 – стержень; 3 – боёк

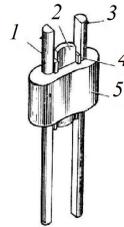


Рис. 1.3. Рейсмус:
1 – брусочек передвижной;
2 – клин; 3 – шпилька;
4 – прокладки; 5 – колодка

1.2. Рубка, правка и гибка металла

Рубка металла применяется в тех случаях, когда по условиям производства станочная обработка трудновыполнима или нерациональна.

Рубка – слесарная операция, при которой с поверхности заготовки с помощью режущего и ударного инструментов удаляется слой металла или заготовка разделяется на части.

Рубка является черновой, предварительной операцией. Она предназначена для подготовки заготовки к последующей обработке. Рубка производится для удаления с заготовок больших неровностей, заусенцев, острых кромок, литейной корки, вырубания пазов и канавок, вырубания отверстий в листовом материале. За один проход может быть удален слой металла до 2 мм. Точность обработки составляет 0,5–1,0 мм.

Режущим инструментом при рубке являются зубило, канавочник и крейцмейсель; ударным – молоток.

Зубило (рис. 1.4, *а*) состоит из рабочей, средней и ударной частей. Рабочую часть затачивают для образования режущей кромки.

Зубило изготавливают длиной 100, 125, 160, 200 мм и шириной рабочей части 5, 10, 16, 20 мм соответственно. Рабочую часть зубила закаливают на 0,3–0,5 длины с последующим отпуском.

Крейцмейсель (рис. 1.4, *б*) имеет те же элементы, что и зубило. Отличается более узкой режущей кромкой и формой рабочей части. Предназначен для прорубания пазов и канавок. Ширина режущей кромки – 2, 5, 8, 10, 12 мм.

Канавочник (рис. 1.4, в) – разновидность крейцмейселя с закругленной режущей кромкой для вырубания канавок сложного профиля. Изготавливают длиной 80, 100, 120, 150, 200, 300, 350 мм и радиусом закругления режущей кромки 1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм.

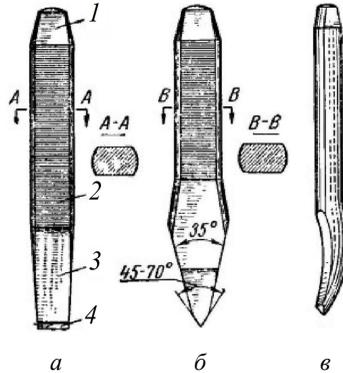


Рис. 1.4. Инструмент для рубки:

a – зубило; *б* – крейцмейсель; *в* – канавочник;

1 – часть ударная; 2 – часть средняя; 3 – часть рабочая; 4 – кромка режущая

Слесарные молотки изготавливают двух типов: молотки с квадратным бойком (рис. 1.5, а) и молотки с круглым (рис. 1.5, б). Молоток состоит из ударника и рукоятки. Основной характеристикой молотка является его масса.

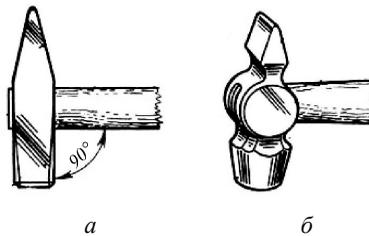


Рис. 1.5. Молотки:

a – с квадратным бойком; *б* – с круглым бойком

Рукоятки молотков изготавливают из дерева твердых пород (береза, дуб, ясень) или синтетических материалов. Конец рукоятки с насаженным ударником расклинивают.

Для тяжелых работ применяют молотки массой 4–16 кг – кувалды.

Кроме молотков со стальными ударниками при сборке и ремонте механизмов и машин применяют молотки со вставками из мягких металлов (медь, алюминий, свинец) или резины, а также деревянные молотки с круглыми и прямоугольными ударниками.

Правка – операция по выправке заготовок и деталей, имеющих вмятины, искривления, коробления. При этом заготовке или детали придается первоначальная форма. Править можно только пластичные материалы. Металл подвергается правке в холодном и горячем состоянии. Выбор способа правки определяется величиной прогиба, размерами детали и материалом.

Рихтовка – правка закаленных деталей, а также деталей, изогнутых через ребро жесткости. При рихтовке производится вытяжка вогнутой стороны детали. Точность рихтовки может составлять 0,01–0,05 мм.

Правка может выполняться: ручным способом – на плитах или наковальнях, машинным способом – на прессах и вальцах.

Правильные плиты изготавливают из стали или серого чугуна. Масса плиты должна быть в 80–150 раз больше массы молотка. Плита устанавливается на подкладки и выравнивается по горизонтали. Рабочая поверхность должна быть ровной и чистой.

Рихтовальные бабки изготавливают из стали и закаливают. Рабочая поверхность может быть цилиндрической или сферической с радиусом закругления 150–200 мм.

Молотки для правки применяют с круглыми полированными бойками. Молотки с квадратными бойками оставляют забоины на металле.

Молотки со вставками из мягких металлов применяют для правки заготовок из цветных металлов и окончательно обработанных деталей.

Деревянные молотки – киянки – применяют для правки тонколистовых металлов.

Деревянными или металлическими брусками-гладилками правят (выглаживают) на ровной плите очень тонкие листовые металлы.

Гибка – способ обработки давлением, при котором заготовке или ее части придается изогнутая форма.

Гибке подвергают только пластичные материалы. Сущность гибки состоит в том, что под действием сил, превышающих внутренние силы упругости металла, заготовка пластически деформируется и одна ее часть перегибается по отношению к другой на заданный угол. Гибка может выполняться вручную или на гибочных машинах.

Ручная гибка деталей из листового и полосового металла выполняется слесарными молотками или молотками с мягкими бойками в тисках, на плите или с помощью специальных приспособлений. Тонколистовой материал гнут киянками. Детали из проволоки диаметром до 3 мм гнут плоскогубцами или круглогубцами.

Детали с разными радиусами кривизны из профилей получают гибкой на трехроликовых и четырехроликовых гибочных станках. Детали в форме круга, спирали и с переменной кривизной изготавливают на четырехроликовых станках.

1.3. Резка материалов по разметке и без нее

Резка – процесс удаления с заготовки слоя материала.

Резание осуществляется при выполнении большинства слесарных операций: рубки, опиливания, шабрения, сверления и др.

Форма режущей части любого режущего инструмента представляет собой клин. От того, как заострен клин и как он установлен по отношению к обрабатываемой заготовке, зависит сила, которую надо приложить, прочность инструмента и величина удаляемого слоя металла.

Чем меньше угол заострения, тем меньшее усилие требуется для снятия слоя металла (стружки), но меньше становится и прочность инструмента. Следовательно, при увеличении твердости обрабатываемого материала угол заострения клина должен увеличиваться.

Ручные ножницы (рис. 1.6) применяются для резания стальных листов толщиной 0,5–1,0 мм и листов из цветных металлов толщиной до 1,5 мм. Ручные ножницы изготавливают с прямыми и кривыми режущими лезвиями.



Рис. 1.6. Ручные ножницы по металлу

По расположению режущей кромки лезвия ножницы делятся на правые (скос на каждой части режущей половины находится с правой стороны) и левые (указанный скос находится с левой стороны).

Длина ножниц равна 200, 250, 320, 360 и 400 мм, режущей части (от острых концов до шарнира) – 55–65, 70–82, 90–105, 100–120 и 110–130 мм соответственно. Хорошо заточенные и отрегулированные ножницы должны резать бумагу.

Маховые ножницы широко используются для резки листового металла толщиной 1,5–2,5 мм (сталь, дюралюминий и т. п.) и металлических изделий значительной длины.

Ножницы с наклонными ножами (гильотинные) позволяют резать листовую металл толщиной до 32 мм, листы размерами 1000–32 000 мм, реже – полосовой прокат, а также листовые неметаллические материалы.

Ручная ножовка (рис. 1.7) – инструмент, предназначенный для резания толстых листов полосового, круглого и профильного металла либо неметаллических материалов, а также для прорезания шлицев, пазов, обрезки и вырезки заготовок по контуру и других работ.

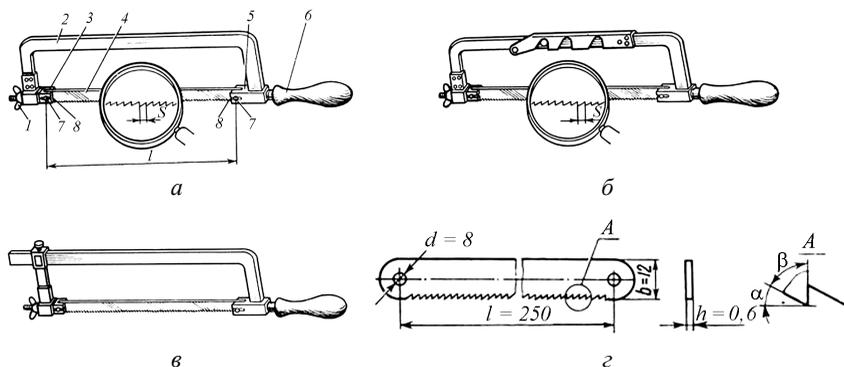


Рис. 1.7. Ручная ножовка:

- a* – цельная; *б* – раздвижная; *в* – с передвижным держателем; *г* – полотно ножовочное;
- 1* – гайка-барашек; *2* – рамка (станок); *3* – головка подвижная;
- 4* – полотно ножовочное; *5* – головка неподвижная;
- 6* – хвостовик с ручкой; *7* – штифты; *8* – прорези

Ножовочное полотно представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с двумя отверстиями и с зубьями на одном или обоих ребрах. В зависимости от назначения ножовочные полотна подразделяются на ручные и машинные.

Размер (длина) ручного ножовочного полотна определяется по расстоянию между центрами отверстий под штифты; длина закреп-

ления полотна для ручной пилы составляет 250–300 мм, высота – 13 и 16 мм, толщина – 0,65 и 0,80 мм.

Угол заточки α и угол возвышения β зубьев ножовочного полотна зависят от твердости обрабатываемого материала. Для резки более твердых материалов применяют полотна, у которых угол заточки зубьев больше, для резания мягких материалов – те, у которых угол заточки меньше. Полотна с большим углом заточки более износостойчивы.

1.4. Опиливание плоских поверхностей

Опиливание – операция по снятию напильником небольшого слоя материала вручную или на опилочных станках. С помощью напильников можно обрабатывать наружные и внутренние поверхности деталей любой формы. Точность обработки опилением составляет от 0,500 до 0,050 мм, в отдельных случаях до 0,001 мм.

Слесарный напильник представляет собой стальной брусок определенного профиля и длины, имеющий рабочую часть и хвостовик (рис. 1.8). На одной или нескольких поверхностях рабочей части выполнены зубья (насечки) напильника, являющиеся режущими элементами инструмента.

Зубья получают накатыванием, на зубонасекательных станках, фрезерованием, протяжкой, шлифованием. Любой из этих способов позволяет получить насечку определенного профиля. Накатывание и насекание не обеспечивают высокую точность профиля зуба, но наиболее дешевы.

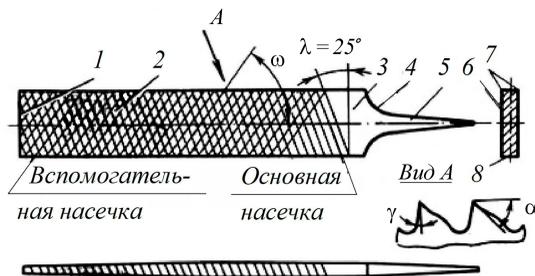


Рис. 1.8. Напильник слесарный общего назначения:

- 1 – носок; 2 – часть рабочая; 3 – участок ненасеченный; 4 – заплечик;
5 – хвостовик; 6 – сторона широкая; 7 – ребра; 8 – сторона узкая

Напильники изготавливают из стали У10А, У13А и после нанесения насечки подвергают термической обработке (закачивают).

У напильников с насеченными зубьями с отрицательным передним углом γ (от -12° до -15°) и сравнительно большим задним углом α (от 35° до 40°) обеспечивается достаточное пространство для размещения стружки. Получающийся при этом угол заострения $\rho = 62^\circ$ (до 67°) обеспечивает прочность зуба.

Напильники классифицируют следующим образом:

- по форме насечки;
- крупности зуба (шагу зуба);
- форме бруска;
- назначению.

По форме насечки различают напильники с одинарной (простой), двойной (перекрестной), рашпильной (точечной) и дуговой насечкой (рис. 1.9).

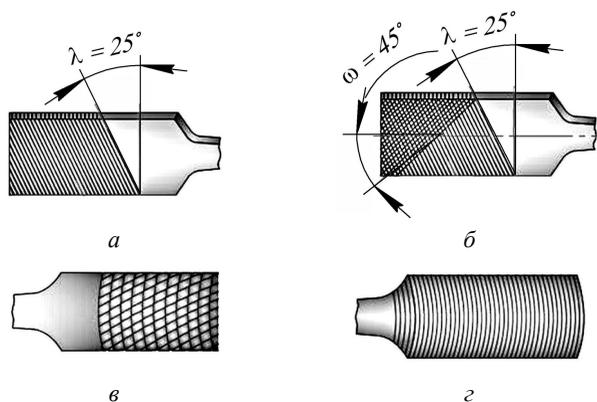


Рис. 1.9. Виды насечек напильника:

а – одинарная (простая); *б* – двойная (перекрестная); *в* – рашпильная; *г* – дуговая

Простая, или одинарная, насечка применяется при изготовлении некоторых видов специальных напильников (например, для заточки пил по дереву). Напильники с простой насечкой целесообразно применять во всех случаях, когда требуется удалить с узкой обрабатываемой поверхности незначительный слой металла.

Перекрестная, или двойная, насечка применяется при изготовлении слесарных напильников общего назначения. В этих напильниках

основная насечка выполняется под углом $\lambda = 25^\circ$, вспомогательная – под углом $\omega = 45^\circ$.

Точечная, или рашпильная, насечка применяется при изготовлении напильников-рашпелей. Рашпили с точечной насечкой имеют крупные зубья и вместительные канавки, что способствует лучшему отделению стружки при опиливании мягких металлов, резины, кожи, пластмасс и пр.

По числу насечек слесарные напильники делятся на шесть номеров: № 0, 1, 2, 3, 4, 5. Номер насечки является показателем эксплуатационного назначения размерного ряда напильников по величине шага основной насечки.

Напильники с насечкой № 0 и 1, т. н. драчевые, имеют наиболее крупные зубья и служат для опиливания деталей с точностью 0,2–0,5 мм и припуском на обработку от 0,5 до 1,0 мм.

Напильники с насечкой № 2, т. н. личные, применяют для чистового опиливания деталей с точностью 0,02–0,15 мм, при этом припуск на обработку составляет от 0,1 до 0,3 мм.

Напильники с насечкой № 3, 4, 5, т. н. бархатные, применяют для окончательной отделки деталей с точностью от 0,010 до 0,005 мм, при этом припуск на обработку колеблется от 0,025 до 0,050 мм.

По форме сечения бруска различают следующие напильники (рис. 1.10):

1) плоские – для обработки плоских наружных и внутренних, а также наружных выпуклых поверхностей;

2) плоские остроносые – для опиливания наружных или внутренних плоских поверхностей, пропиливания шлицев и канавок;

3) квадратные – для расширения прямоугольных и многоугольных отверстий, опиливания узких наружных поверхностей;

4) трехгранные – для опиливания углов 60° и более в отверстиях, пазах, канавках, а также для заточки пил по дереву;

5) круглые – для распиливания круглых и овальных отверстий, вогнутых поверхностей небольшого радиуса;

6) полукруглые – для опиливания плоских поверхностей и углов более 30° (плоской стороной), криволинейных поверхностей большого радиуса (выпуклой стороной);

7) ромбические – для опиливания углов и пазов более 15° , зубьев зубчатых колес, снятия заусенцев с деталей после обработки;

8) ножовочные – для опиливания углов и пазов с углом меньше 15° .

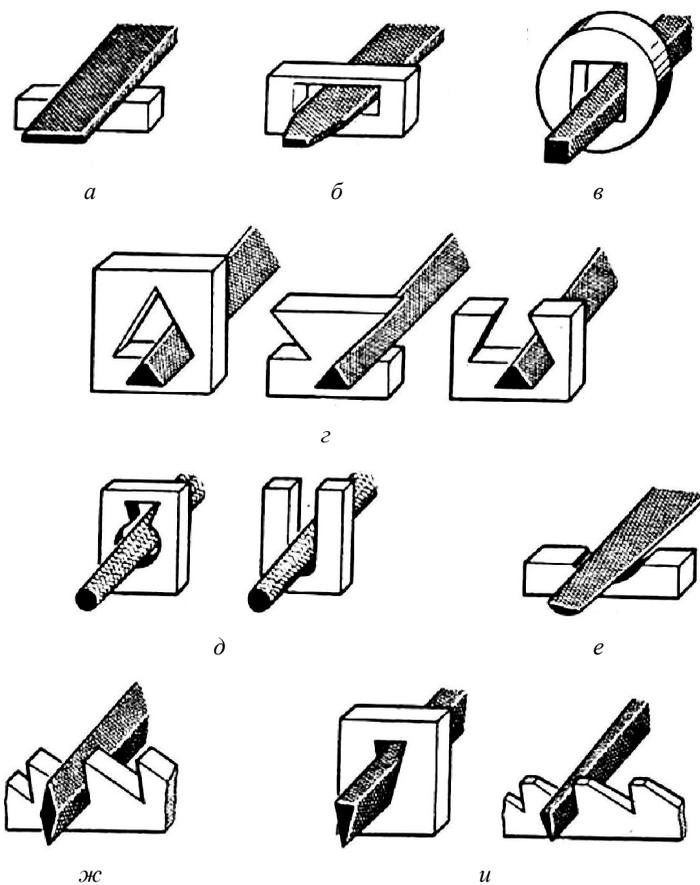


Рис. 1.10. Напильники по форме сечения:
а, б – плоские; *в* – квадратные; *г* – трехгранные; *д* – круглые;
е – полукруглые; *ж* – ромбические; *и* – ножовочные

Надфили – небольшие, длиной 80, 120 и 160 мм, напильники для лекальных, граверных, ювелирных работ; для обработки малых отверстий, углов длиной 80, 120 и 160 мм. Имеют такую же форму и материал, как и слесарные напильники, и перекрестную насечку с углом 25° – основную, 45° – вспомогательную. По крупности зуба подразделяются на пять номеров (с № 1 по № 5) с числом насечек от 20 до 112. Номер насечки наносится на рукоятку надфиля. Надфили могут иметь напыление из алмазного порошка.

1.5. Сверление отверстий

При проведении работ по монтажу и обслуживанию электрооборудования и электрических аппаратов возникает необходимость в проведении операций по сверлению различных материалов.

Сверление – образование отверстий в сплошном материале путем снятия стружки с помощью сверла, совершающего вращательное и поступательное движения. Увеличение диаметра имеющегося отверстия называют рассверливанием.

Отверстия, полученные сверлением, применяют:

- для размещения крепежных деталей (винтов, болтов, заклепок, шпилек);
- нарезания внутренней резьбы;
- улучшения качества отверстия с помощью зенкования и развертывания.

Существуют различные конструкции сверл: перовое, спиральное, центровочное, для глубокого сверления и др. (рис. 1.11, 1.12). Изготавливаются из инструментальных углеродистых, быстрорежущих и легированных сталей. Могут оснащаться пластинками из твердых сплавов.

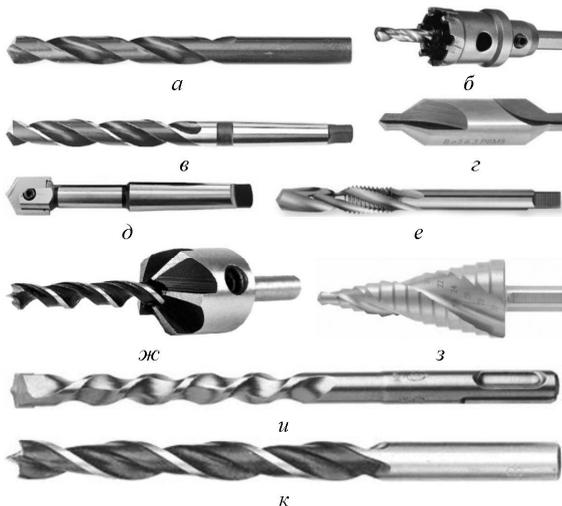


Рис. 1.11. Разновидности сверл:

а, в – спиральные; *б* – корончатое; *г* – центровочное; *д* – перовое;
е – сверло-метчик; *ж* – сверло-зенковка; *з* – ступенчатое; *и* – по бетону; *к* – по дереву

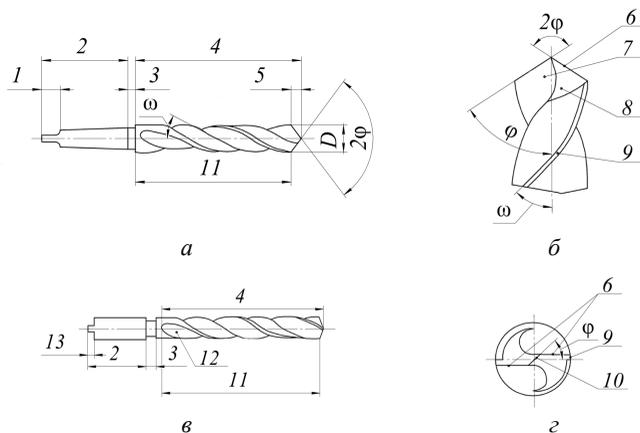


Рис. 1.12. Элементы спирального сверла

Сверло представляет собой двузубый (двухлезвийный) размерный режущий инструмент, состоящий из двух основных частей: хвостовика и рабочей части. Хвостовик сверла предназначен для его крепления. Хвостовики могут быть цилиндрическими (для сверл диаметром от 0,1 до 20,0 мм) и коническими (от 6 до 80 мм). Конический хвостовик имеет лапку, фиксирующую сверло от проворачивания и служащую упором при удалении сверла из шпинделя станка или дрели. Цилиндрические хвостовики могут иметь поводок для дополнительной передачи крутящего момента сверлу от шпинделя.

В зависимости от конструкции шпинделя выбирают сверло с подходящим хвостовиком. Хвостовики бывают разных видов: цилиндрической, конической и специальной формы (шестигранный, sds+, sds-max) (рис. 1.13).

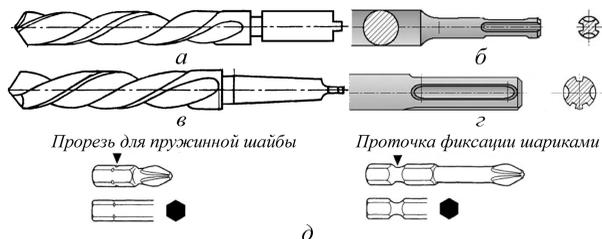


Рис. 1.13. Виды хвостовиков сверл:

a – цилиндрический; *б* – sds+; *в* – конический (корпус Морзе);
г – sds-max; *д* – шестигранный

Рабочая часть сверла состоит из режущей и направляющей (калибрующей) частей. Режущая часть снимает стружку. Направляющая часть отводит стружку на поверхность обрабатываемой детали; направляет сверло вдоль оси отверстия, опираясь на его стенки; служит резервом для переточки инструмента. Для отвода стружки направляющая часть имеет две винтовые канавки (для сверления хрупких материалов иногда применяют более простые сверла – с прямыми канавками). Угол наклона винтовой линии канавки выполняют в пределах от 18° до 45° . Большой угол наклона канавки применяют для сверления мягких материалов. Направление винтовой канавки обычно правое – подъем винтовой линии слева вверх направо. При работе сверло опирается на боковые поверхности отверстия двумя винтовыми ленточками, расположенными по задним краям (по направлению вращения) канавок сверла. Ленточка образуется уменьшением диаметра сверла путем удаления металла с большей по ширине части спинки зуба. Для снижения трения сверла ленточка пришлифовывается, кроме того диаметр рабочей части уменьшается к хвостовику (0,03–0,12 мм на 100 мм длины). Таким образом, при переточке сверла его диаметр уменьшается.

Между рабочей частью и хвостовиком может быть шейка, предназначенная для выхода абразивного круга при шлифовке ленточки и хвостовика. На ней обозначается размер сверла и материал.

Центровочные сверла (см. рис. 1.11, з) применяют для получения центровых отверстий, являющихся базами при станочной обработке деталей (оси, валы).

Перовые сверла (см. рис. 1.11, д) наиболее простые. Из-за низкой точности выполнения отверстий применяются ограниченно для сверления неглубоких отверстий диаметром до 25 мм и отверстий ступенчатой формы.

Для ускорения процесса обработки отверстий могут комбинировать сверла с зенковками, развертками, метчиками. Например, при подготовке отверстий под заклепки с потайными головками в производстве применяют сверла-зенковки.

В тех случаях, когда деталь невозможно установить на станок или когда отверстия расположены в труднодоступных местах, сверлят с помощью коловоротов, трещоток, ручных электрических и пневматических дрелей.

Часто в монтажной практике приходится сверлить отверстия в строительных материалах и конструкциях, кирпиче, бетоне и железобетоне.

бетоне. Для этих целей служат ручные сетевые и аккумуляторные машины.

Ручные электрифицированные дрели применяют для сверления отверстий диаметром до 16 мм.

Для выполнения отверстий в бетоне и кирпиче применяют ударные дрели и перфораторы.

Сверлить ручной электродрелью можно в вертикальном и горизонтальном положении, на низкой и высокой подставке. Осевое усилие на сверло передают через упор грудью или рукой.

По назначению сверлильные станки делятся на три группы:

- универсальные (общего назначения);
- специализированные;

К универсальным станкам относятся станки с вертикальным расположением оси шпинделя (рис. 1.14).

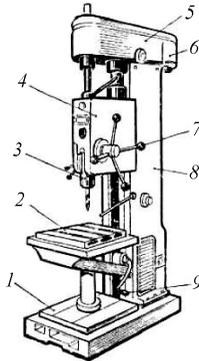


Рис. 1.14. Сверлильный станок 2H125:

- 1 – плита; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – коробка передач; 5 – головка шпиндельная;
6 – электродвигатель; 7 – штурвал ручной подачи шпинделя; 8 – станина;
9 – рукоятка вертикального перемещения стола

Под режимом резания понимают определенное сочетание скорости резания, подачи и глубины резания.

Скорость резания – путь, проходимый в направлении главного движения наиболее удаленной от оси инструмента точкой режущей кромки в единицу времени (м/мин):

$$V = \frac{\pi dn}{1000}, \quad (1.1)$$

где d – диаметр сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

Величина скорости резания зависит от обрабатываемого материала, материала сверла и формы его заточки, подачи, глубины резания и охлаждения. Все перечисленные факторы влияют на температуру нагрева сверла, а следовательно, и на его стойкость (способность противостоять износу).

Необходимо помнить, что при увеличении диаметра сверла или твердости обрабатываемого материала скорость резания нужно снижать. Для практических целей формулу определения скорости резания удобнее использовать в следующем виде:

$$n = \frac{1000V}{\pi d}, \quad (1.2)$$

т. к. при сверлении на станках она задается путем установок частоты вращения шпинделя. Допускаемая величина скорости резания определяется экспериментально и приводится в справочных таблицах.

Подача S – величина перемещения сверла вдоль оси за один оборот, измеряется в мм/об. Сверло имеет два зуба, поэтому подача на каждый зуб составляет $S/2$. От выбора подачи зависит производительность при сверлении и стойкость инструмента. Выгоднее работать с большой подачей и меньшей скоростью резания: при этом медленнее изнашивается сверло.

Рекомендуемые значения подачи и скорости резания при сверлении с охлаждением сверла приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Рекомендуемые значения подачи и скорости резания
при сверлении с охлаждением сверла

Диаметр сверла из быстрорежущей стали, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин		
		Сталь	Чугун	Латунь
От 5 до 10	0,15–0,20	20–30	20–25	25–30
От 10 до 20	0,15–0,25	25–35	25–35	30–40
Свыше 20	0,05–0,15	30–35	30–35	35–40

Для твердосплавных инструментов скорость резания может быть увеличена в 3–4 раза.

При выборе режимов резания в первую очередь по таблицам подбирают наибольшую подачу в зависимости от требуемого качества обрабатываемой поверхности (чем толще стружка, тем выше шероховатость), прочности сверла и станка. Затем устанавливают такую минимальную скорость резания, при которой стойкость инструмента между переточками будет наибольшей. Режимы резания приводятся в справочниках или таблицах. При известном диаметре сверла и скорости резания частоту вращения сверла можно определять по графикам или по формуле (1.2).

Сверлением можно получать сквозные, глухие и неполные отверстия.

Одиночные отверстия сверлят по разметке. Для этого при помощи чертилки наносят осевые и две круговых риски, одна из которых указывает диаметр отверстия, а вторая, контрольная, – несколько больший диаметр. Керн в центре отверстия должен обеспечить центровку сверла при засверливании.

Сначала при ручной подаче выполняют пробное сверление (засверливание) до диаметра, равного $0,25D$ номинального.

Сверление глухих отверстий на заданную глубину осуществляют по втулочному упору на сверле (рис. 1.15, *а*) или измерительной линейке, закрепленной на станке (рис. 1.15, *б*). При установке требуемой глубины сверления не учитывают конусную часть сверла.

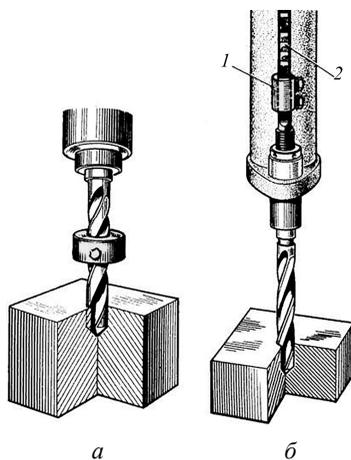


Рис. 1.15. Сверление глухих отверстий на заданную глубину:
а – по втулочному упору; *б* – по измерительной линейке;
 1 – упор; 2 – линейка

Сверление отверстий в деталях, поверхности которых расположены не под прямым углом к оси сверла, выполняют в следующем порядке (рис. 1.16, *а*): сначала готовят площадку на поверхности детали, чтобы сверло не отклонялось в сторону, затем между плоскостями вставляют деревянный вкладыш и далее сверлят отверстие обычным путем.

Сверление деталей с цилиндрическими поверхностями (рис. 1.16, *б*) начинают также с фрезерования горизонтальной площадки, на которой кернят центр отверстия.

Если сверлится полая деталь (рис. 1.16, *в*), то полость забивается деревянной пробкой.

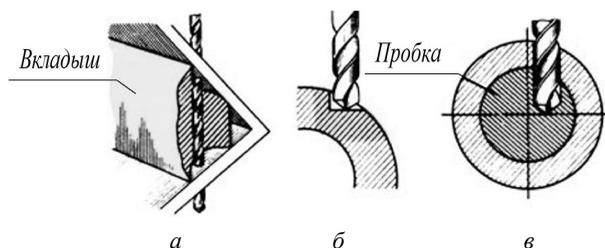


Рис. 1.16. Сверление отверстий:

а – в плоскости, расположенной под углом к другой плоскости;
б – на цилиндрической поверхности; *в* – в полых деталях

При сверлении пластмасс, чтобы не возникали трещины при креплении деталей, зажимные элементы оклеивают мягкими прокладками (фланелью, резиной). Размер отверстия после сверления обычно уменьшается на 0,05 мм.

В некоторых случаях, чтобы уменьшить возможность появления сколов, расщепления и других видов характерного для сверления пластмасс брака, под обрабатываемый материал рекомендуется подкладывать ровный кусок дерева, лист пластика или металла. Однако при высокой степени механизации процесса обработки эти меры неприемлемы и предпочтение следует отдавать различного вида зажимным приспособлениям – тискам, самоустанавливающимся кондукторам.

В зависимости от обрабатываемого материала при сверлении пластмасс применяют как стандартные, так и специальные сверла из углеродистой, быстрорежущей сталей и сверла, оснащенные

пластинками из твердого сплава. Однако стандартные сверла, используемые для обработки пластмасс, следует перетачивать исходя из конкретно заданных условий.

Для уменьшения трения задней поверхности инструмента и увеличения зазора между стенками отверстий и задней поверхностью сверла заточку сверл большого диаметра рекомендуется производить двумя плоскостями, подобно заточке зенковок. Такая заточка уменьшает трение в нижней части отверстия, создает дополнительное пространство для стружки и тем самым уменьшает нагрев сверла и увеличивает его стойкость.

Большое теплообразование при сверлении пластмасс происходит не только за счет трения задней кромки сверла, но и за счет трения направляющих кромок сверла о стенки отверстий.

Во время сверления особое внимание должно уделяться теплоизоляционным свойствам пластиков. Они могут быть причиной того, что некоторые пластики (в особенности полукристаллические) быстро накопят тепло во время процесса сверления. Особенно велика вероятность, если глубина сверления более чем в два раза превышает диаметр. Это может привести к «расплаванию» сверла и возрастанию расширения материала внутри, которое, в свою очередь, может привести к сжимающему напряжению в детали (в особенности при сверлении в центре сечения круглых стержней). Уровни напряжения могут быть достаточными, чтобы вызывать высокую деформацию, пространственную неточность или даже трещины, изломы готовой детали или заготовки. Чтобы этого избежать, необходимо использовать специально предназначенную для этого оснастку.

Во избежание образования трещин сверление отверстий больших диаметров рекомендуется производить в два прохода – предварительный и чистовой.

Термопластичные пластмассы сверлят остро заточенными инструментами. Необходимо избегать разогрева сверла, т. к. при повышенной температуре материал размягчается.

Термореактивные пластмассы имеют высокую твердость и термостойкость. Их сверлят сверлами из быстрорежущих сталей, а при наличии в материалах асбестовых или стекловолоконных наполнителей – сверлами с твердосплавными пластинами.

1.6. Нарезание резьб

Нарезанием резьбы называют образование винтовой линии на поверхности детали путем снятия стружки или пластическим деформированием. Резьба может быть наружной или внутренней (рис. 1.17), правой или левой (рис. 1.18) в зависимости от направления подъема винтовой линии. В машиностроении чаще применяют правые резьбы.

Основными элементами резьбы считают:

- 1) профиль резьбы – вид сечения резьбы в плоскости диаметра;
- 2) угол профиля – угол между соседними гранями профиля;
- 3) шаг резьбы (P) – расстояние между соседними гранями профиля;
- 4) наружный диаметр резьбы (d) – диаметр по вершинам резьбы у болтов и по основаниям (впадинам) у гаек;
- 5) внутренний диаметр резьбы (d_1) – диаметр по впадинам резьбы у болтов и по вершинам у гаек;
- 6) средний диаметр (d_2) – условный диаметр цилиндра, делящего грани профиля по высоте на равные отрезки;
- 7) высота профиля (глубина резьбы) (H_1) – расстояние от вершины резьбы до основания, измеренное перпендикулярно оси резьбы;
- 8) виток резьбы (нитка) – часть винтовой линии в пределах одного шага резьбы.

