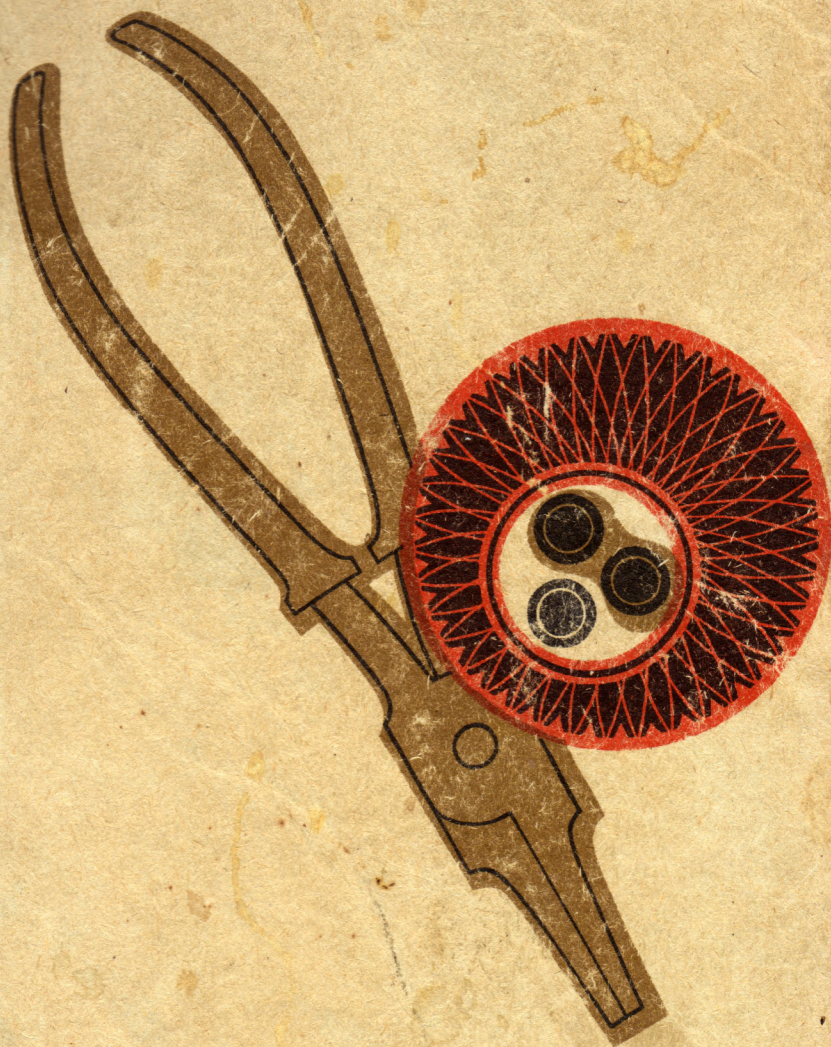


ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

В. А. ПОЛЯКОВ

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ В ДЕТ



В. А. ПОЛЯКОВ

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ IX и X КЛАССОВ**

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1973

Допущено Главным управлением школ и Отделом начальной военной подготовки Министерства просвещения СССР в качестве учебного пособия для учащихся IX и X классов по электротехнике и военной специальности электрика.

ВВЕДЕНИЕ

Отрасль науки и техники, занимающаяся вопросами производства, преобразования, распределения и применения электрической энергии, называется *электротехникой*.

Для производства электроэнергии требуются мощные турбины и электрические генераторы. Их создают на предприятиях электротехнической промышленности. На этих же предприятиях выпускают электрические двигатели, электронагревательные печи и приборы, осветительные аппараты, электротехнологические установки и т. п. устройства, в которых электрическая энергия преобразуется в механическую и другие виды энергии. Для передачи электроэнергии на большие расстояния и распределения ее между потребителями — заводами, шахтами, стройками, жилыми домами и т. д. — строят электрические подстанции, сооружают линии электропередач.

Коммунистическая партия поставила перед советским народом задачу осуществить сплошную электрификацию страны. Эта задача успешно выполняется. Строятся сотни новых тепловых и гидроэлектростанций, создаются энергетические системы.

В настоящее время электричество прочно вошло в народное хозяйство и быт. Знать основы электротехники теперь необходимо каждому человеку: и рабочему, и инженеру, и врачу, и сельскому механизатору. Знания по электротехнике необходимы также для службы в Советской Армии.

Выбор и обработка электротехнических материалов, выполнение электрических измерений, монтаж и обслуживание электрической аппаратуры, трансформаторов и

электрических машин, обращение с аккумуляторами и выпрямителями электрического тока — вот лишь небольшой круг работ, которые нужно научиться выполнять, изучая электротехнику. Все эти вопросы рассматриваются в данной книге, являющейся учебно-справочным пособием.

В книге, кроме того, имеется специальный раздел «Бензоэлектрические агрегаты», изучение которого осуществляется на занятиях по начальной военно-технической подготовке по специальности «электрик».

При пользовании настоящим пособием нужно учитывать, что теоретические сведения изложены в нем очень сжато. Поэтому большое значение здесь имеют таблицы и рисунки, дополняющие текстовой материал. В таблицах даны технические характеристики электротехнических материалов и изделий, электрических приборов, аппаратов и машин, указаны основные их свойства и область применения. На рисунках подробно показано устройство и способы обращения с электрической техникой.

В пособии помещены инструктивные указания по выполнению практических работ. Эти указания рассчитаны на то, что оборудование нужно подобрать самостоятельно, а нередко требуется самостоятельно составить электрическую схему. Чтобы успешно выполнить практическую работу, необходимо прежде изучить соответствующий теоретический материал и относящиеся к нему таблицы и рисунки. Собирая электрические цепи, делать опыты, обрабатывать полученные результаты следует в точном соответствии с указаниями по порядку выполнения практической работы.

Вопросы и упражнения составлены таким образом, чтобы можно было проявить самостоятельность и сообразительность в подборе недостающих данных. Поэтому, отвечая на вопросы и выполняя упражнения, следует, кроме основного текста, использовать имеющиеся в таблицах справочные сведения.

В приложении дана таблица условных графических обозначений для электрических схем и чертежей. Этой таблицей пользуются по мере необходимости при изучении всех разделов данной книги.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Устройства, в которых производится, преобразуется, распределяется или потребляется электрическая энергия, называются *электроустановками*. К ним относятся, например, электрические генераторы с вспомогательными и обслуживающими устройствами, электрические подстанции, линии электропередачи.

Монтаж, ремонт и обслуживание электроустановок производится в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» («ПУЭ») и «Правилами технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок на промышленных предприятиях».

В зависимости от назначения и исполнения электроустановок, а также электрического напряжения, при котором они работают, к их монтажу, эксплуатации и ремонту предъявляются особые требования. Поэтому все электроустановки подразделяют на несколько групп.

Электроустановки, предназначенные для создания искусственного освещения, называются *осветительными*. Электроустановки, которые приводят в действие машины, станки и другое технологическое оборудование, называются *силовыми*. Электроустановки, предназначенные для передачи и распределения электроэнергии, называются *электрическими сетями*.

Электроустановки, находящиеся на открытом воздухе, называются *открытыми*, а расположенные в помещении — *закрытыми*. Электроустановки бывают *стационарными* и *передвижными*. К первым

относятся, например, электросети различных зданий, а ко вторым — передвижные электростанции.

В зависимости от напряжения различают электроустановки напряжением до 1000 и свыше 1000 в. В данном пособии рассматриваются главным образом электроустановки напряжением до 1000 в.

Устройства, в которых электрическая энергия преобразуется в механическую и другие виды энергии, называются *электроприемниками*. К электроприемникам относятся, например, электродвигатели, светильники, электронагревательные приборы.

2. НОМИНАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЕ, МОЩНОСТЬ И ТОК

Каждый электроприемник рассчитан на работу при определенном напряжении электрического тока. Это напряжение указывается в паспорте электроприемника и называется *номинальным*.

В СССР выпускаются электроприемники, рассчитанные на стандартные номинальные напряжения: 6, 12, **24**, 36, 110, 127, 220, 380 в. Специальные электродвигатели и некоторые другие электроприемники изготавливаются на номинальное напряжение 500, 3600, 10 000 в. Многие электроприемники могут работать при различных номинальных напряжениях, например при 127 или 220 в. В таких электроприемниках установлены специальные переключатели.

Номинальное напряжение, на которое рассчитан электроприемник, и напряжение электрической сети, в которую включают этот электроприемник, должны быть одинаковы.

Каждый электроприемник рассчитан на определенную номинальную мощность, значение которой также указывается в паспорте электроприемника.

Ток, который должен проходить по электроприемнику, работающему при номинальных мощности и напряжении, называется *номинальным током*. Номинальный ток определяют по формуле:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}},$$

где $I_{\text{н}}$ — номинальный ток, а;

$P_{\text{н}}$ — номинальная мощность, вт;

$U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение, в.

Вопросы и упражнения

1. Каким образом можно узнать номинальное напряжение и номинальную мощность электроприемника?

2. Определите, на какие номинальные напряжение и мощность рассчитаны электроприемники, имеющиеся у вас дома.

3. На что важно обратить внимание перед включением электроприемника в электрическую сеть?

4. Сравните номинальные токи, проходящие через электролампы, рассчитанные на номинальные напряжение и мощность: 220 в и 75 вт; 127 в и 75 вт.

Ответы: $\approx 0,34$ а;
 $\approx 0,6$ а.

3. ТЕХНИКА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Причины электротравматизма

Ток силой 0,1 а, проходящий через организм человека, опасен для жизни. Электрическое сопротивление человеческого организма, находящегося в нормальном

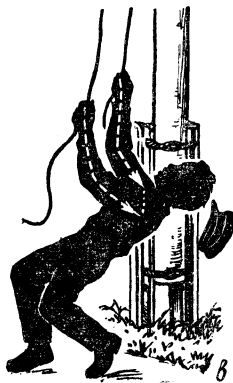
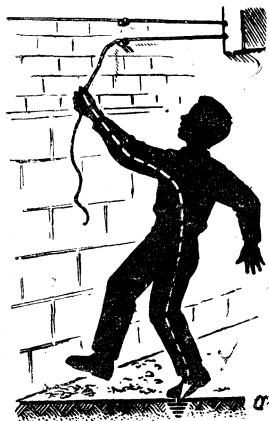
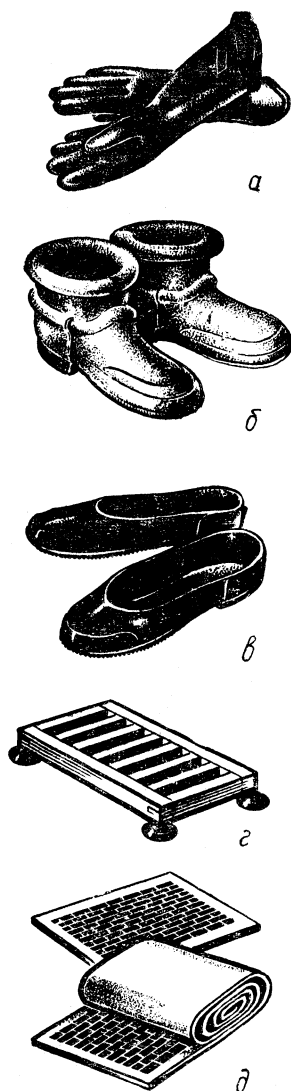


Рис. 1. Возможные случаи поражения электрическим током при одновременном прикосновении:

а — к одному проводу и земле; б — к одному зажиму на щите и металлической трубе, соединенной с землей; в — к двум проводам.



состоянии, равно нескольким десяткам тысяч ом. Оно зависит от физического состояния человека. В особо неблагоприятных случаях (болезненное состояние, сильное потение и т. п.) электрическое сопротивление человека равно лишь 400—1000 ом. Пользуясь формулой закона Ома ($I = \frac{U}{R}$), нетрудно подсчитать, что напряжение 40 в уже опасно.

Поражение людей током случается чаще всего вследствие:

а) прикосновения к токоведущим частям; оголенным проводам; контактам электрических машин, рубильников, ламповых патронов, предохранителей и других аппаратов и приборов, находящихся под напряжением;

б) прикосновения к частям электроустановки, нормально не находящимся под напряжением, но в результате повреждения изоляции оказывающимся под напряжением;

в) прикосновения к токопроводящим частям, не являющимся частями электроустановки, но

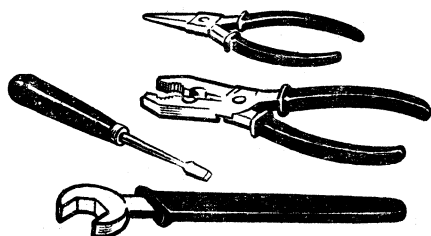


Рис. 3. Инструмент с изолирующими ручками.

случайно оказавшимся под напряжением, например к сырым стенам, металлическим конструкциям здания;

г) нахождения вблизи места соединения с землей оборванного провода электросети.

Опасность поражения электрическим током возникает тогда, когда человек стоит на земле и одновременно касается одного из проводов или другой токоведущей части (рис. 1, а). Опасно также прикосновение к одному из проводов и мокрой стене или металлической конструкции, соединенной с землей (рис. 1, б). Наиболее опасно одновременное прикосновение к двум проводам или другим токоведущим частям, находящимся под напряжением (рис. 1, в).

Предупреждение электротравматизма

Для предупреждения электротравматизма применяются защитные средства (рис. 2): резиновые перчатки, боты и коврики, изолирующие штанги и т. п. На металлические ручки инструментов, используемых при выполнении электромонтажных работ, надевают изолирующие трубки (рис. 3).

Об опасности поражения электрическим током предупреждают также плакаты: «Не входи — опасно для жизни», «Не включать. Работают люди» и др. Плакаты обычно вывешивают на дверях и стенах помещений, в которых находятся электроустановки, на электрических щитках и рубильниках, на опорах линии электропередачи и т. д. Указания, имеющиеся на этих плакатах, необходимо строго соблюдать.

Монтаж и ремонт электроустановок производится в соответствии с рядом требований:

а) все электроустановки должны быть смонтированы так, чтобы их токоведущие части были недоступны для слу-

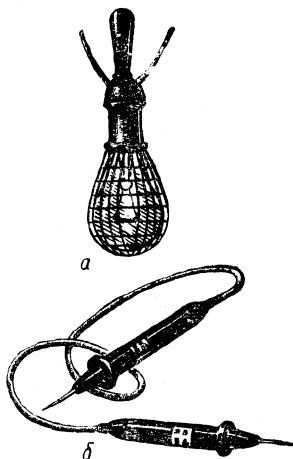


Рис. 4. Приборы для проверки наличия напряжения: а — контрольная лампа; б — один из типов указателей напряжения.

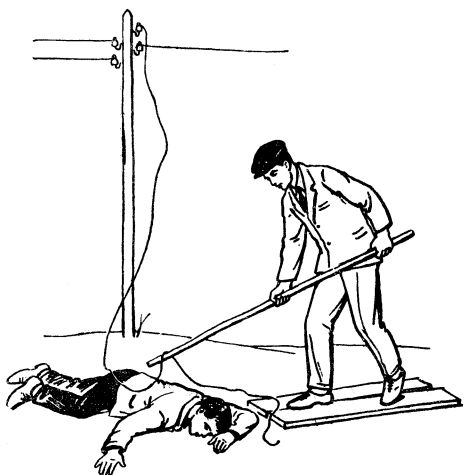
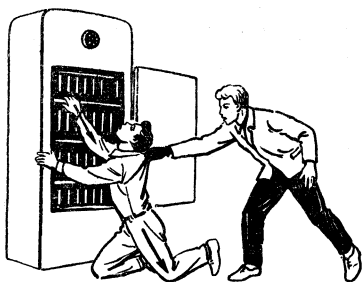


Рис. 5. Способы освобождения пострадавшего от действия тока.

чайного прикосновения: провода и кабели тщательно изолированы, другие токоведущие части закрыты защитными ограждениями в виде кожухов, ящиков, шкафов;

б) металлические части электрооборудования, не предназначенные для прохождения по ним тока, должны быть заземлены, т. е. соединены с землей с помощью медных проводов; заземление уменьшает опасность поражения током людей, прикоснувшихся к нетокковедущим частям, которые оказались под напряжением; сопротивление заземляющих проводов должно быть не более 4 ом;

в) во избежание опасности поражения электрическим током не разрешается производить монтаж или ремонт электроустановок, если они находятся под напряжением. Нужно с помощью контрольной лампы (рис. 4, а) или указателя напряжения (рис. 4, б) убедиться, что напряжение отсутствует.

Первая помощь при поражении электрическим током

Если пострадавший потерял сознание или у него отсутствуют признаки жизни, то необходимо срочно вызвать врача и одновременно делать искусственное

дыхание. Когда дыхание у пострадавшего восстановится, его до прихода врача нужно укрыть теплой одеждой, так как охлаждение вредно для организма.

В ряде случаев пострадавший не может самостоятельно освободиться от действия тока, так как ток вызывает судороги мышц. Чтобы помочь пострадавшему, нужно немедленно отключить электроустановку или соответствующую ее часть. Если же этого сделать невозможно (далеко расположен рубильник, доступ к нему оказался опасным), то пострадавшего нужно отделить от токоведущих частей следующим образом (рис. 5):

надев резиновые галоши и перчатки или обмотав руку сухой тканью, оторвать человека, попавшего под напряжение, от токоведущих частей;

взявшись за сухие части одежды пострадавшего, оторвать его от токоведущих частей;

встав на сухую доску или подсунув ее под пострадавшего, оторвать его от токоведущих частей;

перерубить один за другим провода сети (при напряжении не выше 250 в!) с помощью топора, имеющего деревянную ручку.