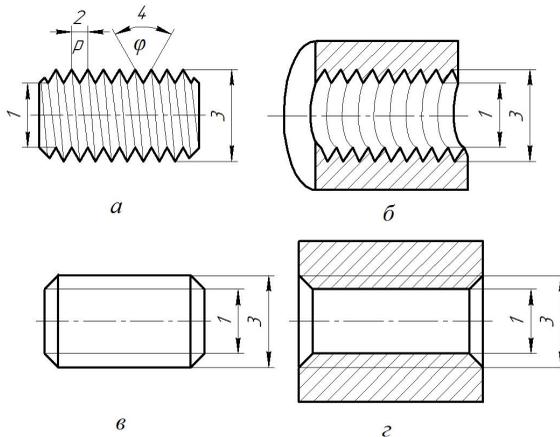


Рис. 1.17. Детали с резьбой:

- a – наружной (болт); b – внутренней (гайка);
 v – чертёж наружной резьбы; z – чертёж внутренней резьбы;
 1 – диаметр внутренний; 2 – шаг; 3 – диаметр наружный; 4 – угол

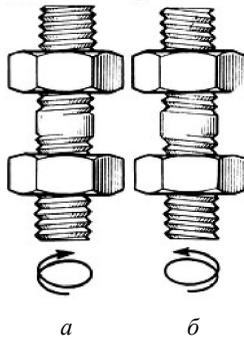


Рис. 1.18. Резьбы по направлению винтовой линии:
а – правая; б – левая

В машиностроении наибольшее применение нашли три резьбовые системы: метрическая, дюймовая и трубная.

Метрическая резьба – основная крепежная резьба. Имеет треугольный профиль с плоскосрезанными вершинами и углом профиля 60° . Диаметры и шаг резьбы измеряются в миллиметрах.

Различают резьбы с крупным шагом (для наружных диаметров от 1 до 68 мм) и с мелким (для диаметров от 1 до 600 мм); величина шагов представляет собой ряд чисел в интервале от 0,2 мм до 6,0 мм. Резьбы с крупным шагом применяют при больших нагрузках на резьбовые детали, резьбы с мелким – при малых нагрузках и для точной регулировки.

Условное обозначение резьб:

– с крупным шагом – М20;

– с мелким шагом – М20×1,5,

где М – метрическая резьба;

20 – наружный диаметр резьбы, мм;

1,5 – шаг резьбы (для резьб с мелким шагом).

Дюймовая резьба используется только в оборудовании, произведенном в странах, применяющих дюймовые резьбы. Имеет треугольный профиль с плоскосрезанными вершинами и углами профиля 55° (резьба Витворта) или 60° (резьба Селлерса).

Диаметр резьбы выражают в дюймах ($1'' = 25,4$ мм), шаг резьбы – в числе ниток в одном дюйме.

Например: $\frac{3}{8}''$ -16 обозначает дюймовую резьбу с наружным диаметром $\frac{3}{8}$ дюйма и числом ниток на одном дюйме 16.

Хвостовик служит для закрепления метчика в воротке или патроне.

Воротки устанавливаются на квадрат хвостовика метчика при ручном нарезании резьбы. Изготавливаются воротки нерегулируемые с числом отверстий от одного до трех или регулируемые.

Для нарезания резьбы в труднодоступных местах применяются торцевые воротки, для защиты метчиков от поломки – тарированные, способные ограничивать усилие, передаваемое на метчики.

При нарезании резьбы метчик «выдавливает» металл, поэтому диаметр отверстия под резьбу должен быть немного больше внутреннего диаметра резьбы. При точном соответствии диаметра отверстия внутреннему диаметру резьбы материал, выдавливаемый при нарезании резьбы, давит на зубья метчика и налипает на них. Это приводит к нагреву метчика и может вызвать его поломку. Если отверстие большого диаметра – резьба получается неполной. Для получения резьбы хорошего качества диаметр отверстия выбирают по справочным таблицам. Приблизительно диаметр отверстия под метрическую резьбу можно определить по формуле

$$d_c = d - k_c P, \quad (1.3)$$

где d_c – диаметр сверла, мм;

d – номинальный диаметр резьбы, мм;

k_c – коэффициент, учитывающий разбивку отверстия при сверлении (обычно $k_c = 1,00-1,08$);

P – шаг резьбы, мм.

Глухие отверстия сверлят глубиной на $6P$ больше длины резьбы.

Подготовленную к нарезанию резьбы деталь зажимают в тисках, вставляют в отверстие метчик, выверив его положение по угольнику (рис. 1.20, а).

Прижимая левой рукой вороток к метчику, правой рукой проворачивают его по направлению резьбы до тех пор, пока метчик не врежется на несколько витков в металл и не займет устойчивое положение. После этого вороток вращают двумя руками, с перехватом рук через пол-оборота. Для облегчения работы вороток проворачивают на полтора-два оборота в направлении образования винтовой линии, затем на пол-оборота в обратном направлении.

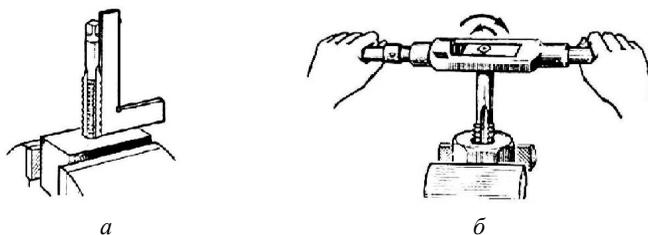


Рис. 1.20. Нарезание внутренней резьбы:
 а – установка метчика; б – процесс нарезания

При обратном движении метчика дробится и обламывается стружка, метчик не вязнет в материале, резьба получается более чистой (см. рис. 1.20, б). После нарезания резьбы обратным вращением метчик вывертывается из отверстия, затем еще раз прогоняется по всей резьбе (при сквозной резьбе – насквозь).

Правила нарезания резьбы:

1. При нарезании резьбы в глубоких отверстиях или в мягких металлах метчик следует периодически вывертывать и очищать от стружки, при нарезании резьбы в глухих отверстиях – удалять стружку из отверстия, переворачивая деталь.

2. Качество резьбы зависит от правильного выбора смазывающе-охлаждающих жидкостей. Применение смазки предотвращает налипание металла на метчик и задиры на резьбовой поверхности (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Смазочно-охлаждающие жидкости, используемые при нарезании резьбы

Обрабатываемый материал	Смазочно-охлаждающая жидкость
Сталь углеродистая	Эмульсия. Осерненное масло
Сталь конструкционная	Осерненное масло с керосином
Сталь инструментальная	Смешанные масла
Сталь легированная	Смешанные масла
Чугун ковкий	3%-, 5%-ная СОЖ
Чугунное литье	Без охлаждения. 3%-, 5%-ная эмульсия. Керосин
Бронза	Без охлаждения. Смешанные масла
Цинк	Эмульсия
Латунь	Без охлаждения. 3%-, 5%-ная СОЖ

Обрабатываемый материал	Смазочно-охлаждающая жидкость
Медь	Эмульсия. Смешанные масла
Никель	Эмульсия
Алюминий и его сплавы	Без охлаждения. Эмульсия. Смешанные масла. Керосин
Нержавеющие, жаропрочные сплавы	Смесь: 50 % осерненного масла, 30 % керосина, 20 % олеиновой кислоты (или 80 % сульфозрезола и 20 % олеиновой кислоты)
Волокнит, винипласт, оргстекло и т. д.	3%-, 5%-ная СОЖ
Текстолит, гетинакс	Обдувка сжатым воздухом

3. В процессе работы контролировать вертикальное положение метчика через два-три витка резьбы, по окончании работы проверить резьбу калибрами-пробками.

Наружную резьбу нарезают плашками вручную и на станках. Плашки подразделяются на круглые, накатные и раздвижные.

Круглые плашки изготавливают цельными и разрезными (рис. 1.21).

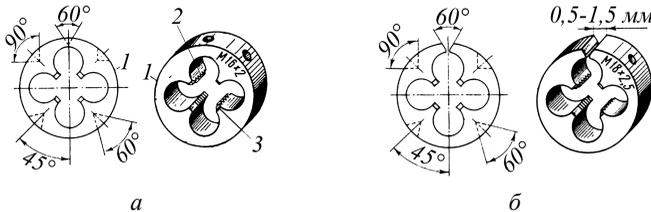


Рис. 1.21. Плашки:
а – цельная; *б* – разрезная;
 1 – плашка; 2 – резьба; 3 – часть заборная

Цельная плашка представляет собой закаленную стальную гайку, режущие кромки которой образованы пересечением винтовой линии продольными отверстиями. Через эти отверстия выходит образующаяся стружка. С обеих сторон плашки имеются заборные части длиной полторы-две нитки резьбы. Применяются для нарезания резьбы за один проход.

Разрезная плашка, в отличие от цельной, имеет прорезь, позволяющую регулировать диаметр резьбы в пределах от 0,10 до 0,25 мм.

Из-за недостаточно высокой жесткости плашки снижается точность профиля нарезаемой резьбы.

Резьбонакатные плашки предназначены для получения точных профилей резьб. Плашка имеет корпус, на котором установлены накатные ролики.

Ролики можно регулировать под различные диаметры резьбы и применять для получения резьб диаметром 4–33 мм с шагом 0,7–2,0 мм. Накатанная резьба более прочная, чем нарезанная.

Диаметр стержня при нарезании наружной резьбы выбирают такого же размера, что и диаметр отверстия. Резьба получается хорошего качества, если диаметр стержня меньше диаметра резьбы на 0,2–0,4 мм. При нарезании резьбы плашкой вручную стержень в тисках зажимают так, чтобы его конец выступал над губками на 20–25 мм больше длины нарезаемой части (рис. 1.22). Для облегчения захода плашки на конце стержня снимается фаска.

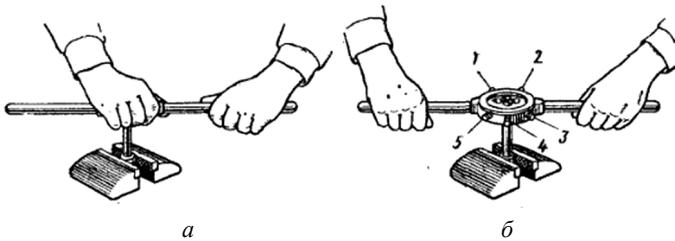


Рис. 1.22. Нарезание наружной резьбы круглыми плашками:
а – прием установки круглой плашки на стержень и начало нарезания резьбы;
б – нарезание резьбы круглыми плашками;
1–3, 5 – винты крепления плашки; 4 – винт регулирования зажима

При подборе цельных круглых плашек по установленным данным проверяют шероховатость их резьбовых канавок, обращают внимание на остроту и исправность режущих кромок. Нельзя применять плашки с выщербинами или забоинами на резьбовых нитках.

Плашкодержатель должен соответствовать круглой плашке. Ее устанавливают в плашкодержателе клеймением вверх, закрепляют специальными винтами 1–3 и 5 (см. рис. 1.22, а). Винт 4 служит для регулирования разжима в разрезной плашке. После того как болт вертикально закреплен в тисках, на болт и плашку кисточкой наносят соответствующий смазочный материал.

Плашкодержатель с установленной плашкой берут за среднюю часть и, слегка надавливая на стержень, вращают, пока плашка не

врезается. При этом надо следить за тем, чтобы плоскость вращения плашкодержателя была перпендикулярна продольной оси стержня.

Стержень смазывают и продолжают нарезать резьбу, вращая вороток плашкодержателя так, как при нарезании резьбы метчиком (полтора-два оборота по направлению резьбы и пол-оборота в обратную сторону). Выбор смазывающе-охлаждающей жидкости – в соответствии с табл. 1.2. Цельными плашками резьбу нарезают за один проход. Для получения более качественной резьбы диаметром больше 12 мм рекомендуется нарезать ее сначала изношенной плашкой, используя ее как черновую, а затем – новой, используя ее как чистовую. Готовую резьбу контролируют резьбовыми микрометрами, резьбовыми калибрами (кольцами) и резьбовыми шаблонами.

Разрезные плашки могут быть установлены на больший или меньший диаметр резьбы с помощью винтов плашкодержателя.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение 1. Измерение линейных размеров

1. Изучить основные измерительные приборы, применяемые при производстве электрослесарных работ (см. раздел 1.1).

2. Изучить основные инструменты, применяемые для разметки поверхностей при производстве электрослесарных работ (см. раздел 1.1).

3. Провести измерения предоставленных преподавателем образцов, занести данные размеров в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты измерений

Изменяемый образец	Применяемые измерительные приборы	Значения
Болт	Штангенциркуль, линейка, микрометр	Диаметр: 8 мм. Длина: 30 мм. Шаг резьбы: 1 мм
...		

Упражнение 2. Эскиз

Зарисовать (по выбору преподавателя) один из предоставленных образцов (болт или гайку), нанести размеры.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение операции «разметка».
2. Какие инструменты применяются для разметки поверхностей?
3. Для чего применяются рейсмусы?
4. Дайте определение операции «рубка металла».
5. Перечислите виды слесарных молотков и определите их назначение.
6. Перечислите основные отличия операций «правка металла» и «рихтовка».
7. Дайте определение операции «опиливание».
8. В каком случае применяются напильники с насечкой № 2?
9. Как классифицируются напильники по форме сечения бруска?
10. Дайте определение операции «сверление».
11. Каково назначение лапки на хвостовике сверла?
12. Дайте определение термина «скорость резания».
13. Для чего применяется втулочный упор?
14. В чем отличие метрических резьб от дюймовых?
15. Для нарезания какой резьбы применяется плашка?
16. Дайте определение термина «СОЖ». Укажите область ее применения.
17. Для чего предназначена гайка-барашек на ножовке по металлу?

Практическая работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Цель работы: изучить основные термины и определения электротехники, способы измерения электрических величин.

Задачи работы: изучить основные способы измерения силы тока, напряжения, мощности, сопротивления; научиться использовать основные электроизмерительные приборы.

2.1. Элементы электрических цепей

Резистивный элемент (резистор)

Резистор – это пассивный элемент электрической цепи, характеризующийся резистивным сопротивлением. Условное графическое изображение резистора приведено на рис. 2.1, б. Сопротивление определяется геометрическими размерами тела и свойствами материала: удельным сопротивлением r (Ом·м) или обратной величиной – удельной проводимостью (См/м):

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \rho^{-1}. \quad (2.1)$$

В простейшем случае сопротивление проводника длиной l и сечением S определяется следующим выражением (Ом):

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma S}. \quad (2.2)$$

Линейными называются резисторы, сопротивления которых не зависят от значения протекающего тока или приложенного напряжения (т. е. не изменяются). В аппаратуре связи и других электронных устройствах (радиоприемниках, транзисторах, магнитофонах и т. п.) широко используются малогабаритные линейные резисторы, например типа МЛТ (металлизированные, лакированные, термо-

стойкие). Сопротивление этих резисторов остается неизменным при изменении приложенных к ним напряжений или протекающих через них токов, поэтому данные резисторы являются линейными.

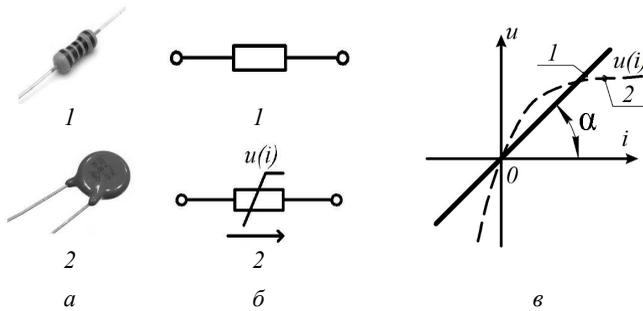


Рис. 2.1. Резистор:
a – внешний вид; *б* – условно-графическое обозначение;
в – вольт-амперная характеристика (ВАХ);
 1 – линейный; 2 – нелинейный (варистор)

Нелинейными называются резисторы, сопротивление которых изменяется в зависимости от значения, приложенного напряжения или протекающего тока. Так, сопротивление осветительной лампы накаливания при отсутствии тока в 10–15 раз меньше, чем при нормальном горении. К нелинейным элементам относятся многие полупроводниковые приборы.

Индуктивный элемент (катушка индуктивности)

Катушка – пассивный элемент электрической цепи, характеризующийся индуктивностью. Условное графическое изображение катушки индуктивности приведено на рис. 2.2, *б*. Для расчета индуктивности катушки необходимо рассчитать созданное ею магнитное поле.

Индуктивность – физическая величина элемента электрической цепи, в котором происходит запасание энергии магнитного поля. Запасания энергии электрического поля или преобразования электрической энергии в другие виды энергии в ней не происходит.

Индуктивность определяется отношением потокосцепления к току, протекающему по виткам катушки (Гн):

$$L = \frac{\Psi}{i}. \quad (2.3)$$

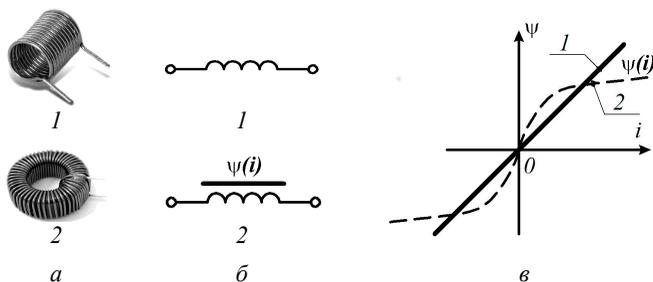


Рис. 2.2. Катушка индуктивности:
a – внешний вид; *б* – условно-графическое обозначение;
в – вебер-амперная характеристика;
 1 – линейная; 2 – нелинейная (дрессель)

Основной характеристикой катушки индуктивности является зависимость $\psi(i)$, называемая вебер-амперной характеристикой. Для линейных катушек индуктивности зависимость $\psi(i)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат.

Емкостный элемент (конденсатор)

Конденсатор – пассивный элемент электрической цепи, характеризующийся емкостью. Условное графическое изображение конденсатора приведено на рис. 2.3, б.

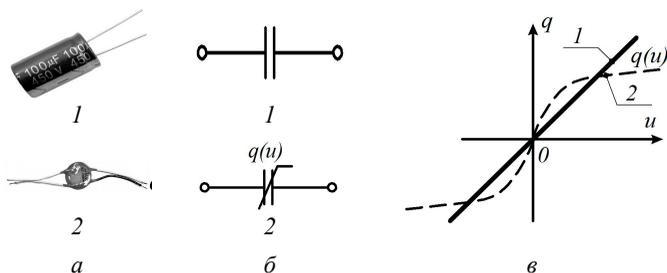


Рис. 2.3. Конденсатор:
a – внешний вид; *б* – условно-графическое обозначение;
в – кулон-вольтовая характеристика;
 1 – линейный; 2 – нелинейный

Для расчета емкости необходимо рассчитать электрическое поле в конденсаторе. Она определяется отношением заряда q на обкладках конденсатора к напряжению u между ними (Φ):

$$C = \frac{q}{u} \quad (2.4)$$

и зависит от геометрии обкладок и свойств диэлектрика, находящегося между ними. Большинство диэлектриков, используемых на практике, линейны, т. е. у них относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = \text{const}$. В этом случае зависимость $q(u)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат:

$$C = m_c \text{tga} = \text{const}. \quad (2.5)$$

2.2. Понятие об электроустановках и электрооборудовании

Электроустановка – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены.

Электроустановки предназначены для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электроустановкой можно считать разного рода оборудование и инструменты, линии и машины, при помощи которых выполняются такие виды операций, как преобразование, трансформация, распределение.

С участием разного рода электрического оборудования и инструментов происходит преобразование одного вида электрической энергии в другой. Их функционирование невозможно без участия электрической энергии, которая подается в результате действия коммутационной аппаратуры.

Электрооборудование – совокупность электротехнических устройств и изделий, предназначенных для производства, распределения, преобразования, передачи или потребления электрической энергии. К электрооборудованию относятся: электрические машины; электрические аппараты.

Электроустановка включает в себя не только электродвигатель, но и все оборудование, способное передавать электроэнергию, изменять величину напряжения или преобразовывать постоянный ток в переменный и наоборот.

Действующей установкой считаются все электроустановки, к которым может быть подано напряжение, независимо от степени исправности. Причем не имеет значения причина возникновения потенциала на токоведущих частях:

- ошибочное, самопроизвольное или намеренное включение коммутационной аппаратуры;

- появление на выводах напряжения путем обратной трансформации или наведенного от рядом расположенного кабеля;

- короткое замыкание между отключенной и действующей линиями.

Поэтому, чтобы оборудование перестало быть действующим, недостаточно отключить автоматический выключатель, его необходимо отсоединить от питающей электросети путем отключения клемм вводного кабеля или демонтажем секции шин.

При монтаже электрооборудования оно является действующим с момента подключения вводного кабеля к питающей линии и вводному автомату.

Действующая электроустановка может быть установлена открытым или закрытым способом и запитана от сети с напряжением любой величины.

Для практических целей и удобства обслуживания действующих электроустановок они делятся на группы:

- электрические машины, трансформаторы и генераторы высокой и промышленной частоты, а также машины постоянного тока и выпрямители;

- кабельные и воздушные линии, к ним также относятся опоры, изоляторы, лотки и другие вспомогательные элементы;

- отключающая аппаратура, автоматические выключатели и разъединители, распределительные устройства;

- системы управления, электропанели и другая коммутационная аппаратура;

- бытовая электропроводка и электроприборы.

2.3. Классификация электроустановок

По величине напряжения различают следующие электроустановки:

- до 1000 В;

- свыше 1000 В.

По расположению электроустановки бывают:

- открытые или наружные (установки, защищенные сетками или навесами, рассматривают как наружные);
- закрытые или внутренние.

Классификация электроустановок по степени опасности поражения электрическим током людей и животных:

– с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- а) сырость или проводящая пыль;
- б) токопроводящие полы;
- в) высокая температура;

г) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой;

– особо опасные, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- а) особая сырость;
- б) химически активная среда;

в) одновременное наличие двух или более условий повышенной опасности;

– помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную и особую опасность.

Классификация помещений по условиям окружающей среды:

– сухие помещения (относительная влажность не превышает 60 %) – это отапливаемые помещения обслуживающего персонала, общежития, отапливаемые склады, подсобные помещения в ремонтно-механических мастерских и т. п.;

– пыльные помещения (по условиям производства в них выделяется пыль в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.) – это помещения для дробления сухих концентрированных кормов, комбикормовые заводы, склады цемента и других сыпучих негорючих материалов;

– влажные помещения (пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно, в небольших количествах, относительная влажность более 60 %, но не превышает 75 %) – залы столовых, лестничные клетки, кухни жилых помещений, неотапливаемые склады и т. п.;

– сырые помещения (относительная влажность длительно превышает 75 %) – овощехранилища, доильные залы, молочные, кухни общественных столовых, а также, при наличии установок микроклимата, коровники, телятники, свинарники, птичники и другие животноводческие помещения;

– особо сырые помещения (относительная влажность воздуха близка к 100 %, потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой) – моечные в мастерских, кормоцеха для приготовления влажных кормов, теплицы, парники, а также наружные установки под навесами;

– особо сырые помещения с химически активной средой (при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, постоянно или длительно в помещении содержатся пары аммиака, сероводорода и других газов невзрывоопасной концентрации или же образуются отложения, разъедающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования) – это склады минеральных удобрений, животноводческие помещения при отсутствии в них установок по созданию микроклимата;

– пожароопасные помещения, содержащие горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или горючую пыль и волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³, а также большое количество твердых горючих веществ и материалов;

– взрывоопасные помещения, в которых по условиям технологического процесса выделяются горючие газы или пары ЛВЖ с температурой вспышки ниже 61 °С, а также горючие пыль и волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения 65 г/м³ или менее.

В зависимости от характеристики помещений и электроустановок, которые в них располагаются, к выбору, исполнению и установке машин, аппаратов, приборов, а также к выбору и прокладке электрических проводов и кабелей предъявляются различные требования, выполнение которых обеспечивает надежность и безопасность обслуживания электроустановок.

2.4. Основные понятия электротехники

Электрическая схема – графическое изображение электрической цепи, включающее в себя условные обозначения устройств и пока-

зывающее соединение этих устройств. На рис. 2.4 изображена электрическая схема цепи, состоящей из источника энергии, электроламп 1 и 2, электродвигателя 3.

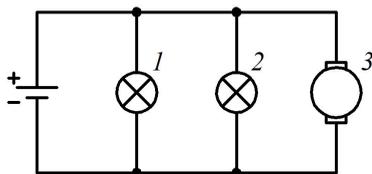


Рис. 2.4. Электрическая схема

Ветвь – участок электрической цепи, по которому проходит один и тот же ток.

Узел – место соединения трех и более ветвей электрической цепи.

Последовательным называют такое соединение участков цепи, при котором через все участки проходит одинаковый ток. При параллельном соединении все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, находятся под одним и тем же напряжением. Любой замкнутый путь, включающий в себя несколько ветвей, называется контуром.

2.5. Классификация средств измерения электрических величин

Средство измерения – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение определенного интервала времени.

Данное определение раскрывает суть средств измерения, заключающуюся в способности хранить единицу измерения в неизменном размере.

Средства измерения классифицируют в зависимости от назначения и метрологических функций:

- эталонные и рабочие;
- основные и вспомогательные;
- электрические и неэлектрические;
- стандартизированные и нестандартизированные.

По назначению средства измерения подразделяются:

- на меры;
- измерительные преобразователи;
- измерительные приборы;
- измерительные установки;
- измерительные системы.

Меры, предназначенные для хранения единицы измерения, бывают:

- однозначными;
- многозначными;
- наборами (магазинами) мер.

Измерительные преобразователи предназначены для получения измерительной информации в форме, недоступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

По характеру преобразования различают следующие виды измерительных преобразователей:

- электрических величин в электрические (шунты, делители напряжений, измерительные трансформаторы, измерительные усилители);
- магнитных величин в электрические (измерительные катушки, феррозонды, преобразователи на эффекте Холла, Гаусса, явлений сверхпроводимости и т. п.);
- неэлектрических величин в электрические (резистивные, индуктивные, емкостные, генераторные и пр.).

Измерительные приборы – это средства измерения, предназначенные для представления измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительные приборы бывают следующих типов:

- аналоговые, цифровые;
- показывающие, сигнализирующие, регистрирующие;
- текущего значения, интегрирующие, суммирующие;
- щитовые, переносные, стационарные;
- обыкновенные, влаго-, газо-, пылезащищенные, герметичные, взрывобезопасные и пр.

Измерительные установки – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов и преобразователей и дополнительных устройств, предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте, например эталонные и поверочные установки, измерительные машины (для измерения удельного сопротивления материалов, для измерения магнитных характеристик материалов и пр.).

Измерительные системы – совокупность функционально объединенных средств измерения, средств передачи данных и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерения одной или нескольких физических величин, выработки измерительных сигналов, их обработки и хранения.

Измерительно-вычислительный комплекс – функционально объединенная совокупность средств измерения, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения конкретной измерительной задачи.

По назначению электроизмерительные приборы классифицируются в зависимости от того, какую величину позволяют определить. Это необходимо для всестороннего изучения показателей напряжения, что важно в разных сферах деятельности. В результате классификации по роду определяемой величины можно выделить следующие виды оборудования:

- амперметры (необходимы для измерения тока);
- омметры (служат для определения сопротивлений);
- ваттметры (позволяют узнать мощность);
- счетчики (используют для учета энергии);
- частотомеры (нужны для определения частот тока переменного типа);
- фазометры (для измерения угла сдвига фаз);
- гальванометры (помогают узнать малые величины);
- осциллографы (для определения часто меняющихся показателей).

2.6. Основы теории погрешности

Погрешности классифицируются по ряду признаков.

1. Классификация погрешностей по форме выражения.

Абсолютные погрешности выражаются в единицах измеряемой величины. Обозначаются обычно буквой Δ . Если $Q_{\text{изм}}$ – показание прибора, $Q_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой величины, то $\Delta = Q_{\text{изм}} - Q_{\text{д}}$ – абсолютная погрешность. Бывает положительной и отрицательной.

Относительная погрешность δ – это отношение абсолютной погрешности к действительному (измеренному) значению. Обычно измеряется в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta}{Q_d} 100 \% . \quad (2.6)$$

Приведенная погрешность γ – это отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению измеряемой величины Q_k :

$$\gamma = \frac{\Delta}{Q_k} 100 \% . \quad (2.7)$$

В качестве нормирующего значения выбирают максимальное значение шкалы прибора или оптимальное значение измеряемой величины.

В метрологии пользуются понятием точности измерений. *Точность* – величина, обратная относительной погрешности (безразмерной).

2. Классификация погрешностей по причине возникновения.

Каждый из элементов процесса измерения может быть источником погрешности.

Субъективные погрешности обусловлены участием в процессе измерения экспериментатора, состоянием его органов чувств, опытом и т. д.

К объективным погрешностям относятся:

- погрешности опознания объекта, связанные с несоответствием реального объекта измерения принятой модели;

- погрешности метода, обусловленные влиянием СИ на измеряемый параметр (например, шунтирующее действие входного сопротивления вольтметра);

- инструментальные погрешности, обусловленные несовершенством средств измерения;

- погрешности условий, причиной которых является влияние на результат измерения внешних, случайно изменяющихся параметров внешней среды.

3. Классификация погрешностей по закономерностям проявления.

По этому признаку погрешности делятся на четыре разновидности.

- систематическая погрешность Δ_c – это погрешность, которая остается постоянной или изменяется по известному закону. Систематическая погрешность подлежит определению и исключению из результата измерения путем введения поправки или поправочного множителя;

– случайная погрешность $\Delta_{сл}$, которая изменяется случайным образом, является следствием влияния случайных процессов в измерительных цепях. Таким образом, результат измерения всегда содержит суммарную погрешность $\Delta = \Delta_c + \Delta_{сл}$;

– грубая погрешность – это такая погрешность, которая существенно превышает оправданную погрешность. Обнаруживают ее статистическими методами;

– промахи являются следствием ошибочных действий экспериментатора. Обнаруживают их нестатистическими методами.

2.7. Виды и методы измерения электрических величин

При изучении электротехники приходится иметь дело с электрическими и магнитными величинами и измерять их.

Измерить электрическую, магнитную или иную величину – это значит сравнить ее с другой однородной величиной, принятой за единицу.

Виды измерения электрических величин

В зависимости от общих приемов получения результата измерения делятся на следующие виды: прямые, косвенные и совместные.

К прямым измерениям относятся те, результат которых получают непосредственно из опытных данных.

Косвенными называются такие измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Совместными измерениями называются такие, при которых искомые значения разноименных величин определяют путем решения системы уравнений, связывающих значения искомых величин с непосредственно измеренными величинами.

Методы измерения электрических величин

В зависимости от совокупности приемов использования принципов и средств измерения методы делятся на метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Сущность метода непосредственной оценки заключается в том, что о значении измеряемой величины судят по показанию одного

(прямые измерения) или нескольких (косвенные измерения) приборов, заранее проградуированных в единицах измеряемой величины или в единицах других величин, от которых зависит измеряемая величина.

Простейшим примером метода непосредственной оценки может служить измерение какой-либо величины одним прибором, шкала которого проградуирована в соответствующих единицах.

Вторая большая группа методов электрических измерений объединена под общим названием «методы сравнения». К ним относятся все те методы электрических измерений, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Таким образом, отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие мер в процессе измерения.

Нулевой метод – это метод сравнения измеряемой величины с мерой, при котором результирующий эффект воздействия величин на индикатор доводится до нуля.

При дифференциальном методе, как и при нулевом, измеряемая величина сравнивается непосредственно или косвенно с мерой; о значении измеряемой величины в результате сравнения судят по разности одновременно производимых этими величинами эффектов и по известной величине, воспроизводимой мерой.

Метод замещения заключается в поочередном измерении искомой величины прибором и измерении этим же прибором меры, воспроизводящей однородную с измеряемой величину.

Метод совпадений – это такой метод, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов.

Измерение силы тока

Амперметр включается в цепь последовательно на измеряемом участке цепи. В цепях постоянного тока применяют магнитоэлектрические приборы. Сопротивление амперметра должно быть на два порядка меньше сопротивления любого элемента измеряемой цепи. Для расширения предела измерения амперметра в разы служат шунты-резисторы с меньшим сопротивлением, чем сопротивление амперметра. Шунты включаются параллельно амперметру (рис. 2.5). В многопредельных амперметрах шунты располагаются внутри прибора.

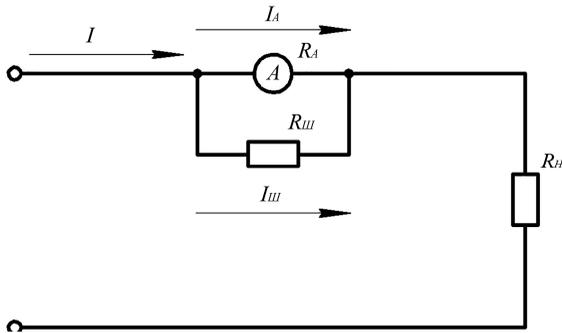


Рис. 2.5. Схема измерения силы тока в цепи

Измерение напряжения

Вольтметр присоединяют параллельно с измеряемым элементом цепи. Сопротивление вольтметра должно быть на два порядка больше сопротивления любого элемента измеряемой цепи. Для расширения предела измерения вольтметра в разы применяют добавочные резисторы, включаемые последовательно с вольтметром (рис. 2.6).

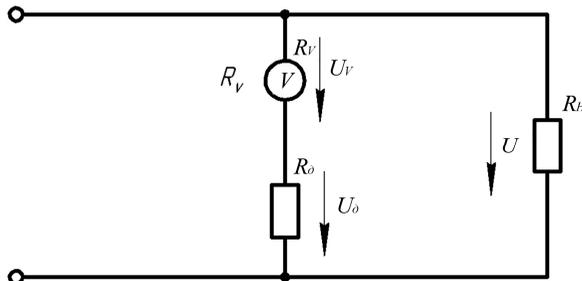


Рис. 2.6. Схема измерения напряжения в цепи

Измерение сопротивления

Существует четыре метода измерения сопротивления:

- метод амперметра и вольтметра;
- мостовой метод;
- потенциометрический;
- резонансный метод.

Наибольшее распространение получили первые два метода. Резонансный метод используется в радиотехнике при измерении сопротивлений на заданной частоте.

Метод амперметра и вольтметра

Простой метод, но его точность невелика. На этом методе основана работа омметров. Принцип действия: используя амперметр для измерения тока и вольтметр для измерения напряжения на элементе цепи, сопротивление можно рассчитать по закону Ома. Возможны две схемы подключения вольтметра и амперметра (рис. 2.7).

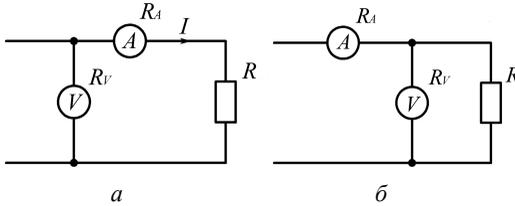


Рис. 2.7. Схемы включения вольтметра и амперметра:
а – для измерения силы тока на резисторе R ;
б – для измерения напряжения на резисторе R

Мостовой метод

Является наиболее распространенным и реализуется в цифровых приборах. Одинарный мост имеет четыре плеча (сопротивления R_1 – R_3 и R_x), источник питания GB и нуль-индикатор PA .

R_1 – плечо сравнения, отношение сопротивлений R_2 и R_3 определяет диапазон изменения измеряемого сопротивления. Равновесие моста достигается изменением сопротивлений R_1 – R_3 до тех пор, пока ток, протекающий через нуль-индикатор, не станет равен нулю (рис. 2.8).

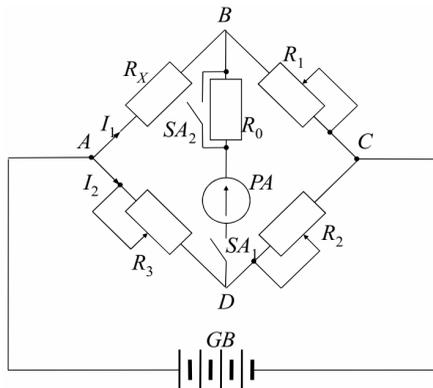


Рис. 2.8. Схема одинарного моста постоянного тока

Виды электроизмерительных приборов

Мультиметр – универсальный прибор для измерения напряжения, тока, сопротивления, а также проверки провода на обрыв.

Существуют два основных типа мультиметров: аналоговый и цифровой.

В аналоговом мультиметре результаты измерений считывают по движению стрелки относительно измерительной шкалы, на которую нанесены значения напряжения, тока, сопротивления. Популярность аналоговых мультиметров объясняется их доступностью и ценой, основным недостатком является значительная погрешность в результатах измерений. В аналоговых мультиметрах для более точной подстройки имеется специальный резистор, при помощи манипуляций которым можно добиться немного большей точности. Тем не менее в случаях, когда требуются более точные результаты измерений, приоритетно использование цифрового мультиметра.

Главным отличием цифрового мультиметра от аналогового является то, что результаты измерения отображаются на специальном экране (светодиодном или жидкокристаллическом). Цифровые мультиметры обладают более высокой точностью измерений и отличаются простотой использования. Мультиметры с графическим дисплеем имеют возможность отображения формы сигнала, поэтому их можно отнести к простейшим осциллографам. Кроме того, некоторые мультиметры обладают возможностью работы под управлением компьютера, передавая на него результаты измерений для дальнейшей обработки.

Любой мультиметр имеет от двух до четырех гнезд. Черный вывод является общим (масса). Красный называется потенциальным выводом и применяется для измерений. Гнездо для общего вывода помечается как com или «-», т. е. «минус». Красный вывод вставляется в гнездо, которое помечается символами сопротивления, или вольт. При этом если количество гнезд более двух, то остальные предназначены для красного вывода для измерения тока и помечаются как А (ампер), mA (миллиампер), 10 А или 20 А соответственно (рис. 2.9).

Переключатель мультиметра используется для выбора одного из нескольких пределов для измерений:

- постоянного (DCV) и переменного (ACV) напряжения;
- тока (mA);
- сопротивления (Ω): 200 Ом, 2 кОм, 20 кОм, 200 кОм, 2 МОм и т. д.

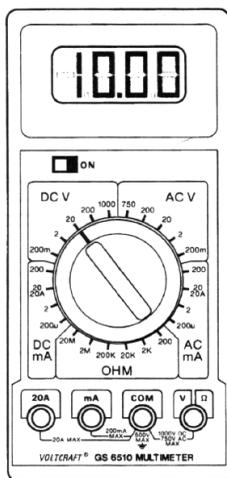


Рис. 2.9. Панель мультиметра

Электроизмерительные клещи предназначены для измерения электрических величин (ток, напряжение, мощность, фазовый угол и др.) без разрыва токовой цепи и без нарушения ее работы. Соответственно измеряемым величинам существуют клещевые амперметры, ампервольтметры, ваттметры и фазометры.

Наибольшее распространение получили *клещевые амперметры переменного тока*, которые называют токоизмерительными клещами. Они служат для быстрого измерения тока в проводнике без разрыва и без вывода его из работы. Электроизмерительные клещи применяются в установках до 10 кВ включительно.

Простейшие токоизмерительные клещи переменного тока работают на принципе одновиткового трансформатора тока, первичной обмоткой которого является шина или провод с измеряемым током, а вторичная многовитковая обмотка, к которой подключен амперметр, намотана на съемный магнитопровод (рис. 2.10).

Электроизмерительные клещи имеют три основные части: рабочую, включающую магнитопровод, обмотки и измерительный прибор, изолирующую (от рабочей части до упора) и рукоятки (от упора до конца клещей).

Для охвата шины магнитопровод раскрывается подобно обычным клещам при воздействии оператора на изолирующие рукоятки или рычаги клещей.

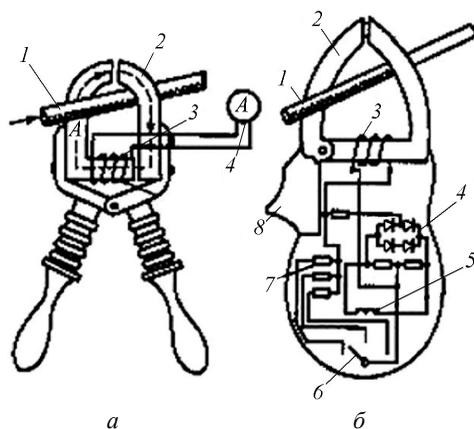


Рис. 2.10. Схемы токоизмерительных клещей переменного тока:
а – схема простейших клещей с использованием принципа
 одновиткового трансформатора тока; *б* – схема, сочетающая
 одновитковый трансформатор тока с выпрямительным устройством;
 1 – проводник с измеряемым током; 2 – магнитопровод разъемный;
 3 – обмотка вторичная; 4 – мост выпрямительный; 5 – рамка измерительного прибора;
 6 – переключатель пределов измерений; 7 – резистор шунтирующий; 8 – рычаг

Переменный ток, проходя по токоведущей части, охваченной магнитопроводом, создает в нем переменный магнитный поток, индуктирующий электродвижущую силу (ЭДС) во вторичной обмотке клещей. В замкнутой вторичной обмотке ЭДС создает ток, который измеряется амперметром, укрепленным на клещах.

В современных конструкциях токоизмерительных клещей применяется схема, сочетающая трансформатор тока с выпрямительным прибором. В этом случае выводы вторичной обмотки присоединяются к электроизмерительному прибору не непосредственно, а через набор шунтов (см. рис. 2.10, *б*).

Электроизмерительные клещи бывают двух типов: одноручные (для установок до 1000 В) и двуручные (для установок от 2 до 10 кВ включительно).

У одноручных клещей изолирующая часть служит одновременно рукояткой. Раскрытие магнитопровода осуществляется с помощью нажимного рычага. Электроизмерительные клещи для установок 2–10 кВ имеют длину изолирующей части не менее 38 см, рукояток – не менее 13 см. Размеры клещей до 1000 В не нормируются.

Омметр – измерительный прибор специализированного назначения, предназначенный для определения сопротивления электрического тока.

По диапазону проводимых измерений все омметры подразделяются следующим образом:

- микроомметры (для определения сопротивлений менее 1 мОм);
- миллиомметры;
- омметры;
- мегаомметры;
- гигаомметры;
- терраомметры.

Также омметры классифицируются по принципу их применения (исполнения): лабораторные, переносные и стационарно закрепленные (щитовые), а также по принципу действия.

Магнитоэлектрические омметры оснащены измерителем магнитоэлектрического типа. Измеритель в этом случае включается в электрическую цепь последовательным способом.

Действие омметров подобного типа основано на опосредованном измерении сопротивления через измерение силы тока, идущего через измеряемое сопротивление от источника питания с постоянным напряжением.

Принцип работы омметров с магнитоэлектрическим логометром следующий: к логометру подключаются резисторы и измеряемое сопротивление. Резисторы в зависимости от величины измерения могут подключаться в различных комбинациях.

В подобных приборах в качестве источника энергии также применяется источник тока с постоянным напряжением.

Электронные омметры по типу отображения информации подразделяются на аналоговые и цифровые.

Принцип работы электронных омметров аналогового типа основан на преобразовании сопротивления в напряжение, прямо ему пропорциональное. Преобразование происходит при помощи специального усилителя операционного типа. В результате на линейной шкале прибора показывается измеряемая величина сопротивления.

Цифровые омметры являются своеобразным измерительным мостом с автоматически управляемым уравновешиванием.

Принцип работы: в зависимости от измеряемого сопротивления происходит автоматический подбор (уравновешивание) резисторов, после чего информация отображается на цифровом дисплее.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение. Измерение электрических величин

1. Изучить основные элементы электрических цепей (см. раздел 2.1).
2. Изучить основные виды и методы измерения электрических величин (см. раздел 2.7).
3. Изучить основные электроизмерительные приборы, применяемые для измерения электрических величин (см. раздел 2.7).
4. Провести измерения предоставленных преподавателем элементов, результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Результаты измерений

Тип измеряемого элемента	Измеряемая электрическая величина	Вид измерительного прибора	Значение измеряемой величины
Резистор ПВР 100	Электрическое сопротивление	Омметр ММР 600	52 Ом
...			

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «катушка индуктивности».
2. Дайте определение термина «резистор».
3. Дайте определение термина «конденсатор».
4. Дайте определение термина «электроустановка».
5. Какие помещения относятся к пыльным?
6. Чем отличаются влажные помещения от сырых?
7. Дайте определение понятия «узел электрической схемы».
8. Какое соединение называется последовательным?
9. Дайте определение понятия «измерительные системы».
10. Какую величину измеряет частотомер?
11. Приведите классификацию погрешностей по причине возникновения.
12. Каким образом амперметр включается в цепь?
13. Каким образом достигается равновесие моста сопротивлений?
14. По какому принципу работают электроизмерительные клещи?

Практическая работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ

Цель работы: изучить устройство и принцип работы электрических машин и аппаратов.

Задачи работы: изучить классификацию, основные характеристики и маркировку электрических машин, трансформаторов и электрических аппаратов; изучить устройство и принцип работы электродвигателей, генераторов постоянного тока, асинхронных и синхронных электродвигателей, синхронных генераторов, трансформаторов, электрических аппаратов защиты, регулирования и коммутации.

3.1. Классификация, основные характеристики и маркировка электрических машин и трансформаторов

Электрические машины – это устройства, преобразующие механическую энергию в электрическую и наоборот, а также машины, преобразующие электрическую энергию одних параметров в электрическую энергию других. Они классифицируются по ряду признаков (рис. 3.1).

Классификация электрических машин по назначению:

- генераторы (для преобразования энергии различных видов в электрическую энергию, в частности механической энергии в электрическую);
- двигатели (для преобразования электрической энергии в механическую);
- тахогенераторы (для преобразования частоты вращения в электрический сигнал);
- электромашинные усилители (усилители мощности электрических сигналов);
- синхронные компенсаторы (для повышения коэффициента мощности, который показывает степень использования мощности генераторов: чем выше коэффициент мощности, тем меньше потери в линии и дешевле передача электроэнергии);

- индукционные регуляторы (для регулирования напряжения переменного тока);
- сельсины (для получения электрических сигналов, пропорциональных углу поворота вала) и т. п.



Рис. 3.1. Структура классификации электрических машин

Также они классифицируются как электрические машины общего и специального (выполнены с учетом специальных требований) назначения.

Классификация электрических машин по принципу действия: коллекторные и бесколлекторные.

Бесколлекторные машины – это машины переменного тока (асинхронные и синхронные).

Коллекторные машины используют для работы на постоянном токе в качестве генераторов или двигателей. Коллекторные машины небольшой мощности универсальны, способны работать от сети как постоянного, так и переменного тока.

Классификация электрических машин по мощности:

- большая – свыше 100 кВт;
- средняя – 10–100 кВт;
- малая – 0,5–10,0 кВт;
- микромашины – меньше 0,5 кВт.

Электрические машины одного принципа действия могут различаться схемами включения либо другими признаками, влияющими на эксплуатационные свойства этих машин. Например, асинхронные и синхронные машины могут быть трехфазными (включаемыми в трехфазную сеть) или однофазными. Асинхронные машины в зависимости от конструкции обмотки ротора могут быть с короткозамкнутым или фазным ротором. Синхронные машины и коллекторные машины постоянного тока в зависимости от способа создания в них магнитного поля возбуждения разделяют на машины с обмоткой возбуждения и машины с постоянными магнитами.

Маркировка электрической машины – кратная информация, в которой указана модель и основные характеристики электрической машины. В качестве примера приведена маркировка асинхронного электродвигателя.

Большинство стационарно установленных машин приводятся в движение в основном с помощью трехфазных асинхронных электрических двигателей с короткозамкнутым ротором. Пуск двигателей этого вида заключается в прямом включении обмоток статора на полное напряжение сети без каких-либо регулирующих устройств, но при этом их пусковой ток превышает номинальный в 4–7 раз. Для двигателя это не опасно, но в сети возникают существенные колебания напряжения при недостаточной мощности питающего трансформатора, и двигатель может не запуститься.

Значительно реже используют двигатели с фазным ротором, которые обладают повышенным пусковым моментом при небольшом пусковом токе.

Структура условного обозначения асинхронных электродвигателей серии АИР:

АИР	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
					серия электродвигателя (АИР – асинхронный электродвигатель; АИРС – двигатель с повышенным скольжением; АИРЕ – двигатель с 2-фазной обмоткой и рабочим конденсатором (АИРЗЕ – то же, с трехфазной обмоткой); АИРВ – встраиваемый двигатель; 4ВР – взрывозащитные двигатели; АИМ – двигатели закрытого исполнения с естественным охлаждением и встроенной температурной защитой; 4АС – двигатели для работы в зонах с повышенной радиацией; АИРБС – двигатели для комплектации привода запорной аппаратуры; 4ВРБ – то же во взрывозащищенном исполнении; АИРФ – электродвигатели с независимым охлаждением; АИРУ – двигатель для центробежных вентиляторов; ДАК – двигатель асинхронный однофазный конденсаторный
					высота оси вращения, мм (56, 63, 71, ..., 160, 180)
					установочный размер по длине станины (S, L, M) и/или длина сердечника статора (А, В, С)
					число полюсов (2, 4, 6, 8) и сочетания полюсов (4/2, 6/4, 8/4, 8/6, 6/4/2, 8/4/2, 8/6/4)
					обозначение модификации: Б – с установленными терморезисторами; Б1 – с установленным термореле; Ж – со специальной насосной модификацией; НЛБ – малошумные лифтовые; Е, Е2К – с электромагнитным тормозом (ЭМТ) общего назначения; Е2, Е2К2 – ЭМТ с ручным растормаживающим устройством; К – комбинированное исполнение; если буквы отсутствуют – АД без модификаций
					климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69

Технические данные электрической машины указывают в паспорте, закрепленном на корпусе в виде таблички: номинальная мощность (кВт), номинальное напряжение (В), номинальный ток (А), частота вращения вала (мин^{-1}) и др. В паспорте также указывают модификацию электрической машины по исполнению и степени защиты от соприкосновения с токоведущими частями и от проникновения влаги. Тип двигателя для конкретного технологического механизма и условий работы выбирают в соответствии с проектом.

Номинальное значение параметра – это такое значение (напряжения, тока, мощности и т. д.), которое соответствует работе электрической машины или аппарата в условиях нормальной работы.

Номинальное напряжение электродвигателя обычно представляют в виде дроби, например Y/Δ 380/220 В. Это означает, что данный электродвигатель может быть подключен к сети с линейным напряжением 380 В или 220 В при условии соединения обмоток статора в «звезду» или в «треугольник» соответственно.

Преобладающее большинство электрических двигателей являются двигателями вращательного движения (рис. 3.2). Они состоят из неподвижной части (статора) и подвижной (ротора или якоря). Если на вращающейся части электрической машины установлена обмотка, на которую подается электрическая энергия, то эта часть машины называется якорем. Если же на вращающуюся часть электрической машины электроэнергия не подается, то эту часть называют ротором. Ротор начинает вращаться после подачи питания на обмотки статора двигателя. Однако для ряда механизмов, выполняющих поступательное или возвратно-поступательное движение (суппорты и столы металлорежущих станков, некоторые транспортные средства), с целью упрощения конструкции механической части электропривода иногда используют линейные двигатели. Подвижная часть таких двигателей (вторичный элемент или бегун) осуществляет линейное перемещение (рис. 3.3).

Принцип действия любого электродвигателя основан на взаимодействии магнитных полей. Если приблизить один магнит к другому, то их разноименные полюса будут притягиваться друг к другу, а одноименные – отталкиваться. В двигателе роль одного из магнитов играет катушка с током (электромагнит). Протекание по проводнику электрического тока вызывает появление магнитного поля вокруг проводника (рис. 3.4).

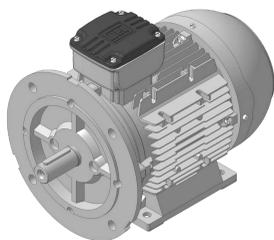


Рис. 3.2. Электродвигатель вращательного движения

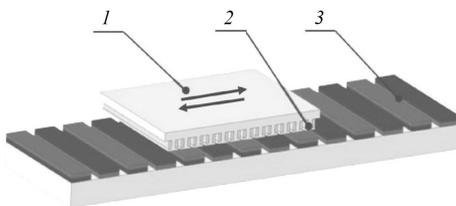


Рис. 3.3. Линейный электродвигатель: 1 – статор; 2 – подвод питания; 3 – бегун

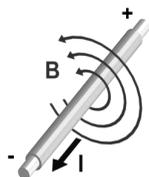


Рис. 3.4. Схема появления магнитного поля в проводнике с током

Это поле имеет коаксиальный (соосный) характер, и направление его магнитных силовых линий можно определить с помощью «правила буравчика». В соответствии с этим правилом, если буравчик закручивать в проводник таким образом, чтобы направление поступательного движения буравчика совпадало с направлением тока в проводнике, то направление вращения буравчика покажет направление магнитных силовых линий поля (см. рис. 3.4).

Электропривод представляет собой электромеханическое устройство, состоящее из электродвигателя, передаточного механизма к машине и аппаратуры для управления электродвигателем.

3.2. Двигатели постоянного тока

Основные узлы двигателя постоянного тока показаны на рис. 3.5.

Принцип работы двигателя постоянного тока (рис. 3.6).

На обмотку якоря 4 подают питание через коллекторные пластины 5 и щетки 3. Якорь совершает вращательное движение в магнитном поле, образованном полюсами статора 1. Якорь изготавливается из нескольких обмоток, уложенных в его пазах и закрепленных там специальным эпоксидным составом.

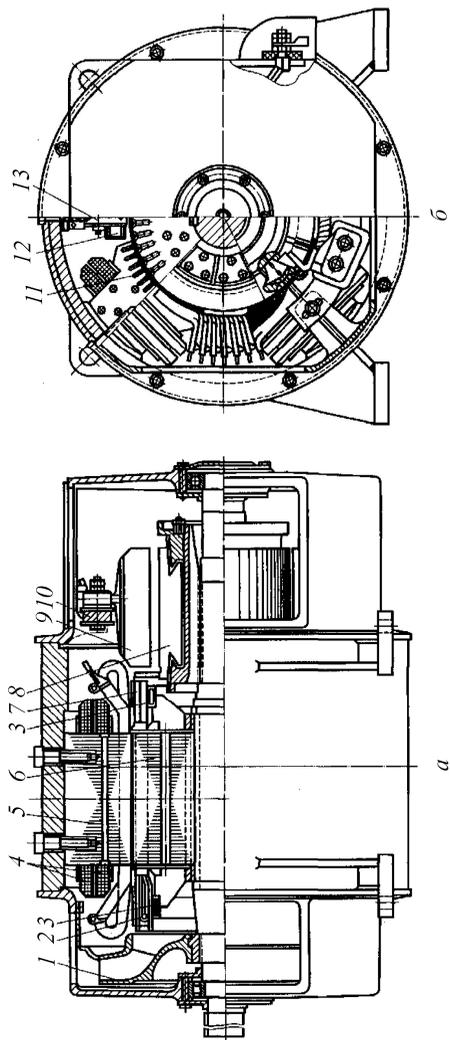


Рис. 3.5. Двигатель постоянного тока серии П:

1 – вентилятор; 2 – обмотка якоря; 3 – кольца; 4 – обмотка главного полюса; 5 – сердечник главного полюса; 6 – ротор; 7 – вывод секции обмотки якоря; 8 – коллекторная пластина; 9 – щеткодержатель; 10 – кольцевая траверса; 11 – компенсационная обмотка; 12 – обмотка добавочного полюса; 13 – сердечник добавочного полюса

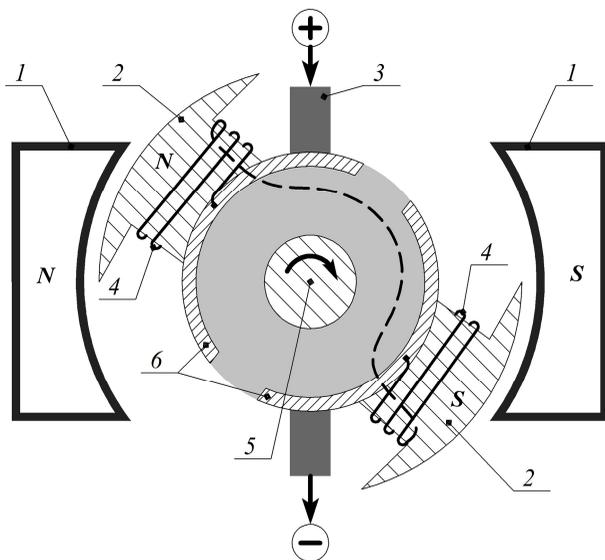


Рис. 3.6. Схема работы электродвигателя постоянного тока:
 1 – полюса статора; 2 – полюса якоря; 3 – щетка;
 4 – обмотка якоря; 5 – вал; 6 – коллекторные пластины

Статор может состоять из обмоток возбуждения или из постоянных магнитов. В маломощных двигателях используют постоянные магниты, а в двигателях с повышенной мощностью статор снабжен обмотками возбуждения. Статор с торцов закрыт крышками со встроенными в них подшипниками, служащими для вращения вала якоря. На одном конце этого вала закреплен охлаждающий вентилятор, который создает напор воздуха и прогоняет его по внутренней части двигателя во время работы.

Принцип действия такого двигателя основывается на законе Ампера. Рамка с током помещается в магнитное поле. Проходящий по ней ток создает вокруг себя магнитное поле, взаимодействующее с внешним магнитным полем, что приводит к вращению рамки. В современной конструкции электродвигателя роль рамки играет якорь с обмотками. На них подается ток, в результате вокруг якоря создается магнитное поле, которое приводит его во вращательное движение. Для поочередной подачи тока на обмотки якоря применяются специальные щетки из графита и меди.

Выводы обмоток якоря объединены в один узел (коллектор), выполненный в виде кольца из ламелей, закрепленных на валу якоря. При вращении вала щетки по очереди подают питание на обмотки якоря через ламели коллектора, предназначенного для получения на выводах машины постоянного по направлению тока. При вращении якоря в каждом витке его обмотки наводится переменная ЭДС одного направления. Если одна из щеток примыкает к верхней стороне витка, в которой ЭДС направлена к коллекторной пластине, то полярность ее будет положительной (+). Полярность диаметрально противоположной щетки получается отрицательной (-), поскольку на нижней стороне витка, с которой соединена в данный момент эта щетка, ЭДС направлена от коллектора. Когда якорь повернется на пол-оборота, стороны витка поменяются местами. Направление ЭДС изменится в них на обратное, в результате чего полярность первой щетки по-прежнему будет положительной, а полярность второй щетки – отрицательной. В результате вал двигателя вращается с равномерной скоростью. Чем больше обмоток имеет якорь, тем равномернее работает двигатель.

Щеточный узел является наиболее уязвимым механизмом в конструкции двигателя. Во время работы медно-графитовые щетки притираются к коллектору, повторяя его форму, и с постоянным усилием прижимаются к нему. В процессе эксплуатации щетки изнашиваются, и токопроводящая пыль, являющаяся продуктом этого износа, оседает на деталях двигателя. Эту пыль необходимо периодически удалять. Обычно удаление пыли выполняют воздухом под большим давлением.

Щетки требуют периодического их перемещения в пазах и продувки воздухом, т. к. от накопившейся пыли они могут застрять в направляющих пазах, что приведет к зависанию щеток над коллектором и нарушению работы двигателя. Щетки периодически требуют замены из-за их износа. В месте контакта коллектора со щетками также происходит износ коллектора. Поэтому при износе якоря снимают и на токарном станке протачивают коллектор. После проточки коллектора изоляция, находящаяся между ламелями коллектора, ставится на небольшую глубину, чтобы она не разрушала щетки, т. к. ее прочность значительно превышает прочность щеток.

Машины постоянного тока выполняют с независимым возбуждением или с самовозбуждением. Независимое возбуждение в боль-

шинстве случаев электромагнитное, т. е. на полюсах имеется обмотка возбуждения, по которой проходит постоянный ток от постороннего источника.

В машинах с самовозбуждением ток в обмотку возбуждения поступает с якорной обмотки самой машины. Возможны три варианта соединения обмотки возбуждения с обмоткой якоря: параллельное, последовательное, смешанное. В соответствии с этим различают машины постоянного тока с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Возможно также комбинированное возбуждение, например независимое с параллельным, независимое с последовательным и т. д.

У машины с параллельным возбуждением (рис. 3.7, а) обмотка возбуждения получает питание от зажимов обмотки якоря. Скорость вращения двигателей при постоянном напряжении мало зависит от нагрузки и уменьшается на 2 %–8 % при переходе от холостого хода к номинальному режиму. Скорость вращения двигателей можно изменять с помощью реостата в цепи обмотки возбуждения. Скорость вращения двигателя при увеличении температуры среды может возрасти. В целях расширения пределов регулирования скорости вращения двигатель снабжают небольшой последовательной (стабилизирующей или компенсационной) обмоткой.

У машины с последовательным возбуждением (рис. 3.7, б) обмотка возбуждения включена последовательно с обмоткой якоря. Такую схему применяют главным образом для двигателей подъемных устройств, электроподвижного состава, металлургического оборудования.

При малой нагрузке скорость вращения якоря может достичь недопустимо большого значения, поэтому для предупреждения аварии нагрузка у этих двигателей не должна быть ниже 0,25 номинальной скорости вращения.

Машины со смешанным возбуждением (рис. 3.7, в) имеют параллельную и последовательную обмотки. Обычно одна (основная) обмотка создает большую намагничивающую силу, вторая (вспомогательная) – меньшую. Обмотки возбуждения могут быть включены согласно или встречно. При этом магнитный поток создается соответственно суммой или разностью намагничивающих сил обмоток. Пуск и работа двигателей смешанного возбуждения зависят от того, какая из обмоток играет главную роль.

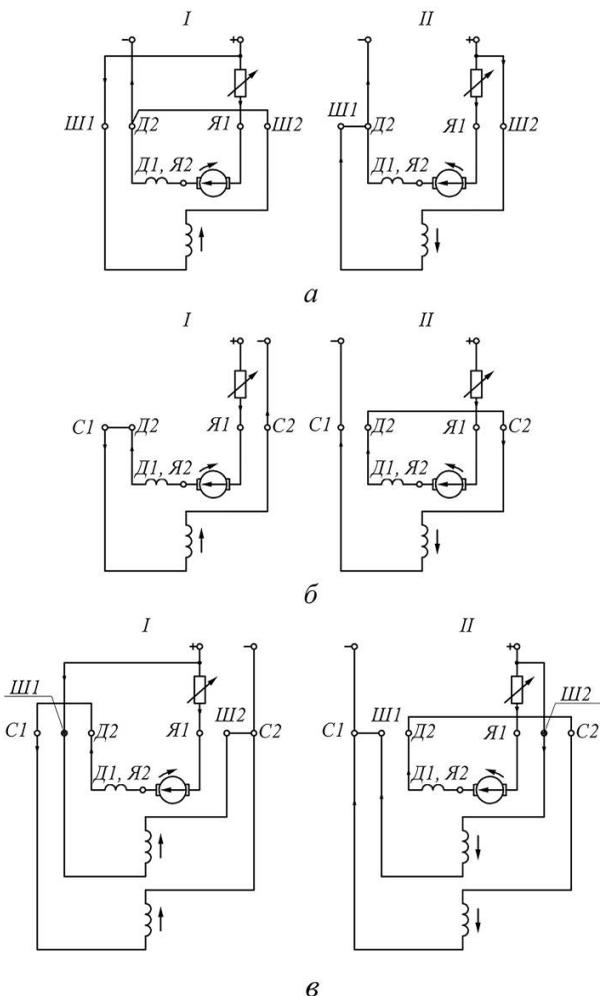


Рис. 3.7. Схемы соединения выводов электродвигателей постоянного тока с параллельным (а), последовательным (б) и смешанным (в) возбуждением:

I – вращение правое; *II* – вращение левое;

Ш1, Ш2 – выводы обмотки параллельного (шунтового) возбуждения;

С1, С2 – выводы обмотки последовательного (серийного) возбуждения;

Д1, Д2 – выводы обмотки добавочных полюсов; Я1, Я2 – выводы обмотки якоря

Электрическая машина постоянного тока является обратимой, т. е. она может работать как в режиме двигателя, потребляя элек-

трическую энергию из сети и преобразуя ее в механическую, так и в режиме генератора, получая механическую энергию извне и преобразуя ее в электрическую, которая снимается с зажимов машины. В электроприводе электрическая машина обычно работает в режиме двигателя, однако в ряде случаев возможен и генераторный режим. Механическая энергия поступает при этом от приводимого механизма (например, вследствие преобразования потенциальной энергии опускающегося груза или запасенной в движущихся частях кинетической энергии) и превращается в электрическую энергию, которая передается в общую сеть или затрачивается на нагревание резисторов. Электрическая машина, работающая в режиме генератора, оказывает на привод тормозящее действие.

3.3. Асинхронные электродвигатели

Среди различных видов современных электрических машин самой распространенной является асинхронная машина, в которой при работе возбуждается вращающееся магнитное поле. Ротор машины вращается асинхронно, т. е. со скоростью, отличной от скорости вращения поля.

У *трехфазных двигателей* между частотой вращения n_1 магнитного поля статора, числом пар p полюсов и частотой f тока существует следующая взаимосвязь:

$$n_1 = \frac{60f}{p}. \quad (3.1)$$

При синхронной частоте вращения ротора момент, развиваемый асинхронным электродвигателем, равен нулю. Следовательно, двигатель может быть нагружен только при несинхронной скорости.

Разность частот вращения магнитного поля статора n_1 и ротора n_2 асинхронного электродвигателя характеризуется скольжением, которое выражают в процентах частоты вращения магнитного поля:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \%. \quad (3.2)$$

При полной нагрузке скольжение у асинхронных электродвигателей колеблется в пределах от 1 % до 7 %. У электродвигателей большой мощности скольжение меньше, чем у электродвигателей малой мощности.

Асинхронная машина может работать в следующих режимах: генераторный, противовключения, динамического торможения, двигательный.

Основными частями асинхронного двигателя (АД) являются статор (корпус, сердечник, обмотка) и ротор (вал, сердечник, обмотка, подшипники). Различают АД с короткозамкнутым (рис. 3.8, *а*) и фазным (рис. 3.8, *б*) роторами. Сердечники статора и ротора для уменьшения вихревых токов набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,50 мм, изолированных друг от друга слоем лака. Сердечники и обмотки являются активными частями АД. К конструктивным частям относятся станина, подшипниковые щиты и крышки, вал, подшипники и пр. В пазах сердечника статора размещается обычно трехфазная обмотка, в пазах сердечника ротора – короткозамкнутая типа «беличья клетка» или трехфазная, подобная обмотке статора. Во втором случае в цепь обмотки ротора через контактные кольца вводятся добавочные резисторы для изменения рабочих характеристик АД. Конструктивное исполнение АД определяется способом защиты от окружающей среды, способом охлаждения, габаритными размерами и т. д.

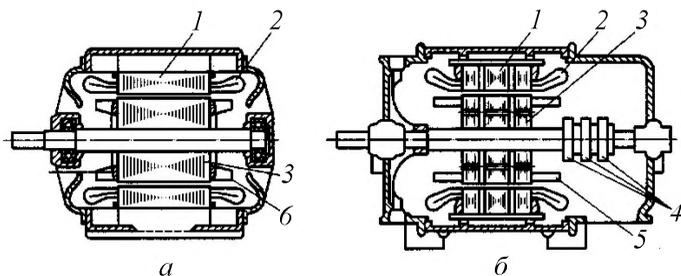


Рис. 3.8. Трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым (*а*) и фазным (*б*) роторами:

- 1 – сердечник статора; 2 – обмотка статора трехфазная, включаемая в сеть переменного тока; 3 – сердечник ротора; 4 – кольца контактные для соединения с пусковым или регулировочным реостатом;
- 5 – обмотка фазная ротора; 6 – обмотка ротора короткозамкнутая

Частоту вращения АД регулируют изменением частоты тока питающей сети, числа пар полюсов обмотки статора, напряжения на зажимах АД, активного сопротивления роторной цепи у АД с фазным ротором, а также применением управляемой электромагнитной муфты скольжения.

Принцип действия асинхронного двигателя основан на использовании вращающегося магнитного поля.

Работу такого двигателя поясняет следующий опыт (рис. 3.9).

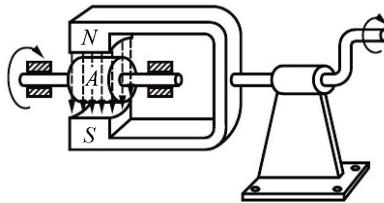


Рис. 3.9. Модель вращающегося магнитного поля

Подковообразный магнит крепится на оси таким образом, чтобы его можно было вращать за ручку. На оси между полюсами магнита расположен медный свободно вращающийся цилиндр.

Вращение магнита производить за ручку по часовой стрелке. Поле магнита также начнет вращаться, при вращении оно будет пересекать своими силовыми линиями медный цилиндр. В цилиндре по закону электромагнитной индукции возникнут вихревые токи, которые создадут свое собственное магнитное поле – поле цилиндра. Это поле будет взаимодействовать с магнитным полем постоянного магнита, в результате чего цилиндр начнет вращаться в ту же сторону, что и магнит.

Скорость вращения цилиндра меньше скорости вращения поля магнита. Если цилиндр будет вращаться с той же скоростью, что и магнитное поле, то он не будет пересекать магнитные силовые линии и, следовательно, в нем не возникнут вихревые токи, создающие магнитное поле, необходимое для вращения цилиндра.