Правила техники безопасности при работах в школьном электротехническом кабинете

Правила поведения в кабинете

1. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны; точно выполняйте устные и письменные указания учителя.

2. Не оставляйте рабочее место без разрешения учителя.

3. Располагайте на рабочем месте приборы, инструменты, материалы, оборудование в порядке, указанном учителем.

4. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.

Правила техники электробезопасности

1. Не включайте источники электропитания без решения учителя.

2. Производите сборку электрических соединений в них, монтаж и ремонт э

устройств только при отключенном источнике электропитания.

3. Проверьте наличие напряжения на источнике электропитания или других частях электроустановки с помощью контрольной лампы или указателя напряжения.

4. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники; при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами.

5. Выполняйте электротехнические работы, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением.

6. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания; их сначала нужно разрядить.

7. По окончании работы или очередного наблюдения отключите источник электропитания, после чего разберите электрическую цепь.

8. Заменяйте предохранители в щитках, приборах, аппаратах только с разрешения учителя и при отключенном источнике электропитания.

9. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом учителю.

4. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Схемой электрических соединений (электросхемой) называется графическое изображение электроустановки с помощью условных знаков. Электросхемы позволяют наглядно представить себе составные элементы электроустановки и способы соединения их между собой. Если чертеж является языком техники, то электросхема представляет собой язык электротехники.

Электроустановки обычно состоят из нескольких частей. Чтобы наглядно показать взаимодействие основных электроустановки, часто изображают их в виде (скелетной схемы). Блок-схема представляет собой чертеж (рис. 6), на котором изобра-

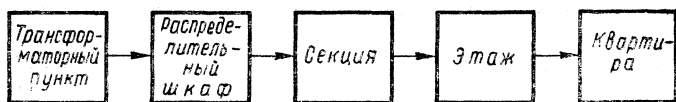


Рис. 6. Блок-схема осветительной электроустановки жилого дома (для простоты показана одна секция, один этаж и одна квартира).

жены лишь крупные части электроустановки и показаны соединения между ними.

На принципиальных схемах показывают электрическую связь и взаимодействие элементов электроустановки без указания их территориального расположения.

На многолинейных принципиальных электросхемах (рис. 7, а) каждый провод обозначается отдельной линией, а на однолинейных (рис. 7, б) любое количество проводов обозначается одной линией.

Монтажные схемы представляют собой рабочий чертеж, на котором указаны все электрические соединения

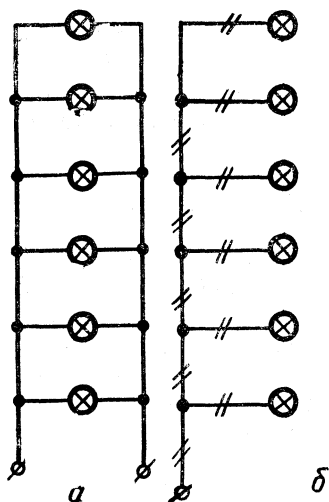


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема лампового реостата на шесть ламп;

а — многолинейная; б — однолинейная.

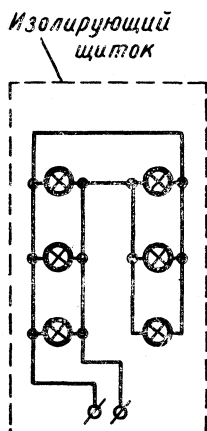


Рис. 8. Монтажная электрическая схема лампового реостата на шесть ламп.

элементов электроустановки и расположение их относительно конструктивных частей данной установки (рис. 8).

По действующему ГОСТу определены условные графические обозначения для электрических схем. Они приведены в приложении.

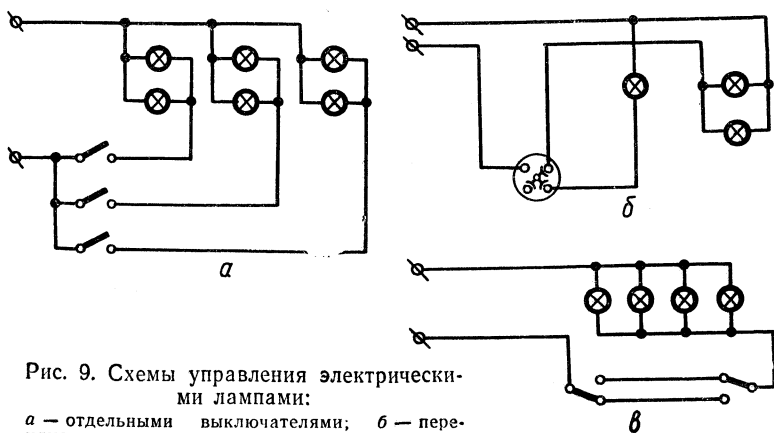


Рис. 9. Схемы управления электрическими лампами:

а — отдельными выключателями; *б* — переключателем; *в* — независимое включение ламп из двух разных мест.

Упражнения

1. На рисунке 9 показаны часто применяющиеся на практике схемы включения ламп. По ним можно смонтировать цепи на щитках или непосредственно в помещении, например в кабинете электротехники. Составьте для этого монтажные схемы.

2. Начертите монтажные схемы осветительной электроустановки кабинета электротехники, мастерской, жилой комнаты, квартиры.

II. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИЗДЕЛИЯ И РАБОТЫ С НИМИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Материалы, которые применяются для изготовления электроустановок, называются *электротехническими материалами*. В зависимости от способности проводить электрический ток их разделяют на три группы: проводниковые, электроизоляционные (диэлектрики), полупроводниковые. К первым относятся те материалы, по которым может проходить электрический ток, а именно: все металлы, уголь, растворы солей, кислот и щелочей. Из проводниковых материалов изготавливают токоведущие части электроустановок. Из некоторых проводников выполняют конструктивные части электроустановок, например: из стали — корпуса электрических машин, щиты, конструкции, на которые крепятся токоведущие части, из алюминия и свинца — оболочки кабелей и другие конструктивные части электроустановок, не предназначенные для прохождения по ним тока.

По электроизоляционным материалам не может проходить электрический ток. К ним относят воздух, водород, инертные газы, минеральное масло, смолы, парафин, сухую древесину, ткани, бумагу, пластмассы, резину, слюду, стекло, керамику. Электроизоляционные материалы применяют для изоляции токоведущих частей друг от друга и от конструктивных частей электроустановки. Из электроизоляционных материалов изготавливают также конструктивные части электроустановок, например: из пластмассы — корпуса электроизмеритель-

ных приборов и электроаппаратуры, щитки, рукоятки рубильников, из керамики — основания реостатов и электронагревательных приборов и др.

Материалы, которые по способности проводить электрический ток занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками, относят к полупроводниковым материалам. О свойствах и применении полупроводниковых материалов подробнее рассказывается в шестом разделе данной книги.

Материалы, способные хорошо намагничиваться, называются магнитными. К ним относятся: железо, сталь и некоторые сплавы, в состав которых входит железо. Из магнитных материалов изготавливают сердечники трансформаторов, дросселей, статоров и роторов электрических машин и др. О применении магнитных материалов для изготовления электроустановок подробнее рассказывается в пятом и шестом разделах данной книги.

Для изготовления и монтажа электроустановок применяются также клеи, эмали, лаки, припои и подобные им материалы. Их принято называть вспомогательными электротехническими материалами.

2. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Проводниковые металлические материалы

Для правильного выбора проводниковых металлических материалов и использования их нужно знать электрические, физико-механические и химические свойства этих материалов.

Важнейшим *электрическим свойством* проводниковых материалов является способность оказывать сопротивление прохождению по ним электрического тока. Это свойство характеризуется *удельным электрическим сопротивлением*. В зависимости от цели применения выбирают материал с тем или иным электрическим сопротивлением.

Важнейшие *физические свойства* проводниковых металлических материалов характеризуются *плотностью и точкой плавления*.

Проводниковые материалы различаются также по их *механическим свойствам*, которые учитываются при

конструировании и проектировании электроустановок, например линий электропередач.

При выборе и применении проводниковых металлических материалов учитываются их следующие *химические свойства*: стойкость против коррозии и способность соединяться сваркой и пайкой. Если, например, металлические проводники требуется применить в условиях повышенной влажности, то их защищают антикоррозийными покрытиями и даже помещают в герметические оболочки.

Характеристика некоторых свойств проводниковых металлических материалов и сведения о применении их приведены в таблице 1.

Упражнения

1. Рассмотрите материалы: медь, алюминий, сталь, цинк, латунь, бронзу. Укажите отличительные внешние признаки каждого материала.

2. Дайте сравнительную характеристику свойств проводниковых материалов, применяемых для изготовления проводов.

3. Назовите имеющиеся в школьном кабинете и дома электрические устройства, в которых применены сплавы большого удельного электрического сопротивления: манганин, константан, нихром, фехраль. Дайте сравнительную характеристику свойств этих сплавов.

Припой

Проводники можно соединить между собой с помощью пайки. Пайка заключается в соединении однородных металлов припоем.

Припой представляет собой сплав определенных металлов (см. табл. 2).

Точка плавления припоя значительно ниже точки плавления соединяемых пайкой металлов. Припой не должен окисляться и пропускать влагу и газы к месту соединения проводников. Чтобы прочно соединить металлы пайкой, нужно правильно выбрать припой.

Электротехнический уголь

Электротехнический уголь получают из образований углерода: сажи, графита, каменного угля. Измельченную угольную массу смешивают с каменноугольной смолой и обжигают при высокой температуре.

Таблица 1

**Характеристика важнейших свойств проводниковых
металлических материалов**

Наименование материала	Удельное электрическое сопротивление, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Плотность, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Точка плавления, $^{\circ}\text{C}$	Изделия, для изгото- вления которых применяется материал
Медь (при- месей не более 0,1%)	0,0172— 0,0175	8,92	1083	Провода, кабели, контактные зажи- мы
Алюминий (примесей не более 0,5%)	0,0262	2,7	660,1	То же; корпуса электромашин, де- тали приборов, оболочки кабелей
Сталь (со- держание углерода от 0,1 до 0,15%)	0,10—0,14	7,7—7,9	1400— 1530	Провода, конст- руктивные части электроустановок
Свинец (примесей не более 0,14%)	0,221	11,34	327,3	Припой, аккумуля- торные пласти- ны, оболочки ка- белей
Олово	0,143	7,29	231,85	Припой, фольга для конденсаторов
Цинк	0,062	7,1	419,5	Антикоррозийные покрытия, припой, электроды галь- ванических эле- ментов, металли- зированная бума- га для конденса- торов
Бронза кадмиевая (содержа- ние кадмия до 1%)	0,02—0,05	8,5—8,9	885—1050	Провода для кон- тактных линий, скользящие и штепсельные кон- такты
Бронза фосфорис- тая (содер- жание фос- фора до 0,13%)	0,02—0,05	8,5—8,9	885—1050	Пружины элект- ронизмерительных приборов

Наименование материала	Удельное электрическое сопротивление, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Плотность, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Точка плавления, °С	Изделия, для изготовления которых применяется материал
Латунь (сплав меди и цинка)	0,031—0,079	8,5—9,7	900—960	Контактные зажимы, контактные ножи рубильников, колпачки радиоламп
Манганин (сплав меди, марганца и никеля)	0,48	8,5	1000	Эталоны и магазины сопротивления, шунты и добавочные сопротивления, термопары
Константан (сплав меди и никеля)	0,52	8,9	1275	Реостаты, термопары
Нихром (сплав хрома, никеля, марганца и железа)	1,1	8,1—8,4	1400	Нагревательные элементы промышленных электронагревательных приборов
Фехраль (сплав железа, алюминия, хрома, кремния, марганца)	1,3	6,9—7,5	1450	Нагревательные элементы бытовых и промышленных электронагревательных приборов, реостаты

Из электротехнического угля изготовляют стержни, которые применяются в качестве электродов в прожекторах, электрических печах и сварочных аппаратах. Стержни имеют большое удельное электрическое сопротивление: от 8 до $65 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$. Стержни подключают к источнику электропитания, затем с помощью специальных приспособлений замыкают между собой, после чего вновь отводят друг от друга. В результате этого между стержнями образуется электрическая дуга, испускающая яркий свет. В пространстве же между стержнями создается высокая температура, достаточная для плавления большинства металлов.

Таблица 2

Состав и применение припоев

Марка	Химический состав %	Точка плавления, °С	Применяется для пайки металлов
ПОС-30	Олово — 30 Сурьма — 2 Свинец — 68	245	Медь, латунь, оцинкованное железо
ПОС-40	Олово — 40 Сурьма — 2 Свинец — 58	235	То же, серебро
А	Цинк — 58 Олово — 40 Медь — 2	425	Алюминий
Авиа-1	Цинк — 25 Олово — 55 Кадмий — 20	200	Алюминий и его сплавы
Авиа-2	Алюминий — 15 Цинк — 25 Олово — 40 Кадмий — 20	250	То же

Электротехнический уголь применяется также в виде порошка, например, для изготовления микрофонов. Удельное электрическое сопротивление порошка из электротехнического угля зависит от размера зерен, режима обжига и плотности засыпки.

Электротехнический уголь используется в качестве одной из составляющих частей при изготовлении электрических щеток (см. стр. 119). Основные марки электрических щеток обозначаются следующим образом: УГ — угольно-графитовые; Г — графитовые; ЭГ — электрографитированные; М, МГ — медно-графитовые; БГ — бронзо-графитовые.

3. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Свойства электроизоляционных материалов

При выборе электроизоляционных материалов и использовании их для изготовления электроустановок необходимо учитывать важнейшие электрические, физико-механические и химические свойства этих материалов.

Электрические свойства электроизоляционных материалов характеризуются удельным объемным электрическим сопротивлением и электрической прочностью.

Удельное объемное электрическое сопротивление данного вещества численно равно сопротивлению, которое оказывает куб с ребром в единицу длины, сделанный из этого вещества, току, проходящему через две противоположные грани перпендикулярно к ним. Электроизоляционные материалы обладают большим удельным объемным электрическим сопротивлением: газообразные — от 10^{20} до $10^{22} \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, жидкие — от 10^{16} до $10^{19} \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, твердые — от 10^{12} до $10^{24} \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Поэтому практически электрический ток не может проходить по электроизоляционным материалам. Чем больше удельное объемное электрическое сопротивление материала, тем лучше его электроизоляционные качества.

Под действием высокого напряжения, приложенного к электроизоляционному материалу определенной толщины, по нему может пойти большой ток. Это явление называется *электрическим пробоем*. Примером электрического пробоя является грозовой разряд: слой воздуха, находящегося между двумя облаками, заряженными атмосферным электричеством, пробивается, и через него идет электрический ток.

Электрической прочностью называется величина, численно равная напряжению, при котором может быть пробит электроизоляционный материал толщиной в единицу длины. Электрическая прочность определяется опытным путем: в лаборатории на специальной установке измеряют напряжение, при котором пробивается образец электроизоляционного материала данной толщины, а затем вычисляют электрическую прочность по формуле:

$$E_{\text{пр}} = \frac{U}{h},$$

где $E_{\text{пр}}$ — электрическая прочность, в/мм ;

U — напряжение, в ;

h — толщина образца электроизоляционного материала, мм .

Физико-механические свойства электроизоляционных материалов характеризуются плотностью, сжимаемостью, гигроскопичностью, влагопроницаемостью, нагревостойкостью, морозостойкостью, вязкостью, твердостью, хрупкостью, пределом прочности на растяжение, изгиб и удар.

Способность электроизоляционного материала впитывать влагу называется гигроскопичностью.

Способность электроизоляционного материала в большей или меньшей степени пропускать влагу называется влагопроницаемостью.

Электроизоляционные свойства материалов изменяются под действием нагревания или охлаждения. Способность материала не изменять заметно электроизоляционные качества под действием длительного нагревания называется нагревостойкостью, сохранять электроизоляционные качества при низких температурах — морозостойкостью.

Жидкие электроизоляционные материалы характеризуются вязкостью. Вязкость определяют временем истечения жидкости из сосуда, имеющего строго определенную форму и отверстие. С повышением температуры вязкость уменьшается, так как время истечения жидкости из сосуда становится меньше.

Важнейшим химическим свойством электроизоляционных материалов является способность склеиваться, растворяться в лаках и растворителях, защищать металлы от коррозии.