Изменить направление вращения магнитного поля можно переключением двух любых фаз.

Однофазный АД – это двигатель, работающий на однофазном напряжении. Для этого на одну из фазных обмоток подают напряжение через конденсатор, который сдвигает угол этого напряжения

(затормаживает его во времени). Это позволяет создать пульсирующее магнитное поле, которое работает так же, как и рассмотренное вращающееся. Для изменения направления движения такого двигателя меняют местами фазный (L) и нулевой (N) проводники, подключенные к обмоткам двигателя.

3.4. Синхронные машины

Синхронные машины – это электрические машины переменного тока, в которых ротор и магнитное поле токов статора вращаются синхронно (с одинаковой скоростью).

Трехфазные синхронные генераторы – самые мощные электрические машины. Единичная мощность синхронных генераторов на ГЭС – до 640 МВт, на ТЭС – 8–1200 МВт.

У синхронной машины одна из обмоток присоединена к электрической сети переменного тока, а вторая возбуждается постоянным током. Обмотку переменного тока называют якорной. Обмотка возбуждения потребляет 0,3 %–2,0 % от преобразуемой мощности, поэтому ее располагают обычно на вращающемся роторе, который называют индуктором, и подводят малую мощность возбуждения через контактные кольца или устройства бесконтактного возбуждения.

При частоте тока промышленной сети $f_1 = 50$ Гц ряд синхронных скоростей при различных числах полюсов составляет 3000, 1500, 1000 и т. д. Так как магнитное поле индуктора неподвижно относительно ротора, то для непрерывного взаимодействия полей статора (индуктора) и якоря ротор должен вращаться с той же синхронной скоростью.

Устройство синхронных машин

Статор синхронной машины с трехфазной обмоткой не отличается от конструкции статора асинхронной машины. Ротор с обмоткой возбуждения бывает двух видов: явнополюсный (рис. 3.10, *а*) и неявнополюсный (рис. 3.10, *б*). При больших скоростях и малом числе полюсов применяют неявнополюсные роторы как имеющие более прочную конструкцию, при малых скоростях и большом числе полюсов – явнополюсные роторы сборной конструкции. Прочность таких роторов меньше, но они проще в изготовлении и в ремонте.

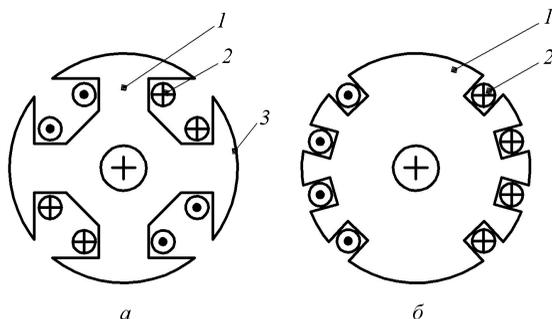


Рис. 3.10. Виды якорей синхронной машины:
a – ротор явнополюсный; *б* – ротор неявнополюсный;
 1 – магнитопровод (полюс); 2 – обмотка возбуждения;
 3 – наконечник полюсный

Кроме обмотки возбуждения на роторе располагают демпферную, или успокоительную, обмотку, которую в синхронных двигателях используют для запуска. Эту обмотку выполняют аналогично короткозамкнутой обмотке типа «беличья клетка», только значительно меньшего сечения, т. к. основной объем ротора занимает обмотка возбуждения. В неявнополюсных роторах роль демпферной обмотки выполняют поверхности сплошных зубцов ротора и токопроводящие клинья в пазах. Устройство синхронной машины приведено на рис. 3.11.

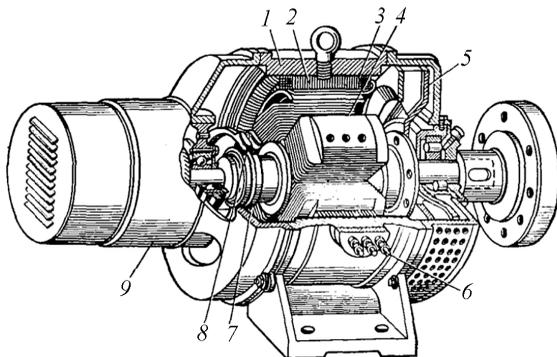


Рис. 3.11. Устройство трехфазной синхронной машины:
 1 – корпус; 2 – сердечник статора; 3 – обмотка статора; 4 – ротор; 5 – вентилятор;
 6 – вывод обмотки статора; 7 – контактное кольцо; 8 – щетка; 9 – возбудитель

Постоянный ток может подаваться в обмотку возбуждения синхронной машины от специального генератора постоянного тока, установленного на валу машины и называемого возбудителем, или от сети через полупроводниковый выпрямитель.

Режим генератора: двигатель (турбина) вращает ротор, на обмотку которого подается постоянное напряжение, и возникает ток, который создает постоянное магнитное поле. Магнитное поле вращается вместе с ротором, пересекает статорные обмотки и наводит в них одинаковые по модулю и частоте ЭДС, но сдвинутые на 120° (симметричная трехфазная система).

Режим двигателя: обмотку статора подключают к трехфазной сети, обмотку ротора – к источнику постоянного тока. В результате взаимодействия вращающегося магнитного поля машины с полем, созданным постоянным током обмотки возбуждения, возникает вращающий момент, который приводит ротор во вращение со скоростью магнитного поля.

3.5. Трансформаторы

Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, содержащее от двух до нескольких обмоток, расположенных на общем магнитопроводе, и индуктивно связанных таким образом между собой. Трансформатор служит для преобразования электрической энергии переменного тока посредством электромагнитной индукции без изменения частоты тока и мощности. Трансформаторы используют как для преобразования переменного напряжения, так и для гальванической развязки в различных сферах электротехники и электроники.

Гальваническая развязка (изоляция) – это название общего принципа электрической изоляции рассматриваемой цепи относительно других цепей, присутствующих в данном устройстве. Гальваническая изоляция, как правило, применяется для решения одной из двух (или обеих) задач:

1. Обеспечение независимости сигнальной цепи (при подключении приборов и устройств) за счет того, что гальваническая изоляция обеспечивает независимый контур тока сигнальной цепи относительно других контуров тока, возникающих при соединении приборов и устройств. Например, это может быть независимость цепи измерения от силовой исполнительной цепи.

2. Обеспечение электробезопасности при работе с оборудованием согласно ГОСТам на электробезопасность.

Трансформатор может состоять из одной обмотки (автотрансформатор), сердечник может отсутствовать (ВЧ-трансформатор), однако в большинстве своем трансформаторы имеют сердечник (магнитопровод) из магнитомягкого ферромагнитного материала и две (и более) изолированные ленточные или проволочные обмотки, охватываемые общим магнитным потоком.

Для преобразования переменного напряжения одной величины в переменное напряжение другой величины используют трансформатор напряжения (рис. 3.12). Трансформатор напряжения работает благодаря явлению электромагнитной индукции: изменяющийся во времени магнитный поток порождает ЭДС в пронизываемой им обмотке (или обмотках).

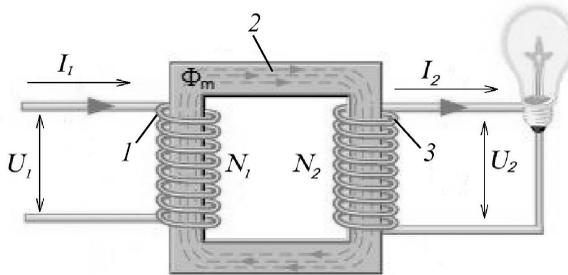


Рис. 3.12. Функциональная схема работы трансформатора:
1 – обмотка первичная; 2 – магнитопровод; 3 – обмотка вторичная

Первичная обмотка трансформатора соединяется своими выводами с источником переменного напряжения, к выводам вторичной обмотки присоединяется нагрузка, которую необходимо питать напряжением более низким или более высоким, чем напряжение источника, от которого питается данный трансформатор.

Благодаря наличию сердечника (магнитопровода) магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой трансформатора, сосредоточен главным образом в ограниченном сердечником объеме. Переменный ток, действующий в первичной обмотке, намагничивает сердечник то в одном, то в противоположном направлениях, при этом изменение магнитного потока происходит не рывками, а гармонически, синусоидально.

Вторичная обмотка является у трансформатора принимающей. Она принимает изменяющийся магнитный поток, создаваемый током первичной обмотки. Изменяющийся с определенной скоростью магнитный поток, пронизывающий витки вторичной обмотки, по закону электромагнитной индукции наводит в каждом ее витке определенную ЭДС. Эти индуцированные ЭДС складываются в каждый момент времени от витка к витку, формируя напряжение вторичной обмотки (напряжение холостого хода трансформатора).

Чем быстрее изменяется магнитный поток в сердечнике, тем большего значения напряжение наводится на каждом витке вторичной обмотки трансформатора. А поскольку и первичная и вторичная обмотки пронизываются одним и тем же магнитным потоком (создаваемым переменным током первичной обмотки), то и напряжение на каждом витке как первичной, так и вторичной обмотки получается одинаковым исходя из величины магнитного потока и скорости его изменения.

Силовой трансформатор

Трансформаторы низкочастотного вида (50–60 Гц) используются в электрических сетях, а также в установках приема и преобразования электрической энергии. Этот вид трансформаторов применяется для подачи электроэнергии на ЛЭП и ее приема с ЛЭП, где напряжение может достигать 750 кВ.

В городских электросетях напряжение достигает 10 кВ. Посредством именно силовых низкочастотных трансформаторов напряжение понижается до 0,4 кВ, 380/220 В, необходимых потребителям.

Конструктивно типичный силовой трансформатор может содержать две, три обмотки или более, расположенные на броневом сердечнике из электротехнической стали, причем некоторые из обмоток низшего напряжения могут питаться параллельно (трансформатор с расщепленными обмотками).

Это удобно для повышения напряжения, получаемого одновременно с нескольких генераторов. Как правило, силовой трансформатор помещен в бак с трансформаторным маслом, в некоторых случаях – с системой активного охлаждения (при большой мощности трансформатора).

Трансформаторы силовые трехфазные мощностью до 4000 кВ·А устанавливают на подстанциях и электростанциях. Более распространены трехфазные трансформаторы, поскольку потери составляют на 15 % меньше, чем с тремя однофазными.

Сетевой трансформатор

Сетевые трансформаторы напряжения (обычно – однофазного) бытовой сети 220 В с частотой 50 Гц понижают напряжение до значений, требующихся электроприбору: 5, 12, 24 или 48 В.

Часто сетевые трансформаторы выполняются с несколькими вторичными обмотками, чтобы использовать несколько источников напряжения для питания различных частей схемы. В частности, трансформатор накальный (ТН) встречается в схемах, где присутствуют радиолампы.

Современные сетевые трансформаторы конструктивно выполняются на Ш-образных, стержневых или тороидальных сердечниках из набора пластин электротехнической стали, на которые и навиваются обмотки. Тороидальная форма магнитопровода позволяет получить более компактный трансформатор.

Автотрансформатор

Одна из разновидностей низкочастотного трансформатора – автотрансформатор (рис. 3.13), у которого вторичная обмотка является частью первичной или первичная является частью вторичной (т. е. в автотрансформаторе обмотки связаны не только магнитно, но и электрически). Несколько выводов делаются от единственной обмотки и позволяют всего с одной обмотки получить различное напряжение.

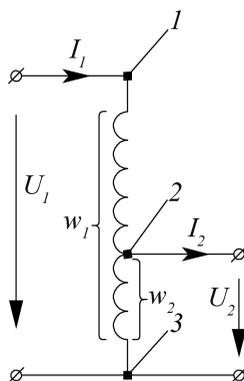


Рис. 3.13. Принципиальная электрическая схема автотрансформатора:

1 – начало обмотки; 2 – контакт съема напряжения; 3 – конец обмотки;

U_1, I_1 – напряжение и ток на входе трансформатора; U_2, I_2 – напряжение и ток на выходе из трансформатора; w_1, w_2 – число витков первичной и вторичной обмоток

Трансформатор тока

Трансформатором тока называется трансформатор, первичная обмотка которого подключается к источнику тока, а вторичная – к защитным или измерительным приборам, имеющим малые внутренние сопротивления. Наиболее распространенным типом трансформатора тока является измерительный.

Первичная обмотка трансформатора тока (обычно – один виток, один провод) включается последовательно в цепь, в которой требуется измерить переменный ток. В результате ток вторичной обмотки пропорционален току первичной, при этом вторичная обмотка обязательно должна быть нагружена, иначе напряжение вторичной обмотки может пробить ее изоляцию.

Конструкция трансформатора тока представляет собой сердечник из шихтованной кремнистой холоднокатаной электротехнической стали, на который намотана одна или несколько изолированных обмоток, являющихся вторичными. Первичная обмотка – шина или пропущенный через окно магнитопровода провод с измеряемой силой тока (по этому принципу работают токоизмерительные клещи). Главная характеристика трансформатора тока – коэффициент трансформации (например, 100/5 А).

Трансформаторы тока применяются для измерения тока и в схемах релейной защиты. Они безопасны, поскольку измеряемая и вторичная цепи гальванически изолированы друг от друга. Обычно промышленные трансформаторы тока выпускаются с двумя группами (или более) вторичных обмоток, одна из которых подключается к защитным устройствам, другая – к устройству измерения (например, к счетчикам).

3.6. Классификация, основные характеристики и маркировка электрических аппаратов

Электрический аппарат – устройство, управляющее электроприемниками и источниками питания, а также использующее электрическую энергию для управления неэлектрическими процессами.

Электрические аппараты классифицируют по следующим признакам:

- 1) назначение, т. е. основная функция, выполняемая аппаратом;
- 2) принцип действия;

- 3) характер работы;
- 4) величина и род тока;
- 5) величина напряжения (до 1 кВ, более 1 кВ);
- 6) исполнение;
- 7) конструкция;
- 8) степень защиты.

Классификация электрических аппаратов в зависимости от назначения:

1. Коммутационные аппараты (управления) предназначены для пуска, реверсирования, торможения, регулирования скорости вращения, напряжения, тока электрических машин или для пуска и регулирования параметров других потребителей электроэнергии в системах электроснабжения. Основная функция этих аппаратов – управление электроприводами и другими потребителями электрической энергии. К ним относятся: электрические аппараты ручного управления – пакетные выключатели и переключатели, рубильники, универсальные переключатели, реостаты и пр.; электрические аппараты дистанционного управления – электромагнитные реле, пускатели, контакторы и т. п.

2. Аппараты защиты используются для защиты электрооборудования и электрических сетей от сверхтоков, т. е. токов перегрузки, пиковых токов, токов короткого замыкания, а также для коммутации электрических цепей. К ним относятся: плавкие предохранители, тепловые реле, токовые реле, автоматические выключатели и пр.

К аппаратам защиты относятся и реле напряжения, которые предназначены для непрерывного контроля величины напряжения в сети и защиты электроустановок, электроприборов от аварий в сети (перепадов напряжения, обрыва нулевого провода).

3. Регулирующие (контролирующие) аппараты предназначены для контроля заданных электрических или неэлектрических параметров. К этой группе относятся датчики, работающие по принципу реле. Эти аппараты преобразуют электрические или неэлектрические величины в электрические и выдают информацию в виде электрических сигналов. Основная функция этих аппаратов заключается в контроле за заданными электрическими и неэлектрическими параметрами. К ним относятся: датчики тока, фотодатчики, регуляторы и датчики давления, температуры, положения, уровня, а также реле, реализующие функции датчиков (например, реле контроля скорости (РКС), реле времени, напряжения, тока).

По принципу действия электроаппараты подразделяются в зависимости от характера импульса, воздействующего на них. Исходя из физических явлений, на которых основано действие аппаратов, наиболее распространенными являются следующие категории:

1. Коммутационные электрические аппараты для замыкания и размыкания электрических цепей при помощи контактов, соединенных между собой для обеспечения перехода тока из одного контакта в другой или удаленных друг от друга для разрыва электрической цепи (рубильники, переключатели, пакетные выключатели/переключатели и пр.).

2. Электромагнитные электрические аппараты, действие которых зависит от электромагнитных усилий, возникающих при работе аппарата (контакторы, реле и пр.).

3. Индукционные электрические аппараты, действие которых основано на взаимодействии тока и магнитного поля (индукционные реле).

4. Катушки индуктивности (реакторы, дроссели насыщения).

По характеру работы различают электрические аппараты в зависимости от режима той цепи, в которой они установлены:

1) работающие длительно;

2) предназначенные для кратковременного режима работы;

3) работающие в условиях повторно-кратковременной нагрузки.

Классификация электрических аппаратов по роду тока: постоянного и переменного (низкая, средняя и высокая частота тока).

По величине напряжения аппараты бывают низковольтные (до 1 кВ) и высоковольтные (более 1 кВ). Также электрические аппараты выпускают в стационарном (щитовом) исполнении и на DIN-рейку.

Выбор электрических аппаратов осуществляется в зависимости от следующих критериев:

– коммутируемые токи, напряжение и мощность;

– параметры и характер нагрузки – активная, индуктивная, емкостная, низкого или высокого сопротивления и пр.;

– число коммутируемых цепей;

– напряжение и ток цепей управления;

– напряжение катушки электрического аппарата;

– режим работы аппарата – кратковременный, длительный, повторно-кратковременный;

– условия работы аппарата – температура, влажность, давление, наличие вибрации и пр.;

– способы крепления аппарата;

- экономические и массогабаритные показатели;
- удобство сопряжения и электромагнитная совместимость с другими устройствами и аппаратами;
- стойкость к электрическим, механическим и термическим перегрузкам;
- климатическое исполнение и категория размещения;
- степени защиты IP;
- требования техники безопасности;
- высота над уровнем моря;
- условия эксплуатации.

3.7. Коммутационные электрические аппараты

Коммутационный аппарат – это электрический аппарат, предназначенный для коммутации (включения, выключения и переключения) электрической цепи и снятия напряжения с части электроустановки.

Механический коммутационный аппарат – это коммутационный аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания одной или более электрических цепей.

В общем случае можно разделить все коммутационные аппараты на два типа:

- 1) контактный коммутационный аппарат, осуществляющий коммутационную операцию путем перемещения его контакт-деталей относительно друг друга;
- 2) бесконтактный коммутационный аппарат, осуществляющий коммутационную операцию без перемещения и разрушения его деталей.

Основными электрическими коммутационными аппаратами являются:

- выключатель;
- выключатель нагрузки;
- автоматический выключатель;
- устройство защитного отключения;
- контактор;
- реле;
- рубильник;
- пакетный выключатель;
- предохранитель.

Рубильник – коммутационный аппарат с контактами рубящего типа (клиновые контакты) и ручным приводом на два положения («включено», «отключено»).

Переключатель – разновидность рубильника на два рабочих и одно нейтральное положения для поочередного подключения к двум различным электрическим цепям.

Рубильники и переключатели бывают одно-, двух- и трех-полюсными.

Пакетные выключатели, которые выполняют такие же функции, что и рубильники, – коммутационные аппараты с ручным управлением, предназначенные для одновременного включения и отключения групп незначительных нагрузочных токов.

Командоаппараты – это аппараты, на которые воздействует оператор или рабочая машина и которые предназначены для осуществления переключения в цепях управления электромагнитными контакторами и реле, регуляторами, усилителями, преобразователями и т. п. К таким аппаратам относятся кнопки, переключатели и ключи управления, командоконтроллеры, путевые и конечные выключатели.

Кнопки (кнопочные переключатели) применяются при дистанционном управлении сравнительно редко пускаемыми двигателями для выполнения простых операций: включения и отключения одного-двух контакторов (пускателей) и отдельных вспомогательных цепей.

В кнопочный пост управления входит от одной до трех кнопок, которые имеют электрически не связанные между собой замыкающие и размыкающие контакты с двойным разрывом цепи.

Путевые выключатели – командоаппараты, кинематически связанные с рабочей машиной и срабатывающие в определенных точках пути ее движущихся частей. Выключатели служат для автоматического замыкания и размыкания цепи в функции пути и для аварийного ограничения хода движущихся частей (концевые выключатели).

Основные разновидности выключателей: нажимные (кнопочные), рычажные и вращающиеся. Первые два вида применяют преимущественно в качестве концевых выключателей.

В нажимном выключателе привод в виде толкателя с полукруглой головкой переключает подвижный контакт с контакта на контакт. В рычажном выключателе контакты переключаются путем воздействия на рычаг с роликом.

Существенным недостатком контактных механических выключателей являются: возможность их разрегулировки (увеличения зазоров между контактами из-за ослабления крепежей) при частых переключениях и недостаточная надежность, особенно при больших скоростях движения механизма, а также значительный шум и радиопомехи. В связи с этим в настоящее время широко применяются аппараты с бесконтактными элементами, индуктивными и емкостными датчиками.

Контакторы предназначены для дистанционного управления трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором:

- для пуска непосредственным подключением к сети и остановки (отключения) электродвигателя (неревверсивные пускатели);
- пуска, остановки и реверса электродвигателя (реверсивные пускатели).

Кроме того, контакторы в исполнении с тепловым реле осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности.

Контакторы (рис. 3.14) имеют магнитную систему, состоящую из якоря 7 и сердечника 5, заключенную в пластмассовый корпус 8. На сердечнике размещены втягивающая катушка 4 и возвратная пружина 6. По направляющим верхней части пускателя скользит траверса 3, на которой собраны якорь магнитной системы и мостики главных 1 и блокировочных (дополнительных) 2 контактов с пружинами.

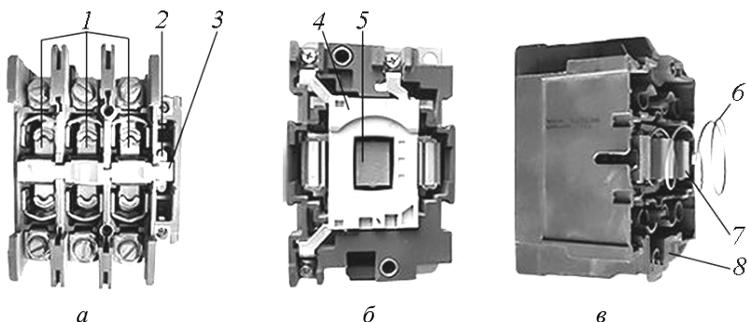


Рис. 3.14. Контактор:

- a* – часть верхняя; *б* – часть нижняя; *в* – часть нижняя (вид слева);
 1 – контакты силовые; 2 – контакт дополнительный; 3 – траверса; 4 – катушка;
 5 – сердечник; 6 – пружина возвратная; 7 – якорь; 8 – корпус

Принцип работы контактора: при подаче напряжения на катушку в ней начинает течь электрический ток, который создает магнитное поле, притягивающее якорь к сердечнику. Якорь по отношению к сердечнику с помощью пружины находится в подвешенном состоянии. К якорю прикреплены контакты, и при его движении нормально-разомкнутые контакты замыкаются, нормально-замкнутые – размыкаются. При отключении напряжения происходит обратное: под действием возвратных пружин подвижные части возвращаются в исходное положение, при этом главные контакты и нормально-открытые блок-контакты размыкаются, а нормально-закрытые блок-контакты замыкаются.

Пускатель (рис. 3.15) – устройство для запуска (подачи напряжения) на электрическое устройство.

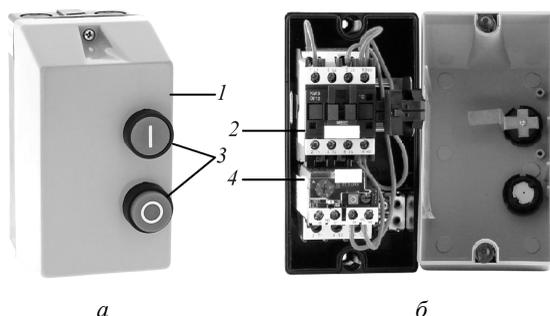


Рис. 3.15. Пускатель:

a – вид спереди; *б* – вид со снятой крышкой;

1 – корпус герметичный; *2* – контактор;

3 – толкатели контактов «Пуск» и «Стоп»; *4* – реле тепловое

Чаще всего пускатели применяют для запуска электродвигателя на месте его установки. Пускатель состоит из контактора, теплового реле и кнопок (чаще всего «Пуск» и «Стоп»), помещенных в общий герметичный корпус.

3.8. Электрические аппараты защиты

Все существующие эксплуатируемые или вновь сооружаемые электрические сети должны быть обеспечены необходимыми и достаточными средствами защиты, прежде всего от поражения

электрическим током людей, работающих с этими сетями, участков цепей и электрооборудования – от токов перегрузки, токов короткого замыкания, пиковых токов. Эти токи могут привести к повреждению как самих сетей, так и электроприборов, работающих в этих сетях.

Каждая трансформаторная подстанция, каждая воздушная линия, каждая кабельная линия и распределительные внутридомовые сети, каждый электроприемник имеют аппараты защиты, обеспечивающие их бесперебойную и надежную работу.

Таких аппаратов в мире имеется огромный выбор. Их можно подобрать по типу, способу подключения, параметрам защиты. Аппараты защиты электрооборудования и электрических сетей – обширная группа, включающая в себя такие аппараты, как плавкие вставки (предохранители), автоматические выключатели, разнообразные реле (токовые, тепловые, напряжения и т. п.).

Плавкие предохранители (рис. 3.16) защищают участок цепи от токовых перегрузок и коротких замыканий. Разделяются на одно-разовые предохранители и предохранители со сменными вставками. Их используют в промышленности и в быту.

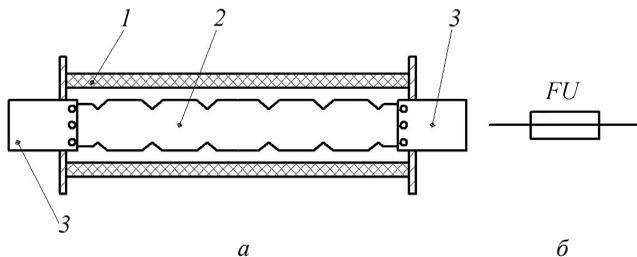


Рис. 3.16. Предохранитель:

a – в разрезе; *б* – условно-графическое обозначение;

1 – корпус; 2 – вставка плавкая; 3 – контакты

Существуют предохранители, работающие на напряжении до 1 кВ, и высоковольтные предохранители, работающие на напряжении выше 1 кВ (например, плавкие предохранители на трансформаторах собственных нужд подстанций 6/0,4 кВ). Удобство в эксплуатации, простота конструкции и легкость при замене обеспечили предохранителям очень большую распространенность.

Принцип работы предохранителя основан на сгорании (плавлении) плавкой вставки, по которой протекает ток защищаемой линии. Это

происходит, когда по плавкой вставке течет ток больший, чем тот, на который она рассчитана.

Автоматические выключатели (рис. 3.17) играют ту же роль, что и предохранители, но имеют более сложную конструкцию. При этом пользоваться автоматическими выключателями гораздо удобнее. В случае возникновения короткого замыкания в сети вследствие старения изоляции автоматический выключатель отключит от питания поврежденный участок.

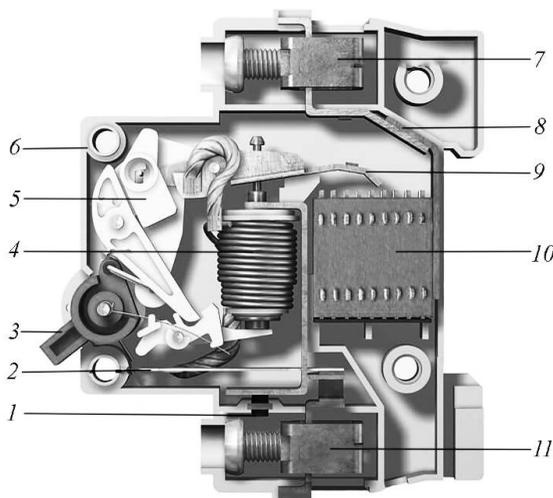


Рис. 3.17. Автоматический выключатель:

- 1 – винт регулировочный; 2 – расцепитель тепловой; 3 – рычаг управления;
- 4 – расцепитель электромагнитный; 5 – механизм взвода и расцепления;
- 6 – корпус; 7 – клемма верхняя; 8 – контакт неподвижный; 9 – контакт подвижный;
- 10 – камера дугогасительная; 11 – клемма нижняя

Электромагнитный расцепитель автоматического выключателя представляет собой небольшую катушку с сердечником и обмоткой из медного изолированного провода. Обмотка включается в цепь последовательно с контактами, т. е. по ней проходит ток нагрузки.

В случае возникновения короткого замыкания ток в цепи резко возрастает, в результате создаваемое катушкой магнитное поле вызывает перемещение сердечника (втягивание в катушку или выталкивание из нее). Сердечник при перемещении действует на от-

ключающий механизм, который вызывает размыкание силовых контактов автоматического выключателя. Существуют автоматические выключатели с полупроводниковыми расцепителями, реагирующими на максимальный ток.

Тепловой расцепитель автоматического выключателя представляет собой биметаллическую пластину, изготовленную из двух металлов с различными коэффициентами линейного расширения, жестко соединенных между собой. Пластина не является сплавом металлов, их соединение, как правило, производится прессованием. Биметаллическая пластина включается в электрическую цепь последовательно с нагрузкой и нагревается за счет протекающего через нее электрического тока.

В результате нагрева происходит изгибание пластины в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения. В случае возникновения перегрузки, т. е. при небольшом (в несколько раз) увеличении силы тока в цепи по сравнению с номинальным, биметаллическая пластина, изгибаясь, воздействует на механизм затвора и расцепления, вследствие чего происходит отключение автоматического выключателя.

Время срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя зависит не только от величины тока, но и от температуры окружающей среды, поэтому в ряде конструкций предусмотрена температурная компенсация, которая обеспечивает корректировку времени срабатывания в соответствии с температурой воздуха.

Независимый расцепитель минимального напряжения по конструкции аналогичен электромагнитному и отличается от него условиями срабатывания. В частности, независимый расцепитель обеспечивает отключение автомата при подаче напряжения на расцепитель независимо от наличия аварийных режимов.

Указанные расцепители являются дополнительными и могут отсутствовать в конструкции автоматического выключателя. Имеются также выключатели без каких-либо расцепителей (выключателей-разъединителей).

Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО предназначено для снятия напряжения с подключенной к нему схемы при возникновении случайных пробоев изоляции и образовании через них токов утечек.

Для работы УЗО используется принцип сравнения (рис. 3.18) входящих в контролируруемую часть схемы и выходящих из нее токов на основе дифференциального трансформатора, который переводит первичные величины каждого вектора в строго пропорциональные по углу и направлению вторичные для геометрического сложения.

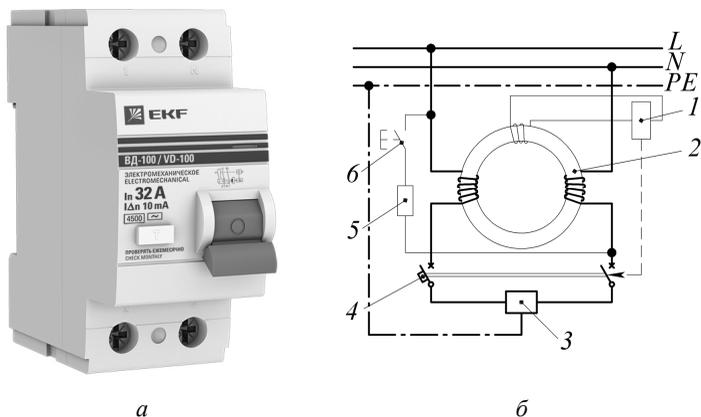


Рис. 3.18. Устройство защитного отключения:
 а – общий вид; б – функциональная схема УЗО;

- 1 – катушка электромагнитная (механизм исполнительный);
 2 – механизм взвода и отключения; 3 – нагрузка (электроприемник);
 4 – трансформатор дифференциальный; 5 – кнопка проверки работоспособности (тест)

У однофазной цепи сравниваются подходящий к измерительному органу вектор тока фазы и выходящий из нее – нуля. При нормальном режиме работы с надежной целой изоляцией они равны, уравновешивают друг друга. Когда возникает неисправность в схеме и появляется ток утечки, то баланс между рассматриваемыми векторами нарушается на его величину, которая замеряется одной из обмоток трансформатора и передается блоку логики.

Сравнение токов в трехфазной цепи осуществляется по такому же принципу, только через дифференциальный трансформатор пропускаются токи всех трех фаз, а небаланс создается на основе их сравнения. В нормальном режиме работы токи трех фаз при геометрическом сложении сбалансированы, а при нарушениях изоляции любой фазы возникает ток утечки в ней. Его величина определяется суммированием векторов в трансформаторе.

Дифференциальный автоматический выключатель

Его устройство более сложное, чем у автоматического выключателя или УЗО. Он при работе устраняет все три вида неисправностей (короткое замыкание, перегрузку, утечку тока), способных возникнуть в электропроводке. Дифференциальный автомат имеет в своей конструкции электромагнитный и тепловой расцепители, защищающие встроенное в него УЗО.

Дифференциальный автоматический выключатель выполнен одним модулем, обладает функциями и автоматического выключателя, и устройства защитного отключения.

3.9. Электрические аппараты регулирования

Управление технологическими процессами осуществляют с помощью различного вида регуляторов основных технологических параметров: температуры, давления, уровня, влажности и т. д.

Работа автоматического регулятора определяется видом зависимости между отклонениями регулируемого параметра и регулирующим воздействием регулирующего органа, происходящим в результате его перемещения. Эта зависимость называется динамической характеристикой регулятора, или законом регулирования регулятора. По виду этой зависимости регуляторы делятся на позиционные, статические, пропорциональные, астатические и изодромные.

Регулирующий орган в позиционном регуляторе может иметь два или несколько фиксированных положений, каждое из которых соответствует определенным значениям регулируемого параметра.

По количеству позиций регуляторы могут быть двухпозиционные, трехпозиционные и многопозиционные. В практике наибольшее применение находят двухпозиционные регуляторы.

В двухпозиционном регуляторе при отклонении регулируемого параметра от заданного значения (на величину, большую, чем нечувствительность регулятора) регулирующий орган занимает одно из крайних положений, соответствующих максимальному или минимальному возможному притоку регулирующего вещества. В частном случае минимальное значение может быть и нулем притока.

Передвижение регулирующего органа из одного крайнего положения в другое при двухпозиционном регулировании обычно совершается с большой скоростью, теоретически мгновенно – за момент времени, равный нулю.

Равенство между притоком и стоком при заданном значении регулируемого параметра не наблюдается. Оно может наступить только при максимальной или минимальной нагрузках. Поэтому при двухпозиционном регулировании система находится, как правило, в неравновесном состоянии. В силу этого регулируемый параметр непрерывно колеблется в обе стороны от заданного значения.

Амплитуда этих колебаний при отсутствии запаздываний будет определяться нечувствительностью регулятора. Зона возможных колебаний регулируемого параметра зависит от зоны нечувствительности регулятора и ею определяется, если предположить, что запаздывания отсутствуют.

Зоной нечувствительности регулятора называется диапазон изменения регулируемого параметра, требуемый для начала трогания регулирующего органа в прямом и обратном направлениях. Так, например, если регулятор температуры воздуха в помещении, настроенный на поддержание температуры со значением $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, начинает закрывать регулирующий орган на подводе горячей воды к нагревательному прибору при повышении значений температуры внутреннего воздуха до $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ и открывать его при значении $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$, то зона нечувствительности данного регулятора равна $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Точность поддержания заданных параметров при двухпозиционном регулировании сравнительно высокая.

Применимость двухпозиционного регулирования в большинстве случаев определяется не достигаемой точностью регулирования, а допустимой частотой переключений. Нужно иметь в виду, что частые переключения приводят к быстрому износу деталей (очень часто – контактов) регулятора, а следовательно, к уменьшению надежности его работы.

Наличие запаздывания ухудшает процесс регулирования, т. к. увеличивает амплитуду колебаний параметра, но уменьшает частоту переключений и этим расширяет область применения двухпозиционного регулирования.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение 1. Классификация, основные характеристики и маркировка электрических машин и трансформаторов; устройство и принцип работы трансформаторов

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 3.1, 3.5).

2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Законспектировать определение термина «электрическая машина», диаграмму классификации электрических машин (см. раздел 3.1).
4. Составить схему работы электрической машины вращательного действия (см. раздел 3.1).
5. Законспектировать определение термина «трансформатор», основные характеристики трансформаторов (см. раздел 3.1).
6. Составить принципиальную схему работы трансформатора (см. раздел 3.1).

Упражнение 2. Устройство и принцип работы двигателей постоянного тока

1. Изучить теоретический материал (см. раздел 3.2).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Зарисовать принципиальную схему работы электродвигателя постоянного тока.
4. Законспектировать классификацию машин постоянного тока.
5. Законспектировать основные характеристики машин постоянного тока.

Упражнение 3. Устройство и принцип работы двигателей постоянного тока

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 3.3, 3.4).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Законспектировать назначение основных узлов (деталей) асинхронного электродвигателя.
4. Составить схему работы асинхронного электродвигателя.
5. Законспектировать назначение основных узлов (деталей) синхронного электродвигателя.
6. Составить схему работы синхронного электродвигателя.

Упражнение 4. Классификация, устройство и принцип работы электрических аппаратов

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 3.3, 3.4).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Составить диаграмму классификации электрических аппаратов.
4. Составить список основных характеристик электрических аппаратов.

5. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы электромагнитного контактора.

6. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы предохранителя.

7. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы автоматического выключателя, теплового и электромагнитного расцепителей.

8. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы устройства защитного отключения.

Упражнение 5. Подбор аналога пускозащитного аппарата

В соответствии с индивидуальным заданием, описать принцип работы аппарата, его характеристики и предложить на замену аппарат, имеющий соответствующие характеристики.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «электродвигатель».
2. Дайте определение термина «электрический генератор».
3. Дайте определение термина «статор».
4. Дайте определение термина «ротор».
5. Как классифицируются электрические машины?
6. Как работает двигатель постоянного тока?
7. Как работает асинхронный электродвигатель?
8. Как работает синхронный электродвигатель?
9. Как работает трансформатор напряжения?
10. Как работает автотрансформатор?
11. Дайте определение термина «электрический аппарат».
12. Как классифицируются электрические аппараты?
13. Как работает предохранитель?
14. Как работает тепловой расцепитель?
15. Как работает электромагнитный расцепитель?
16. Как работает контактор?
17. Как работает автоматический выключатель?
18. Как работает устройство защитного отключения (УЗО)?

Практическая работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ И КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: изучить виды кабельно-проводниковой продукции и способы выполнения контактных соединений.

Задачи работы: изучить общие сведения о кабельно-проводниковой продукции, ее классификацию; изучить порядок разделки проводов, кабелей и шнуров различного назначения; изучить способы оконцевания жил проводов и кабелей; изучить неразборные контактные соединения и технологию их выполнения; изучить порядок выполнения разборных и разъемных контактных соединений.

4.1. Общие сведения о кабельно-проводниковой продукции, ее классификация

Под кабельно-проводниковой продукцией понимаются электрические кабели, провода и шнуры.

Провод – изделие, содержащее одну или несколько скрученных проволок, одну или более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься легкая неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка из волокнистых материалов или проволоки, и, как правило, не предназначенное для прокладки в земле (ГОСТ 15845–80).

Провода классифицируют по следующим признакам:

- 1) количество жил;
- 2) площадь поперечного сечения жил;
- 3) конструкция жил: провода с однопроволочными и многопроволочными жилами; провода с многопроволочной жилой имеют более высокий класс гибкости;
- 4) материал жил: провода с медными и алюминиевыми жилами;
- 5) наличие изоляции и защитных покровов: неизолированные, изолированные и защищенные (рис. 4.1);
- 6) материал изоляции и защитных покровов;
- 7) область применения.

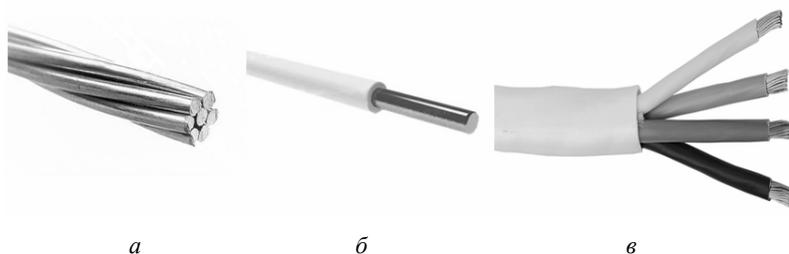


Рис. 4.1. Виды проводов:
а – неизолированный; б – изолированный; в – защищенный

Неизолированные провода используют для передачи электроэнергии по воздушным линиям. Изолированные провода представляют собой одну или более токопроводящих жил, покрытых изоляцией из пластика, резины или других материалов. Изолированные провода в основном применяются для соединения между собой элементов электрической цепи различного электрооборудования. Защищенные провода имеют поверх электрической изоляции металлическую или иную оболочку, предназначенную для герметизации и защиты от внешних воздействий (механических, химических и т. п.) части провода, находящейся внутри нее.

Изоляцию проводов и кабелей чаще всего изготавливают из поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена, резины.

ПВХ благодаря невысокой стоимости и хорошим физическим характеристикам (гибкость и износостойкость) чаще всего используется для изоляции проводов, что прокладываются внутри помещения. Негорюч и достаточно устойчив к агрессивным химическим соединениям. К недостаткам относятся хрупкость при значениях температуры ниже -20°C , низкая стойкость к ультрафиолетовому излучению и выделение едких веществ при чрезмерном нагревании.

Полиэтилен устойчив к отрицательным температурам и агрессивным химическим соединениям, но менее эластичен, чем ПВХ. В современных электроустановках широкое применение для изготовления изоляции нашел сшитый полиэтилен (РЕХ или СПЭ). Его высокие характеристики прочности, водонепроницаемости, устойчивости к термофизическим и механическим нагрузкам позволяют создавать изоляционные материалы, по надежности и долговечности намного превосходящие традиционные. Сшитый полиэтилен –

полимер углеводорода этилена, модифицированный на молекулярном уровне до выстраивания абсолютно новой структуры. Полученная в процессе «сшивки» система межмолекулярных связей СПЭ выглядит как трехмерная ячеистая сетка, похожая на кристаллическую решетку твердых веществ. Такое изменение дает особую прочность на разрыв и повышает все остальные характеристики полиэтилена.

Резина – природный материал, применяемый при необходимости получить повышенную гибкость провода и устойчивость к минусовым температурам. К недостаткам резины можно отнести недолговечность и узкий диапазон рабочих температур. Широкое применение в энергетике нашли силиконовые (кремнийорганические) резины. Провода, имеющие силиконовую изоляцию, способны работать при значениях температуры до +200 °С. Изоляционная силиконовая оболочка имеет высокие показатели устойчивости к различным маслам, щелочам, жирам, спиртам, пластификаторам, клофинам, разбавленным кислотам. Силиконовую оболочку применяют для подключения инфракрасных обогревателей, котлов отопления и т. п.

Особая группа проводов, которые применяют для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов, может изготавливаться с эмалевой, волокнистой, пленочной и эмалево-волокнистой изоляцией. Эмалевая изоляция наносится в виде гибкого лакового покрытия. Наибольшее применение находят провода с высокопрочными эмалевыми покрытиями на основе поливинилацеталевой, полиэфирной и полиуретановой смол. Волокнистая изоляция имеет бóльшую толщину, чем эмалевая. В качестве волокнистой изоляции применяют пряжу: хлопчатобумажную, шелковую, из капроновых, асбестовых, лавсановых и стеклянных волокон. В качестве пленочной изоляции применяют пленки из лавсана, полиэтилена, полиэтилентерефталата и других материалов. Пленочная изоляция обладает более высокой водостойкостью в сравнении с волокнистой изоляцией. У проводов с эмалево-волокнистой изоляцией на слой эмали наносят обмотку из хлопчатобумажной, шелковой, капроновой или стеклянной пряжи. Такие провода применяют для электрических машин и аппаратов, которые эксплуатируются в более сложных условиях и требуют защиты эмалевой изоляции.

В зависимости от области применения выделяют следующие группы проводов:

- обмоточные провода (марки ПЭВ, ПЭЛ, ПЭТВ, ПЭТ и др.);
- провода установочные (марки АПВ, ПВ1, ПВ2, ПВ3 и др.) – для монтажа электропроводки, соединения частей электроустановок и прокладки внутри помещений, на открытом воздухе и т. д.;
- монтажные провода (марки МГТФ, МГТФЭ и др.) – для фиксированного и гибкого монтажа в щитах, соединений в радиоэлектронной аппаратуре;
- провода соединительные (марки ПВС, ПРС, ШВП и др.);
- провода, изолированные для воздушных линий (марки СИП-1, СИП-2, СИП-3 и др.);
- провода неизолированные (марки М, А, АС и др.);
- провода термостойкие (марки ПВКВ, ПАЛ, ПВКФ);
- провода термоэлектродные (марки СФК-ХК, ПТВ-ХК и др.);
- провода прогревочные (марки ПНСВ, ПНПЖ, НО-1 и др.).

Цифробуквенные обозначения, из которых состоит маркировка проводов и кабелей, содержат наиболее важную информацию об их характеристиках: материалы жилы и изоляции, назначение и конструктивные отличия, количество и сечение жил, дополнительные особенности. Часть букв может отсутствовать, обозначая тем самым общий параметр.

Маркировка провода:

$$X_1X_2X_3X_4 X_5 \times X_6,$$

где X_1 – материал жилы: А – алюминиевая жила; если маркировка начинается с любой другой буквы, тогда первая буква отсутствует, т. е. жила изготовлена из меди;

X_2 – назначение провода: П – провод общего назначения; ПП – плоский провод; ПУ – провод установочный; ПН – провод нагревательный; М – монтажный; МГ – монтажный гибкий;

X_3 – материал изоляции провода: П – полиэтилен; Пв – полиэтилен сшитый; Пс – полиэтилен самозатухающий; В – поливинилхлорид; Р – резина; Н или НР – негорючая резина; С – стекловолокно; К – капрон; Ш – шелк полиамидный; Э – эмалевая изоляция;

X_4 – конструктивные особенности провода: О – в оплетке; Т – для прокладки в трубе; С – соединительный;

X_5 – количество жил провода;

X_6 – площадь поперечного сечения жилы (мм^2): 1,5; 2,5; 4; 6 и т. д.

Примеры расшифровки маркировки проводов:

АПВ 1×2,5 – провод с алюминиевой жилой, ПВХ-изоляцией, одножильный, площадь поперечного сечения жилы 2,5 мм^2 ;

ПРС 2×4 – провод с медной жилой, резиновой изоляцией, соединительный, двухжильный, площадь поперечного сечения одной жилы 4 мм^2 .

Кабель – изделие, содержащее одну (или более) изолированную жилу (проводник), заключенную в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, в который может входить броня, и пригодное, в частности, для прокладки в земле и под водой (ГОСТ 15845–80). Кабели используются во всех сферах промышленно-хозяйственной деятельности для передачи электрической энергии там, где применение для этой цели неизолированных шин и проводов невозможно или нерационально, а также для передачи информации в цепях управления, измерения, контроля и учета, защиты и сигнализации, автоматики и телемеханики.

Кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящие жилы, изоляция, оболочки и защитные покровы. Помимо основных элементов, в конструкцию силовых кабелей могут входить экраны, нулевые жилы, жилы защитного заземления и заполнители. При наличии броневой оболочки кабель называют бронированным. Пример конструкции бронированного и небронированного кабелей представлен на рис. 4.2.

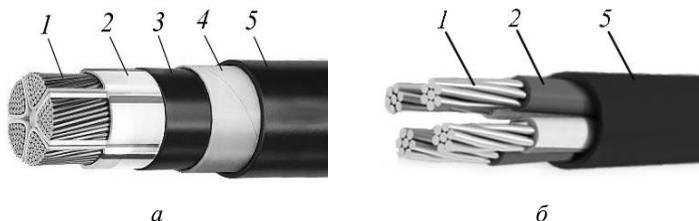


Рис. 4.2. Конструкция бронированного (а) и небронированного (б) кабелей:

1 – жила токопроводящая; 2 – изоляция жил; 3 – оболочка жил;

4 – слой бронированный; 5 – оболочка защитная

Изоляция, наложенная непосредственно на жилу кабеля, называется изоляцией жилы. Изоляция многожильного кабеля, наложенная поверх изолированных скрученных жил, называется поясной изоляцией.

Экраны используются для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, протекающих по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. В качестве экранов применяется электропроводящая кабельная бумага или металлизированная полупроводящая бумага, поверх которой наложена алюминиевая или медная фольга, а также проводящий полиэтилен или ПВХ-пластик.

Заполнители предназначены для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля в целях герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости конструкции кабеля. В качестве заполнителей применяются жгуты из пропитанной кабельной пряжи, штапелированной стеклопряжи или ПВХ-пластиката.

Для предотвращения проникновения в изоляцию влаги, защиты изоляции от воздействия света, различных химических веществ, а также предохранения от механических повреждений кабель имеет защитные оболочки. Для оболочек кабелей с бумажной изоляцией используют алюминий и свинец; оболочки кабелей с пластмассовой изоляцией изготавливаются из пластмассы.

Защитные покровы предназначены для защиты оболочки кабеля от внешних воздействий. Защитные покровы могут состоять из подушки, бронепокрова и наружного покрова. В зависимости от конструкции кабеля один или два из указанных элементов могут отсутствовать. Подушка – часть защитного покрова, наложенная на оболочку и предназначенная для предохранения оболочки от повреждения ее лентами или проволоками брони. Бронепокров – часть защитного покрова, состоящая из металлических лент или проволок и предназначенная для защиты кабеля от внешних механических воздействий. Ленты бывают оцинкованные и стальные, покрытые битумным составом. Наружный покров – часть защитного покрова кабеля, предназначенная для защиты брони от коррозии и выполненная из защитного шланга, выпрессованного из пластмассы или из волокнистых материалов, пропитанных специальным противогнилостным или негорючим составом.

Кабели классифицируются по следующим признакам:

- 1) количество жил;
- 2) площадь поперечного сечения жил;
- 3) конструкция жил: с однопроволочными и многопроволочными жилами;
- 4) материал жил: с медными и алюминиевыми жилами;
- 5) форма поперечного сечения жил (рис. 4.3);

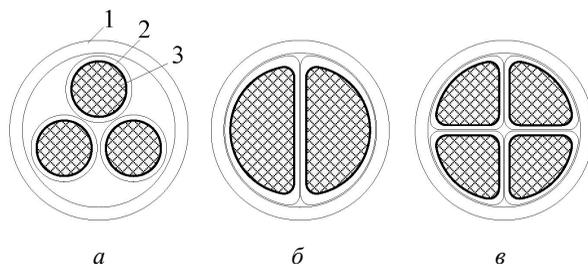


Рис. 4.3. Формы сечения жил кабеля:

a – сечение круглое; *б* – сегментное; *в* – секторное

6) материал изоляции и оболочки: в настоящее время для изготовления изоляции кабелей чаще всего применяют ПВХ, полиэтилен, резину;

7) область применения – условно выделяют следующие группы кабелей:

– силовые кабели – для передачи и распределения электрической энергии в осветительных и силовых электроустановках для создания кабельных линий. Выпускаются с медными и алюминиевыми жилами с изоляцией из бумаги, ПВХ, полиэтилена, резины и других материалов, имеют свинцовые, алюминиевые, резиновые или пластмассовые защитные оболочки;

– контрольные кабели – для питания различных электротехнических устройств сигналами низкого напряжения, создания цепей контроля; могут иметь медные или алюминиевые жилы сечением от 0,75 до 10,00 мм²;

– кабели управления – в системах автоматики; обычно имеют медные жилы, пластмассовую оболочку и защитный экран, который защищает от механических повреждений и электромагнитных помех;

– кабели связи – для передачи сигналов связи; подразделяются на высокочастотные (для дальней связи) и низкочастотные (для местных линий связи);

– радиочастотные кабели – для обеспечения связи между радиотехническими устройствами; имеют коаксиальную конструкцию с центральной медной жилой: изоляция из полиэтилена или фторопласта, поверх изоляции – внешний проводник и оболочка из ПВХ или полиэтилена.

Маркировка кабеля:

$$X_1X_2X_3X_4X_5X_6X_7 X_8 \times X_9,$$

где X_1 – материал жилы: А – алюминиевая жила; нет буквы – медная жила;

X_2 – назначение кабеля: нет буквы – общего назначения; К – контрольный; КГ – кабель гибкий; М – монтажный; Ш – шнур;

X_3 – материал изоляции кабеля: П – полиэтилен; Пв – полиэтилен сшитый; Пс – полиэтилен самозатухающий; В – поливинилхлорид; Р – резина; Н или НР – негорючая резина;

X_4 – материал оболочки кабеля: нет буквы – оболочка отсутствует; А – алюминий; С – свинец; П – полиэтилен; В – поливинилхлорид; Р – резина;

X_5 – наличие брони; нет буквы – небронированный; Б – броня из двух стальных лент с антикоррозийным защитным покровом; Бн – броня из двух стальных лент с негорючим защитным покровом;

X_6 – наличие защитных покровов поверх брони: Г – без защитных покровов (голый); Шв (Шп) – защитный покров в виде выпрессованного шланга из ПВХ (полиэтилена);

X_7 – особенности конструкции: з – заполненный; нг – не поддерживающий горение; LS – пониженное дымовыделение; FR – огнестойкий;

X_8 – количество жил кабеля;

X_9 – площадь поперечного сечения жилы кабеля (мм^2): 1,5; 2,5; 4; 6 и т. д.

Примеры расшифровки маркировки кабелей:

АВВГнг 3×2,5 – кабель с алюминиевыми жилами, изоляция каждой жилы и оболочка изготовлены из ПВХ, защитные покровы отсутствуют, оболочка не поддерживает горение, трехжильный, площадь сечения жилы кабеля 2,5 мм^2 ;

ВББШвLS 4×70 – кабель с медными жилами, изоляция каждой жилы изготовлена из ПВХ, оболочка отсутствует, броня из стальных оцинкованных лент без подушки, поверх брони – защитный шланг из ПВХ, с пониженным дымовыделением при горении, четырех- жильный, площадь сечения жилы кабеля 70 мм².

Шнур – кабель с изолированными жилами повышенной гибкости, служащий для соединения с подвижными устройствами (ГОСТ 15845–80). Представляет собой разновидность провода или кабеля и состоит из двух или более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до 4 мм², скрученных или уложенных параллельно. Поверх жил накладываются неметаллическая оболочка и защитный покров. Основное применение шнуров – подключение бытовых, промышленных электрических приборов и устройств к электрической сети. Они должны обладать повышенной гибкостью и устойчивостью к многократным изгибаниям. Часто электроприборы комплектуются шнурами с неразборными (одноразовыми) вилками, а для некоторых устройств под наружную изоляцию вплетается армирование для повышения механической прочности. Кроме того, для устройств с нагревательными элементами (утюг, бойлер, электрический чайник, электрическая плита) используются шнуры с изоляцией, имеющей повышенную термостойкость.

4.2. Порядок разделки проводов, кабелей и шнуров различного назначения

Разделка провода (кабеля) – система последовательных операций по удалению с токопроводящих жил защитных покровов и слоев изоляции.

Для выполнения разделки, а также выбора инструментов и приспособлений при оконцевании необходимо знать площадь поперечного сечения токоведущих жил проводов (кабелей). Определение сечения производится расчетом для круглых жил диаметром d по формуле

$$S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Измерение диаметра круглых жил проводов и кабелей производится при помощи штангенциркуля или микрометра. Порядок выпол-

нения измерений (после удаления изоляции с токоведущей жилы на длину, достаточную для проведения измерений) следующий.

При использовании штангенциркуля необходимо:

- взять штангенциркуль и слегка ослабить зажимной винт рамки;
- развести губки штангенциркуля на размер больше размера жилы;
- передвинуть подвижную рамку до полного соприкосновения губок с поверхностью измеряемой токопроводящей жилы;
- отсчитать по шкале штанги целое число миллиметров до нулевого деления нониуса. Определить, какое деление нониуса совпало с одним из делений штанги. Умножив количество промежутков между нулевым делением нониуса и совпавшим делением на величину точности измерения штангенциркуля, определить количество десятых долей миллиметра.

При использовании микрометра последовательность действий следующая:

- проверить точность установки микрометра на нуль;
- поместить деталь между пяткой скобы и торцом винта микрометра и плавно вращать трещотку по часовой стрелке до характерного звука пощелкивания механизма трещотки. Зафиксировать положение микрометрического винта стопором;
- прочитать показания микрометра. Целые миллиметры и полумиллиметры отсчитывать по числу делений на втулке микрометра. Сотые доли миллиметра необходимо определять по делению на конической части барабана, совпавшему с продольной чертой стебля.

В случае проведения измерений для секторных жил необходимо дополнительно определить угол вершины сектора при помощи угломера. Для этого следует:

- установить сектор угломера так, чтобы угол между съемной линейкой и гранью угольника был несколько больше измеряемого угла жилы;
- приложить одну грань измеряемого угла секторной жилы к съемной линейке угломера, передвинуть подвижную линейку так, чтобы между сторонами измеряемого угла и гранями угольника и съемной линейки угломера был равномерный просвет;
- закрепить сектор стопором;
- целое число градусов отсчитать по шкале основания угольника до нулевого деления нониуса. Определить, какое деление нониуса совпало с одним из делений шкалы основания;

– умножив количество промежутков между нулевым делением нониуса и совпавшим делением на величину точности измерения, определить количество долей градуса.

После проведения измерений производится вычисление площади поперечного сечения токоведущей жилы в квадратных миллиметрах.

Необходимые линейные измерения и разметку жил производят при помощи металлической линейки и разметочного инструмента (или чертежных приспособлений).

Порядок разделки токоведущих жил (это необходимо при выполнении всех электрических соединений) различный для проводов и кабелей разных конструкций.

Разделка концов незащищенных изолированных проводов заключается в удалении слоя изоляции с токоведущих жил с помощью монтерского ножа или специального инструмента (клещи универсальные и т. п.), предназначенного для снятия изоляции с проводов.

При снятии изоляции монтерским ножом последний направляют под углом 10° – 15° к поверхности провода так, чтобы, срезая изоляцию, он скользил по поверхности жилы, не повреждая ее.

Длина разделки жил провода и кабелей при оформлении алюминиевых и медных жил в виде стержня без пайки (однопроволочных жил) принимается в соответствии со справочными таблицами.

Разделка концов кабелей предшествует монтажу муфт, заделок, присоединению к выводам электротехнического оборудования. Она заключается в ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана и изоляции кабеля.

Разделка проводов и кабелей производится в следующем порядке:

– пользуясь справочниками, определяют размеры разделки в зависимости от конструкции проводника и вида соединительного или концевого устройства;

– размечают разделку при помощи кабельных линейек или шаблонов;

– ступенчато накладывают несколько витков фиксирующих бандажей из оцинкованной стальной или медной проволоки, крученого шпагата, кордовой или капроновой нити, суровых ниток, а также хлопчатобумажной или пластмассовой ленты;

– производят кольцевое поперечное и линейное продольное надрезание оболочек, подлежащих удалению (бронированных, свинцовых, алюминиевых, пластмассовых оболочек и монолитной изоляции);

- снимают или сматывают удаляемые покровы;
- разводят концы жил многожильных проводников, т. е. придают им форму и расположение, удобные для следующей операции;
- обрабатывают оголенные концевые участки токопроводящих жил, т. е. зачищают до металлического блеска, лудят, покрывают флюсами, кварцевазелиновой пастой или токопроводящим клеем и сплавливают многопроволочные жилы в монолит.

Необходимость приведенных операций определяется конструкцией проводников и кабелей.

Разделку конца кабеля с пластмассовой изоляцией выполняют путем ступенчатого удаления защитных покровов, брони, подушки под ней, а также изоляции. При разделке кабеля напряжением выше 6 кВ удаляют экраны из полупроводящих и металлических лент. Размеры разделки определяют по формуле $A = B + O + П + Ж$ (рис. 4.4).

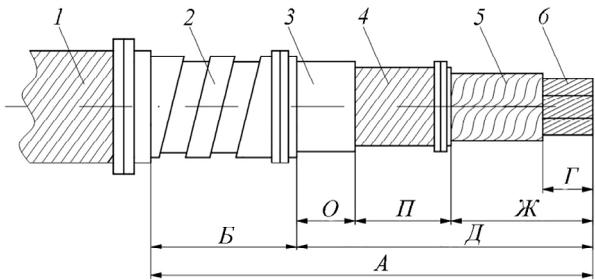


Рис. 4.4. Схема разделки кабеля:

1 – наружный защитный покров; 2 – броня; 3 – алюминиевая оболочка;

4 – поясная изоляция; 5 – фазная изоляция; 6 – жилы;

А – длина разделки кабеля; В – длина брони; Д – длина кабеля,

освобожденного от брони; О – длина алюминиевой оболочки;

П – длина поясной изоляции; Ж – длина жил; Г – длина оголенных жил

При разделке кабеля с поясной изоляцией, полупроводящими и металлическими экранами конец его распрямляют на участке длиной 1 м. На расстоянии А на наружном пластмассовом шланге выполняют кольцевой и продольный надрезы на половину его толщины специальным ножом, после чего шланг на надрезанном участке удаляют. Проволочный бандаж из стальной оцинкованной проволоки накладывают поверх брони на расстоянии 40 мм от среза наружного шланга, надрезают и удаляют броню и подушку под ней.

Ленты металлического экрана сматывают с конца кабеля, отгибают вниз и закрепляют бандажом на расстоянии 30 мм от места среза брони. Затем ленты обрезают по кромке бандажки. При использовании лент металлического экрана для последующего экранирования самой муфты их не обрезают. В этом случае для получения лент достаточной длины кабель разделяют с запасом (обычно 100 мм). Ленты сматывают в рулоны и временно закрепляют на броне или на шланге разделяемого конца кабеля.

Полупроводящий экран по поясной изоляции снимают с конца кабеля, оставляя ступень 10 мм от металлического экрана. Чтобы удалить поясную пластмассовую изоляцию, на расстоянии 10 мм от среза полупроводящего экрана выполняют кольцевой надрез на половину толщины поясной изоляции и от кольцевого надреза до конца кабеля – продольный надрез на такую же глубину. Скрученные с заполнением (заполнение удаляют, срезая его ножом у места среза поясной изоляции) изолированные жилы разводят и выгибают так, чтобы радиус изгиба был не менее 10-кратного размера высоты сектора или диаметра жилы по изоляции. Изоляцию жил удаляют ножом на расстоянии Γ (см. рис. 4.4) от конца кабеля, после чего срезают изоляцию на конус (длина конусного участка зависит от напряжения кабеля и составляет 15 мм при напряжении 6 кВ). Поверхность конуса зачищают напильником.

Разделку кабелей с резиновой изоляцией выполняют аналогично разделке кабелей с пластмассовой изоляцией. Резиновую оболочку удаляют монтерским ножом.

Особенности разделки кабеля из сшитого полиэтилена:

1. Вначале удаляют полиэтиленовую оболочку и изоляцию.
2. С помощью машинки для снятия слоя полупроводника снимают полупроводящий слой из сшитого полиэтилена, в т. ч. выполняют точечную зачистку жесткого слоя полупроводника.
3. С помощью кромкореза срезают кромку и фаску.

Для выполнения разделки проводов и кабелей используются следующие инструменты и приспособления: кусачки, монтерский нож, клещи для снятия изоляции, микрометр, плоскогубцы, бронерезка, ножовка с ограничением глубины резания, напильник, специальный нож НКА-1М с режущим диском, шаблон для выгибания токоведущих жил, специальный нож для удаления наружного пласт-

массового шланга. (Порядок работы с указанным оборудованием изложен в упражнениях.)

При выполнении операций разделки следует соблюдать общие правила безопасности при работе с режущим инструментом (нож, бронерезка и пр.).

4.3. Способы оконцевания жил проводов и кабелей

Оконцевание – операция, при которой концу токопроводящей жилы провода или кабеля придают форму, удобную для ее присоединения к контактными выводам электрооборудования (рис. 4.5).

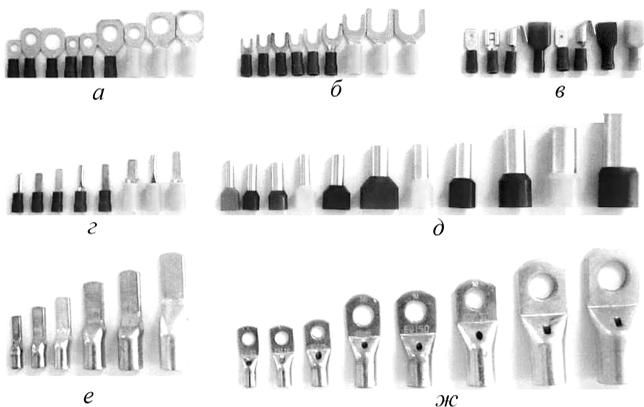


Рис. 4.5. Виды наконечников для оконцевания жил проводов и кабелей:
а – кольцевые изолированные; б – вилочные изолированные;
в – разъемные изолированные; г – штыревые изолированные;
д – втулочные изолированные; е – штыревые луженые; ж – кольцевые луженые

Контактные выводы электрооборудования изготавливают плоскими, штыревыми и гнездовыми. Плоские и штыревые выводы предназначены для сварного, паяного и болтового присоединения, гнездовые – для врубного присоединения с помощью штифтовых кабельных наконечников.

Многопроволочные медные жилы сечением до 10 мм² оконцовывают под штырь и петель.

Алюминиевые и медные жилы проводов и кабелей больших сечений оконцовывают наконечником. Наконечник состоит из кон-

тактной части, предназначенной для крепления к аппарату, и трубчатой, в которую вводят провод, подлежащий оконцеванию. Применяют наконечники марки Т (медные), ТА (алюминиевые), ТАМ (имеющие обмедненную контактную поверхность и алюминиевую трубчатую часть). Закрепляют наконечники опрессовкой, сваркой или пайкой.

Однопроволочные алюминиевые жилы сечением 2,5–10,0 мм², не оконцованные наконечником, предварительно зачищают до металлического блеска под слоем нейтральной смазки с оформлением жилы в кольцо. Затем производят затяжку на штыревом выводе между двумя гайками с установкой пружинной шайбы.

Соединение, ответвление и оконцевание медных и алюминиевых жил опрессовкой широко распространено в электромонтажной практике. Опрессовка может выполняться способами местного вдавливания, сплошного и комбинированного сжатия. При опрессовке жила провода или кабеля вводится в трубчатую часть наконечника или специальную гильзу и сжимается с помощью матрицы и пуансона, установленных в пресс-клещах. Контактное давление, создаваемое при этом между гильзой и жилой, обеспечивает надежное соединение.

При опрессовке способом местного вдавливания зубьями пуансона в одном или нескольких местах создается значительное давление, а следовательно, лучший электрический контакт.

При опрессовке сплошным обжатием высокое давление и хороший электрический контакт создаются на всем протяжении обжатия.

Комбинированное обжатие позволяет улучшить электрический контакт между жилой и трубчатой частью наконечника или гильзы благодаря тому, что в условиях сплошного обжатия создается дополнительное давление в месте вдавливания зуба пуансона в поверхность гильзы или наконечника.

При выборе способа опрессовки (местным вдавливанием, сплошным или комбинированным обжатием) достаточно освоить приемы выполнения одного из них. Опрессовка сплошным или комбинированным обжатием требует использования мощных прессов с большим усилием. Для опрессовки местным вдавливанием можно применять всевозможные клещи. Способ местного вдавливания наиболее широко распространен при выполнении электромонтажных работ.

Надежность получаемого опрессовкой контактного соединения во всех случаях достаточно высока, если правильно определена область применения, точно выбраны наконечник или гильза, рабочие инструменты, тщательно подготовлены поверхности и качественно произведена опрессовка.

4.4. Неразборные контактные соединения и технология их выполнения

Различные элементы электрической цепи соединяются между собой и присоединяются к источникам или потребителям электроэнергии с помощью электрических контактных соединений.

Электрический контакт – соединение токоведущих поверхностей, обеспечивающее непрерывность электрической цепи. *Контактное соединение* – конструктивный узел, образующий неразмыкаемый контакт.

Возросшая сложность электроустановок, многообразие условий их работы и требований, предъявляемых к ним, привели к появлению ряда разновидностей контактных соединений.

Непосредственно монтажу контактных соединений в электроустановках предшествует оконцевание жил проводов и кабелей. Оконцевание жил сечением до 10 мм² может выполняться в форме пестика, колечка, проводиться с помощью пайки или опрессовки.

Электрический контакт между проводниками осуществляется креплением двух токоведущих элементов с помощью болтов, винтов, сжимов, специальных пружин, заклепок, совместной деформации (опрессовки), а также сваркой, пайкой или адгезионным сцеплением – склеиванием.

По конструктивно-технологическому признаку контактные соединения подразделяют на три группы: неразборные, разборные и съемные.

Неразборные контактные соединения – такие, которые не могут быть разобраны без разрушения хотя бы одной из соединяемых деталей или соединяемого материала. К ним относятся сварные, паяные, клепаные, опрессованные, клеевые.

Разборные контактные соединения – такие, которые могут быть разобраны без разрушения соединяемых деталей. К ним относятся болтовые, винтовые, клиновые.

Разъемные контактные соединения – устройства, состоящие из вилки и розетки (силовых разъемов).

По роду связи токоведущих частей соединения можно разделить на цельнометаллические (со сварным контактом) и сжимные (с механическим (сжимным) контактом). В свою очередь, сжимные соединения могут быть простыми и сложными: первые образуются между двумя сплошными по структуре проводниками; вторые – между многопроволочным проводом и наконечником (гильзой и т. п.) или между двумя многопроволочными проводами.