Виды электроизоляционных материалов

Электроизоляционные материалы (диэлектрики) бывают газообразные, жидкие, твердеющие и твердые. Их получают, используя и перерабатывая естественные и синтетические материалы. В таблице 3 приведены основ-

Таблица 3

Основные характеристики электроизоляционных материалов

Наименование	Удельное объемное сопротив- ление, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^3}{\text{м}}$	Электри- ческая прочность, в/мм	Некоторые физи- ко-механические и химические свойства	Область применения
Газообразные				
Воздух	10^{22}	3000	Малая плот- ность, высокая теплопровод- ность	Вентиляция электрических машин и аппара- тов
Инертные газы (гелий, аргон, неон)	$10^{20}—10^{22}$	120	Невысокая плотность, не окисляют ме- таллических частей, не по- жароопасны	Заполнение электровакuumных приборов, элек- тросварка (аргон)
Жидкие ¹				
Трансфор- маторное масло (по- лучают пу- тем пере- гонки неф- ти)	$5 \cdot 10^{18}—$ $5 \cdot 10^{19}$	25 000— 30 000	Горючесть, вязкость, вос- пламеняется при температу- ре $+135^\circ \text{C}$, твердеет при температуре -45°C	Заполнение си- ловых трансфор- маторов и масля- ных выключае- телей
Конденса- торное мас- ло (получа- ют путем перегонки нефти и по- следующей очистки про- дуктов пе- регонки)	$10^{18}—10^{19}$	2000	Горючесть, не- высокая вяз- кость, раз- рушает резину	Пропитка элек- троизоляционной бумаги, изготов- ление конденса- торов
Касторовое масло (полу- чают путем переработки семян кле- щевины)	$10^{14}—10^{17}$	11 000	Жидкость бледно-желто- го цвета; ре- зину не раз- рушает	В некоторых электрических установках, име- ющих резиновую изоляцию

Наименование	Удельное объемное сопротивле- ние, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Электри- ческая прочность, в/мм	Некоторые физико-меха- нические и хи- мические свой- ства	Область применения
Твердые ²				
Канифоль (получают путем пере- работки при- родной смо- лы хвойных деревьев)	$10^{18}—10^{19}$	15 000	Легкое, хруп- кое, неокисля- ющееся веще- ство, размяг- чается при температуре $+90^\circ\text{C}$, при температуре $+150^\circ\text{C}$ рас- творяет окись меди	Пайка меди, про- питка бумажной изоляции кабе- лей
Полихлор- винил (изго- товляют на основе поли- хлорвини- ловой смо- лы)	$10^{18}—10^{19}$	20 000	Эластичный материал, обла- дает высокой морозостойко- стью, негорю- чий, стойкий к действию ки- слот, щелочей, масел, спирта, бензина	Изоляция про- водов и кабелей, изготовление изо- лирующих трубок, лент, листов
Винипласт	$10^{18}—10^{19}$	15 000	Эластичный, нагревостой- кий материал	Гашение элек- трической дуги в аппаратуре, изго- товление аккумуля- торных баков, различных дета- лей электроаппа- ратуры
Парафин	$10^{19}—10^{22}$	20 000— 30 000	Вещество, обладающее ма- лой гигроско- пичностью, влагопроница- емостью и не- высокой меха- нической проч- ностью, раз- мягчается при температуре около 60°C	Заливка конден- саторов, дроссе- лей, трансформа- торов, деталей электроаппарату- ры; пропитка элек- тротехнической бумаги и тканей

Наименование	Удельное объемное сопротив- ление, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Электри- ческая прочность, в/мм	Некоторые физико-меха- нические и хими- ческие свойства	Область применения
Твердые Волокнистые				
Древесина сухая (бе- реза, дуб, бук)	$2 \cdot 10^{12}$ — $8 \cdot 10^{14}$	22 000— 50 000	Небольшая плотность, вы- сокая гигро- скопичность, горючесть	Изготовление па- anelей, каркасов, опорных и кре- пежных деталей аппаратуры, пазо- вых клиньев элек- тромашин, опор для линий элек- тропередачи, ру- кояток рубильни- ков, изолирующих штанг и т. п.
Электро- изоляцион- ная бумага, пропитан- ная мине- ральными маслами или пара- фином (кон- денсаторная, кабельная, микалент- ная, окле- ечная)	10^{16} — 10^{17}	12 000	Небольшая плотность, го- рючесть, невы- сокая механи- ческая проч- ность	Изготовление конденсаторов, ка- белей, производ- ство миканита и слоистых пласти- ков, оклейка де- талей электроап- паратуры
Электро- изоляцион- ный картон (пропитан- ный масла- ми)	10^{16}	12 000	Легко подда- ется механи- ческой обра- ботке	Изготовление каркасов катушек, прокладок, шайб, изолирующих элек- трических машин
Фибра (уплотнен- ная бумага, обработан- ная в рас- творе хло- ристого цинка)	10^{14} — 10^{16}	3500	Высокая ме- ханическая прочность; в пламени элек- трической ду- ги выделяет дугогасящие газы	Изготовление дугогасящих ка- мер разрядников и выключателей высокого напря- жения, патронов трубчатых предо- хранителей

Наименование	Удельное объемное сопротив- ление, $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{ММ}^3}{\text{М}}$	Электри- ческая прочность, в/мм	Некоторые физико-меха- нические и хими- ческие свойства	Область применения
Асбест	$10^6 - 10^8$	1500	Высокая на- гревостой- кость, плавит- ся при темпе- ратуре 1150°C	Электро- и теп- лоизоляция, изгото- вление асбокарта и асбоцемента
<i>П л а с т м а с с о в ы е</i>				
Гетинакс	10^{19}	15 000— 24 000	Высокая ме- ханическая прочность, мо- розостойкость, нагревостой- кость	Аппарато- и при- боростроение
Текстолит	10^{18}	20 000— 23 000	Высокая ме- ханическая прочность, мо- розостойкость, нагревостой- кость	Аппарато- и при- боростроение
Фенопласт (получают путем прес- сования или литья пресс- порошков, изготовлен- ных из спе- циальных смола)	$10^{16} - 10^{18}$	12 000— 17 000	Черный или темно-коричне- вый цвет, вы- сокая нагрево- стойкость и морозостой- кость, слабая гигроскопич- ность и влаго- проницаемость	Корпуса и осно- вания выключае- телей, ламповых па- тронов, штепсель- ных розеток и вилки и другой электроаппарату- ры
<i>Э л а с т о м е р ы ³</i>				
Резина	10^{23}	20 000— 30 000	Высокая эла- стичность, сла- бая влапопро- ницаемость, плохая моро- зостойкость	Изоляция прово- дов и кабелей, изготовление про- кладок уплотни- телей, диэлектри- ческих ковриков, перчаток, галош и т. п.

Наименование	Удельное объемное сопротив- ление, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Электри- ческая прочность, в/мм	Некоторые физико-механи- ческие и химиче- ские свойства	Область применения
Эбонит (твердая резина)	$10^{22}—10^{23}$	15 000	Легко под- дается меха- нической обработке	Изготовление де- талей аппаратуры, применяемой в тех- нике слабых токов
<i>Минеральные⁴</i>				
Слюда	$10^{21}—10^{22}$	13 000	Высокая гиб- кость, слабая влагопроница- емость, высо- кая нагрево- стойкость	Изоляция элек- тромашин высоко- го напряжения и большой мощно- сти; изготовление конденсаторов и миканита
Стекло си- ликатное	$10^{16}—10^{25}$	50 000	Высокая ме- ханическая прочность на растяжение	Изготовление де- талей измеритель- ных приборов, баллонов электро- вакуумных при- боров; производ- ство стекловолок- на
Фарфор	10^{19}	10 000— 20 000	Высокая ме- ханическая прочность, на- гревостойкость	Изготовление ро- ликов, изоляторов, резисторов, конден- саторов, основан- ный электронагре- вательных при- боров и реостатов

¹ Применяются также кремнийорганические и фтор-
органические жидкости, представляющие собой полимеры.
Они не окисляются и могут работать при более высоких температу-
рах, чем минеральные масла, обладают повышенными электроизоля-
ционными свойствами и нагревостойкостью.

² Широко применяются также эпоксидные смолы: они
влагонепроницаемы и нагревостойки. Хорошо растворяются в ацетоне

ные данные о свойствах и области применения наиболее распространенных электроизоляционных материалов. Этими данными нужно руководствоваться при выборе требующихся электроизоляционных материалов.

Вопросы и упражнения

1. Какими отличительными свойствами обладают инертные газы; касторовое масло; полихлорвинил; канифоль; фибра; слюда; асбест?

2. Какие электроизоляционные материалы нужно использовать для устройства электроустановок, работающих при резких колебаниях температуры?

3. Какие электроизоляционные материалы используются для изготовления проводов и кабелей?

4. Из каких электроизоляционных материалов делают каркасы катушек; корпуса электроарматуры и аппаратуры?

5. При каком напряжении будет пробита конденсаторная бумага толщиной 0,015 мм; 0,008 мм?

Ответ: 180 в; 96 в.

4. ПРОВОДА И КАБЕЛИ

Установочные провода

Установочные провода применяются для монтажа электрических проводов.

Токоведущая часть провода называется *жилой*. Жилы делают из меди, алюминия или стали. Жила может быть однопроволочной или многопроволочной. Жилы имеют стандартные сечения, в мм²: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400.

и других растворителях; применяются для приготовления клеев, замазок, лаков, заливочных масс.

³ Резина, образованная на основе синтетического каучука, называется *наиритом*. Наирит маслостоек, бензиностоек, светостоек. Он применяется для изготовления проводов и кабелей.

⁴ К минеральным электроизоляционным материалам относится также *миканит*. Миканит получают, наклеивая небольшие тонкие пластинки слюды на электротехническую бумагу или ткань. Миканит нагревостоек, влагонепроницаем. Он применяется для изоляции пластин коллекторов электрических машин и для изготовления прокладок, шайб, каркасов катушек.

Жилы покрыты изолирующей оболочкой из резины, полихлорвинила или наирита.

Изолирующая оболочка у многих проводов защищена от внешних механических воздействий хлопчатобумажной оплеткой.

Провода маркируют в зависимости от материала жил и изолирующих оболочек. Марку записывают в виде сочетания букв, например: АПН, ПРТО, ПГВ. Буквы обозначают следующее:

А — жила алюминиевая (если этой буквы нет, значит, жила медная); Р — изоляция резиновая; В — изоляция полихлорвиниловая; Н — изоляция наиритовая; П — провод; ПП — провод плоский (ленточный); О — изолированные жилы заключены в общую оболочку или оплетку; Т — провод нужно прокладывать в трубах; Г — провод гибкий; Д — провод двойной; Ш — шнур.

Число жил и сечение их указывают следующим образом: записывают марку провода; ставят черточку; записывают число жил; ставят знак умножения; записывают сечение жилы. Пример: ПРТО-2×1,5; АППВ-3×2,5 и т. п.

Провода марок ПР, ПРД, АПР, ПРГ, ШР, ППВ, АППВ прокладывают открыто по поверхности стен, потолков и других конструктивных частей.

Для прокладки в трубах применяют провода марок ПРТО, АПРТО.

Непосредственно в стенах и потолках (в бороздах, канавках) прокладывают провода марок АПН, АППВ.

Шнуры ШПРО, ШПВЛ используют для подключения переносных электроприемников, например применяемых в быту.

При выборе установочных проводов (см. табл. 4) нужно учитывать условия прокладки, требуемое количество жил, их сечение, напряжение, при котором провода будут эксплуатироваться.

Каждый провод рассчитан на допустимую длительную токовую нагрузку, т. е. на ток, который, проходя длительное время по проводам, не вызывает их перегрева. Величина этого тока и сечение жилы провода должны соответствовать друг другу (см. табл. 5). Зная номинальный ток, можно по таблице 5 выбрать провод нужного сечения.

Обмоточные провода

Обмоточные провода применяют для изготовления обмоток (катушек) электрических аппаратов, приборов, трансформаторов и машин.

Обмоточные провода выпускают одножильными, но жила может состоять из нескольких тонких проволочек. Жилы изолируют: эмалью; хлопчатобумажными, шелковыми, капроновыми нитями; электротехнической бумагой; лаком; полихлорвинилом. Многие провода имеют комбинированную, например эмалево-волокистую, изоляцию.

Марку обмоточных проводов записывают в виде сочетания букв, например: ПЭВ, ПЭЛШО. Буквы обозначают следующее:

П — провод; ЭЛ — изоляция из лаковой эмали; ЭВ — изоляция из высокопрочной эмали; ЭТ — изоляция из теплостойкой эмали; Б — изоляция из хлопчатобумажной пряжи; Ш — изоляция из натурального шелка; К — изоляция из капрона; ШК — изоляция из искусственного шелка-капрона; С — стеклянная изоляция; А — асбестовая изоляция; О — один слой изоляции; Д — два слоя изоляции (табл. 6).

При записи марки проводов с комбинированной изоляцией соответствующие буквы располагают в порядке следования слоев изоляции от внутреннего к внешнему.

Жилы обмоточных проводов изготавливают главным образом из меди. Они имеют небольшое сечение. Поэтому обмоточные провода различают не по сечению, а по диаметру жилы и толщине слоя изоляции.

Расчет проводов

Электрические проводки должны отвечать требованиям безопасности, надежности и экономичности. Поэтому важно правильно рассчитать длину и сечение проводов, необходимых для монтажа электрической проводки.

Длину провода рассчитывают по монтажной схеме. Для этого на схеме измеряют расстояния между соседними местами расположения щитков, штепсельных розеток, выключателей, ответвительных коробок и т. п.

Таблица 4

Основные данные установочных проводов

Марки	Устройство провода	Сечение, мм ²	Количество жил	Допускаемое напряжение, в
ПР	Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из пропитанной хлопчатобумажной пряжи	0,75—400	1	500
АПР	То же, но жила алюминиевая	2,5—400	1	500
ПРД	Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, двойной	0,5—6	2	380
ПРГ	Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из пропитанной хлопчатобумажной пряжи, гибкий	0,75—400	1	500
ПРТО	Провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в общей оплетке из пропитанной хлопчатобумажной пряжи для прокладки в трубах	1—120	1—37	500
АПРТО	То же, но жилы алюминиевые	2,5—400	1—4	500
ШР	Шнур с медными жилами, резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи	0,5—1,5	2	220
АР ¹	Арматурный провод с медными жилами, резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи	0,5—0,75	1	220
АРД ¹	То же, но двойной	0,5—0,75	2	220
ШПРО	Шнур с медными жилами, резиновой изоляцией, жилы уложены параллельно и заключены в общую оплетку из натурального или искусственного шелка	0,5—0,75	2	220
АПН	Провод с алюминиевыми жилами, наиритовой изоляцией	2,5—120	1—3	500
ПВ	Провод с негибкой медной жилой, изолированной полихлорвинилом	0,75—95	1	500
АПВ	То же, но с алюминиевой жилой	2,5—95	1	500

¹ В данном случае буква А указывает назначение провода — арматурный провод (для присоединения к арматуре).

Марка	Устройство провода	Сечение, мм ²	Количество жил	Допускаемое напряжение, в
ППВ	Провод ленточный с медными жилами, уложенными параллельно и заключенными в оболочку из полихлорвинила	0,75—2,5	2—3	500
АППВ	То же, но жилы алюминиевые	2,5—95	2—3	500
ПГВ	Провод с гибкой медной жилой, состоящей из тонких проволочек, изолирован полихлорвинилом	0,75—95	1	500
ШВПЛ	Шнур с параллельно уложенными медными жилами, в общей изоляции из полихлорвинила	0,75	2	220

Таблица 5

Допустимые длительные токовые нагрузки на открыто прокладываемые установочные провода

Сечение жилы, мм ²	Токовая нагрузка, а	
	медные жилы	алюминиевые жилы
0,5	11	—
0,75	15	—
1	17	—
1,5	23	—
2,5	30	24
4	41	32
6	50	39
10	80	55
16	100	80
25	140	105
35	170	130
50	215	165

Таблица 6

Основные данные обмоточных проводов

Марка	Устройство провода	Диаметр жилы, мм	Толщина слоя изоляции, мм
ПЭЛ	Медная жила изолирована эмалью на высыхающих маслах	0,02—2,44	0,0015—0,05
ПЭВ	Медная жила изолирована высокопрочной эмалью	0,02—2,44	0,01—0,05
ПЭЛР	Медный провод, изолированный высокопрочной эмалью (полиамиднорезольной)	0,1—2,44	0,01—0,05
ПЭВТЛ	Медный провод, изолированный высокопрочной эмалью повышенной теплостойкости, лудящийся	0,06—1,0	0,01—0,05
ПВ	Медный провод, изолированный несколькими слоями кабельной бумаги	1,0—5,2	0,15—0,3
ПБО	Медный провод, изолированный одним слоем обмотки из хлопчатобумажной пряжи	0,2—2,1	0,05—0,07
ПБД	То же, но изолированный двумя слоями обмоток из хлопчатобумажной пряжи	0,2—5,2	0,09—0,26
ПЭЛБО	Медный провод, изолированный масляной эмалью и одним слоем обмотки из хлопчатобумажной пряжи	0,2—2,1	0,062—0,1
ПЭЛКО	То же, но слой обмотки из капроновой пряжи	0,2—2,1	0,62—0,1
ПЭЛШО	То же, но слой обмотки из натурального шелка	0,05—2,1	0,033—0,078
ПЭЛШКО	То же, но слой обмотки из шелка-капрона	0,25—2,1	0,062—0,1
ПЭЛВ	Провод, изолированный масляной эмалью и слоем полихлорвинила	1,25—1,68	0,4—0,42

Затем, пользуясь масштабом, в котором вычерчена схема, вычисляют длину отрезков проводов; к длине каждого отрезка прибавляют не менее 100 мм (учитывается необходимость присоединения проводов). Длину провода можно рассчитать также, измеряя непосредственно на щитках, панелях, стенах, потолках и т. п. отрезки линий, вдоль которых должны быть проложены провода.

Сечение провода рассчитывают по потере напряжения и допустимой длительной токовой нагрузке. Если рассчитанные сечения окажутся неодинаковыми, то за окончательный результат принимают величину большего сечения.

Потеря напряжения обусловлена падением напряжения в проводах, соединяющих источник тока с электроприемником. Она не должна превышать 2—5% номинального напряжения источника электропитания. Сечение проводов по потере напряжения рассчитывают при проектировании электрических сетей, от которых питаются электроприемники промышленных предприятий, транспорта, крупных жилых и общественных зданий и т. п. При проектировании небольших электроустановок, например электроустановок отдельных помещений, самодельных приборов и т. п., потерей напряжения в проводах можно пренебречь, так как она очень мала.

Для расчета сечения проводов по допустимой длительной токовой нагрузке необходимо знать номинальный ток, который должен проходить по проектируемой электрической проводке. Зная номинальный ток, сечение провода находят по таблице 5. Пример: номинальный ток равен 50 а; сечение медной жилы провода должно быть 6 мм².

Номинальный ток и допустимые длительные токовые нагрузки, указанные в таблице 5, могут не совпадать по величине. В таком случае сечение находят по ближайшей большей номинального тока допустимой длительной токовой нагрузке. Пример: по проводам должен проходить номинальный ток 74 а; ближайшая большая по величине допустимая длительная токовая нагрузка 80 а (см. табл. 5); значит, требуется провод сечением 10 мм², если жилы его медные, или сечением 16 мм², если жилы алюминиевые.