Основные виды неразборных соединений представлены на рис. 4.6.

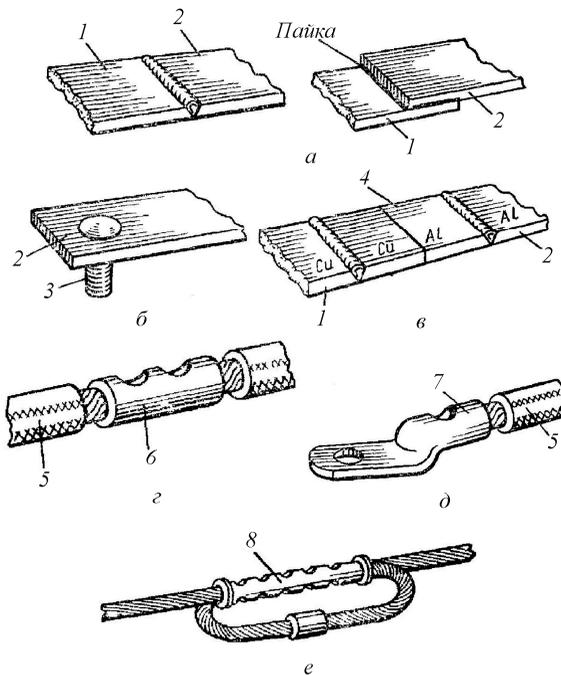


Рис. 4.6. Виды неразборных контактных соединений:

a – сварное и паяное; *б* – со штыревым выводом сваркой; *в* – сварное через переходную медно-алюминиевую пластину; *г* – через соединительную гильзу опрессовкой; *д* – опрессовкой (сваркой, пайкой); *е* – овальным соединителем;

1 – вывод плоский (шина); *2* – шина; *3* – вывод штыревой;

4 – пластина медно-алюминиевая; *5* – провод (кабель);

6 – гильза соединительная; *7* – наконечник кабельный;

8 – соединитель овалный

Одним из распространенных видов неразборных контактных соединений является пайка, посредством которой выполняется не только оконцевание, но и соединение и ответвление медных жил.

Пайка – вид электрослесарной обработки по образованию неразъемного соединения при помощи расплавленного металла или сплава, называемого припоем.

Пайка широко применяется для соединения токоведущих жил проводов и кабелей (в основном медных), однако современными правилами применение пайки в силовых и осветительных электропроводках не рекомендуется.

Пайка выполняется при температуре ниже температуры плавления материалов соединяемых деталей. Вместе с тем температура припоя, с помощью которого осуществляется пайка, должна быть несколько выше точки его плавления, а температура соединяемых деталей должна быть близка к температуре плавления припоя. Соблюдение этого условия необходимо для получения такой подвижности припоя, чтобы заполнялись зазоры в швах между контактными элементами и происходило смачивание их поверхностей.

К технологическим материалам при пайке относятся такие компоненты, которые входят в состав образующегося паяного соединения, – припой и контактные или барьерные покрытия.

Припоем называют материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов. К вспомогательным материалам относятся такие, компоненты которых непосредственно не входят в состав образующегося паяного соединения, но участвуют в его образовании. К ним относятся паяльные флюсы, активные и инертные газовые среды, вещества, ограничивающие растекание припоя (стоп-материалы).

Припои подразделяют на две группы: готовые и образующиеся при работе. Наиболее широкое применение при пайке нашли готовые припои. Число различных припоев, разработанных к настоящему времени, весьма велико и продолжает увеличиваться, что обусловлено повышением требований, предъявляемых к свойствам паяных соединений, и необходимостью улучшения паяемости существующих и новых материалов.

Припои принято делить на две группы: мягкие и твердые. К мягким относятся припои со значением температуры плавления до 400 °С,

к твердым – свыше 500 °С. Кроме температуры плавления припои существенно различаются и по механическим свойствам.

Медные жилы проводов и кабелей паяют с помощью мягких оловянно-свинцовых припоев ПОС-30, ПОС-40 и других с применением флюсов.

Оловянно-свинцовые припои обладают высокими технологическими свойствами, пластичны и при выполнении пайки не требуют дорогостоящего оборудования и сложных способов пайки. Пайку оловянно-свинцовыми припоями производят обычно при нагреве паяльником. В зависимости от содержания в припоях олова изменяются свойства и температура плавления. Минимального значения температуры плавления (183,3 °С) достигают при содержании в сплаве 61,9 % олова (ПОС-61). Этот припой пластичен и обладает высокими технологическими свойствами.

Оловянно-свинцовые припои, а также паяные соединения, выполненные ими, при охлаждении до низких температур меняют свои механические свойства – охрупчиваются.

Паяные соединения, выполненные оловянно-свинцовыми припоями, также имеют низкую коррозионную стойкость при наличии конденсата; стойкость припоя понижается с повышением содержания в их составе свинца. Для работы в этих условиях необходимо защищать соединения лакокрасочными покрытиями.

Флюсами называют вспомогательные материалы, используемые при пайке. Они служат для растворения и удаления оксидных пленок с поверхности спаиваемых металлов и из расплава и для образования на его поверхности прочной воздухопроницаемой пленки. Поэтому флюсы имеют плотность и температуру плавления ниже используемого припоя.

Пайка является одним из способов оконцевания медных многопроволочных (состоящих из нескольких проволок) жил проводов и кабелей. При этом конец жилы оформляется в кольцо, которое затем покрывается расплавленным припоем при помощи погружения в него или при помощи паяльника.

Основной инструмент при пайке – электрический паяльник (рис. 4.7). Действие этого электронагревательного прибора основано на свойстве проводника нагреваться при прохождении через него электрического тока.

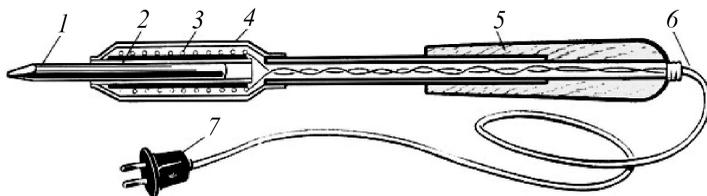


Рис. 4.7. Электрический паяльник:

1 – стержень медный; 2 – трубка металлическая; 3 – элемент нагревательный;
4 – шнур питающий (провод); 5 – ручка; 6 – вилка; 7 – кожух

Нагревающаяся часть паяльника – медный стержень 1 с заостренным под углом 30° – 45° концом – жалом. Стержень вставлен в металлическую трубку 2, вокруг которой располагается нагревательный элемент 3 (нихромовая спираль) в оболочке из термостойкой изоляции – керамики или слюды. Концы спирали присоединены к проводам питающего шнура (провода) 4 с вилкой 6. Нагревательный элемент закрыт снаружи кожухом 7. Шнур паяльника пропущен через его ручку 5 (пластмассовую или деревянную). При включении в электрическую сеть нагревательный элемент паяльника нагревается до значений температуры 300°C – 350°C , и его тепло передается медному стержню, которым плавят припой и нагревают соединяемые детали.

Выпускаются электрические паяльники, рассчитанные на напряжение 220 В. Для ремонта электронных схем электрооборудования используют паяльники со встроенной термопарой и блоком для автоматического регулирования рабочей температуры стержня.

Стабильность температуры пайки обусловлена динамикой теплового баланса в результате теплопоглощения, теплоподвода и теплоемкости паяльного стержня и зависит от мощности нагревателя и термического КПД паяльника. По мощности паяльники подразделяют на маломощные (6–20 Вт), средней мощности (30–100 Вт) и мощные (более 100 Вт).

По режиму нагрева паяльники подразделяют на паяльники непрерывного и периодического нагрева. Паяльники непрерывного нагрева рассчитаны на длительную работу во включенном состоянии. Время их разогрева относительно велико, однако при рабочей температуре жала процесс пайки протекает очень быстро. Такие паяльники имеют стержень относительно большой массы, что позволяет аккумулировать

в нем значительное количество теплоты. При пайке температура стержня незначительно понижается и за счет аккумулированной теплоты быстро восстанавливается (3–5 с).

Паяльники периодического нагрева подразделяют на паяльники форсированного и импульсного режима нагрева. У низковольтных паяльников импульсного типа паяльный стержень заменен тонкой нихромовой проволокой, которая разогревается практически мгновенно.

При форсированном режиме разогрев паяльного стержня осуществляется при повышенной мощности, а сама пайка протекает при подаче на паяльный стержень половинной мощности, что достаточно для поддержания необходимой температуры пайки.

Пайка алюминия представляет некоторые затруднения вследствие его легкой окисляемости с образованием на поверхности прочной окисной пленки. Обычно ее удаляют непосредственно во время пайки механическим способом. На разогретую поверхность металла сплавляют припой, который растирают специальной кисточкой или палочкой припоя. Окисная пленка при этом очищается под слоем припоя, который прочно соединяется с поверхностью металла. Алюминиевые жилы паяют с помощью припоев А, ЦО-12, ЦА-15 и др.

Подготовка паяльника к работе состоит из следующих операций:

1. Очистка жала паяльника от окалины напильником.
2. Включение паяльника, расположенного на подставке, в электрическую сеть (легкое потрескивание паяльника означает, что он исправен и начинает нагреваться).
3. Проверка нагрева паяльника опусканием его жала в канифоль (если канифоль шипит и от нее идет сильный дым – паяльник нагрет нормально).
4. Очистка жала паяльника в канифоли и лужение его путем приложения к жалу прутка припоя. Лужение – покрытие металла тонким слоем припоя для предохранения его от окисления; используется также в паяных соединениях для обеспечения контакта деталей.

Сварка – это процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями конструкции при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии обоих факторов.

Сварку применяют для оконцевания и соединения алюминиевых жил проводов и кабелей всех сечений. Различают три способа сварки: электросварку контактным разогревом, газовую и термитную.

Электросварка контактным разогревом (контактная) является наиболее распространенным видом сварки, применяемым при оконцевании и соединении алюминиевых жил проводов и кабелей.

Способы контактной электросварки:

- с помощью аппарата ВКЗ-1;
- с помощью угольного электрода, установленного в электрододержателе, подключенном к одному полюсу вторичной обмотки сварочного трансформатора, ко второму полюсу трансформатора подключается держатель, в котором зажимают скрученные жилы;
- то же, клещами с двумя угольными электродами;
- то же, с применением обоймы.

Газовую сварку применяют для оконцевания, соединения и ответвления алюминиевых жил проводов и кабелей. Для соединения жил суммарным сечением до 20 мм^2 применяют пропан-воздушную сварку, для оконцевания – ацетиленокислородную.

Пропан-кислородную сварку в стальных формах используют для оконцевания жил сечением $300\text{--}1500 \text{ мм}^2$. Ацетиленокислородную сварку применяют для оконцевания в стальных формах жил сечением $50\text{--}240 \text{ мм}^2$.

Термитная сварка применяется для соединения, оконцевания и ответвления алюминиевых жил проводов и кабелей. Термитная сварка обеспечивает высокое качество электрического контакта. Ее осуществляют с помощью термитного патрона, который состоит из муфеля (термитной массы) и стальной цилиндрической формочки-кокиля. После сгорания термитной массы внутри кокиля устанавливается температура, позволяющая успешно проводить сварку алюминия. Эта температура сохраняется в течение нужного времени.

При пайке и лужении необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

- рабочее место паяльщика должно быть оборудовано местной вентиляцией (скорость движения воздуха – не менее $0,6 \text{ м/с}$);
- не допускается работа в загазованных помещениях;
- по окончании работы следует тщательно вымыть руки с мылом;
- серную кислоту следует хранить в стеклянных бутылках с притертыми пробками; пользоваться нужно только разведенной кислотой;
- при нагреве паяльника следует соблюдать общие правила безопасного обращения с источником нагрева;
- у электрического паяльника рукоятка должна быть сухой и без повреждений.

При выполнении сварки цветных металлов электроконтактным способом следует соблюдать основные правила:

- выполнять работу в спецодежде, рукавицах, очках с прозрачными стеклами;
- работать в помещении с вытяжной вентиляцией;
- использовать только исправное электрооборудование, исключая контакт с токоведущими элементами, которые включены в электрическую сеть 220 В или 380 В;
- в процессе работы следует обязательно использовать средства защиты от поражения электрическим током (диэлектрические перчатки, коврики и т. п.).

При выполнении опрессовки следует соблюдать правила безопасности, изложенные в инструкции по эксплуатации применяемого оборудования.

4.5. Порядок выполнения разборных и разъемных контактных соединений

Болтовые и винтовые разборные контактные соединения используют в основном для присоединения жил проводов и кабелей непосредственно к выводам электрооборудования (электродвигателей, аппаратуры управления и защиты и т. п.), а также для соединения и ответвления проводов и кабелей от магистральных электрических линий без их разрыва, например, с помощью сжимов.

При работе болтовые и винтовые контактные соединения испытывают натяжение, которое со временем ослабевает. Поэтому для обеспечения плотности контакта под головку стяжного болта или винта подкладывают пружинящую шайбу. На соединениях, подверженных вибрации, устанавливают контргайки.

При соединении алюминиевых и медных однопроволочных жил проводов и кабелей площадью сечения до 10 мм² болтовые и винтовые зажимы должны иметь ограничивающую шайбу или другое устройство, препятствующее «выдавливанию» жилы из-под головки или гайки контактного зажима, и разрезную пружинящую шайбу.

Силовое электрооборудование, как правило, имеет плоские, штыревые и гнездовые контактные выводы. Эти выводы позволяют осуществлять разъемное соединение проводов и кабелей с электрооборудованием.

В распределительных устройствах, силовых цепях, вторичных цепях, а также при присоединении проводников к установочным изделиям применяются переходные контактные зажимы: ответвительные, люстровые, клеммники из наборных и ненаборных зажимов.

В настоящее время производители электротехнической продукции предлагают достаточно широкий ассортимент соединительных зажимов.

Полиэтиленовые клеммники (рис. 4.8) имеют простую конструкцию, состоящую из корпуса, в котором расположены в один ряд несколько латунных трубочек (гильзы).

Два соединяемых провода вставляются с разных сторон в одну общую гильзу и зажимаются отдельными винтами. Если появляется необходимость, клеммник можно подрезать под требуемое количество соединений.

Колодки электрические соединительные – еще одна часто используемая разновидность клеммных зажимов. Колодки имеют открытое исполнение и исполнение с прозрачными крышками (рис. 4.9). Последние – это приборы с увеличенной безопасностью.

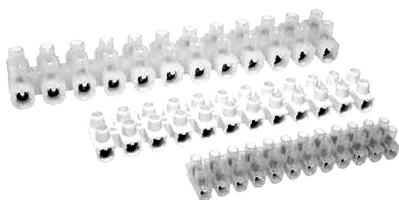


Рис. 4.8. Полиэтиленовые клеммники



Рис. 4.9. Колодки электрические соединительные

Крышки можно снимать, что также увеличивает удобство их использования. Сам прижим производится двумя пластинами: нижняя – контактная, она неподвижна, верхняя – прижимная. Здесь процесс прижима также производится винтом, но сам винт провода не касается, поэтому раздавить или распушить его невозможно.

Пружинные (рычажные) соединители представляют собой корпус, в котором установлена пластинчатая пружина (рис. 4.10), которая зажимается и разжимается рычажком.

К достоинствам самозажимных и пружинных конструкций относится тот факт, что в процессе эксплуатации клеммы нагреваются, а значит, расширяется их прижимная пластина, что увеличивает прижимную силу элемента.

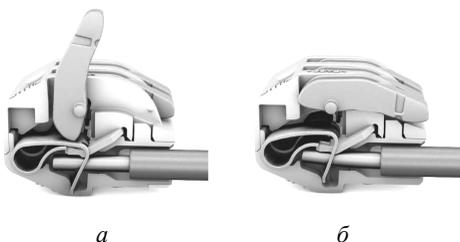


Рис. 4.10. Пружинные (рычажные) соединители с фиксатором в открытом (а) и закрытом (б) положениях

Для выполнения соединения необходимо провести следующие операции:

- с конца провода снять край изоляции, обнажив жилу на 1,5 см;
- отогнуть вверх нужный рычаг;
- вставить в отверстие провод до упора;
- вернуть рычаг на место.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение. Маркировка кабельно-проводниковой продукции

1. Изучить теоретический материал (см. раздел 4.1).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Получить у преподавателя образцы проводов, кабелей и шнуров различного назначения. Составить маркировку для полученных образцов.
4. По индивидуальному заданию расшифровать маркировку, привести технические характеристики провода и кабеля. Подобрать для указанных провода и кабеля альтернативные варианты проводов и кабелей на замену.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «провод».
2. Дайте определение термина «кабель».
3. Дайте определение термина «шнур».
4. По каким признакам можно отличить кабель от провода?
5. Из каких основных элементов состоят провод и шнур?

6. Из каких основных элементов состоит силовой кабель?
7. Каково назначение экрана силового кабеля?
8. Каково назначение заполнителей силового кабеля?
9. Каково назначение защитных покровов силового кабеля?
10. Каково назначение наружных покровов силового кабеля?
11. Как маркируются провода и шнуры?
12. Как маркируются кабели?
13. Приведите порядок разделки проводов и шнуров.
14. Приведите порядок разделки бронированных кабелей.
15. Приведите порядок разделки небронированных кабелей.
16. Перечислите способы оконцевания жил проводов и кабелей.
17. Дайте определение понятия «электрический контакт».
18. Дайте общую характеристику неразборных контактных соединений.
19. Опишите технологии изготовления паяных контактных соединений.
20. Каково назначение припоев? Назовите их типы.
21. Опишите устройство и принцип действия паяльника.
22. Опишите технологию изготовления сварных контактных соединений.
23. Перечислите требования техники безопасности при пайке и сварке.
24. Дайте общую характеристику разборных и разъемных контактных соединений.
25. Опишите технологию изготовления болтовых и винтовых контактных соединений.
26. Опишите технологию изготовления разъемных контактных соединений.

Практическая работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДК

Цель работы: изучить конструкцию и область применения внутренних и наружных электропроводок.

Задачи работы: изучить порядок выбора вида и способа выполнения электропроводки; изучить основные требования к электропроводам; изучить порядок выполнения открытых электропроводок; изучить порядок выполнения скрытых электропроводок; изучить инструменты и приспособления для выполнения электропроводок; изучить организацию работ и правила техники безопасности в процессе выполнения электропроводок; изучить приемо-сдаточную документацию при монтаже электропроводки.

5.1. Выбор вида и способа выполнения электропроводки

Электропроводка – совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплением, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями. Электропроводки выполняют внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях хозяйств, учреждений, предприятий, дворов, на строительных площадках с применением силовых проводов всех сечений, а также небронированных кабелей с пластмассовой (полиэтиленовой или поливинилхлоридной) или резиновой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с площадью поперечного сечения фазных жил до 16 мм^2 . При площади сечения более 16 мм^2 используется термин «кабельные линии».

Открытая электропроводка – электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, ферм и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т. п.

Скрытая электропроводка – электропроводка, проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками), а также по перекрытиям, в полу, непосредственно под съемным полом и т. п.

Наружная электропроводка – электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной 25 м каждый), вне улиц, дорог и т. п. Она может быть открытой и скрытой.

Требования, которые должны быть учтены при выборе электропроводки, изложены в ГОСТ 30331.15–2001 (МЭК 364-5-52–93) для жилых и в ТКП 339–2011 для общественных помещений.

5.2. Основные требования к электропроводам

Внутренние электропроводки должны выполняться с учетом следующих требований.

В зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами. Все соединения и ответвления установочных проводов должны быть выполнены сваркой, опрессовкой в гильзах или с помощью зажимов в ответвительных коробках.

Открытые электропроводки, как правило, прокладывают по стенам у потолка, на потолке или по фермам. Открытую прокладку кабелей непосредственно по строительным основаниям проводят на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания. Уменьшение этой высоты до 2 м разрешается в помещениях без повышенной опасности, при напряжении 42 В – во всех помещениях.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием одного из следующих условий: сырость (> 75 % влажности) или токопроводящая пыль, токопроводящие полы, температура (> 30 °С), возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, аппаратам, механизмам и к металлическим корпусам электрооборудования.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий: особая сырость (> 90 % влажности), химически активная или органическая среда, одновременно два условия (и более) повышенной опасности.

В животноводческих, хозяйственных и производственных помещениях спуски к выключателям, штепсельным розеткам, пусковым аппаратам защищают от механических повреждений и устанавливают на высоте не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания, прокладывая в трубах или коробе. Прокладка проводов и кабелей производится под прямыми углами.

Пересечения открыто проложенных кабелей и защищенных проводов с трубопроводами (отопления, водопровода и т. п.) выполняют на расстоянии не менее 0,05 м, от трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами – не менее 0,10 м. При расстоянии от проводов и кабелей до трубопроводов менее 0,25 м провода и кабели дополнительно защищают от механических повреждений на длину не менее 0,25 м в каждую сторону от трубопроводов.

Параллельно трубопроводам отопления, водопровода (и т. п.) провода и кабели прокладывают на расстоянии не менее 0,1 м, трубопроводам с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями и газами – не менее 0,4 м.

При скрытой прокладке проводов в стенах, содержащих сгораемые элементы, провода дополнительно защищают сплошным слоем негорючего материала со всех сторон. Если при этом проводка прокладывается в трубах или коробах из трудносгораемых материалов, то сплошное негорючее покрытие вокруг проводов должно иметь толщину не менее 0,01 м.

Незащищенные изолированные провода при напряжении свыше 42 В (в помещениях без повышенной опасности) и при напряжении до 42 В (в любых других помещениях) прокладываются на высоте не менее 2 м, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при напряжении свыше 42 В – на высоте 2,5 м от пола или уровня площадки обслуживания. Это требование не распространяется на спуски к выключателям, штепсельным розеткам, щиткам, пусковым аппаратам и светильникам, устанавливаемым на стене.

В производственных помещениях эта часть проводки защищается от механических повреждений на высоте не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

Если незащищенные изолированные провода пересекаются с любыми другими проводами и расстояние между ними менее 0,01 м, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод накладывают дополнительную изоляцию. При пересечении трубопроводов незащищенными или защищенными проводами и кабелями провода располагают не ближе 0,05 м от трубы, а если по трубопроводам перемещаются горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, то не ближе 0,40 м. При расстоянии между самими провод-

никами менее 0,25 м провода и кабели дополнительно защищают от механических повреждений на длине не менее 0,25 м в каждую сторону от трубопровода. Провода и кабели должны иметь тепловую изоляцию от горячих трубопроводов.

В местах прохода проводов и кабелей через стены, межэтажные перекрытия или в местах выхода их из стены наружу следует обеспечить возможность смены электропроводки. Для этого проход выполняют в трубе, коробе, проеме и т. п. Для предотвращения проникновения воды или распространения пожара отверстия с проводами заделывают легкоудаляемой массой из негорячего материала. При переходах из сухого помещения в сухое или влажное или из влажного во влажное все провода одной линии прокладывают в одной изоляционной трубе. В случае перехода в сырое помещение или выхода проводов из помещения наружу требуется отдельная труба для каждого провода. При переходе в сырое помещение или при выводе провода наружу соединение проводов выполняют внутри сухого или влажного помещения.

Провода и кабели могут быть проложены вплотную друг к другу пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев и т. п.) на лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях. Провода и кабели каждого пучка должны скрепляться между собой. В коробах провода и кабели прокладывают многослойно с упорядоченным или произвольным (россыпью) взаимным расположением.

5.3. Порядок выполнения открытых электропроводок

Основным документом для монтажа открытой электропроводки является план расположения электрооборудования и электропроводок, входящий в состав проекта электроустановки. На плане условными обозначениями показаны трассы электропроводок, их исполнение, а также места размещения электроустановочных изделий (выключателей, розеток).

Чтение планов расположения обычно начинается с установления мест размещения распределительных устройств (шкафов, щитов и пр.), от которых и выполняется электропроводка. Далее определяют места установки электроприемников (светильники, электродвигатели и пр.) и их устройств управления. После этого по плану определя-

ется трасса электропроводки для каждого потребителя электроэнергии и уточняется положение розеток и выключателей. Полученные сведения обязательно проверяются на месте монтажа.

Как правило, монтаж электропроводок выполняют в две стадии. Первая стадия включает в себя подготовительные работы, вторая – прокладку проводов по подготовленным трассам с выполнением подключений.

Подготовка трасс электропроводок включает в себя: разметку трасс и мест установки крепежных деталей; пробивные работы для установки крепежных деталей; пробивку проходов; крепежные работы по установке крепежных деталей в бетонных, кирпичных, шлакоблочных строительных конструкциях.

Разметку при монтаже открытой электропроводки начинают с привязки трасс к местам расположения вводов, распределительных устройств, приемников электроэнергии. Для этого сначала размечают места пробивки отверстий, ниш для установки в них щитков, места установки закладных элементов для крепления электрооборудования, а затем определяют и размечают трассу электропроводки, места проходов через стены и перекрытия, установки коробок и крепежных деталей для труб и кабелей. Расположение трассы и мест установки электрооборудования определяют по рабочим чертежам проекта электроустановки с использованием заданных отметок от уровня чистого пола или потолка и расстояний от колонн, ферм и других строительных элементов.

При креплении открытых проводок и аппаратов открытой установки применяют пластмассовые и металлические дюбеля, дюбеля с волокнистым наполнителем и распорной гайкой, болты-шпильки, скобы, штыри, крюки, а также специальные дюбеля для строительномонтажных пистолетов и ручных оправок.

Проходы через стены и перекрытия выполняют по линии прокладки проводов так, чтобы они по возможности служили продолжением трассы электропроводки. В этом случае можно избежать изгибов проводов у прохода.

Подготовка отверстий и прочие пробивные работы – наиболее трудоемкие электрослесарные работы при монтаже электропроводок. Они связаны с установкой крепежных деталей и выполнением открытых проходов через стены и перекрытия. Эти работы обычно выполняют после завершения строительных работ. Сокращению

затрат труда способствуют прогрессивные способы закрепления деталей и конструкций в строительные основания: установка закладных частей; создание ниш, сквозных отверстий в строительных конструкциях на этапе их изготовления; забивка и «встреливание» крепежных дюбелей; приклеивание деталей электропроводок и электроустановочных изделий.

После выполнения пробивных работ выполняется заготовка электропроводок на месте монтажа либо индустриальным методом. Проводимые при этом работы в основном аналогичны, за исключением завершающих этапов.

Индустриальную заготовку электропроводок проводят в заводских условиях на отдельных технологических участках с применением средств механизации, подбираемых по размеру жил обрабатываемых проводов и кабелей.

На таких участках проводятся: разматывание; правка; отмеривание и разрезание проводов на мерные отрезки; снятие изоляции с концов жил; подготовка жил к выполнению соединений, ответвлений и оконцеваний; скручивание жил, изготовление на концах жил колец для присоединения к аппаратам; выполнение соединений жил электрической сваркой; оконцевание жил наконечниками опрессованием; изолирование и заделка мест соединения и оконцевания жил; установка на концы жил проводов и кабелей маркировочных оконцевателей и подвеска бирок с нанесением на них проектной маркировки; свертывание элементов электропроводок в бухты; укладка готовых заготовок электропроводок на стеллажи и в контейнеры.

На месте монтажа выполняют установку заготовленных элементов. Готовые участки электропроводки крепят на стены или укладывают в предварительно закрепленные короба (лотки). После этого проводят подключение светильников, розеток и выключателей.

Подключают готовую электропроводку к распределительным или осветительным (в зависимости от типа электропроводки) ящикам, щитам, шкафам. После выполнения монтажа электропроводку подвергают приемо-сдаточным испытаниям: проверяют ее на целостность, измеряют сопротивление изоляции. После успешно пройденных испытаний на электропроводку кратковременно подают напряжение, проверяя ее работоспособность и безопасность использования.

5.4. Выполнение скрытых электропроводок

Скрытая проводка выполняется в трубах, металлических рукавах, пустотах строительных конструкций, заштукатуренных бороздах, под штукатуркой, а также замоноличенно в строительных конструкциях при их изготовлении.

Наиболее трудоемкими работами при монтаже скрытых проводок являются пробивка отверстий и выполнение борозд под заделку проводов. Если канальная система электропроводки не была заложена при строительстве объекта, а также в случае изменения проекта расположения электрооборудования после постройки здания, в нем приходится пробивать отверстия и борозды. Для этих целей применяются средства малой механизации: ручные электродрели, пневматические молотки, перфораторы, электромолотки, бороздофрезы, электрошлифовальные машины, штроборезы, универсальный электрифицированный или пневматический привод, различные домкраты, лебедки, тали, механизмы для обработки стальных труб и др.

Монтаж скрытой установки производят по следующему алгоритму:

1) определяют трассу линии (путь, по которому будут прокладывать электропроводку);

2) производят разметку мест установки светильников, розеток, выключателей, определяют места установки распределительных коробок, соединяют эти элементы линиями, по которым будет идти электропроводка;

3) выполняют полости под розетки, выключатели и распределительные коробки;

4) штробят полости под электропроводку;

5) устанавливают подрозетники в местах установки розеток и выключателей, а также распределительные коробки;

6) затягивают провода (кабели) в трубу (гофру) нужного размера, необходимого для соединения элементов электропроводки;

7) крепят получившиеся участки нужного размера в штробы с помощью дюбелей, алебаstra или строительного гипса;

8) соединяют жилы кабелей (проводов) в соответствии со схемой электропроводки;

9) проверяют электропроводку на целостность, замеряют сопротивление изоляции;

10) если проверка не показала дефекты – замазывают штробы штукатуркой; если дефекты есть – производят их устранение, а затем замазывают штробы;

11) кратковременно подают напряжение на электропроводку и убеждаются в исправности всех элементов.

5.5. Инструменты и приспособления для выполнения электропроводок

Для выполнения электромонтажных работ – монтажа и подключения различного оборудования, подготовки штроб, отверстий и углублений для прокладки электропроводки – используется разнообразный инструмент.

Специализированный инструмент и измерительные приборы

Отвертки или наборы отверток (рис. 5.1) необходимы при установке розеток и выключателей, винтовых клемм и электрических аппаратов в распределительном щитке. Они бывают разного размера и типа – крестовые (PH, PZ), шлицевые (плоские), шестигранные. Для монтажа и обслуживания некоторого оборудования потребуются отвертки со специализированными наконечниками.

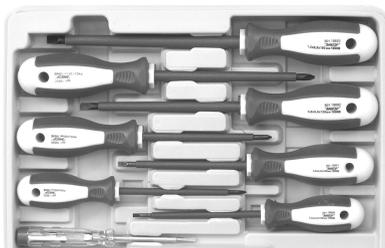


Рис. 5.1. Набор отверток

Также отвертки бывают слесарными и электроизолированными. Слесарные применяют только при снятом (выключенном) напряжении.

Индикаторная отвертка (рис. 5.2, а) необходима для определения наличия или отсутствия фазного проводника, отсутствие же напряжения в электропроводке нужно определять указателем напряжения (рис. 5.2, б).



Рис. 5.2. Индикаторная отвертка (а) и указатель напряжения (б)

Универсальные указатели напряжения указывают величину измеряемого напряжения и могут использоваться в качестве тестера для проверки целостности цепей, а также в качестве индикатора наличия фазы. В качестве альтернативы указателю напряжения в электропроводах до 1000 В может использоваться мультиметр (рис. 5.3).

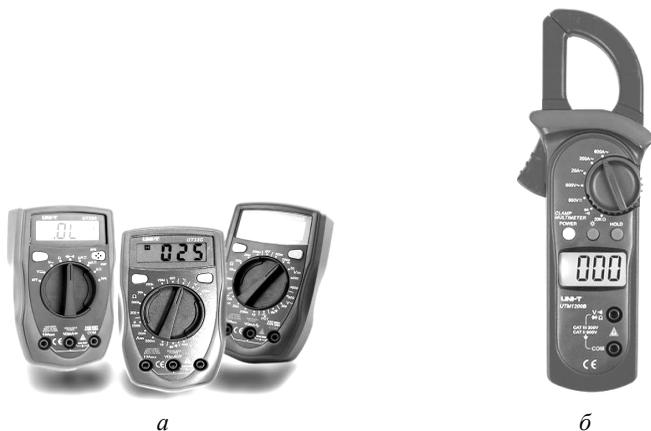


Рис. 5.3. Измерительные приборы:
а – мультиметры типа UTB-133; б – токоизмерительные клещи

Индикатор скрытой проводки используют при монтаже и определяют с его помощью трассы установленных электропроводок.

В целях электробезопасности электрик должны иметь необходимые средства защиты, перечень которых соответствует характеру и условиям выполняемой работы: состояние окружающей среды, напряжение, при котором производят работы, высотность и т. д. Для защиты от поражения электрическим током применяют инструмент с изолирующими рукоятками, изолирующие штанги, изолирующие клещи, диэлектрические перчатки, диэлектрические подставки или резиновый коврик, диэлектрическую обувь.

Мультиметр представляет собой многофункциональный прибор, предназначенный для измерения основных электрических величин. Он позволяет измерять напряжение в широком диапазоне как постоянного, так и переменного тока, сопротивление, силу тока.

Наличие режима прозвонки позволяет определять целостность предохранителей и электропроводок, а также быстро разбираться в сложных цепях распределительных щитков.

Специальные токоизмерительные клещи используются для удобства измерения нагрузки. Они позволяют измерять ток, потребляемый подключенным прибором (нагрузкой) без необходимости включения прибора в разрыв электрической цепи. Для электрика удобны в эксплуатации комбинированные измерительные приборы, совмещающие в себе функции токовых клещей и мультиметра (см. рис. 5.3).

Мегаомметр используется для замеров с целью точного определения состояния изоляции, *микроомметр* – для переходного сопротивления, *штангенциркуль* – для точного замера сечения жил кабеля, проведения точных замеров при монтаже различных элементов.

Ручной инструмент (пассатижи, бокорезы, специализированный инструмент) показан на рис. 5.4.

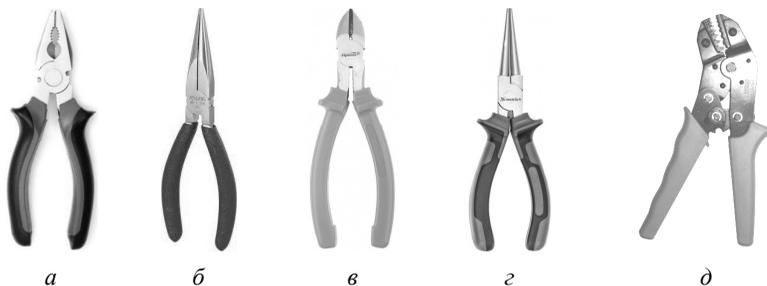


Рис. 5.4. Ручной инструмент:

а – пассатижи; б – плоскогубцы; в – бокорезы; г – круглогубцы; д – пресс-клещи

Плоскогубцы применяются для скручивания жил проводов, изгиба жил и других работ. Бокорезы (кусачки) предназначены для обрубки жил кабелей и проводов в процессе прокладки электрических цепей. Существует комбинированный ручной инструмент – пассатижи, заменяющие плоскогубцы и бокорезы.

При выполнении электромонтажных работ могут также использоваться плоскогубцы специальной формы – т. н. длинногубцы, тонкогубцы, круглогубцы.

Монтажные ножи и специальный инструмент – стриппер – используются для снятия изоляции.

Обжимные клещи (пресс-клещи) позволяют выполнить опрессовку гильз.

Набор гаечных ключей и головок (рис. 5.5) понадобится при монтаже и подключении силового электрооборудования, сборке и подключении распределительных щитов.

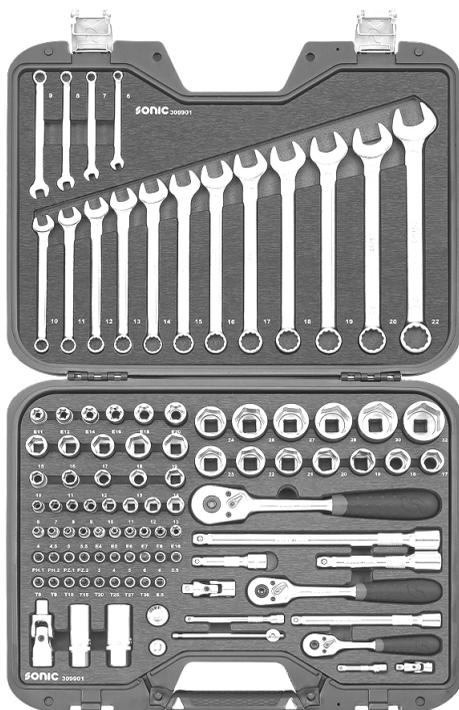


Рис. 5.5. Набор гаечных ключей и головок

Электроинструмент

Штроборез используется для подготовки штроб скрытой электропроводки (рис. 5.6). В некоторых случаях можно использовать углошлифовальную машину или обычный молоток с парой зубил. Углошлифовальная машина (болгарка) также нередко применяется при монтажных работах для резки металлических элементов, их шлифовки.

Электродрель и *шуруповерт* используются для сверления отверстий при монтаже различных элементов крепления. Для выполнения монтажа на кирпичных или бетонных стенах возникает необходимость сверления отверстий – для этого необходим перфоратор (ударная дрель) и специальное сверло.

Перфоратор (рис. 5.7) может также использоваться в качестве альтернативы штроборезу при монтаже кабеля для скрытой проводки. В этом случае с его помощью насверливают отверстия по месту будущей штробы, а с помощью насадки «зубило» или «ломик» производят выдалбливание борозды.



Рис. 5.6. Штроборез



Рис. 5.7. Перфоратор с оснасткой

При необходимости пайки соединений используется *паяльник*, а также припой и флюсы для пайки. В качестве альтернативы электрическому паяльнику могут использоваться газовая горелка или газовый паяльник.

Еще один способ соединения проводников – *сварка*, которая осуществляется специальным аппаратом для сварки скруток. При выполнении электромонтажных работ может возникнуть необходимость сварки металлических элементов электрооборудования – для этого применяют портативные сварочные аппараты инверторного типа.

При необходимости использования электроинструмента используют индивидуальные средства защиты – респиратор, защитную каску, защитные очки, маски и т. д.

Разметочный инструмент

При монтаже используют рулетку (рис. 5.8, *а*), карандаш (маркер), напильники, ножовку по металлу.

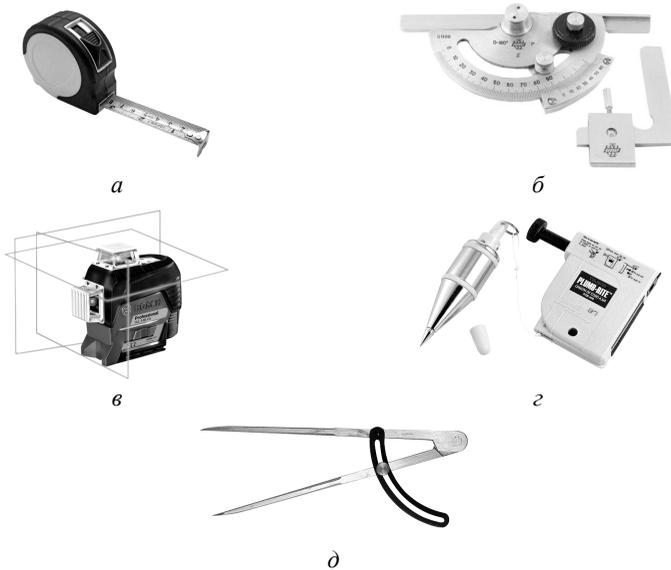


Рис. 5.8. Инструменты для разметки:
а – рулетка; *б* – угломер; *в* – уровень лазерный;
г – отвес-рулетка; *д* – циркуль разметочный

Специальные разметочные инструменты применяют для разметки электропроводок (см. рис. 5.8). Для разметки мест установки ответвительной коробки, штепсельной розетки, выключателя используют специальные шаблоны, с помощью которых на стену наносят их точные размеры, необходимые для выполнения отверстий и полостей.

Трассу прокладки проводов размечают при помощи *лазерного уровня* или крученого шпагата, который натирают красящим веществом (синька, сухая охра, мел, уголь и др.). Технология использования крученого шпагата: натянув натертый шпагат между двумя заданными точками или между двумя шестами (можно использо-

вать также шпагат, укрепленный на разметочной рамке), оттягивают его от поверхности и отпускают; шнур ударяется о поверхность и оставляет на ней четкий след красителя. Для этих целей используют лазерные уровни, по лучу которого производят разметку и установку элементов электропроводки.

5.6. Организация работ и правила техники безопасности в процессе выполнения электропроводок

Организация электромонтажных работ – комплекс мероприятий, обеспечивающих рациональное использование рабочих, машин и механизмов, оборудования и материалов, в результате чего повышается производительность труда, экономятся трудовые и материальные ресурсы, сокращается время производства работ.

Электромонтажные работы выполняют в два этапа:

1 этап: разрабатывают проект производства электромонтажных работ (ППЭР); комплектуют и собирают в блоки оборудование, осуществляют контроль за тем, чтобы строители оставляли все необходимые проемы для установки оборудования и закладки сетей; заготавливают и устанавливают в строительные элементы закладные детали; проводят стендовые заготовки узлов, кабельных линий и проводок (обмер и раскрой проводов, удаление изоляции, обработка концов жил для выполнения соединений и ответвлений, соединение и ответвление, изолирование соединений, проверка и маркировка элементов схемы);

2 этап (собственно электромонтажные работы): установка на подготовленные места блоков и узлов оборудования, прокладка осветительных и силовых сетей, подключение приборов и аппаратуры.

Электромонтажные работы выполняют в следующем порядке:

- ознакомление с проектом;
- подготовка рабочего места, материалов, изделий и рабочего инструмента;
- разметка;
- заготовительные работы;
- прокладка проводов и кабелей;
- монтаж электрооборудования (светильников, электродвигателей и др.);
- подключение электрооборудования и выполнение соединений и ответвлений;
- проверка, испытание и сдача в эксплуатацию.

При монтаже электропроводок соблюдают следующие требования техники безопасности.

Отверстия и проемы в кирпичных и бетонных конструкциях пробивают в предохранительных очках. При этом необходимо принять меры против возможного поражения осколками окружающих. Запрещается применять при пробивке неисправные ручные и механизированные инструменты, работать с приставных лестниц, а также натягивать с приставных и раздвижных лестниц в горизонтальном направлении провода сечением более 4 мм². Сквозные отверстия пробивают рабочим инструментом, длина которого превышает толщину стены или перекрытия на 200 мм. К работе с монтажным пистолетом допускается только специально обученный персонал.

При работе в помещениях без повышенной опасности применяют электрифицированный инструмент на напряжение 220 В с двойной изоляцией или работы выполняют при условии надежного заземления корпуса электроинструмента и применения резиновых перчаток и диэлектрических галош. В помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, а также вне помещений работать с электроинструментом напряжением выше 36 В запрещается, если он не имеет двойной изоляции, или не включен в сеть через разделяющий трансформатор, или не имеет защитного отключения.

При производстве работ в электроустановках должны выполняться специальные мероприятия (организационные, технические), обеспечивающие электробезопасность. В частности, работы в электроустановках проводятся по нарядам-допускам или по распоряжениям.

Наряд-допуск – задание на производство работы, оформленное на бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасное проведение работы.

5.7. Приемо-сдаточная документация при монтаже электропроводки

До сдачи комплекса выполненных работ вместе с комплектом технической документации электропроводку надлежит проверить рабочим напряжением на работоспособность. Также должны быть произведены испытания проводов и кабелей согласно требованиям ТКП и ПУЭ.

Особое внимание следует обращать на состояние контактов; наличие соответствующих плавких вставок предохранителей; непрерывность сети заземления (присоединение светильников, отдельных аппаратов и каркасов щитков и шкафов к магистрали заземления); исправность (состояние) измерительных приборов, розеток, выключателей, осветительных приборов (при наличии).

При сдаче-приемке выполненных работ по монтажу электропроводок следует контролировать:

- соответствие смонтированной электропроводки проекту и рабочей документации;
- надежность крепления конструкций, лотков, коробов, труб, гофр, анкеров тросов к строительным основаниям;
- уплотнение проводов и кабелей в трубах (лотках) при входе в кабельное сооружение;
- соответствие радиусов изгиба труб (гофр) допустимым радиусам;
- наличие крепления проводов и кабелей в протяжных или ответвительных коробках;
- соответствие маркировки проводов и кабелей проектным данным;
- соответствие расцветки жил проводов и кабелей требованиям ТКП и ПУЭ;
- сопротивление изоляции жил проводов и кабелей, которое должно быть не менее 0,5 МОм;
- наличие требуемых уклонов открыто проложенных труб (гофр) в сырых, особо сырых и с резким изменением температур помещениях;
- соединение открыто проложенных металлических (пластмассовых) труб (гофр), коробов, лотков между собой и с коробками;
- выполненное заземление электропроводки;
- параллельность проложенных линий.

По итогам проведения приемо-сдаточных работ оформляется акт приемки в соответствии с РДС 1.03.01–98.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение 1. Порядок выбора вида, способа прокладки электропроводки, основные требования, предъявляемые к ней

1. Законспектировать определение термина «электропроводка».
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Составить диаграмму видов электропроводок.

4. Составить таблицу требований, которые необходимо соблюдать при монтаже электропроводок (см. раздел 5.2).

Упражнение 2. Устройство и порядок монтажа открытых электропроводок

1. Изучить теоретический материал (см. раздел 5.3).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки на скобе.
4. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки на тросе (струне).
5. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки в коробе.
6. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки на лотках.
7. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки в гофре, проложенной открыто.
8. Законспектировать порядок монтажа открытых электропроводок.

Упражнение 3. Устройство и порядок монтажа скрытых электропроводок

1. Изучить теоретический материал (см. раздел 5.4).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки в штробе, ее отличиях от электропроводки под слоем штукатурки.
4. Законспектировать теоретический материал об устройстве электропроводки в стальной трубе, проложенной скрыто.
5. Законспектировать порядок монтажа скрытых электропроводок.

Упражнение 4. Инструменты и материалы для монтажа электропроводок

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 5.5–5.7).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Составить список инструментов и материалов, необходимых для монтажа открытых электропроводок.
4. Составить список инструментов и материалов, необходимых для монтажа скрытых электропроводок.
5. Составить алгоритм проведения приемо-сдаточных испытаний электропроводок.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «электропроводка».
2. Дайте определение термина «открытая электропроводка».
3. Дайте определение термина «скрытая электропроводка».
4. Как выбрать вид электропроводки?
5. Какими бывают способы прокладки электропроводок?
6. Как выбрать способ прокладки электропроводки?
7. Приведите порядок монтажа электропроводки на скобе.
8. Приведите порядок монтажа электропроводки в лотке.
9. Приведите порядок монтажа электропроводки в коробах.
10. Приведите порядок монтажа электропроводки в трубе.
11. Приведите порядок монтажа электропроводки на тресе.
12. Приведите порядок монтажа электропроводки под слоем штукатурки.
13. Приведите порядок монтажа электропроводки в штробе.
14. Приведите порядок монтажа электропроводки в конструктивных полостях.
15. Какие инструменты применяют при монтаже открытых электропроводок?
16. Какие инструменты применяют при монтаже скрытых электропроводок?
17. Каким испытаниям подвергают смонтированную электропроводку?
18. Приведите порядок организации монтажа электропроводки.

Практическая работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО И СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: изучить устройство и принцип работы электро-термического и светотехнического оборудования.

Задачи работы: изучить классификацию и маркировку электро-термического оборудования; изучить устройство и принцип работы электроводонагревателей; изучить устройство и принцип работы электрокалориферов; изучить устройство и принцип работы электросварочного оборудования; изучить классификацию и маркировку электроосветительного оборудования; изучить устройство и принцип работы светильников; изучить устройство и принцип работы прожекторов.

6.1. Классификация и маркировка электротермического оборудования

Первичным и наиболее важным элементом электротермических установок является *нагревательный элемент* – устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в тепловую и передается к нагреваемому материалу теплопроводностью, конвекцией, излучением или комбинацией данных способов.

Электрический нагреватель – устройство, содержащее нагревательный элемент, оснащенный приспособлениями для подключения напряжения питания и защиты от воздействия окружающей среды. Нагреватель предназначен для передачи теплоты от нагревательного элемента к нагреваемому материалу.

Электрическая нагревательная установка – устройство, содержащее нагреватель и приспособления для размещения и перемещения нагреваемого материала, контроля и регулирования температуры, защиты от недопустимых электрических и теплотехнических режимов работы установки. Нагревательная установка предназначена для выполнения определенного технологического процесса, например подогрева воды, воздуха, сушки материала, закалки металла.

Основным классификационным признаком электронагревательных установок является способ нагрева. Однако сами способы нагрева

не классифицированы по какому-либо признаку. В качестве такового можно принять конструктивное исполнение устройства, в котором электрическая энергия преобразуется в теплоту. В этом случае можно выделить следующие способы электрического нагрева.

Элементный нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в нагревательном элементе, представляющем собой проводник в форме проволоки, спирали, ленты, тонкослойной пластины или другой конфигурации. Это наиболее распространенный способ, лежащий в основе построения трубчатых нагревателей, нагревательных проводов, кабелей и т. п.

Электродный нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в проводящей жидкости, расположенной между токоподводящими электродами. Данный способ применяется при нагреве материалов с ионной проводимостью.

Электроконтактный нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в металле, расположенном (зажатом) между токоподводящими контактами. Данный способ применяют для нагрева металлических тел, сварки тонколистовых металлов, наплавки одного металла на поверхность другого.

Электродуговой нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в дуге, горящей между токоподводящими электродами, расположенными в воздухе или ином газе. Данный способ применяют при электродуговой сварке, плавлении, резке металлов.

Индукционный нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в металле, расположенном в переменном магнитном поле индуктора. Способ применяют для нагрева ферромагнитных материалов.

Конденсаторный нагрев: электрическая энергия преобразуется в теплоту в диэлектрике, расположенном в переменном электрическом поле конденсатора. Способ применяют для нагрева непроводящих материалов. Часто этот способ называют диэлектрическим нагревом.

Термоэлектрический нагрев: электрическая энергия переносит электрические заряды (с различной энергией) из одного проводника (полупроводника) в другой, которые различаются между собой n - и p -проводимостью. В зоне контакта проводников выделяется или поглощается теплота в зависимости от направления протекания тока. Способ применяют в термоэлектрических батареях и модулях.

Электронагревательные установки классифицируют по перечисленным способам и разделяют по виду нагрева на установки пря-

мого и косвенного нагрева. При прямом нагреве электрическая энергия преобразуется в теплоту непосредственно в нагреваемом материале. Это имеет место при электродном, электроконтактном, индукционном и конденсаторном нагреве. При косвенном нагреве электрическая энергия преобразуется в теплоту в нагревательном элементе и от него передается к нагреваемому телу одним или комбинацией способов теплопередачи. Например, в чайнике есть нагревательный элемент, в котором на спираль подают напряжение, которое в ней создает электрический ток. Электрический ток, протекая, нагревает спираль (по причине столкновения упорядоченно движущихся электронов с кристаллической решеткой металла спирали). Благодаря теплопереносу тепло передается от спирали к поверхности нагревателя, от которого происходит нагрев воды в чайнике.

Другими классификационными признаками служат:

- технологическое назначение (водонагреватели, калориферы, парогенераторы);
- режим действия (непрерывный, периодический);
- род тока (постоянный, переменный) и частота (промышленная, средняя, высокая, сверхвысокая);
- напряжение питания (низко- и высоковольтные).

Лучшее понимание механизма преобразования электрической энергии в тепловую дает определение: *температура* – это физическая величина, характеризующая кинетическую энергию элементарных частиц макроскопической системы. Для повышения температуры необходимо увеличить кинетическую энергию (скорость движения) элементарных частиц тела.

В маркировке электротехнического оборудования указываются:

- марка оборудования;
- потребляемая мощность;
- рабочее напряжение;
- климатическое исполнение.

6.2. Устройство, принцип работы и особенности применения электроводонагревателей

Электроводонагреватели бывают элементными или электродными, емкостными (бойлер) или проточными. Такая классификация есть только у данного вида электронагревательных установок (ЭНУ).

У элементного водонагревателя под действием электрического тока нагревается элемент – трубчатый электронагреватель (ТЭН) (рис. 6.1), а от него происходит нагрев воды.

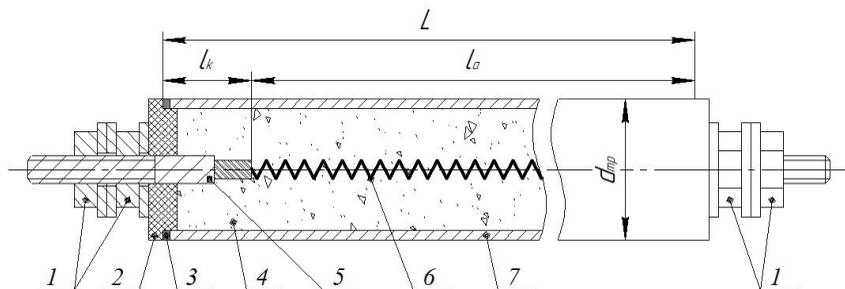


Рис. 6.1. Трубчатый электронагреватель (ТЭН):

- 1 – часть контактная; 2 – изолятор; 3 – герметик; 4 – наполнитель;
 5 – стержень контактный; 6 – спираль; 7 – оболочка;
 L – длина развернутая; l_a – длина активной (греющей) части;
 l_k – длина контактного стержня в заделке; $d_{тп}$ – диаметр трубки

Напряжение на ТЭН подают с помощью контактной части 1, к которой присоединена спираль 6. Приложенное напряжение в спирали 6 создает электрический ток, который при этом ее разогревает. Получаемое тепло передается наполнителю 4, который нагревает оболочку 7. От оболочки 7 теплота передается нагревательной среде (воде, воздуху, металлу, почве и т. д.). Наполнитель 4 служит диэлектриком, изолирующим спираль 6 от металлической оболочки 7 (чтобы избежать поражения электрическим током). Этот диэлектрик кроме изолирующих свойств должен иметь хорошие проводящие свойства.

У электродных водонагревателей электричеством греется непосредственно среда между электродами за счет протекания *переменного тока*. Если на электроды подать *постоянный ток*, то будет проходить *электролиз* (разложение воды на составные элементы: кислород, водород и оксиды солей). Основные формы электродов приведены на рис. 6.2.

Бойлер – теплоизолирующий бак, внутри которого расположен ТЭН. Данные водонагреватели функционируют по принципу термоса, оборудованного подогревом.

Для потребительских целей чаще всего используют емкостные водонагреватели на 80–100 л. Они греют воду до значений 50 °С–85 °С,

после чего поддерживают установленную температуру в автоматическом режиме. Когда откручивают кран и выпускают горячую воду, на ее место поступает холодная. Время нагревания разное и зависит от мощности нагревательного элемента, объема самого бака. Нагреватели подобного типа теплоизолирующие, поэтому вода долго не остывает. В зависимости от теплоизоляции она может остывать на несколько градусов примерно за 10 ч.

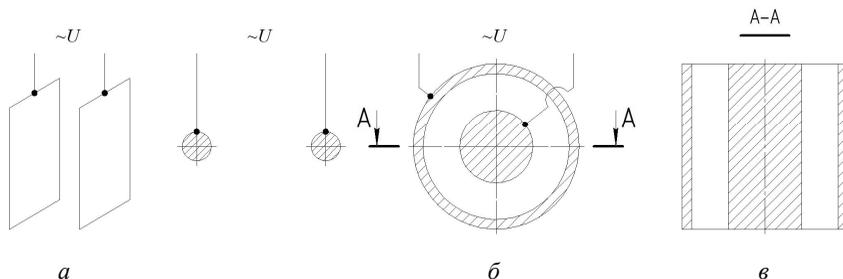


Рис. 6.2. Основные формы электродов:
a – пластинчатые; *б* – стержневые; *в* – коаксиально-цилиндрические

Емкостный электроводонагреватель (рис. 6.3) нагревает объем воды и поддерживает его температуру в своем теплоизолированном корпусе.



Рис. 6.3. Элементный емкостный электроводонагреватель:
 1 – термометр; 2 – трубка отбора горячей воды; 3 – теплоизоляция;
 4 – ТЭН; 5 – анод защитный; 6 – рассекатель холодной воды; 7 – кожух;
 8 – лампочка индикаторная; 9 – крышка пластиковая; 10 – термостат

В современные нагреватели встроен автоматический блок управления, благодаря которому температура поддерживается на оптимальном уровне. Прибор включается сам и подогревает воду. Происходит это постепенно, поэтому не требуется больших затрат электроэнергии. Электропроводка емкостного водонагревателя должна выдерживать электрический ток, соответствующий мощности от 0,8 до 3,0 кВт, и иметь возможность подключения корпуса нагревателя к заземлению.

Устройства проточного типа нагрева дают горячую воду в любое время и в неограниченном количестве. Проходя через нагревательный элемент, вода из крана практически сразу течет горячая. Такие приборы компактнее (по сравнению с накопительными). Существенный минус – большая мощность нагревательного элемента (до 24 кВт).

В цепях питания электроводонагревателей обязательна установка средств защиты от токов утечки (устройств защитного отключения или дифференциальных автоматических выключателей).

6.3. Конструкция и особенности использования электрокалориферов. Поверхностные нагреватели

Электрокалориферные отопительно-вентиляционные установки широко используют для общего обогрева жилых, общественных и животноводческих помещений. Их преимущество состоит в том, что в одном агрегате совмещаются функции отопления и вентиляции. Они имеют простую регулировку теплового потока и количества подаваемого воздуха.

Электрический калорифер (рис. 6.4) оборудован ТЭНами. Использование электрического калорифера оправдано только в том случае, если площадь вентилируемого помещения не превышает 100–150 м², иначе установка электрического калорифера неэффективна.

Устройства распределенного (поверхностного) нагрева (рис. 6.5) представляют собой конкретную площадь, на которой происходит нагрев твердой среды (бетона, земли).

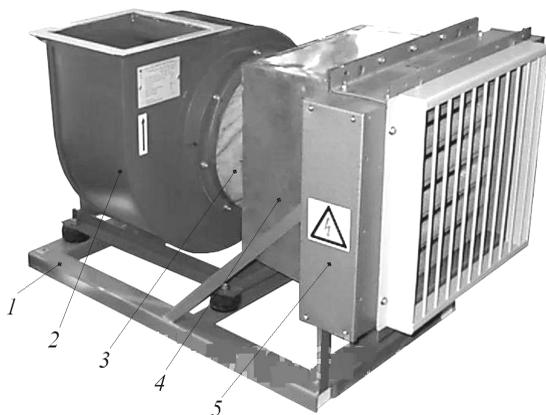


Рис. 6.4. Электрокалориферная установка СФОА-25/0,5:
 1 – рама; 2 – электровентилятор; 3 – вставка мягкая;
 4 – патрубок переходный; 5 – электрокалорифер

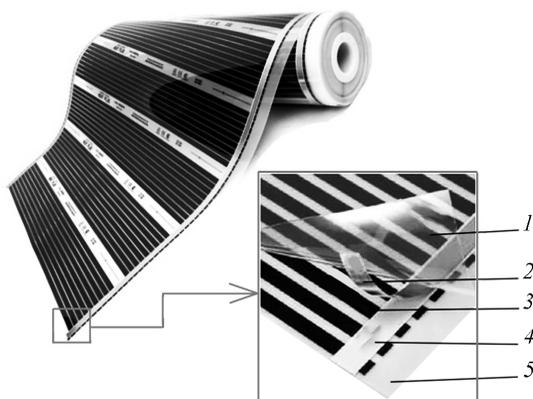


Рис. 6.5. Поверхностно распределенный фольгированный нагреватель:
 1, 4, 5 – изоляция; 2 – шина токопроводящая; 3 – элемент нагревательный

Теплый электрический пол – система кабельного (поверхностного) обогрева, которую можно использовать в качестве основного и дополнительного отопления. Нагревательные секции конструкции состоят из одно- или двухжильных кабелей, экранированных двумя слоями изоляции и соединительных муфт. В отличие от конвекционного способа отопления, когда тепло передается потоками воздуха, электрические полы имеют определенные преимущества.

6.4. Конструкция и принцип работы электросварочных установок переменного и постоянного тока

К электросварочному оборудованию относятся различного вида источники энергии, применяемые для питания процессов сваривания: ручной электродуговой сваркой, полуавтоматической, автоматической, точечной и других видов электротермических сварок.

По источникам питания такого рода оборудование подразделяется на сварочные трансформаторы, сварочные выпрямители и инверторы.

Сварочный трансформатор (рис. 6.6) – устройство, предназначенное для преобразования тока из электросети в ток, пригодный для сварки. Он понижает напряжение сети до 18–25 В, ток, соответственно, возрастает и может достигать значения 1000 А (и выше).

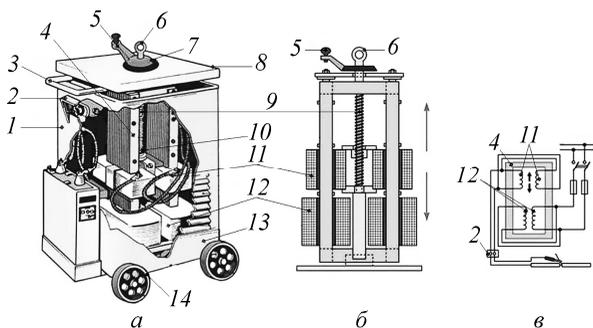


Рис. 6.6. Сварочный трансформатор:

- а* – вид без кожуха; *б* – схема регулирования сварочного тока; *в* – схема электрическая;
- 1 – сердечник; 2 – обмотка вторичная; 3 – обмотка первичная;
- 4 – батарея конденсаторов; 5 – винт; 6 – рукоятка; 7 – шкала; 8 – крышка корпуса;
- 9 – винт с ленточной резьбой; 10 – гайка ходовая; 11 – обмотка вторичная;
- 12 – обмотка первичная; 13 – жалюзи; 14 – колеса

В основе устройства лежит понижающий трансформатор, подключенный к внешнему источнику электроэнергии. Кроме него конструкция подразумевает наличие дополнительных приспособлений для получения необходимых характеристик тока, управления током и защиты устройства от коротких замыканий. Как правило, в цепь включается отдельная дроссельная катушка.

Примерная схема аппарата с дросселем такова: первичная и вторичная катушки намотаны на один металлический сердечник. Дрос-

сель подключается после вторичной обмотки устройства, при этом его исполнение позволяет регулировать характеристики тока за счет изменения воздушного зазора – для этого предусмотрен регулировочный винт. Регулировка тока возможна и с использованием других способов. Как правило, используется движение подвижных обмоток (неподвижной в таких конструкциях является первичная обмотка, подключенная к электрической сети) и регулировочного винта.

Возникновение электрической дуги (начало процесса сварки) ведет к уменьшению значений силы тока, что снижает ЭДС самоиндукции дросселя и приводит к возникновению рабочего напряжения, обеспечивающего устойчивое горение дуги. Это напряжение ниже, чем напряжение холостого хода.

В целом сварочный трансформатор состоит из следующих элементов.

Магнитопровод (сердечник) – центральная часть конструкции – изготавливается из нескольких стальных пластин, гальванически разьединенных друг с другом. Самодельные сердечники для сварки изготавливаются из электротехнической стали, берущейся из «донецкой» техники.

Обмотки из изолированного провода соответствующей длины и сечения размещены на сердечнике, число витков напрямую влияет на характеристики устройства. Первичная обмотка в такой конструкции всегда одна.

Дополнительные элементы: вентиляция, колеса и ручки для удобной транспортировки тяжелых агрегатов.

Для регулировки тока используются различные решения: подвижные обмотки, различное число витков в обмотке и т. п.

Для защиты агрегата от повреждений он помещается в корпус.

Аппараты для сварки можно классифицировать следующим образом:

- по фазности: однофазные, трехфазные;
- по конструкции: с регулировкой напряжения переключением обмоток, посредством дросселя насыщения или посредством магнитного рассеяния;
- по количеству обслуживаемых мест.

Помимо этого конструкции различаются такими характеристиками, как коэффициент мощности, вторичное и первичное напряжение, мощность и пределы регулирования тока. Существует

достаточно большое количество моделей агрегатов для сварки, что позволяет подбирать оптимальный вариант под любые задачи.

Устройства с регулировкой посредством магнитного рассеивания состоят из двух частей – понижающего блока и регулирующего напряжение дросселя.

Устройства с увеличенным магнитным рассеиванием несколько более сложны по конструкции: в них входят несколько подвижных обмоток, конденсатор или импульсный стабилизатор и некоторые другие элементы.

Сварочный выпрямитель – это источник постоянного сварочного тока. Сварочный выпрямитель состоит из силового трансформатора, силовых полупроводниковых вентилей и устройства регулирования сварочного тока.

Классификация сварочных выпрямителей производится по второй из 3 основных функций источника питания (горение, регулирование, преобразование). Все сварочные выпрямители по способу регулирования сварочного тока можно разделить на регулируемые трансформатором, регулируемые тиристорами и регулируемые дросселем насыщения.

Выпрямители, регулируемые трансформатором, имеют трехфазные трансформаторы (рис. 6.7), в отличие от однофазных сварочных трансформаторов.

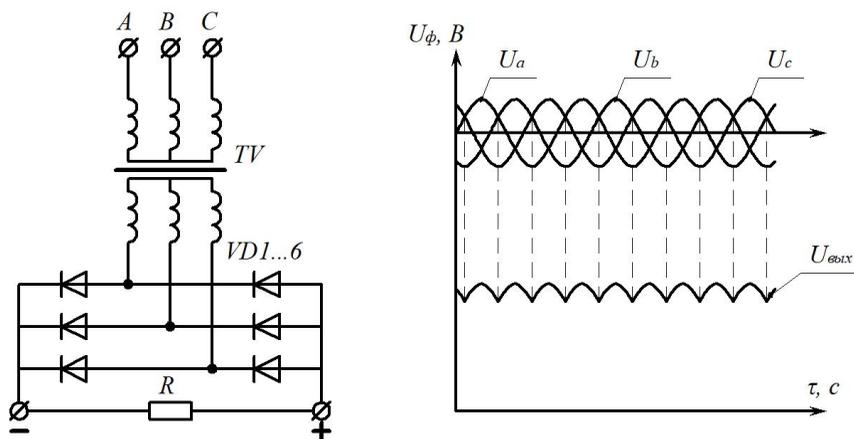


Рис. 6.7. Принципиальная электрическая схема трехфазного выпрямительного сварочного аппарата

Ступенчатое регулирование силы тока осуществляется переключением по схеме «звезда–треугольник», что приводит к изменению силы тока в 3 раза (большой ток при схеме «треугольник–треугольник», чем при схеме «звезда–звезда»).

В отличие от сварочных трансформаторов, даже самые простые выпрямители состоят из пускорегулирующей и защитной аппаратуры. Для защиты выпрямителей от перегрузок по избыточной силе тока и от нарушения работы системы охлаждения используют реле вентилятора или реле давления воды.

Для этого у источника питания должен быть силовой контактор, вручную он управляется кнопками «Пуск» и «Стоп».

В любом сварочном выпрямителе можно выделить следующие элементы: силовой понижающий трансформатор и блок выпрямителей. Трансформаторы, применяемые в сварочных выпрямителях, мало отличаются от сварочных трансформаторов. Основное отличие в том, что трансформаторы для сварочных выпрямителей выполняются трехфазными. Это не только обеспечивает равномерную нагрузку по фазам питающей сети, но и снижает пульсацию выпрямленного тока.

Распространенным элементом сварочного выпрямителя является дроссель. Если он располагается между электрододержателем и блоком выпрямителей (на участке сварочной цепи, где протекает постоянный ток), то служит для ограничения скорости нарастания силы тока короткого замыкания, т. е. для уменьшения разбрызгивания при сварке.

Если дроссель располагается между силовым трансформатором и блоком выпрямителей (на участке сварочной цепи, где протекает переменный ток), то он служит для регулировки сварочного тока или выходного напряжения.

Выпрямительные блоки собираются из *силовых диодов*. В отличие от проводников электрического тока, которые одинаково хорошо проводят ток как в одном, так и в другом направлении, диоды пропускают ток только в одном направлении. Управлять величиной силы тока с помощью диода невозможно.

Помимо диодов в сварочных выпрямителях используются *тиристоры*. С помощью тиристора можно управлять током. Однако возможности управления ограничены. Тиристор нельзя выключить раньше, чем напряжение на основных электродах упадет до нуля,

поэтому тиристоры называются «не полностью управляемыми полупроводникам». Полностью управляемыми полупроводниками являются *транзисторы* (триоды), но применение таковых в сварочных источниках ограничено.

Полупроводниковые элементы следует предохранять от перегрева, поэтому диоды и тиристоры помещают в радиаторы, которые принудительно охлаждаются потоком воздуха от вентилятора.

В сварочных выпрямителях полупроводниковые элементы собираются в виде различных схем. Подразделяется на одно- и трехфазное выпрямление.

Однофазные схемы выпрямления применяются в цепях управления, где потребляемая мощность невелика, поэтому, используя сглаживающие емкостные фильтры, можно получить на выходе напряжение, близкое к постоянному.

В сварочных выпрямителях обычно используют *трехфазные схемы* выпрямления, которые обеспечивают значительно меньшую пульсацию выпрямленного тока по сравнению с однофазными схемами.

Работа схемы: в анодной группе включаются диоды, пропускающие положительные полупериоды фазы, а в катодной – отрицательные. В любой момент времени открыты диоды, соединенные с фазами положительного и отрицательного потенциала, причем каждый диод одной группы в течение трети периода работает поочередно с двумя диодами другой группы.