Если номинальный ток заранее неизвестен, то его можно определить по формуле ¹:

$$I_n = \frac{P_p}{U_n},$$

где I_n — номинальный ток, а;
 U_n — номинальное напряжение, в;
 P_p — расчетная мощность, т. е. фактическая мощность одного или группы электроприемников, вт.

Расчетную мощность определяют по формуле:

$$P_p = k_c P_y,$$

где P_p — расчетная мощность, вт;
 P_y — установленная мощность, т. е. суммарная мощность всех электроприемников, входящих в данную электроустановку, вт;
 k_c — коэффициент спроса, т. е. величина, показывающая, какая часть установленной мощности фактически расходуется (вследствие неодновременности работы электроприемников или работы их не на полную мощность).

Коэффициент спроса для различных электроустановок определяют опытным путем. Принятые значения коэффициента спроса для некоторых потребителей электроэнергии приведены в таблице 7.

Пример. Рассчитать сечение и указать марку проводов, которые можно использовать для подачи электроэнергии для освещения учебного помещения. В помещении необходимо установить: 12 ламп мощностью 150 вт каждая; 2 лампы мощностью по 75 вт; 6 ламп мощностью по 25 вт; электронагревательные приборы общей мощностью 1,15 кВт.

¹ Формула справедлива для цепей постоянного тока, а также для цепей переменного тока с осветительными и электронагревательными приборами. Эта формула и формула на странице 6 аналогичны, но в данном случае требуется предварительно определить номинальную мощность, которую принято называть расчетной мощностью.

Таблица 7

Коэффициенты спроса для некоторых потребителей электроэнергии

Наименование помещений и зданий, в которых прокладываются провода и кабели	Величина коэффициента спроса
Жилые дома, торговые помещения, мелкие мастерские	1,0
Библиотеки, столовые, административно-канторские здания	0,9
Лечебные, детские, учебные заведения	0,8
Большие производственные объекты	0,95
Средние производственные объекты	0,85
Склады, подвалы	0,6

Решение.

1. Определяем установленную мощность:

$$P_y = 150 \cdot 12 + 75 \cdot 2 + 25 \cdot 6 + 1150 = 3250 \text{ вт.}$$

2. По таблице 7 находим коэффициент спроса:

$$k_c = 0,8.$$

3. Вычисляем расчетную мощность:

$$P_p = 0,8 \cdot 3250 = 2600 \text{ вт.}$$

4. Находим номинальный ток. Так как номинальное напряжение не указано, допускаем, что оно может быть равно 127 в либо 220 в.

$$I_n \text{ (при } U_n = 127 \text{ в)} = \frac{2600}{127} \approx 20,5 \text{ а,}$$

$$I_n \text{ (при } U_n = 220 \text{ в)} = \frac{2600}{220} \approx 12 \text{ а.}$$

5. По таблице 5 определяем сечение жил проводов, соответствующих токам 20,5 и 12 а:

медные жилы: 1,5 мм² и 0,75 мм²;

алюминиевые жилы: 4 мм² и 2,5 мм².

6. Выбираем марку провода (см. стр. 29):

а) Для скрытой прокладки

при $U_n=127$ в можно использовать провода марок
ПРТО-2×1,5, АПРТО-2×2,5, АПН-2×4, АППВ-2×2,5;
при $U_n=220$ в: АПРТО-2×2,5, АПН-2×2,5,
АППВ-2×2,5.

б) Для открытой прокладки

при $U_n=127$ в можно использовать, например, провода марок ПРД-1,5, ППВ-2×1,5, АППВ-2×2,5;
при $U_n=220$ в: ПРД-0,75, ППВ-2×0,75, АППВ-2×2,5.

Упражнения

1. Рассчитать сечение и выбрать марку провода для монтажа лампового реостата на 6 ламп. Максимальная мощность реостата 600 вт.

2. Рассчитать сечение и выбрать марки проводов для монтажа электропроводки в электротехническом кабинете, если в кабинете 10 рабочих мест и на каждом из них должен быть установлен электрический щиток. Максимальная мощность подключаемых к одному щитку электроприемников 1,5 кВт.

Соединение и оконцевание проводов и кабелей

В процессе монтажа и ремонта электроустановок приходится жилы проводов и кабелей соединять между собой, а также делать от них ответвления, присоединять к зажимам различных электрических устройств.

Места соединения проводников должны иметь малое электрическое сопротивление и высокую механическую прочность. Допускаемая величина электрического сопротивления контакта не должна превышать сопротивления целого проводника.

Жилы проводов и кабелей соединяют механической скруткой, пайкой, опрессованием или сваркой.

Механическая скрутка (рис. 10) не обеспечивает хорошего электрического контакта из-за недостаточной плотности соединения между собой жил. Поэтому жилы после скрутки пропаивают (рис. 11—12).

Для соединения жил опрессованием (рис. 13) применяют пресс-клещи и тонкую медную или латунную ленту. Необходимые данные при опрессовании выбирают по таблице 8.

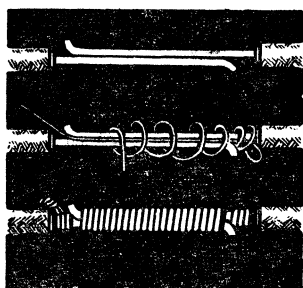


Рис. 10. Соединение одно-
проволочных медных жил
скруткой с бандажной
вязкой.

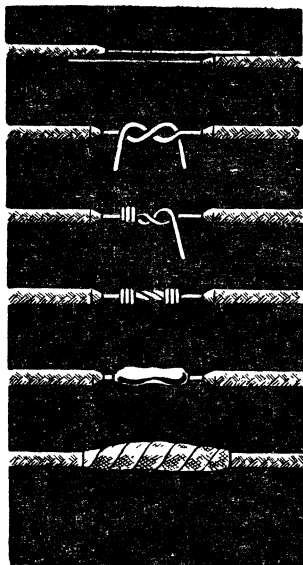


Рис. 11. Соединение одно-
проволочных медных жил
скруткой и пайкой.

Для соединения жил проводов сваркой применяют специальные сварочные клещи и аппараты. Выполнять сварочные работы разрешается лишь квалифицированным рабочим не моложе 18 лет.

Таблица 8

Данные для опрессования медных жил с помощью ленты

Сечение жил, мм ²	Длина участка провода со снятой изоляция, мм	Размеры ленты, мм		Количество слоев сберты- вания лентой
		толщина	ширина	
2,5	18—20	0,2	18—20	Два
		0,3	18—20	Полтора
4	23—24	0,2	20—22	Два
6—10	37—38	0,2	35—36	Три
		0,3	35—36	Два

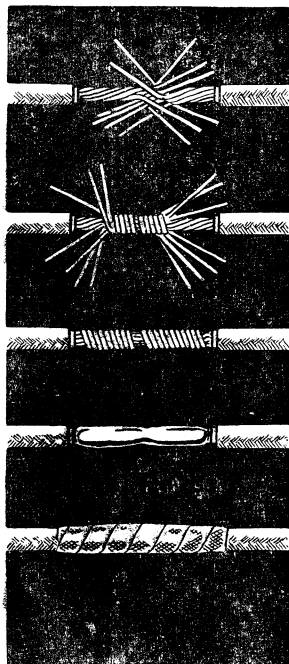
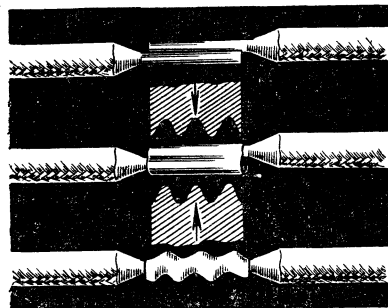
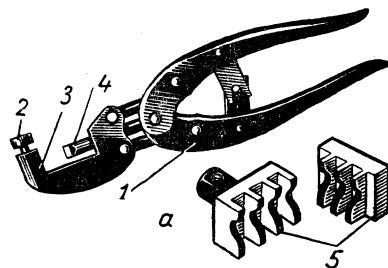


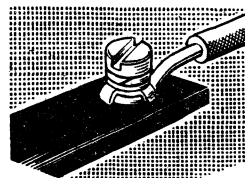
Рис. 12. Соединение многопроволочных жил скруткой и пайкой.



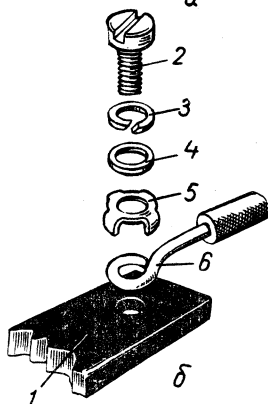
б

Рис. 13. Соединение жил опрессованием:

а — пресс-клещи; *б* — последовательность операций при опрессовании; 1 — рукоятка; 2 — винт для закрепления матрицы; 3 — место для установки матрицы; 4 — место для установки пуансона; 5 — сменная матрица и пуансон.



а



б

Рис. 14. Болтовое контактное соединение:

а — в готовом виде; *б* — в разобранном виде; 1 — контактная колодка; 2 — болт; 3 — пружинная шайба; 4 — плоская шайба; 5 — ограничивающая шайба; 6 — жила с кольцом на конце.

Оконцевание проводов делают различными способами. На конце жилы закрепляют наконечник, придают концу жилы форму колечка. Наконечник закрепляют на однопроволочные жилы сечением более 10 мм² и многопроволочные жилы сечением более 2,5 мм². Подбирают наконечник, однородный по материалу с жилой.

Жилы с колечком на конце присоединяют с помощью болтовых зажимов (рис. 14).

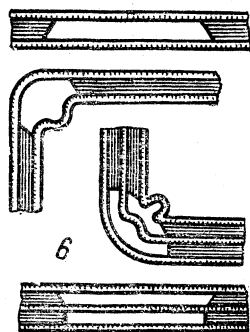
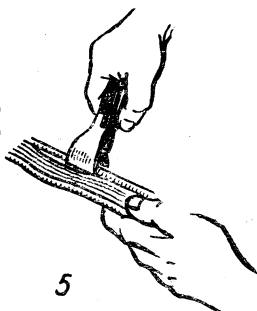
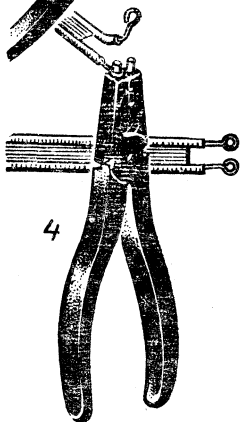
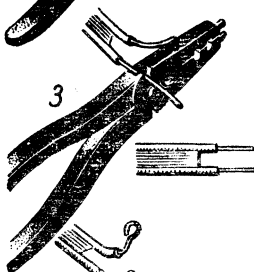
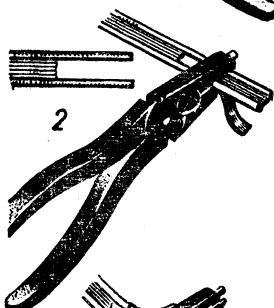
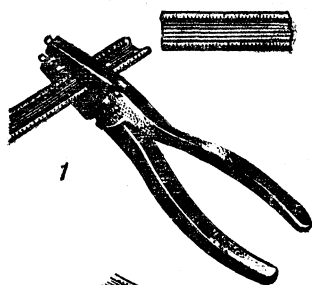
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Соединение и оконцевание проводов пайкой

Материалы и инструменты: провода с медными жилами для соединения и оконцевания, наконечники для проводов, наждачная бумага, изоляционная лента, ванночка с припоем и канифолью, электропаяльник на подставке, монтерский нож, плоскогубцы, напильник.

Выполнение работы

1. Очистить напильником грани стержня паяльника от неровностей и окалины.



2. Проверить исправность шнура электропаяльника, после чего подключить его к источнику электропитания.

3. Снять ножом изоляцию с концов соединяемых проводов на длине 20 мм при сечении не больше 4 мм² и на длине 30 мм при сечении 6—10 мм²; так же подготовить провод к оконцеванию.

4. Зачистить наждачной бумагой жилы до блеска.

5. Соединить жилы скруткой (см. рис. 10—12).

6. Залудить стержень паяльника.

7. Покрывать канифолью места соединения жил.

8. Касаясь стержнем паяльника, на котором имеется припой, места соединения, подождать, пока припой заполнит желобки между жилами.

9. Надеть на жилу наконечник, прижать его плоскогубцами и припаять.

10. Отключить паяльник от источника электропитания.

11. Очистить наждачной бумагой места соединения и оконцевания и показать выполненную работу учителю.

12. Обмотать места соединения и оконцевания в два-три слоя изоляционной лентой.

Соединение и оконцевание проводов опрессованием

Материалы и инструменты: провода для соединения и оконцевания, наконечники для проводов, медная или латунная лента, пресс-клещи, монтерский нож, наждачная бумага.

Выполнение работы

1. Изучить устройство и действие пресс-клещей (см. рис. 13, а) и подготовить их к работе.

2. Выбрать по таблице 8 необходимые данные.

3. Снять с концов проводов изоляцию и зачистить жилы до блеска.

4. Уложить жилы внахлестку и обернуть их лентой (см. рис. 13, б).

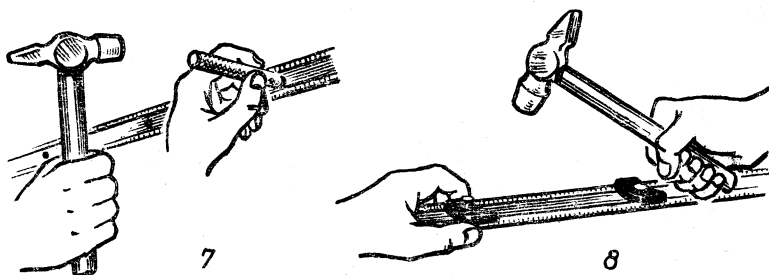


Рис. 15. Монтаж проводов марок ППВ и АППВ:

1 — перекусывание провода; 2 — снятие изоляции между жилами; 3 — снятие изоляции с концов жил; 4 — изготовление колец на концах жил; 5 — подготовка проводов для выполнения изгиба; 6 — изгиб провода; 7 — крепление проводов гвоздями с помощью деревянной оправки; 8 — крепление проводов с помощью накладок.

5. Поместить место соединения между матрицей и пуансоном пресс-клещей и сжать рукоятки.
6. Подготовить провод для оконцевания и выбрать к нему наконечник.
7. Надеть наконечник на жилу и соединить их при помощи пресс-клещей.
8. Показать выполненную работу учителю.
9. Обернуть место соединения и оконцевания в три-четыре слоя изоляционной лентой.

5. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

Открытые электропроводки монтируют непосредственно на поверхностях конструктивных элементов зданий и помещений или прокладывают в трубах, предварительно укрепленных на этих поверхностях.

Скрытые электропроводки прокладывают в пустотах перекрытий, в специальных каналах, бороздах и канавках, вырубаемых предварительно в стенах, а также в изоляционных и стальных трубах, расположенных внутри конструктивных частей зданий.

Монтируют электропроводку в следующей последовательности:

1. Знакомятся с рабочими чертежами проекта электроустановки и монтажными схемами.

2. Размечают места установки светильников, арматуры, коммутационных аппаратов (выключателей, рубильников и т. п.), электрических щитков, линий

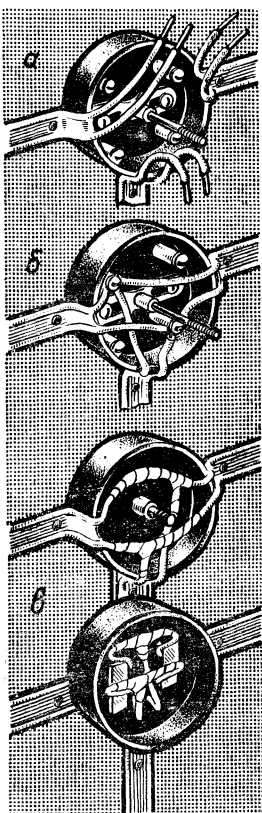


Рис. 16. Соединение проводов в ответительной коробке (крышка снята):

a — ввод концов проводов в коробку; *b* — соединение проводов в коробке с зажимами; *c* — соединение проводов в коробке без зажимов.

прокладки проводов. Разметку делают по монтажным схемам и картам, разработанным на основе чертежей проекта электроустановки.

3. Пробивают отверстия и гнезда, сверлят проходы, фрезеруют борозды.

4. Устанавливают крепежные детали, опорные конструкции, изоляторы и т. п.

5. Устанавливают и крепят щитки, арматуру, коммутационные аппараты, ответвительные коробки. Обычно монтируют щитки и арматуру, к которым заранее присоединены провода.

6. Отмеривают, отрезают, правят, прокладывают и крепят провода. На рисунках 15 и 16 показано, как монтируют провода марок ППВ и АППВ.

7. Соединяют между собой смонтированные провода и присоединяют их к щиткам, аппаратуре и т. д.

8. Проверяют правильность монтажа и соответствие его проекту электроустановки.

9. Проверяют работу электроустановки под напряжением, устраняют неисправности (при отключенном напряжении!) и сдают электроустановку в эксплуатацию.

Электромонтажные и ремонтные работы на стройках, предприятиях, в жилых домах, общественных учреждениях и т. д. производят квалифицированные рабочие: электромонтеры по монтажу осветительных электросетей, электромонтеры по монтажу силовых электросетей, слесари-электромонтажники, электромонтеры-ремонтники и другие.

III. ТЕХНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

1. ЕДИНИЦЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В настоящее время применяется международная система единиц СИ (см. табл. 9).

Для измерения электрических величин применяют также следующие единицы:

- 1 *ма* (миллиампер) = 10^{-3} *а*; 1 *мка* (микроампер) = 10^{-6} *а*;
- 1 *ка* (килоампер) = 10^3 *а*;
- 1 *мв* (милливольт) = 10^{-3} *в*;
- 1 *мкв* (микровольт) = 10^{-6} *в*; 1 *кв* (киловольт) = 10^3 *в*;
- 1 *ком* (килоом) = 10^3 *ом*; 1 *Мом* (мегом) = 10^6 *ом*;
- 1 *квт* (киловатт) = 10^3 *вт*;
- 1 *квт·ч* (киловатт-час) = 3 600 000 *дж*;
- 1 *кГц* (килогерц) = 10^3 *Гц*; 1 *МГц* (мегагерц) = 10^6 *Гц*;
- 1 *мкф* (микрофарада) = 10^{-6} *ф*; 1 *пф* (пикофарада) = 10^{-12} *ф*.

2. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основные части приборов

Электроизмерительные приборы служат для измерения силы тока, напряжения, сопротивления, мощности, работы (энергии) тока и других электрических величин. Поэтому различают приборы: амперметры, вольтметры, омметры, ваттметры, счетчики электроэнергии и др.

Большинство приборов, например амперметры, вольтметры и т. п., показывают значение электрической величины, соответствующее моменту измерения. Такие приборы называются показывающими приборами. Некоторые приборы, например счетчики электроэнергии, показывают суммарное значение измеряемой

Таблица 9

Международная система единиц (СИ) электрических
и магнитных величин

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенные обозначения		Размер производных единиц
		русские	латинские или греческие	
Сила тока	ампер	<i>a</i>	<i>A</i>	—
Частота	герц	<i>гц</i>	<i>Hz</i>	1 : (1 сек)
Работа (энергия) тока	джоуль	<i>дж</i>	<i>J</i>	(1 н) · (1 м)
Мощность тока	ватт	<i>вт</i>	<i>W</i>	(1дж) : (1сек)
Количество электричества, электрический заряд	кулон	<i>к</i>	<i>C</i>	(1 а) · (1 сек)
Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	<i>в</i>	<i>V</i>	(1 вт) : (1 а)
Напряженность электрического поля	вольт на метр	<i>в/м</i>	<i>V/m</i>	(1 в) : (1 м)
Электрическое сопротивление	ом	<i>ом</i>	Ω	(1 в) : (1 а)
Электрическая емкость	фарада	<i>ф</i>	<i>F</i>	(1 к) : (1 в)
Магнитный поток	вебер	<i>вб</i>	<i>Wb</i>	(1 к) · (1 ом)
Индуктивность	генри	<i>гн</i>	<i>H</i>	(1 вб) : (1 а)
Магнитная индукция	тесла	<i>тл</i>	<i>T</i>	(1 вб) : (1 м) ²
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	<i>а/м</i>	<i>A/m</i>	(1 а) : (1 м)

величины. Они называются интегрирующими (суммирующими) приборами.

Многие показывающие приборы имеют общие по назначению части, которые можно увидеть, рассматривая внешний вид этих приборов. К таким частям относятся: корпус, зажимы, шкала, указательная стрелка, ограничители, винт корректора (рис. 17). Внутри каждого прибора есть его главная часть — измерительный механизм. На корпусе некоторых приборов расположены переключатель пределов измерения и арретир. Отдельные приборы, например омметры, имеют камеру, в которую

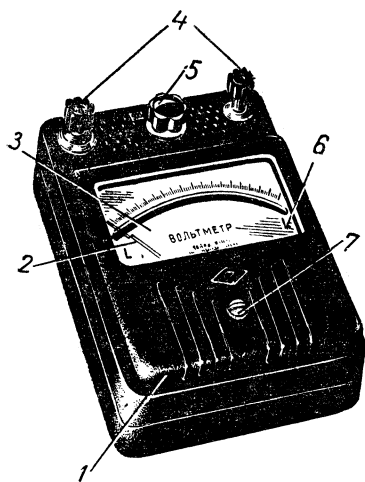


Рис. 17. Внешний вид электроизмерительного прибора:

1 — корпус; 2 — указательная стрелка; 3 — шкала; 4 — зажимы; 5 — переключатель пределов измерения; 6 — ограничитель; 7 — винт корректора.

вкладывают источник электропитания (гальванический элемент). У интегрирующих приборов, в отличие от показывающих приборов, отсутствует указательная стрелка, но у них есть счетный механизм.

Корпус прибора служит для защиты измерительного механизма от механических повреждений, пыли, а в некоторых приборах — от влаги. Изготавливают корпуса приборов из пластмассы, древесины, стали, стекла, алюминия и его сплавов.

К *зажимам* присоединяют провода для включения прибора в электрическую цепь.

По *шкале* прибора отсчитывают значение измеряемой величины. Шкалу изготавливают из латуни, цинка, стали или электроизоляционных материалов, которые нередко оклеивают бумагой. На шкале есть черточки (вертикальные, горизонтальные, наклонные), называемые *отметками*. Расстояние между двумя соседними отметками называется *делением шкалы*. Значение электрической величины, приходящееся на одно деление шкалы, называется *ценой деления*. Шкалы бывают равномерными (все деления шкалы одинаковы) и неравномерными (деления шкалы неодинаковы). На шкале многих приборов параллельно отметкам делают зеркальную полосу. Такая шкала называется *зеркальной*. На шкалу наносят графические условные знаки (см. стр. 54).

Указательная стрелка нужна для отсчета по шкале значения измеряемой величины. Стрелку делают из алюминия или сплавов его с другими металлами. Конец стрелки имеет ножевидную или копьевидную форму.

Стрелка закрыта стеклянным окном, вмонтированным в корпус прибора. Стрелка соединена с измерительным механизмом, под действием которого она отклоняется (перемещается). Чтобы стрелка при отклонении не касалась корпуса (и в результате не погнулась), на шкале есть амортизирующие ограничители.

С помощью *винта корректора* непосредственно перед измерением стрелку устанавливают точно против нулевой отметки шкалы. Для этого отверткой слегка поворачивают винт корректора.

Переключатель пределов измерения имеется у приборов, которые служат для измерения электрических величин в нескольких пределах. Перед включением прибора головку переключателя поворачивают так, чтобы имеющаяся на ней точка оказалась против требуемого предела измерения. Переключатель пределов измерения может быть также штепсельного типа.

У переносных приборов имеется *арретир*. С помощью арретира закрепляют в неподвижном положении измерительный механизм, чтобы он не повредился при переноске или перевозке прибора.

Измерительные механизмы

Каждый измерительный механизм имеет одну или несколько обмоток, по которым при включении прибора в электрическую цепь идет ток. Ток создает в окружающем пространстве магнитное поле. Кроме обмоток, измерительный механизм имеет постоянный магнит или

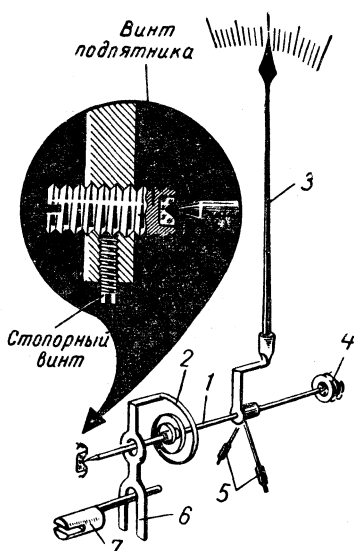


Рис. 18. Устройство подвижной части измерительных механизмов:
1 — ось (у некоторых приборов — полуось); 2 — спиральная упругая пружина; 3 — указательная стрелка; 4 — подпятник; 5 — противовесы; 6 — вилка корректора; 7 — винт корректора.

сердечник, который намагничивается, когда по обмоткам идет ток. Магнитное поле тока и магнитное поле, создаваемое сердечником, взаимодействуют друг с другом, вследствие чего указательная стрелка отклоняется. Стрелка приборов, у которых отсутствует сердечник, но имеются две обмотки, отклоняется в результате взаимодействия магнитных полей, создаваемых проходящими по обмоткам токами. В зависимости от вида такого взаимодействия различают системы измерительных механизмов: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, индукционную и другие.

Измерительные механизмы любой системы имеют ряд механических частей, назначение которых в основном одинаково. К таким частям относятся: спиральные пружины, оси или полуоси с подпятниками, противовесы, корректор (рис. 18).

Спиральные пружины препятствуют отклонению стрелки, благодаря чему она останавливается против определенной отметки шкалы. Пружины делают из бронзы.

На *оси* или *полуосях* укрепляют указательную стрелку и подвижную часть измерительного механизма. Концы оси или полуосей помещают в *подпятники*, которые уменьшают трение. Подпятники изготовляют из камня (рубина, сапфира, агата), а также из твердой стали или фосфористой бронзы.

Противовесы служат для уравнивания подвижной части измерительного механизма.

Корректор нужен для установки стрелки на нулевую отметку шкалы. Винт корректора соединен с рычагом, сделанным в виде вилки, а рычаг — с концом спиральной пружины. При повороте винта корректора рычаг закручивает (или раскручивает) пружину, вследствие чего слегка отклоняется стрелка.

Каждый измерительный механизм имеет в своем устройстве *успокоитель*. Успокоитель быстро гасит колебание стрелки в тот момент, когда она под действием подвижной части измерительного механизма отклоняется до нужной отметки шкалы. По принципу действия и устройству различают воздушные и магнитоиндукционные успокоители.

Действие *воздушного успокоителя* (рис. 19) обеспечивается разностью давлений воздуха на поршень,

находящийся внутри цилиндра. Сила, создаваемая разностью давлений, пропорциональна скорости движения поршня и оказывает на него тормозящее (успокаивающее) действие.

Магнитоиндукционный успокоитель (рис. 20) действует следующим образом. Алюминиевый листочек, закрепленный на оси подвижной части измерительного механизма, находится между полюсами

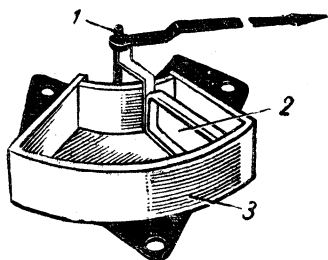


Рис. 19. Воздушный успокоитель:

1 — ось; 2 — поршень; 3 — цилиндр (корпус).

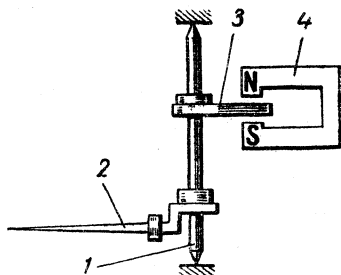


Рис. 20. Магнитоиндукционный успокоитель:

1 — ось; 2 — стрелка; 3 — алюминиевый листочек; 4 — постоянный магнит.

постоянного магнита. При отклонении стрелки алюминиевый листочек тоже движется, и в нем создается индукционный ток. Магнитное поле этого тока, согласно правилу Ленца, должно ослабить действие магнитного поля постоянного магнита. В результате листочек, а вместе с ним и стрелка быстро останавливается.

Магнитоэлектрическая система (рис. 21). Принцип действия — взаимодействие магнитного поля тока, проходящего по обмотке рамки, с магнитным полем постоянного магнита.

Ток к обмотке рамки идет через две спиральные пружины. Когда по обмотке рамки идет ток, она поворачивается на угол, величина которого пропорциональна измеряемому току (напряжению). Направление поворота рамки, а значит, и стрелки зависит от направления тока в обмотке рамки.

Основные достоинства: высокая точность; равномерность шкалы; независимость точности показаний от действия внешних магнитных полей,

Основные недостатки: невозможность измерять одним и тем же прибором постоянный и переменный ток (если в приборе нет выпрямительного устройства); сравнительно высокая стоимость.

Электромагнитная система (рис. 22). Принцип действия — взаимодействие магнитного поля тока, прохо-

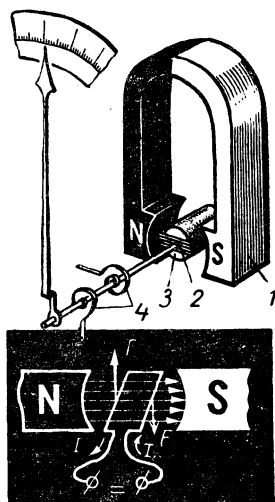


Рис. 21. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы и его схема:

1 — магнитопровод (постоянный магнит); 2 — рамка с обмоткой; 3 — стальной цилиндр; 4 — пружина.

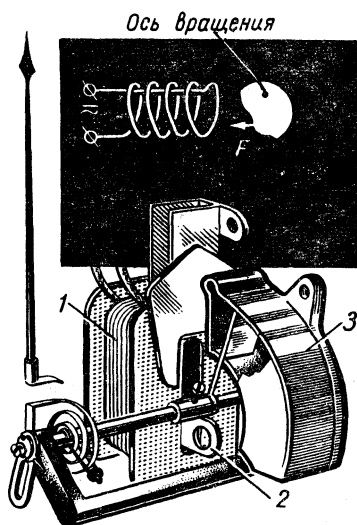


Рис. 22. Измерительный механизм электромагнитной системы и его схема:

1 — обмотка; 2 — подвижный сердечник; 3 — воздушный успокоитель.

дящего по обмотке катушки, с магнитным полем намагничивающегося сердечника. Вследствие этого взаимодействия ферромагнитный (способный хорошо намагничиваться) сердечник втягивается внутрь катушки, благодаря чему отклоняется указательная стрелка.

При изменении направления тока в обмотке одновременно меняется полярность намагничивающегося сердечника. Поэтому при любом направлении тока в обмотке сердечник втягивается внутрь нее, а стрелка, следовательно, отклоняется в одну и ту же сторону.

Основные достоинства: простота устройства; относительно невысокая стоимость; пригодность для измерения постоянного и переменного тока; устойчивость к перегрузкам.

Основные недостатки: невысокая точность; неравномерность шкалы; зависимость точности показаний от

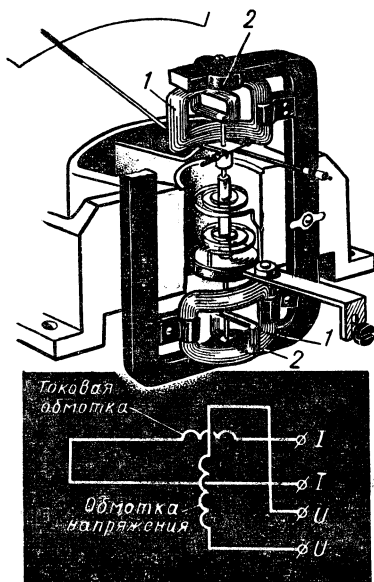


Рис. 23. Измерительный механизм электродинамической системы и его схема:

1 — неподвижная обмотка; 2 — подвижная обмотка.

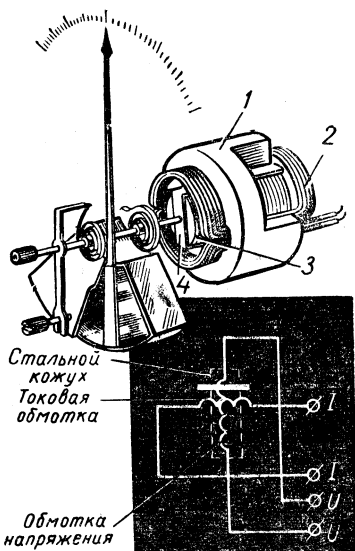


Рис. 24. Измерительный механизм ферродинамической системы и его схема:

1 — стальной кожух; 2 — токовая обмотка; 3 — стальной цилиндр; 4 — обмотка напряжения.

влияния внешних магнитных полей; сравнительно большая потребность в электроэнергии.

Электродинамическая система (рис. 23). Принцип действия — взаимодействие магнитных полей токов, протекающих по двум обмоткам, одна из которых неподвижна, а другая может вращаться.

Обмотка неподвижной катушки имеет мало витков и называется токовой обмоткой. Обмотка подвижной катушки имеет много витков и называется

обмоткой напряжения. При включении прибора в цепь ток одновременно проходит по обмоткам обеих катушек. В результате взаимодействия магнитных полей токов подвижная катушка поворачивается на угол, пропорциональный произведению токов. Направление тока в обмотках может изменяться лишь одновременно. Поэтому независимо от направления тока подвижная

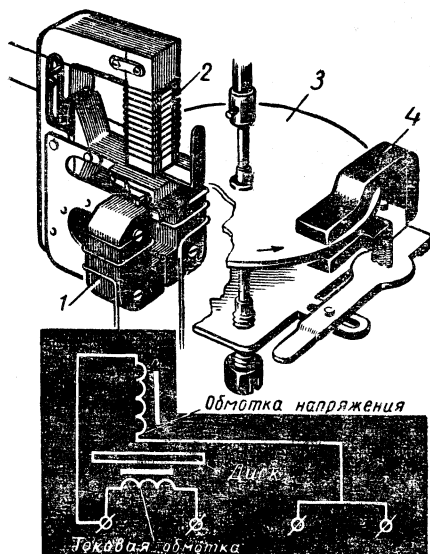


Рис. 25. Измерительный механизм индукционной системы и его схема:

1 — токовая обмотка; 2 — обмотка напряжения; 3 — алюминиевый диск; 4 — постоянный магнит (успокоитель).

катушка, а значит, и стрелка поворачиваются только в одну сторону. Механизм электродинамической системы применяется в амперметрах, вольтметрах и ваттметрах.

Наряду с измерительными механизмами электродинамической системы широко применяются механизмы ферродинамической системы. Принцип действия механизмов этих систем одинаков. Конструкция ферродинамического механизма (рис. 24) отличается тем, что его

неподвижная обмотка помещена на магнитопроводе, благодаря чему повышается чувствительность прибора.