Сварочный инверторный аппарат (рис. 6.8) представляет собой электронное устройство, преобразующее переменный электрический ток в ток высокой частоты, который преобразуют в постоянный сварочный ток.

Существует несколько видов сварочных операций, в которых используют сварочный инвертор: MMA – ручная дуговая сварка; MIG – технология дуговой сварки в среде инертного газа сварочной проволокой, технология дуговой сварки в среде активного газа (углекислый газ) сварочной проволокой; TIG – технология дуговой сварки в среде инертного газа неплавящимся электродом.

Подключается к электросети с помощью электрошнура. В специальные разъемы на корпусе вставляются сварочные кабели в соответствии с нанесенной маркировкой – «плюс» и «минус». На фронтальной части имеется панель управления с кнопкой и индикацией включения, дисплеем для контроля силы тока и регуляторами этого значения –

кнопками или поворотной ручкой. На моделях, рассчитанных на несколько видов сварки, есть переключатель режимов, например с MMA на TIG, MIG. На корпусе имеются вентиляционные отверстия для охлаждения аппарата во время работы, а в верхней части предусмотрены ремень или ручка для удобства переноски. Для устойчивости инвертора в основании есть опорные ножки.



Рис. 6.8. Сварочный инвертор:

- 1 – ремень; 2 – корпус; 3 – дисплей; 4 – регулятор силы тока;
 5 – кнопка включения; 6 – индикатор перегрева; 7 – решетки вентиляционные;
 8 – разъемы для кабелей; 9 – ножки опорные

Устройство и принцип работы инверторов. Инверторная технология предусматривает выпрямление сетевого переменного тока с промежуточным изменением его частоты. Инвертор (широтно-импульсный модулятор (ШИМ)) преобразует выпрямленный электрический ток в переменный с частотой 20–50 кГц (рис. 6.9). Разработаны технологии, с помощью которых можно получить ток частотой 100 кГц.

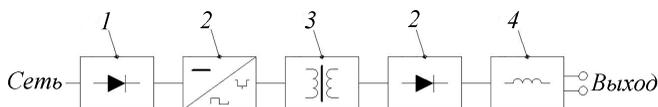


Рис. 6.9. Структурная схема сварочного инвертора:

- 1 – инвертор (ШИМ); 2 – мост диодный; 3 – трансформатор; 4 – дроссель

В качестве выпрямителя используют диодный мост. Именно в этот блок сначала поступает переменный ток с промышленной частотой 50 Гц.

Фильтр состоит из дросселя и конденсатора. Выпрямленный ток попадает в фильтр и сглаживается, в результате чего образуется постоянный ток.

Силовой трансформатор снижает высокочастотное переменное напряжение до 25–40 В и повышает значение тока до необходимого для сварки. Получается, что требуемой силы сварочный ток достигает благодаря преобразованию высокочастотных токов. Такое многоступенчатое преобразование тока позволяет использовать трансформатор малых размеров. Например, чтобы получить ток силой 160 А, в обычном сварочном аппарате нужно установить медный трансформатор, который весит почти 18 кг, в то время как в инверторе нужно поставить трансформатор весом всего 250 г.

Высокочастотный выпрямитель выравнивает переменный ток, который далее проходит высокочастотный фильтр, и в итоге получается постоянный сварочный ток.

Процессы преобразования энергии тока контролирует микропроцессорный блок управления, который и является самой дорогой частью инверторного сварочного аппарата.

6.5. Основные характеристики осветительных приборов ближнего и дальнего действия

Источник оптического излучения – устройство, преобразующее любой вид энергии в энергию электромагнитного излучения оптической области спектра. В зависимости от способа получения оптического излучения источники подразделяют на 5 классов:

- 1) источники теплового излучения;
- 2) газоразрядные источники оптического излучения:
 - низкого давления;
 - высокого давления;
 - сверхвысокого давления;
- 3) источники смешанного (теплового и газоразрядного) излучения;
- 4) твердотельные источники:
 - светодиоды;
 - электролюминесцентные панели;
- 5) импульсные и лазерные излучатели.

Электроосветительный прибор – устройство, преобразующее электрическую энергию в энергию света.

Электроосветительные приборы подразделяются на светильники и прожекторы.

Светильник – электроосветительный прибор, предназначенный для освещения на малом расстоянии большой площади с рассеянным световым потоком.

Прожектор – электроосветительный прибор, предназначенный для освещения на больших расстояниях небольшой площади (отношение расстояния к радиусу освещаемой площади – более 2) с концентрированным световым потоком.

По источнику света (лампе) они подразделяются на светильники (прожекторы):

- с лампами накаливания (ЛН);
- газоразрядными лампами низкого давления (ГЛНД);
- газоразрядными лампами высокого давления (ГЛВД);
- галогеновыми лампами;
- светодиодами в качестве лампы.

Электроосветительные приборы маркируются также по способу крепления (рис. 6.10), по применению (для общественных, производственных помещений и уличного освещения).

Светильники, предназначенные для эксплуатации во взрывоопасных помещениях и зонах, чаще всего изготавливают в исполнении взрывобезопасном (иногда встречающаяся в обозначении маркировка – В) и повышенной надежности против взрыва (Н). Их степень защиты обеспечивается герметизацией токопроводящих контактных элементов и источника света и ограничением предельной температуры наружных частей.

По степени защиты от поражения электрическим током светильники разделяют на четыре класса.

Класс 0 – защита от поражения электрическим током обеспечивается только основной (рабочей) изоляцией. Токоведущие части недоступны для прикосновения при замене источника света и профилактическом обслуживании светильника. Присоединение электропроводящих деталей светильника, доступных для прикосновения, к заземляющему проводу не предусмотрено. Питание светильника осуществляется однофазной двухпроводной сетью.



Рис. 6.10. Виды электроосветительных приборов по способу установки:
 а – потолочные; б – настенные; в – подвесные;
 г – встраиваемые; д – пристраиваемые; е – напольные;
 ж – консольные; и – настольные; к – венчающие; л – переносные

Класс I – защита от поражения электрическим током обеспечивается как основной изоляцией, так и присоединением доступных для прикосновения токопроводящих частей к защитному (заземленному) проводу стационарной однофазной трехпроводной или трехфазной пятипроводной питающей сети. В маркировке светильника может присутствовать символ .

Класс II – защита от поражения электрическим током обеспечивается двойной или усиленной изоляцией. Светильник не имеет устройства защитного заземления. Питание светильника осуществляется двухпроводной однофазной сетью. Отличается наличием в маркировке светильника символа .

Класс III – защита от поражения электрическим током обеспечивается применением безопасного сверхнизкого (< 50 В) напря-

жения питания. Светильник не имеет зажимов для защитного заземления. Во внутренних цепях светильника не возникает напряжения выше 50 В. В маркировке светильника в обязательном порядке присутствует символ .

Каждому светильнику присваивают шифр. Он имеет следующую структуру условного обозначения:

$$\boxed{1} \boxed{2} \boxed{3} \boxed{4} - \boxed{5} \times \boxed{6} - \boxed{7} - \boxed{8}.$$

где 1 – буква, обозначающая тип источника света (Н – лампы накаливания общего назначения, И – кварцевые галогенные лампы накаливания, Л – прямые трубчатые люминесцентные лампы, Ф – фигурные люминесцентные лампы, Э – витальные лампы, Р – ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ, Г – металлогалогенные лампы типа ДРИ, Ж – натриевые лампы, Б – бактерицидные лампы, С – зеркальные лампы-светильники, К – ксеноновые трубчатые лампы, Д (СД) – светодиоды);

2 – буква, обозначающая способ установки светильника (С – подвесные, П – потолочные, Б – настенные, Т – напольные и венчающие, В – встраиваемые, К – консольные, Р – ручные сетевые, Ф – ручные аккумуляторные и т. д.);

3 – буква, обозначающая основные назначения светильника (П – для промышленных предприятий, Р – для рудников и шахт, О – для общественных зданий, Б – для жилых (бытовых) помещений, У – для наружного освещения);

4 – двузначное число (01–99), обозначающее номер серии;

5 – цифра (цифры), обозначающая (обозначающие) количество ламп в светильнике (в случае одной лампы цифра 1 не указывается);

6 – цифры, обозначающие мощность ламп, Вт;

7 – трехзначное число (000–999), обозначающее номер модификации;

8 – буква и цифра, указывающие на климатическое исполнение и категорию размещения.

Наряду с условными обозначениями светильникам могут быть присвоены и условные наименования (собственные или фирменные имена): «Астра», «Бирюза», «Орфей», «Лада» и др. Однако это наиме-

нование должно указываться только после условного обозначения и без последнего применяться не может.

6.6. Устройство светильников с различными типами источников света и способами монтажа

Искусственное освещение бытовых, общественных и производственных, в т. ч. сельскохозяйственного назначения, помещений, открытых территорий и навесов осуществляется светильниками с лампами накаливания, газоразрядными лампами высокого и низкого давления. Для этих целей изготавливают разнообразные светильники всевозможного назначения, сфер применения, характера светораспределения, защиты от воздействия окружающей среды и т. д. (рис. 6.11, 6.12).

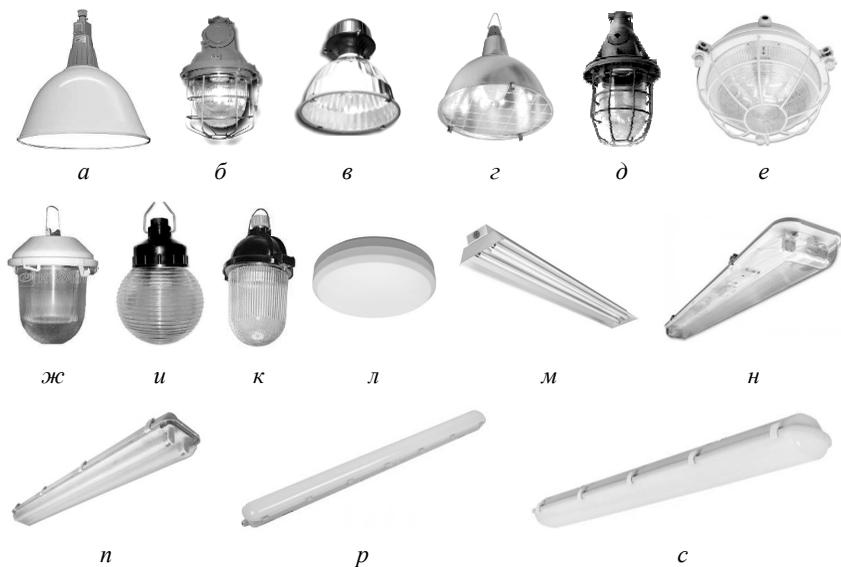


Рис. 6.11. Виды светильников для освещения производственных сельскохозяйственных помещений:
а – РСР20; б – НСП23; в – ЖСП10; г – РСР05; д – Н4БН; е – НПП03;
ж – НСП02; и – НСП03; к – НСП11; л – ЛПО22; м – ЛПО10;
н – ЛСП15; п – ЛПП12; р – ДСП1301; с – ДПП22



Рис. 6.12. Виды светильников для наружного освещения территорий, проезжей части дорог и улиц:
а – ЖКУ10; *б* – РТУ04; *в* – РТУ01; *г* – ЖКУ01; *д* – ЖКУ02;
е – ГКУ03; *ж* – ДКУ043; *и* – ДТУ03; *к* – ДКУ02

Устройство светильника с люминесцентной лампой низкого давления (рис. 6.13):

1) пластиковый корпус 7 (рис. 6.13, *а*), который закрывает и защищает все элементы электрической схемы, а также несет на себе крепежные элементы как для монтажа светильника на стену (потолок), так и для сборки всех составляющих осветительного прибора в единое целое;

2) заглушки-мембраны *б*, которыми закрываются неиспользуемые вводные отверстия в светильник, а также герметизируется место ввода питающего кабеля;

3) металлическая монтажная панель 4 (основание), на которой располагаются все электронные составляющие, необходимые для работы светильника, а также фурнитура для установки люминесцентных ламп.

Кроме основных компонентов, из которых состоит светильник, в комплекте поставки обычно присутствуют:

- крепежные элементы (рис. 6.14, *б*) для установки люминесцентного светильника на стены или потолок;

- фиксаторы (рис. 6.14, *а*), соединяющие светопрозрачный рассеиватель с корпусом и позволяющие получать легкий доступ к внутреннему оборудованию светильника, в первую очередь к лампам для их замены.

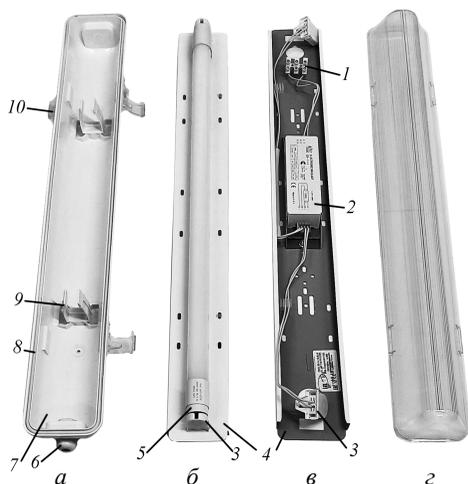


Рис. 6.13. Светильник ЛППЗ0:

- а* – стенка задняя; *б* – панель монтажная (вид спереди);
в – панель монтажная (вид сзади); *г* – рассеиватель светопрозрачный;
 1 – клеммник; 2 – аппарат электронный пускорегулирующий (ЭПРА);
 3 – контакт для подключения лампы (патрон); 4 – корпус монтажной панели;
 5 – лампа; 6 – гермоввод (сальник); 7 – корпус; 8 – уплотнитель;
 9 – крепеж монтажной панели



Рис. 6.14. Элементы светильника ЛППЗ0:

- а* – фиксатор рассеивателя; *б* – элемент крепежный

Светильник с люминесцентной лампой низкого давления

ЛЛНД (рис. 6.15) состоит из трубки или колбы 7 (в зависимости от исполнения), одного или двух цоколей 1–3 и установленных внутри электродов 6. Люминесцентная лампа с внутренней стороны покрыта люминофором 8, который преобразует ультрафиолетовое излучение в световое излучение видимого спектра. Внутри колбы (трубки) находится инертный газ (аргон) и пары ртути.

Принцип работы лампы: при прохождении электрического тока между нитями 6 через смесь инертного газа и паров ртути пары ртути начинают испускать ультрафиолетовое излучение, которое воздействует на люминофор 8, преобразующий его в световое излучение

видимого спектра. Чтобы электрический ток потек между электродами, необходимо приложить к электродам 5 напряжение в 700–1000 В. С этой целью лампу необходимо включать в цепь через пускорегулирующий аппарат (ПРА).

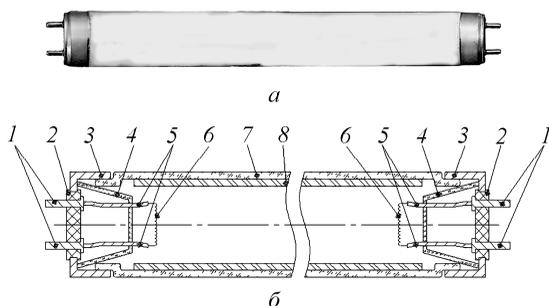


Рис. 6.15. Люминесцентная лампа низкого давления:
а – общий вид; б – схема (в разрезе);

1–3 – цоколь (1 – контакты; 2 – проставка диэлектрическая; 3 – корпус цоколя);
4 – ножка стеклянная; 5 – держатели нити накала; 6 – нить накала;
7 – колба стеклянная; 8 – люминофор

Включить в цепь ЛЛНД можно с помощью электромагнитного пускорегулирующего аппарата (ЭМПРА) (рис. 6.16) или электронного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА).

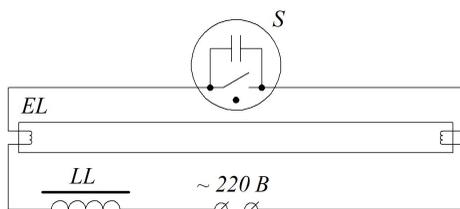


Рис. 6.16. Схема ЭМПРА для включения ЛЛНД:
S – стартер; EL – ЛЛНД; LL – дросель

Основными элементами схемы включения ЛЛНД с электромагнитным ПРА являются дроссель и стартер. Стартер (рис. 6.17) – миниатюрная неоновая лампа, один или оба электрода которой выполнены из биметалла. При возникновении тлеющего разряда внутри стартера биметаллический электрод нагревается и, изгибаясь, накоротко смыкается со вторым электродом.



Рис. 6.17. Элементы схемы ЭМПРА:

- a* – стартер; *б* – дроссель;
 1 – корпус стартера; 2 – лампа неоновая; 3 – колба неоновой лампы;
 4 – электроды стартера; 5 – пластина биметаллическая;
 6 – конденсатор; 7 – выводы стартера

После подачи напряжения на схему ток через люминесцентную лампу не течет, т. к. газовый промежуток внутри лампы – изолятор и для его пробоя нужно напряжение выше сетевого. Поэтому в первый момент времени происходит пробой газового промежутка между электродом 4 и биметаллической пластиной 5. Ток величиной 20–50 мА течет через дроссель, электроды люминесцентной лампы, электроды стартера.

Под воздействием тока (электрической дуги) биметаллическая пластина стартера разогревается и изгибается в сторону противоположного электрода, происходит замыкание цепи стартера. После замыкания по цепи течет ток, в 1,5 раза превышающий номинальный ток лампы. Величина этого тока ограничена в основном сопротивлением дросселя, т. к. электроды стартера замкнуты, а электроды лампы имеют незначительное сопротивление.

За 1–2 с электроды лампы разогреваются до температурных значений 800 °С–900 °С, а электронная эмиссия увеличивается, что облегчает пробой газового промежутка. Электроды стартера остывают, т. к. разряда в нем нет.

При остывании стартера электроды возвращаются в исходное состояние и разрывают цепь. В момент разрыва цепи стартером возникает ЭДС самоиндукции в дросселе, величина которой пропорциональна индуктивности дросселя и скорости изменения тока в момент разрыва цепи. Образовавшееся за счет ЭДС самоиндукции повышенное напряжение (700–1000 В) импульсом прикладывается к лампе, подготовленной к зажиганию (электроды разогреты). Происходит пробой, и лампа начинает светиться.

К стартеру, который включен параллельно лампе, прикладывается приблизительно половина напряжения сети. Этой величины

недостаточно для пробоя неоновой лампочки, поэтому она больше не зажигается. Весь период зажигания длится менее 10 с.

Стартер выполняет две важные функции:

- 1) замыкает накоротко цепь для того, чтобы повышенным током разогреть электроды лампы и облегчить зажигание;
- 2) разрывает после разогрева электродов лампы электрическую цепь и тем самым вызывает импульс повышенного напряжения, обеспечивающего пробой газового промежутка.

Дроссель выполняет три функции:

- 1) ограничивает ток при замыкании электродов стартера и пробое газового промежутка между электродами лампы;
- 2) генерирует импульс напряжения для пробоя лампы за счет ЭДС самоиндукции в момент размыкания электродов стартера;
- 3) стабилизирует горение дугового разряда после зажигания.

Светильник с лампой накаливания

Светильник состоит из корпуса, отражателя, рассеивателя и патрона, в который вкручивают лампу накаливания (рис. 6.18).

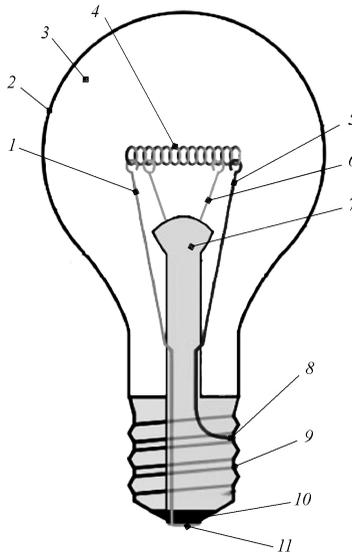


Рис. 6.18. Лампа накаливания:

- 3 – полость колбы (вакуумная или наполненная газом); 4 – тело накала;
5 – электроды (токовые вводы); 6 – колба;
7 – ножка лампы; 8 – контакт резьбы цоколя;
9 – корпус цоколя; 10 – изолятор цоколя (стекло); 11 – контакт доньшка цоколя

Главным элементом лампы накаливания является нить, которую обычно изготавливают из тонкой проволоки, реже – ленточки, из вольфрама. Для того чтобы нить была компактной, ее свивают в спираль; нить, свитую в спираль, свивают еще раз, получается биспираль. Благодаря такой конструкции при большой длине вольфрамовой проволоки нить накала лампочки получается компактной.

Для долговечности спираль накала помещают в колбу, из которой откачан воздух, иначе вольфрам в воздухе быстро окислится и перегорит. Для повышения КПД колбы ламп большой мощности заполняют смесью газов азота с инертным аргоном. Если требуется высокая надежность, то колбу заполняют чистым инертным газом – аргоном, криптоном или ксеноном под давлением (например, галогенные лампочки заполняют парами брома или йода).

Для подвода электрического тока и фиксации нити накала в центре колбы служат токовые вводы, в которых с одной стороны обжата или приварена точечной сваркой нить накала, а другие их концы соединены пайкой или точечной сваркой с цоколем.

Резьбы цоколей ламп должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 60238–99, согласно которому цоколи для сети 220 В выпускаются трех типов: E27 – для лампы накаливания, комплектных люминесцентных ламп, светодиодных ламп; E14 – для лампочек, устанавливаемых в холодильниках, СВЧ-печах; E40 – для ламп уличных светильников.

6.7. Устройство прожекторов с различными источниками света

Прожектор – световой прибор дальнего действия (более 30 м), перераспределяющий световой поток источника внутри малых телесных углов. Прожекторы служат для освещения удаленных объектов, находящихся на расстоянии, намного превышающем их размеры.

При освещении прожекторами облегчается эксплуатация осветительной установки за счет сокращения количества обслуживаемых световых точек, уменьшается число опор или мачт, на которых устанавливаются световые приборы, продолжительность электрических сетей, улучшаются условия освещения вертикальных поверхностей. Однако при этом усиливается слепящее действие светового прибора, появляются резкие тени от крупных предметов, расположенных на освещаемой территории, возникает необходи-

мость квалифицированного ухода за прожекторами (периодическая чистка отражателей и, в ряде случаев, фокусировка).

Прожектор конструктивно состоит из таких же элементов, как и те, что входят в конструкцию светильников, – корпуса, оптической системы (отражатель, рассеиватель), источника света, патрона (ламподдержателей), ПРА (пускорегулирующий аппарат для газоразрядных источников) и других электротехнических изделий, и отличается в основном особенностями оптической системы, предназначенной для перераспределения в требуемом направлении светового потока источника.

Для освещения открытых пространств в сельскохозяйственном производстве применяют прожекторы (рис. 6.19) как нового поколения (тип НО, РО, ЖО, ГО, ИО серий 01, 02, 03, 05), так и предыдущего (тип ПСМ, ПЗС, ПЗР, ПЗМ, ПЗИ, ПФР, ПФС, ПКН, ПЗУ, ПГП, ПГЦ и др.).



Рис. 6.19. Виды прожекторов:

а – ПЗС; б – ПКН; в – ПЗМ; г – ГО10; д – ИО05; е – ГО07; ж – СДО05; и – ДО10

В качестве источника света в прожекторах чаще всего используют газоразрядные лампы высокого давления и светодиоды.

Высокое давление используется в следующих газоразрядных лампах:

- дуговая ртутная люминесцентная (ДРЛ);
- металлогенная ртутная с излучающими добавками (ДРИ) галогенидов металлов;

- дуговая натриевая трубчатая (ДНаТ);
- дуговая натриевая зеркальная (ДНаЗ).

Их устанавливают в тех местах, где необходимо освещать большие территории с малыми затратами электроэнергии.

ДРЛ работает благодаря четырем электродам: двум основным 5 и двум поджигающим 6 (рис. 6.20).

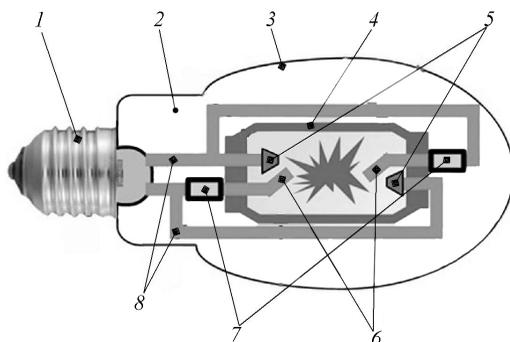


Рис. 6.20. Дуговая ртутная люминесцентная лампа:

- 1 – цоколь; 2 – колба; 3 – люминофор; 4 – трубчатая разрядная;
- 5 – электроды основные; 6 – электроды поджигающие;
- 7 – фоторезисторы; 8 – электроды токоподводящие

Цоколь 1 лампы служит для подведения напряжения к контактам при вкручивании в патрон. Стекло­вая колба 2 герметично защищает все внутренние элементы от внешних воздействий. В нее закачан азот и размещены:

- разрядная труб­ка (кварцевая горелка) 4;
- электрические проводники от контактов цоколя 8;
- два токоограничивающих сопротивления 7, вмонтированные в цепь дополнительных электродов 6;
- слой люминофора 3.

Горелка выполнена в форме герметичной трубки из кварцевого стекла с закачанным аргоном, в которую помещены:

- две пары электродов – основной и дополнительный, расположенные на противоположных концах колбы;
- небольшая капелька ртути.

Источником света ДРЛ является разряд электрической дуги в аргоно-ртутной газовой смеси, протекающий между электродами

в кварцевой трубке. Он возникает под действием приложенного к лампе напряжения в два этапа:

1) первоначально между близко расположенными основным и поджигающим электродами возникает тлеющий разряд за счет движения свободных электронов и заряженных ионов;

2) образование внутри полости горелки большого количества носителей зарядов приводит к снижению сопротивления между основными электродами, пробоем газовой смеси и образованию дуги между основными электродами.

Для стабилизации пускового режима (электрического тока дуги и света) требуется 10–15 мин. В этот промежуток времени ДРЛ создает нагрузки, значительно превышающие токи номинального режима. Для их ограничения применяется пускорегулирующее устройство – дроссель (рис. 6.21, а).

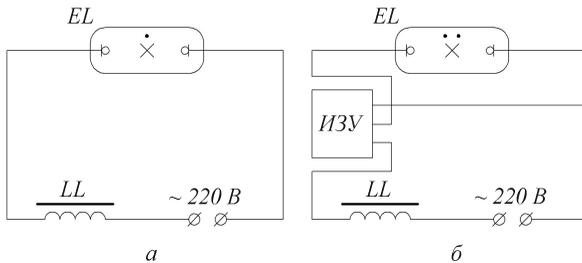


Рис. 6.21. Схемы включения газоразрядных ламп высокого давления:
 а – ДРЛ; б – ДНаТ, ДРИ;
 EL – лампа; LL – дроссель;
 ИЗУ – устройство импульсно-зажигающее

Излучение дуги в парах ртути имеет голубой и фиолетовый оттенок и сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением. Оно проходит через люминофор, который преобразует его в яркий свет, приближенный к белому оттенку.

Во время дугового разряда создается высокая температура, передающаяся всей конструкции. Она влияет на качество контактов в патроне и вызывает нагрев подключенных проводов, которые из-за этого используют только с термостойкой изоляцией.

При работе лампы давление газов в горелке сильно увеличивается и осложняет условия для пробы среды, что требует повыше-

ния приложенного напряжения. Если питание отключить и подать, то лампа не запустится, пока газ не остынет.

Внутри колбы газоразрядной лампы ДНаТ (рис. 6.22) вместо ртути используются пары натрия, расположенные в среде инертных газов – неона, ксенона и других или их смесей. По этой причине их называют «натриевыми».

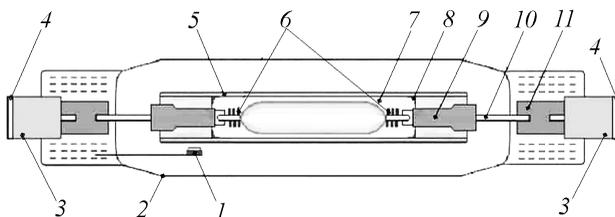


Рис. 6.22. Лампа ДНаТ (в бесцокольном исполнении):

- 1 – геттеры (газопоглотители); 2 – колба внешняя;
- 3 – вводы токовые; 4 – пластины контактные;
- 5 – трубка газоразрядная (горелка); 6 – электроды молибденовые;
- 7 – пары натрия с примесью инертных газов (аргон или ксенон);
- 8 – амальгама натрия; 9 – ввод уплотненный ниобиевый;
- 10 – проводник металлический; 11 – пластина молибденовая

Действие натриевой газоразрядной лампы основано на свойстве паров натрия, способных излучать монохроматический яркий свет в желто-оранжевом спектре. Это газообразное вещество заключено в особой колбе (трубке), называемой горелкой. Поскольку разогретые до высокой температуры пары натрия агрессивно действуют на стеклянные поверхности, то трубку изготавливают из более устойчивых веществ – боросиликатного стекла или поликристаллической окиси алюминия (в зависимости от типа лампы).

С каждой стороны горелки расположены электроды, предназначенные для создания дуговых разрядов. Эта конструкция размещена в вакуумной стеклянной колбе.

Сетевого напряжения для пробоя газового промежутка лампы ДНаТ недостаточно, для этого используют импульсное зажигающее устройство (ИЗУ) (см. рис. 6.21, б). Оно создает высоковольтный импульс, необходимый для создания дугового разряда в межэлектродном пространстве горелки. Благодаря прохождению электрического тока пары натрия излучают свет ярко-оранжевого цвета.

Порядок выполнения практической работы

Упражнение 1. Классификация, основные характеристики и маркировка электротермического оборудования; устройство и принцип работы электроводонагревателей и калориферов

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 6.1–6.3).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Законспектировать определение термина «электрический нагреватель» и диаграмму классификации электротермического оборудования (см. раздел 6.1).
4. Зарисовать схему трубчатого электронагревателя (ТЭНа) (см. раздел 6.2).
5. Составить принципиальную схему работы электронагревателя (см. раздел 6.2).
6. Составить список достоинств и недостатков емкостного и проточного электронагревателей (см. раздел 6.2).
7. Составить принципиальную схему работы электрического калорифера (см. раздел 6.3).

Упражнение 2. Устройство и принцип работы электросварочных установок

1. Изучить теоретический материал (см. раздел 6.4).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Зарисовать принципиальную схему работы сварочного выпрямителя.
4. Законспектировать классификацию электросварочных установок.

Упражнение 3. Классификация электроосветительных установок, устройство и принцип работы светильников

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 6.5, 6.6).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Составить диаграмму классификации электроосветительных установок.
4. Составить список основных характеристик светильников.
5. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы светильника с лампой накаливания.
6. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы светильника с люминесцентной лампой низкого давления.

Упражнение 4. Устройство и принцип работы прожекторов

1. Изучить теоретический материал (см. разделы 6.5, 6.7).
2. Получить консультацию преподавателя по возникшим вопросам.
3. Составить список основных характеристик прожекторов.
4. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы прожектора с дуговой ртутной люминесцентной (ДРЛ) лампой.
5. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы прожектора с дуговой натриевой трубчатой (ДНаТ) лампой.
6. Законспектировать теоретический материал об устройстве и принципе работы светодиодного прожектора.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «электрический нагреватель».
2. Как классифицируются электрические машины?
3. Как устроен ТЭН? Расшифруйте аббревиатуру ТЭН.
4. Как устроен емкостный электроводонагреватель?
5. Как устроен проточный электроводонагреватель?
6. Как устроен электрокалорифер?
7. Приведите классификацию электросварочных установок.
8. Как работает сварочный трансформатор?
9. Как работает трансформатор напряжения?
10. Как работает сварочный выпрямитель?
11. Как работает сварочный инвертор?
12. Как классифицируют электроосветительные установки?
13. Какова конструкция светильника с лампой накаливания?
14. Как работает светильник с лампой накаливания?
15. Какова конструкция светильника с люминесцентной лампой низкого давления?
16. Как работает светильник с люминесцентной лампой низкого давления?
17. Какова конструкция прожектора с лампой ДРЛ?
18. Как работает прожектор с лампой ДРЛ?
19. Какова конструкция прожектора с лампой ДНаТ?
20. Как работает прожектор с лампой ДНаТ?
21. Какова конструкция светодиодного прожектора?
22. Как работает светодиодный прожектор с лампой ДНаТ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Акимова, Н. А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учебник / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентюрихин ; под общ. ред. Н. Ф. Котеленца. – 15-е изд., испр. – М. : Академия, 2019. – 304 с.
2. Воробьев, В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций : учебное пособие / В. А. Воробьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 275 с.
3. Дайнеко, В. А. Технология ремонта и обслуживания электрооборудования : учебник / В. А. Дайнеко. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : РИПО, 2022. – 384 с.
4. Сидорова, Л. Г. Сборка, монтаж, регулировка и ремонт узлов и механизмов оборудования, агрегатов, машин, станков и другого электрооборудования промышленных организаций : учебник / Л. Г. Сидорова. – М. : Академия, 2016. – 320 с.

Дополнительная

5. Бредихин, А. Н. Слесарь-электромонтажник : справочник / А. Н. Бредихин. – М. : РадиоСофт, 2013. – 368 с.
6. Нестеренко, В. М. Технология электромонтажных работ : учебное пособие / В. М. Нестеренко, А. М. Мысьянов. – 15-е изд., стер. – М. : Академия, 2018. – 592 с.
7. Павлович, С. Н. Электромонтаж осветительного и силового оборудования : учебное пособие / С. Н. Павлович. – Минск : РИПО, 2013. – 422 с.
8. Сибикин, Ю. Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования промышленных предприятий : в 2 кн. : учебник / Ю. Д. Сибикин. – М. : Академия, 2014. – Кн. 2. – 256 с.
9. Сибикин, Ю. Д. Технология электромонтажных работ : учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2014. – 352 с.
10. Система организации технического обслуживания электрооборудования машин и технологических комплексов в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь : пособие / В. Г. Самосюк [и др.]. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по мех-ции сел. хоз-ва, 2012. – 637 с.

Технические нормативные правовые акты

11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : ТКП 181–2023 (33240). – Взамен ТКП 181–2009 (02230) ; введ. 28.02.2025. – Минск : Минэнерго, 2025. – 344 с.

12. Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 52. Электропроводки : ГОСТ 30331.15–2001. – Введ. 01.03.2003. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 24 с.

13. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний : ТКП 339–2022. – Введ. 20.12.2022. – Минск : Минэнерго, 2022. – III, 593 с.

Учебное издание

Янко Максим Валерьевич,
Павлович Иван Александрович,
Нефедов Святослав Святославович и др.

**МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.
ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *С. М. Барайшук*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *Д. О. Михеевой*

Подписано в печать 22.05.2025. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 7,45. Тираж 50 экз. Заказ 188.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.