Основные достоинства: высокая точность; возможность измерения одним и тем же прибором постоянного и переменного тока.

Основные недостатки: сравнительно высокая стоимость; точность показаний ухудшается под влиянием

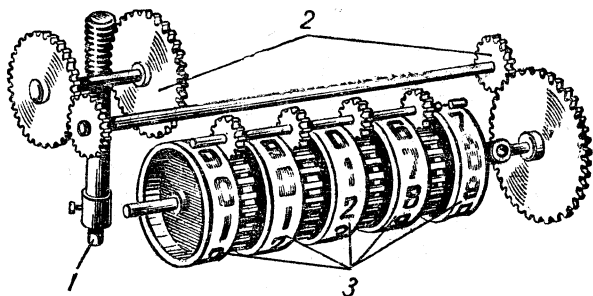


Рис. 26. Счетный механизм прибора индукционной системы:

1 — ось измерительного механизма; 2 — система зубчатых передач; 3 — обоймы счетного механизма.

внешних магнитных полей (особенно у электродинамических); сравнительно малая устойчивость к перегрузкам.

Индукционная система (рис. 25). Принцип действия — взаимодействие магнитных полей токов, протекающих по двум обмоткам, с магнитным полем тока, индуцируемого в алюминиевом диске, находящемся между этими обмотками.

Механизмы индукционной системы обычно применяются в интегрирующих приборах. Поэтому ось, на которой укреплен диск, через систему передач соединяют не со стрелкой, а со счетным механизмом (рис. 26). Такой механизм применяется в устройстве счетчиков электроэнергии.

Вопросы

1. Из каких основных частей состоит электроизмерительный прибор? Каково назначение и устройство этих частей?
2. В чем заключается принцип действия измерительных меха-

низмов магнитоэлектрической системы? электромагнитной системы? электродинамической системы? индукционной системы?

3. Почему механизмы электромагнитной и электродинамической систем можно применять для измерения постоянного и переменного тока?

4. В чем заключается принцип действия и как устроены усилители?

5. Сравните достоинства и недостатки измерительных механизмов различных систем.

3. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ШКАЛЕ

На шкале прибора с помощью условных знаков указывают назначение прибора, род измеряемого тока, систему измерительного механизма, класс точности, условия эксплуатации, положение прибора во время работы, напряжение, при котором испытана изоляция обмоток, а также тип прибора, марку завода-изготовителя, заводской номер и год выпуска.

На шкале прибора пишут его наименование или условный знак (см. табл. 10), что говорит о назначении прибора. На электрических схемах прибор обозначают окружностью (см. приложение), в которой пишут такой же условный знак.

На шкале прибора указывают род измеряемого тока: постоянный, переменный (см. приложение).

Систему измерительного механизма изображают условным знаком (рис. 27), который также пишут на шкале.

Чтобы можно было правильно выбрать прибор, на его шкале указывают класс точности. Для этого на шка-

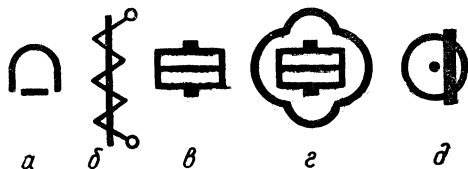


Рис. 27. Условные обозначения систем измерительных механизмов:

а — магнитоэлектрическая; б — электромагнитная;
в — электродинамическая; г — ферродинамическая;
д — индукционная.

ле пишут цифры, обозначающие класс точности; иногда эти цифры обводят окружностью. Различают приборы восьми классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы класса точности 0,05 являются наиболее точными. Приборы первых четырех классов точности применяют для лабораторных измерений. Технические приборы чаще всего имеют класс точности 0,2; 0,5; 1,5; 2,5.

Рассмотрим подробнее, что понимается под классом точности прибора.

Таблица 10

Условные обозначения электроизмерительных приборов

Условный знак на шкале или на схеме	Наименование прибора	Измеряемая прибором электрическая величина
<i>A</i>	Амперметр	Сила тока
<i>mA</i>	Миллиамперметр	» »
<i>μA</i>	Микроамперметр	» »
<i>V</i>	Вольтметр	Напряжение
<i>kV</i>	Киловольтметр	»
Ω	Омметр	Сопротивление
<i>MΩ</i>	Мегомметр	»
<i>kWh</i>	Счетчик киловатт-часов	Работа
<i>W</i>	Ваттметр	Мощность
<i>kW</i>	Киловаттметр	»
<i>Hz</i>	Частотомер	Частота

Приборы, применяемые для измерения электрических величин в лабораториях, на производстве, в быту, называются рабочими приборами. Рабочие приборы проверяют образцовыми измерительными приборами.

Разность между показанием рабочего прибора и действительным значением измеряемой величины называется *абсолютной погрешностью прибора*:

$$\Delta A = A - A_{\text{д}},$$

где ΔA — абсолютная погрешность прибора;

A — показание рабочего прибора;
 A_d — действительное значение величины (показание образцового прибора).

Разность между действительным значением измеряемой величины и показанием рабочего прибора называется *поправкой показаний прибора*:

$$\delta A = A_d - A,$$

где δA — поправка показаний прибора.

Поправка прибора равна абсолютной погрешности прибора, взятой с противоположным знаком:

$$\delta A = -\Delta A.$$

Действительное значение величины равно показанию прибора, алгебраически сложенному с поправкой прибора:

$$A_d = A + \delta A.$$

Выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности прибора к наибольшему значению, которое может быть измерено по шкале этого прибора, называется *относительной приведенной погрешностью прибора*:

$$\gamma_n = \frac{\Delta A}{A_n} \cdot 100\%,$$

где γ_n — приведенная погрешность, %;

A_n — наибольшее значение величины, которое может быть измерено данным прибором.

Наибольшая допустимая приведенная погрешность прибора, вызванная лишь особенностями его конструкции, определяет *класс точности* этого прибора.

Каждый прибор рассчитан на определенные условия эксплуатации, что также указывают на шкале. Степень защищенности от внешних магнитных полей обозначается римскими цифрами I, II, III, IV. Меньшая цифра соответственно означает, что прибор лучше защищен от действия внешних магнитных полей. Условия работы при соответствующих температуре и влажности обозначаются буквами:

А — нормально работает при температуре окружающего воздуха от $+10$ до $+35^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80%;

Б — нормально работает при температуре окружающего воздуха от -20 до $+50^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80%;

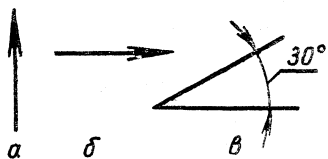


Рис. 28. Условные обозначения расположения прибора при измерении:

а — вертикальное; *б* — горизонтальное; *в* — под углом 30° .



Рис. 29. Условные обозначения величины напряжения, при котором испытана изоляция прибора.

В — нормально работает при температуре окружающего воздуха от -40 до $+60^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 98%.

Во время работы прибор должен быть расположен так, как указано на его шкале (рис. 28).

На шкале прибора указана также величина напряжения, при котором была испытана электрическая прочность изоляции (рис. 29).

Упражнение

Составьте техническую характеристику электроизмерительного прибора, расшифровывая условные обозначения на его шкале.

4. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Общий порядок выполнения измерений

При измерении электрических величин с помощью приборов строго соблюдают правила техники безопасности (см. стр. 11—12).

Подготавливают приборы и выполняют измерения в следующем порядке:

1. Прибор выбирают с учетом требуемых условий измерения и точности.
2. Переключатель (если он есть) устанавливают на нужный предел измерения.
3. Цену деления шкалы определяют делением предельной измеряемой величины на число делений шкалы.
4. Стрелку устанавливают на нулевую отметку с помощью корректора.

5. Прибор включают в цепь согласно схеме и с разрешения учителя.

6. Число делений, на которые отклонилась стрелка, отсчитывают таким образом, чтобы линия, соединяющая глаз и конец стрелки, была перпендикулярна к шкале.

7. Результат измерения получают, перемножив цену деления и число делений, на которые отклонилась стрелка.

8. Цепь по окончании работы отключают. Прибор, если требуется, отсоединяют от других элементов цепи.

Реостаты. При выполнении практических работ, требующих измерения электрических величин, часто применяют реостаты. На рисунке 30 изображен один из широко распространенных реостатов типа РПР — реостат ползунковый с роликовым контактом. Устройство реостатов других типов может отличаться от показанного на рисунке, но принцип действия и назначение всех реостатов одинаковы.

Реостат предназначен для регулирования (или ограничения) тока в цепи. Перемещая подвижный контакт (ползунок), в цепь включают большее или меньшее

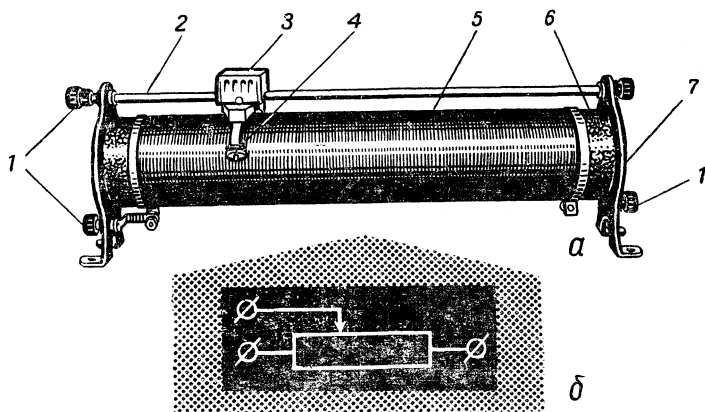


Рис. 30. Реостат ползунковый:

а — внешний вид; *б* — электрическая схема; *1* — зажимы для проводов; *2* — направляющий стержень; *3* — ползунок; *4* — роликовый контакт; *5* — обмотка из провода большого сопротивления; *6* — керамическое основание; *7* — вертикальные стойки.

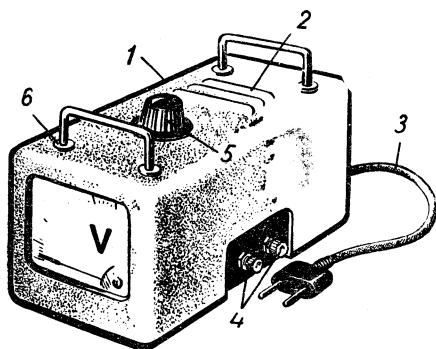


Рис. 31. Регулятор напряжения школьный:
 1 — корпус; 2 — отверстия для вентилирования обмотки; 3 — шнур для включения в сеть; 4 — зажимы «Нагрузка»; 5 — головка скользящего контакта; 6 — ручки для переноски регулятора.

число витков провода с большим удельным сопротивлением. Поэтому общее сопротивление цепи изменяется, а значит, изменяется (по закону Ома) ток в цепи. Реостатом можно регулировать также напряжение. В этом случае реостат включают по схеме потенциометра — обмотку полностью подключают к источнику электропитания, а регулируемое напряжение снимают с зажима подвижного контакта и одного из зажимов, соединенных с источником электропитания.

На реостате (чаще всего на ползунке) и в его паспорте указаны величины сопротивления и номинального тока. Необходимо следить, чтобы номинальный ток реостата был не меньше тока в цепи, в которую данный реостат должен быть включен. Нужно помнить, что во время работы реостат нагревается, и поэтому обращаться с ним надо осторожно во избежание ожогов.

Регулятор напряжения. Для выполнения практических работ по измерению электрических величин нередко применяют также регулятор напряжения. Регулятор напряжения представляет собой трансформатор, о котором подробнее рассказывается в пятом разделе. На рисунке 31 показан регулятор напряжения школьный (типа РНШ), который сочетает в себе трансформатор и измерительный прибор — вольтметр, указывающий величину снимаемого напряжения.

Регулятор типа РНШ позволяет регулировать напряжение от 0 до 250 в. РНШ можно включить в сеть напряжением 127 или 220 в, для чего ставят соответствующий предохранитель в нижней части регулятора. Напряжение снимают с зажимов, обозначенных словом «нагрузка». Увеличивают напряжение, поворачивая плавно головку скользящего контакта в направлении, указанном на ней стрелкой. Максимальная нагрузка при включении в сеть на 127 в: при напряжении от 0 до 140 в — 8 а; при напряжении от 140 до 200 в — 6 а. При включении РНШ в сеть напряжением 220 в максимальная нагрузка 9 а.

Измерение силы тока

Силу тока измеряют с помощью *амперметра* (рис. 32), который включают в цепь последовательно. Амперметр обладает электрическим сопротивлением, значительно меньшим сопротивления цепи, в которую

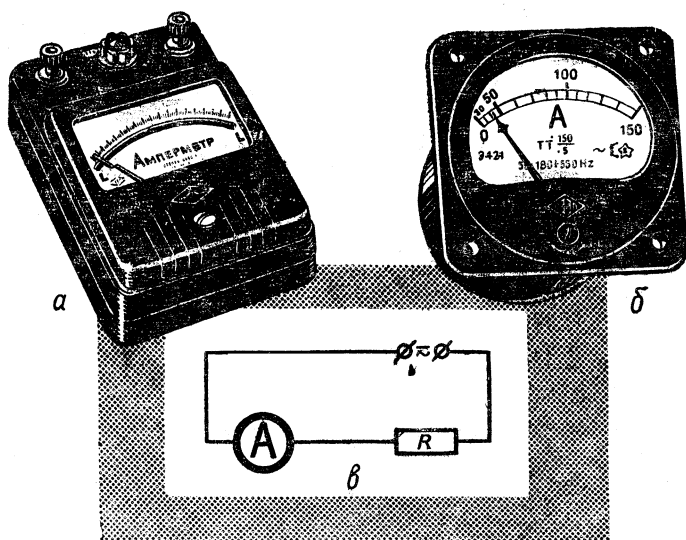


Рис. 32. Амперметры :

а — переносной типа Д533; б — щитовой типа Э421; в — схема включения в цепь,

его включают. Поэтому амперметр заметно не изменяет ток в цепи.

Амперметры бывают переносными и щитовыми. Переносные амперметры применяют главным образом для лабораторных измерений. После выполнения измерений переносный прибор обычно отсоединяют от других элементов цепи и убирают на место. Щитовые амперметры монтируют на щитках и, как правило, не отсоединяют от других элементов цепи после окончания измерений. На рисунке 32, б показан щитовой прибор, который устанавливают в передвижных военных электроустановках.

Одним и тем же амперметром магнитоэлектрической системы, если к нему подключить шунт (рис. 33), можно измерять ток в различных пределах. Шунт — это проводник небольшого сопротивления, который присоединяют к амперметру параллельно (рис. 34).

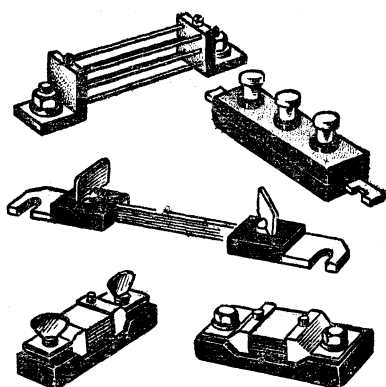


Рис. 33. Шунты к амперметрам.

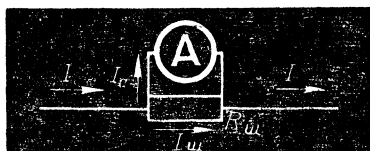


Рис. 34. Схема присоединения шунта к амперметру.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка амперметра методом сравнения

Оборудование: амперметр для разборки и сборки, поверяемый амперметр (выдается учителем), образцовый амперметр, реостаты — 3 шт., соединительные провода.

Выполнение работы

1. Рассмотреть амперметр, предназначенный для разборки и сборки и составить его техническую характеристику, расшифровывая условные обозначения на шкале; снять крышку амперметра, изучить внутреннее устройство, собрать прибор.

2. Изучить схему цепи для проверки амперметра (рис. 35).

3. Рассмотреть поверяемый прибор и выбрать образцовый, обра-

щая внимание на пределы измерения и класс точности, выбрать реостаты.

4. Записать основные технические данные выбранных приборов и реостатов.

5. Начертить таблицу:

№ п/п	Показания амперметров				Погрешности		Поправка, δI
	проверя- емого	образцового I_0			абсолют- ная, $\Delta I = I_{\text{п}} -$ $- I_0 \text{ ср}$	приведен- ная, $\gamma, \%$	
		$I_{\text{п}}$	Прямой ход	Обрат- ный ход	Сред- нее, $I_0 \text{ ср}$		

6. Подготовить приборы к измерению (см. стр. 57), собрать по схеме (см. рис. 35) цепь и показать ее учителю.

7. С разрешения учителя подключить цепь к источнику электропитания.

8. Установить режим работы цепи, при котором стрелка образцового прибора стоит на нуле.

9. Увеличивать плавно ток в цепи (прямой ход), например каждый раз на 0,5 а по образцовому прибору, и записывать показания приборов в таблицу.

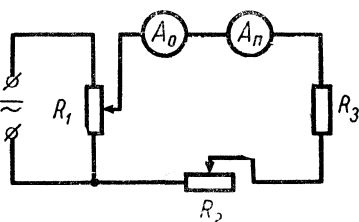


Рис. 35. Схема цепи для проверки амперметра.

10. Уменьшать ток (обратный ход) и записывать каждый раз показания приборов в таблицу.

11. Отключить цепь от источника электропитания и после остывания реостатов разобрать ее.

12. Заполнить таблицу, сделав необходимые вычисления.

13. Построить график поправок на основе полученных при измерении и вычислении результатов, откладывая по оси абсцисс $I_{\text{п}}$, а по оси ординат δI .

Сделать вывод о возможности практического применения проверяемого амперметра.

Измерение напряжения

Напряжение измеряют с помощью *вольтметра* (рис. 36), который включают в цепь параллельно. Вольтметр обладает электрическим сопротивлением, зна-

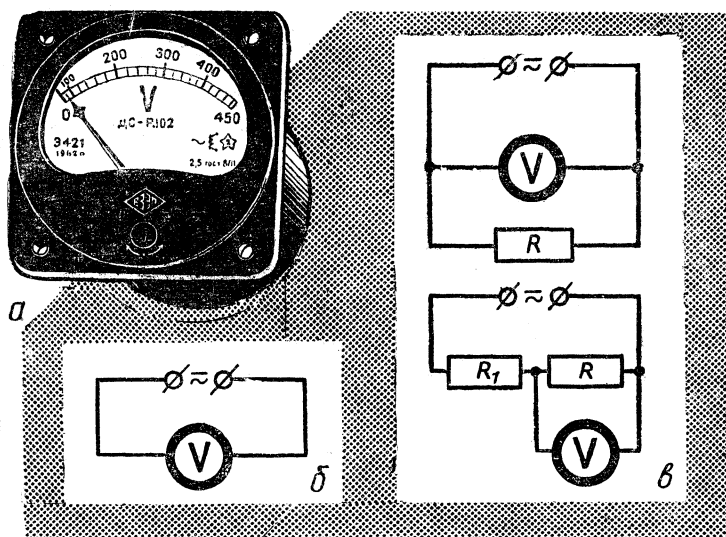


Рис. 36. Вольтметр:

а — щитовой типа Э421; *б* — схема включения для измерения напряжения (э. д. с.) источника тока; *в* — схема включения для измерения напряжения на участке цепи R .

чительно большим сопротивлением цепи (участка цепи), в которую включен, и поэтому он заметно не изменяет напряжения в цепи.

Вольтметры бывают переносными (см. рис. 17) и щитовыми (рис. 36, *а*). Показанный на рисунке 36, *а* вольтметр устанавливают в передвижных электроустановках.

Для расширения пределов измерения данным вольтметром к нему последовательно подсоединяют добавочное сопротивление (рис. 37 и 38). Добавочное сопротивление представляет собой проводник, намотанный в виде катушки. Величина добавочного сопротивления велика, обычно больше сопротивления самого вольтметра.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка вольтметра методом сравнения

Оборудование: вольтметр для разборки и сборки, проверяемый вольтметр (выдается учителем), образцовый вольтметр, регулятор напряжения школьный типа РНШ, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Рассмотреть вольтметр, предназначенный для разборки и сборки, и составить его техническую характеристику, расшифровывая условные обозначения на шкале; снять крышку вольтметра, изучить внутреннее устройство прибора и собрать его.

2. Изучить схему цепи для проверки вольтметра (рис. 39).

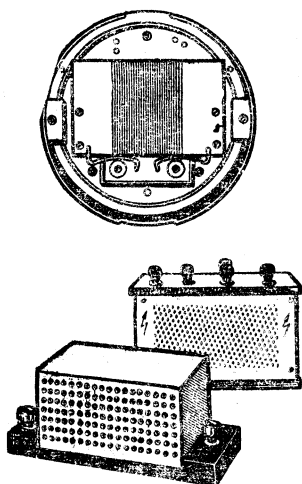


Рис. 37. Добавочные сопротивления к вольтметрам.

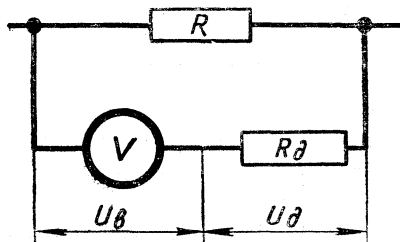


Рис. 38. Схема присоединения добавочного сопротивления к вольтметру.

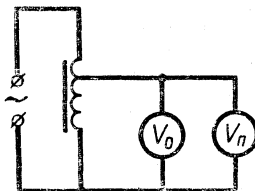


Рис. 39. Схема цепи для проверки вольтметра.

3. Рассмотреть поверяемый прибор и выбрать образцовый, обращая внимание на пределы измерения и класс точности.

4. Подготовить регулятор напряжения к работе (см. стр. 59).

5. Записать основные технические данные выбранных приборов.

6. Начертить таблицу:

№ п/п	Показания вольтметров				Погрешности		Поправка, δU
	поверяемого U_n	образцового U_0			абсолютная, $\Delta U = U_n - U_0$ ср	приведенная, $\gamma \%$	
		Прямой ход	Обратный ход	Среднее, U_0 ср			

7. Подготовить приборы к измерению (см. стр. 57), собрать по схеме цепь и показать ее учителю.

8. С разрешения учителя подключить цепь к источнику электропитания и установить режим работы цепи, при котором стрелка образцового прибора стоит на нуле.

9. Увеличивать плавно напряжение (прямой ход), например каждый раз на 10 в по образцовому прибору, и записывать показания приборов в таблицу.

10. Уменьшать напряжение (обратный ход) и записывать каждый раз показания приборов в таблицу.

11. Отключить цепь от источника электропитания и разобрать ее.

12. Заполнить таблицу, сделав необходимые вычисления.

13. Построить график поправок на основе полученных при измерении и вычислении результатов, откладывая по оси абсцисс U_n , а по оси ординат δU .

Сделать вывод о возможности практического применения поверяемого вольтметра.

Измерение мощности

Мощность электрического тока измеряют с помощью *ваттметра*. Схемы включения ваттметров показаны на рисунке 40.

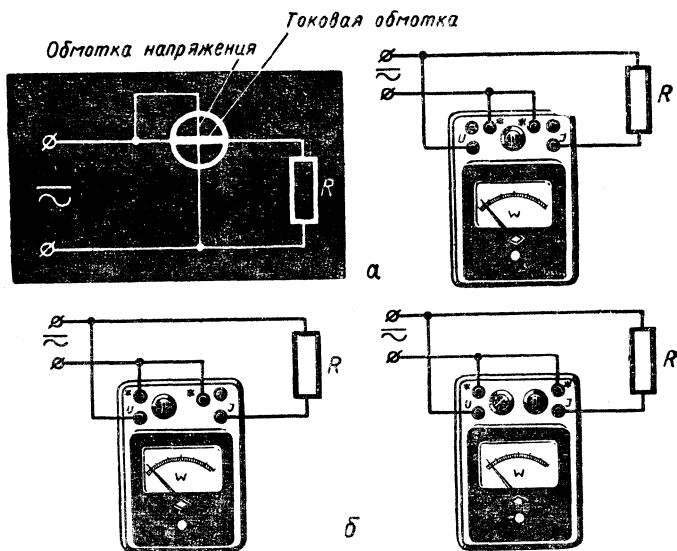


Рис. 40. Схемы включения ваттметров:

а — принципиальная схема; б — схемы включения ваттметров различных типов.

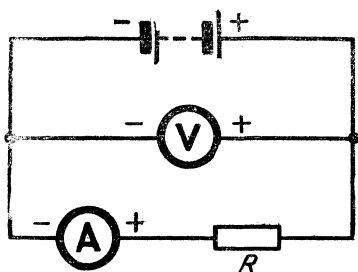


Рис. 41. Схема измерения мощности электрического тока с помощью амперметра и вольтметра.

Мощность в цепях постоянного тока, а также в цепях переменного тока, если в них нет конденсаторов и электроприемников с обмотками, например двигателей, можно измерить также с помощью амперметра и вольтметра (рис. 41). По показаниям амперметра и вольтметра находят мощность: $P = I \cdot U$, где P — мощность, *вт*;
 I — ток, *а*;
 U — напряжение, *в*.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка ваттметра

Оборудование: ваттметр для разборки и сборки, проверяемый ваттметр (выдается учителем), образцовые амперметр и вольтметр, реостат — 3 шт., соединительные провода.

Выполнение работы

1. Рассмотреть ваттметр, предназначенный для разборки и сборки, и составить его техническую характеристику, расшифровывая условные обозначения на шкале; снять крышку ваттметра, изучить внутреннее устройство прибора, собрать его.

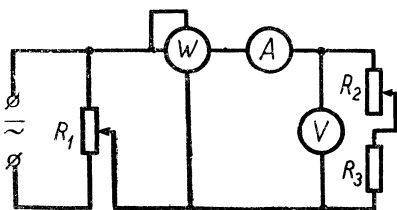


Рис. 42. Схема цепи для проверки ваттметра.

2. Изучить схему цепи проверки ваттметра (рис. 42).

3. Рассмотреть проверяемый прибор и выбрать образцовые амперметр и вольтметр, обращая внимание на пределы измерения и класс точности, выбрать реостаты.

4. Записать основные технические данные выбранных приборов и реостатов.

5. Начертить таблицу:

№ п/п	Показания приборов:			Мощ- ность, $P_0 = I_0 U_0$, вт	Результаты вычислений		
	ватт- метра P_{Π} , вт	ампер- метра, I_0 , а	вольт- метра, U_0 , в		Абсолют- ная по- грешность, $\Delta P = P_{\Pi} - P_0$	Приведен- ная по- грешность, γ , %	Поправ- ка, δP

6. Подготовить приборы к измерению, собрать по схеме цепь и показать ее учителю.

7. С разрешения учителя подключить цепь к источнику электропитания и установить в цепи режим работы, при котором стрелка ваттметра стоит на нуле.

8. Увеличивать плавно мощность (прямой ход), например каждый раз на 5—10 вт, и записывать показания приборов в таблицу.

9. Отключить цепь от источника электропитания и после остывания реостатов разобрать ее.

10. Заполнить таблицу, сделав необходимые вычисления.

11. Построить график поправок на основе полученных при измерении и вычислении результатов, откладывая по оси абсцисс P_{Π} , а по оси ординат δP .

Сделать вывод о возможности практического применения поверяемого ваттметра.

Измерение работы тока

Работу (расход энергии) тока измеряют с помощью *счетчика электроэнергии* (рис. 43). При работе счетчика его диск вращается, причем скорость вращения прямо пропорциональна работе тока (расходу электроэнергии). Число оборотов диска учитывает счетный механизм, который устроен таким образом, что показывает непосредственно расход электроэнергии.

Каждый электросчетчик рассчитан на номинальное напряжение и ток, которые указаны на его щитке под крышкой, а также в паспорте. Кроме того, электросчетчик характеризуется так называемой *номинальной постоянной*. Она численно равна количеству электроэнергии, приходящейся на один оборот диска электросчетчика. На щитке электросчетчика написано, например, 1 кВт·ч — 1250 оборотов диска. Это значит, что

номинальная постоянная данного электросчетчика равна:

$$\frac{1 \text{ квт} \cdot \text{ч}}{1250 \text{ об}} = \frac{3\,600\,000 \text{ вт} \cdot \text{сек}}{1250 \text{ об}} = 2880 \frac{\text{вт} \cdot \text{сек}}{\text{об}}.$$

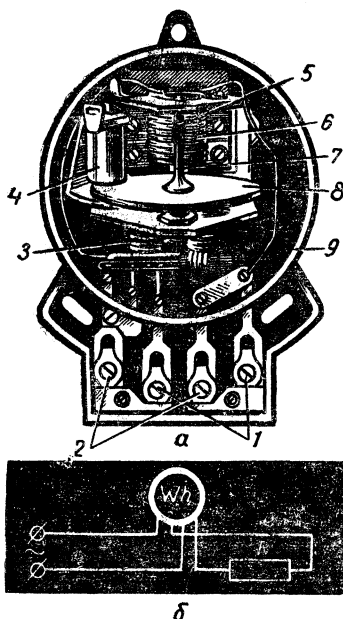


Рис. 43. Счетчик электроэнергии:

а — внутреннее устройство; *б* — схема включения; 1 — зажимы для подсоединения электроприемников; 2 — зажимы для подключения к сети; 3 — токовая обмотка; 4 — постоянный магнит (успокоитель); 5 — червячный винт для передачи движения от оси к счетному механизму; 6 — обмотка напряжения; 7 — ось; 8 — алюминиевый диск; 9 — корпус (передняя крышка снята).

истекшее время: $W = 51,2 + 134,6 = 185,8 \text{ квт} \cdot \text{ч}.$

Для определения расхода электроэнергии за определенный промежуток времени находят разность между конечным и начальным показаниями счетного механизма.

Пример.

Перед включением счетчик показывал 948,8 квт·ч, а через некоторое время показание стало равным 134,6 квт·ч. Определить расход энергии за прошедший промежуток времени, если данный счетчик рассчитан на показание до 1000 квт·ч, после чего отсчет начинается вновь от нуля.

Решение.

1. Определяем расход электроэнергии за время отсчета механизма от 948,8 квт·ч до 1000 квт·ч. Он равен: $1000 - 948,8 = 51,2 \text{ квт} \cdot \text{ч}.$

2. Находим полный расход электроэнергии за

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка счетчика электрической энергии

Оборудование: электросчетчик для разборки и сборки, поверяемый электросчетчик (выдается учителем), образцовые амперметр и вольтметр, реостат сопротивлением 5000—6000 ом, миллиамперметр, регулятор напряжения школьный типа РНШ, ламповый реостат на 4—6 ламп, секундомер, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Рассмотреть электросчетчик, предназначенный для разборки и сборки, и составить его техническую характеристику, расшифровывая условные обозначения на шкале; снять крышку счетчика и крышку коробки зажимов, изучить внутреннее устройство прибора, собрать его.

2. Изучить схемы для проверки электросчетчика (рис. 44).

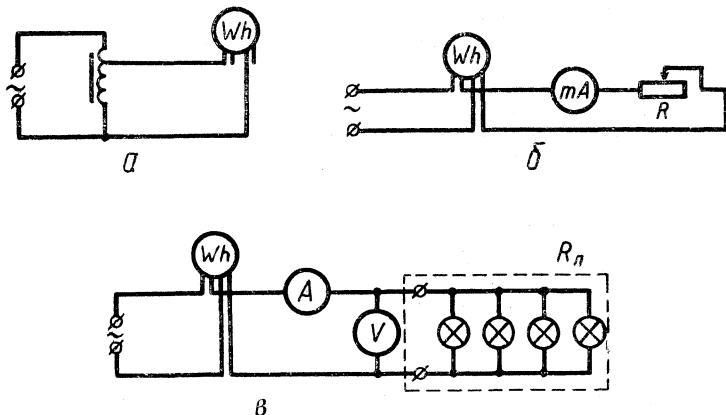


Рис. 44. Схемы цепей для проверки электросчетчика:

а — для проверки работы счетчика без нагрузки; *б* — для определения чувствительности счетчика; *в* — для определения действительной постоянной счетчика.

3. Рассмотретьверяемый электросчетчик и выбрать образцовые амперметр и вольтметр, учитывая напряжение и ток в цепи (расчет ведется для полностью включенного лампового реостата).

4. Записать основные данные выбранных приборов.

5. Начертить таблицу:

№ п/п	Показания приборов		Результаты отсчета		Результаты вычислений		
	вольтметра, $U, в$	амперметра, $I, а$	по электросчетчику, $n, об$	по секундомеру, $t, сек$	Номинальная постоянная, K_n	Действительная постоянная $K_d = \frac{U \cdot It}{\pi}$	Погрешность счетчика $\beta = \frac{K_n - K_d}{K_d} \times 100\%$

6. Установить поверяемый электросчетчик вертикально на подставке.

7. Собрать по схеме (рис. 44, а) цепь и показать ее учителю.

8. С разрешения учителя включить цепь к источнику переменного тока, установить при помощи РНШ напряжение, равное 110% номинального напряжения, проверить, вращается ли диск счетчика на холостом ходу (у исправного счетчика диск вращаться не должен).

9. Отключить цепь и отсоединить счетчик от регулятора напряжения.

10. Собрать по схеме (рис. 44, б) цепь и показать ее учителю, установить подвижный контакт реостата в положение, при котором реостат включен полностью.

11. С разрешения учителя подключить цепь к источнику переменного тока, уменьшать плавно сопротивление (полностью выводить реостат нельзя); заметить, при каком значении тока диск начнет вращаться, т. е. определить чувствительность счетчика (у исправного счетчика диск начинает вращаться, если ток в его цепи равен не менее 2% номинального тока).

12. Отключить цепь от источника электропитания, отсоединить реостат и миллиамперметр от счетчика.

13. Собрать по схеме (рис. 44, в) цепь и показать ее учителю; оставить ввернутой в реостате одну лампочку (другие лампы полностью вывертывать не следует во избежание случайного прикосновения к токоведущим частям патронов).

14. С разрешения учителя подключить цепь к источнику переменного тока, включить секундомер и одновременно считать число оборотов диска счетчика (отсчет начинать в тот момент, когда в окне счетчика покажется красная отметка на диске), примерно через 3—4 минуты записать результаты отсчета (число оборотов должно быть целым) и показания приборов в таблицу; повторять опыт, ввертывая каждый раз дополнительно по одной лампе.

15. Отключить цепь от источника электропитания и разобрать ее.

16. Заполнить таблицу, сделав необходимые вычисления.

Сделать вывод о возможности практического применения поверяемого электросчетчика.

Измерение электрического сопротивления

Для непосредственного измерения электрического сопротивления применяют *омметры* и *мегаомметры* (рис. 45 и 46).

Схема простейшего омметра приведена на рисунке 47. В качестве измерителя в омметре используется миллиамперметр магнитоэлектрической системы. Источником тока является сухой гальванический элемент. При замкнутых накоротко между собой зажимах (рис. 47) ток в цепи определяется по формуле:

$$I = \frac{U}{R_{\text{и}} + R_{\text{д}}},$$

где I — ток в цепи, a ;
 U — напряжение источника тока, B ;
 R_n — сопротивление измерителя, OM ;
 R_d — добавочное сопротивление, OM .

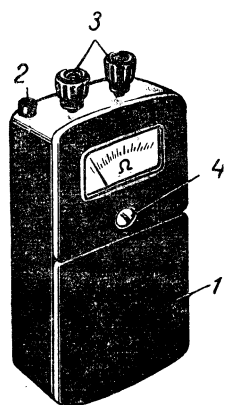


Рис. 45. Омметр типа М57:

1 — съемная крышка; 2 — кнопка; 3 — зажимы; 4 — винт корректора.

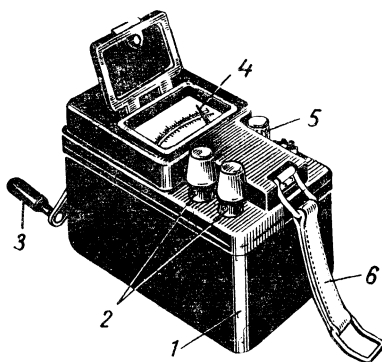


Рис. 46. Мегомметр типа М1101М:

1 — корпус; 2 — зажимы «Линия» и «Земля» для подсоединения измеряемого сопротивления; 3 — рукоятка; 4 — шкала; 5 — переключатель пределов измерения; 6 — ручка для переноски прибора.

При подключении к зажимам проводника, сопротивление которого R_x нужно измерить, ток в цепи будет определяться по формуле:

$$I = \frac{U}{R_n + R_d + R_x}.$$

Из приведенной формулы видно, что о величине измеряемого сопротивления можно судить по значениям тока, показываемого измерителем. Для измерения сопротивлений шкалу измерителя градуируют непосредственно в омах.

С помощью приведенных выше формул можно рассчитать добавочное сопротивление R_d , требующееся для изготовления омметра.

Правила выполнения измерений с помощью омметра типа М57 (см. рис. 45).

1. Отвернув винт на задней панели прибора, снимают крышку 1 на лицевой панели. В камеру вставляют батарею для карманного фонаря. Крышку закрывают и закрепляют винтом.

2. Нажав на кнопку 2, убеждаются, что омметр действует: стрелка прибора должна отклониться вправо, на нулевую отметку.

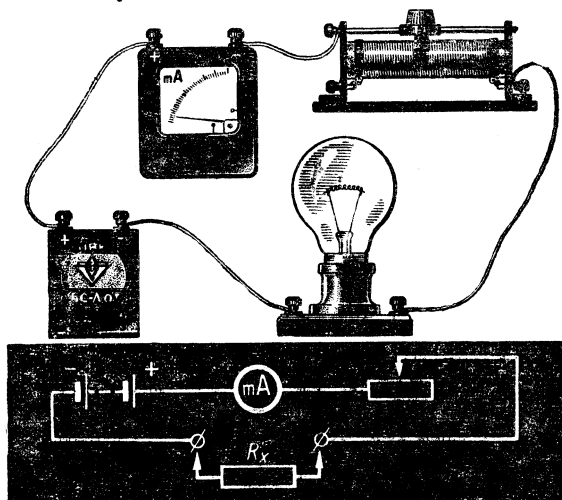


Рис. 47. Схема простейшего омметра (R_x — измеряемое сопротивление).

3. Снова нажимая на кнопку 2, с помощью магнитного шунта, находящегося на задней панели прибора, и винта корректора 4 устанавливают стрелку на нулевую отметку шкалы. Кнопку отпускают.

4. К зажимам 3 присоединяют проводник, сопротивление которого требуется измерить. Стрелка прибора покажет величину сопротивления в омах.

Правила выполнения измерений с помощью мегомметра типа М1101М (см. рис. 46).

1. Проверяют исправность прибора при разомкнутых зажимах: вращают рукоятку; при этом стрелка должна установиться на отметку « ∞ » шкалы мегомов, если пе-

реключатель стоит в положении «МΩ», или на отметку «О» той же шкалы мегомов, если переключатель стоит в положении «КΩ».

2. Переключатель устанавливают в положение «КΩ» или «МΩ».

3. К зажимам «Линия» и «Земля» присоединяют проводник, сопротивление которого требуется измерить.

4. Равномерно (со скоростью приблизительно два оборота в секунду) вращают рукоятку генератора и производят отсчет по шкале.

Электрическое сопротивление можно также измерить с помощью амперметра и вольтметра. Для подсчета сопротивления, согласно закону Ома, нужно найти отношение показания вольтметра к показанию амперметра.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Сборка и градуирование омметра

Оборудование: миллиамперметр, реостат, гальванический элемент, вольтметр, набор постоянных резисторов, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Изучить схему (см. рис. 47) простейшего омметра.
2. Рассчитать величину добавочного сопротивления, требующегося для сборки омметра.
3. Выбрать необходимые приборы для сборки омметра.
4. Начертить таблицу:

Ток, <i>ма</i>					
Сопротивление, <i>ом</i>					

5. Собрать омметр и показать его учителю.
6. Замкнуть между собой зажимы омметра, установить при помощи реостата в цепи наибольший возможный ток (этот ток соответствует нулевому значению сопротивления между зажимами).
7. Присоединять к зажимам поочередно постоянные резисторы с известным сопротивлением, записывать необходимые данные в таблицу.

8. Проградуировать шкалу миллиамперметра в омах на основе полученных при измерении результатов (начертить шкалу омметра к данному миллиамперметру).

Сделать вывод о возможности практического применения собранного омметра.

5. АВОМЕТРЫ

Авометр (ампервольтомметр) представляет собой универсальный электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения в широких пределах силы тока, напряжения, сопротивления.

Общий вид школьного авометра показан на рисунке 48.

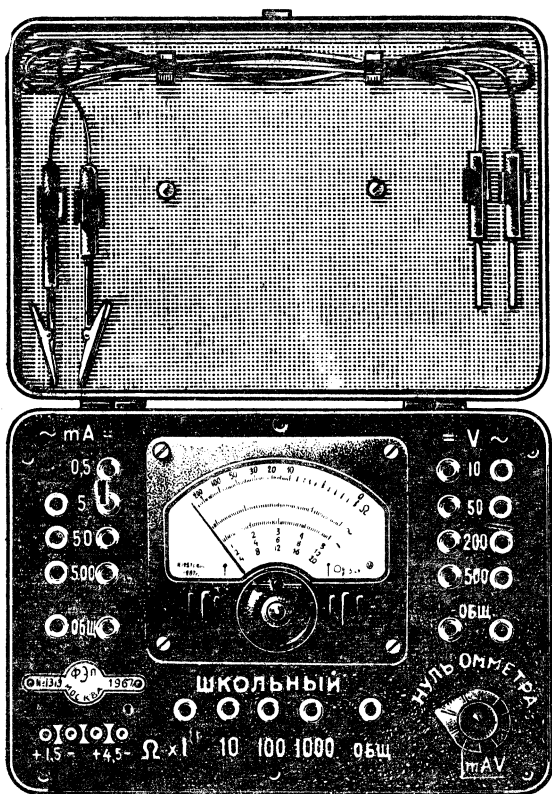


Рис. 48. Авометр школьный.

Измерение силы постоянного тока. 1. Указатель головки переменного резистора поставить в положение против черты с буквами « mA ».

2. Один из коротких штекеров вставить в гнездо «общ» в ряду гнезд с надписью « mA ».

3. Второй короткий штекер вставить в одно из гнезд в этом же ряду, соответствующее выбранному пределу измерения.

4. При помощи длинных штекеров (или надетых на них специальных зажимов), учитывая полярность, соединить прибор с элементами цепи, в которой требуется измерить силу тока.

5. Определить цену деления шкалы, отмеченной знаком «—», при выбранном пределе измерения.

6. Подключить цепь к источнику электропитания. Произвести отсчет по шкале. Для получения результата измерения число делений умножить на цену деления шкалы.

7. Отключить цепь, отсоединить штекеры от элементов цепи, вынуть короткие штекеры из гнезд прибора.

Измерение силы переменного тока. Измерение проводится таким же образом, как и в предыдущем случае, но штекеры вставляют в гнезда ряда с надписью « $\sim mA$ », а отсчет производят по шкале, обозначенной отметкой « $\sim$ ».

Измерение напряжения постоянного и переменного тока. Измерение производят так же, как и в предыдущих случаях, но штекеры вставляют соответственно в гнезда с надписью « $=V$ » или « $V\sim$ ».

Измерение сопротивления. 1. Измерение сопротивлений производится только в цепях, в которых отсутствует напряжение.

2. Один из коротких штекеров вставить в гнездо «общ» в ряду гнезд с надписью « ΩX ».

3. Второй короткий штекер вставить в одно из гнезд этого же ряда, соответствующее выбранному пределу измерения.

4. Определить цену деления шкалы (ряд шкалы, отмеченный знаком « Ω ») с учетом выбранного предела измерения.

5. Замкнуть накоротко длинные штекеры между собой и поворотом указателя головки переменного резисто-

ра установить стрелку на нулевую отметку шкалы « Ω ». Разомкнуть штекеры.

6. Подсоединить длинные концы штекеров к проводнику, сопротивление которого требуется измерить. Произвести отсчет по шкале; число делений, на которые отклонилась стрелка, умножить на цену деления.

7. Отсоединить штекеры и вынуть их из гнезд. Указатель головки переменного резистора поставить в положение «*mAV*».

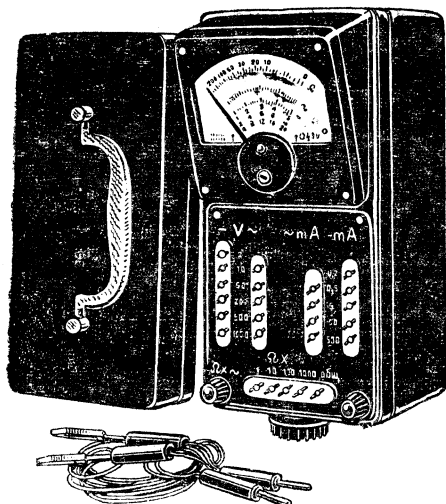


Рис. 49. Внешний вид авометра типа АВО-63.

В школьных кабинетах электротехники имеется также авометр АВО-63 (рис. 49). Измерения с помощью АВО-63 производят в основном так же, как и школьным авометром.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Измерение электрических величин авометром

Оборудование: авометр, ламповый реостат из трех ламп с отдельными выводами от каждой лампы, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Изучить правила обращения с авометром.
2. Составить план выполнения измерений для проверки законов последовательного соединения электроприемников, начертить

с этой целью схемы включения лампового реостата и согласовать их с учителем.

3. Начертить таблицу:

Электрическая величина	Лампы				
	1-я	2-я	3-я	1-я и 2-я, соединенные последовательно	1-я, 2-я и 3-я, соединенные последовательно
Сопротивление, <i>ом</i>					
Напряжение, <i>в</i>					
Ток, <i>а</i>					

4. Получая разрешение учителя перед каждым включением лампового реостата, выполнить необходимые измерения и результаты записать в таблицу; сделать вывод относительно законов последовательного соединения.

5. Составить план выполнения измерений для проверки законов параллельного соединения электроприемников, начертить с этой целью схемы включения лампового реостата и согласовать их с учителем.

6. Начертить таблицу:

Электрическая величина	Лампы				
	1-я	2-я	3-я	1-я и 2-я, соединенные параллельно	1-я, 2-я и 3-я, соединенные параллельно
Сопротивление, <i>ом</i>					
Напряжение, <i>в</i>					
Ток, <i>а</i>					

7. Получая разрешение учителя перед каждым включением реостата, выполнить необходимые измерения и записать результаты в таблицу; сделать выводы о законах параллельного соединения.

IV. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Аппаратура, применяемая для управления (включения и отключения) электроустановками, называется *коммутационной аппаратурой*. К ней относятся выключатели, рубильники, контакторы, магнитные пускатели и другие аппараты. Различают неавтоматические и автоматические коммутационные аппараты (табл. 11).

Аппаратура, применяемая для отключения электроустановок при токовых перегрузках и коротких замыканиях, называется *защитной аппаратурой*. К ней относятся электрические предохранители. Некоторые аппараты, например автоматические выключатели и магнитные пускатели, одновременно являются коммутационными и защитными аппаратами.

К аппаратуре управления электроустановками предъявляются следующие общие требования: надежность действия; безопасность обслуживания; достаточный срок службы; простота изготовления, монтажа и эксплуатации; небольшие габариты; малое потребление электрической энергии самими аппаратами; невысокая стоимость.

2. НЕАВТОМАТИЧЕСКИЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

К неавтоматическим коммутационным аппаратам (аппаратура ручного управления) относятся: кнопочные, рычажные, поворотные, подпотолочные, пакетные выключатели; рубильники; реостаты; контроллеры. Кно-

Основные виды и назначение электрической аппаратуры

Наименование	Назначение
Рычажные, поворотные и кнопочные выключатели	Включение и отключение осветительных электроприемников
Подпотолочные выключатели	Включение и отключение осветительных электроприемников при скрытых электропроводах
Пакетные выключатели	Включение и отключение осветительных и силовых электроприемников
Рубильники	Включение и отключение силовых и осветительных электроприемников и сетей
Реостаты	Пуск и регулирование скорости вращения электродвигателей
Контроллеры	Пуск одновременно нескольких электродвигателей и управление ими
Реле	Дистанционное управление осветительными и силовыми электроприемниками и их электрическая защита
Автоматические выключатели	Включение, отключение и электрическая защита силовых и осветительных электроприемников
Кнопки управления	Включение и отключение контакторов, магнитных пускателей и отдельных электроприемников
Контакторы	Включение и отключение силовых электроприемников
Магнитные пускатели	Включение, отключение и электрическая защита силовых и осветительных электроприемников и сетей
Командоаппараты	Управление вспомогательными и контрольными цепями катушек контакторов, магнитных пускателей, реле
Плавкие предохранители	Отключение электрических цепей и отдельных электроприемников при токовых перегрузках и коротких замыканиях

почные, рычажные, поворотные, подпотолочные выключатели устроены сравнительно просто и поэтому в данной книге не рассматриваются.

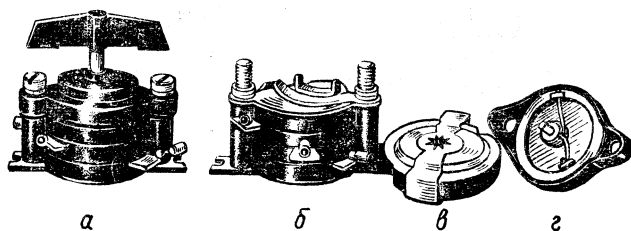


Рис. 50. Пакетный выключатель:

а — внешний вид; *б* — контактная система; *в* — переключающий механизм; *г* — пакет.

Одним поворотом рычага *пакетного выключателя* (рис. 50 и 51) можно включить или отключить одновременно несколько электроприемников. Тип пакетного выключателя обозначается буквами ПВ или ПК с указанием числа полюсов и номинального тока отключения.

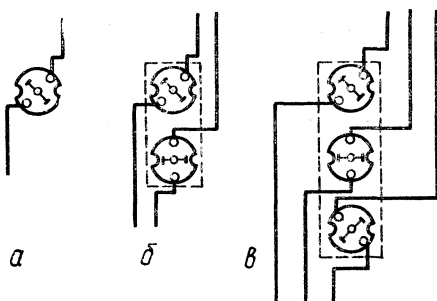


Рис. 51. Простейшие схемы пакетного выключателя:

а — однополюсного; *б* — двухполюсного; *в* — трехполюсного.

Например, ПВ3-100 означает: трехполюсный пакетный выключатель на ток до 100 *а*.

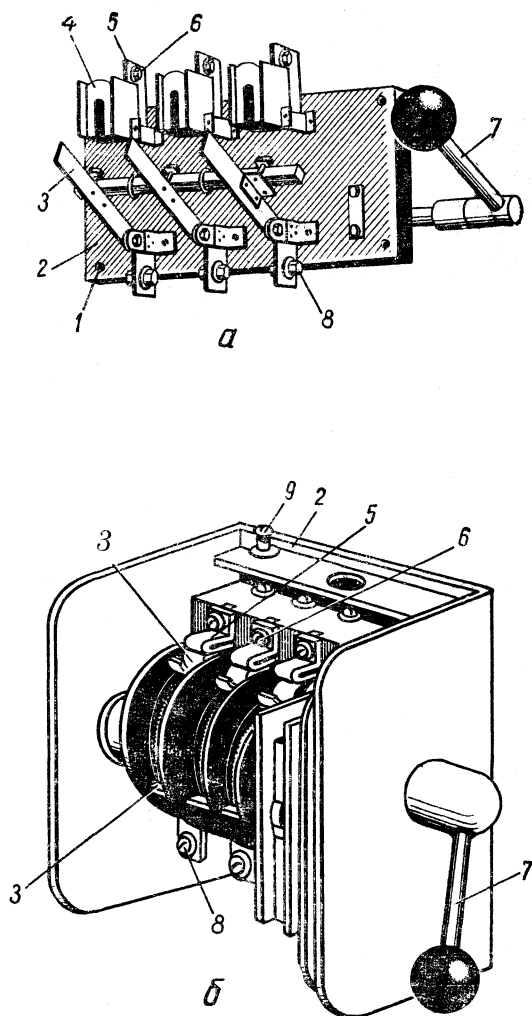


Рис. 52. Рубильники различных видов с боковой рукояткой (крышка снята):

а — неревверсивный; *б* — реверсивный; 1 — отверстия для крепления при монтаже; 2 — основание; 3 — подвижный контакт; 4 — дугогасящая камера; 5 — неподвижный контакт; 6 — зажим для присоединения к сети; 7 — рукоятка; 8 — зажим для присоединения электроприемника; 9 — винт для присоединения заземляющего провода.

Рубильники могут быть одно-, двух- и трехполюсными. Промышленность выпускает рубильники с центральной рукояткой типа Р, с боковой рукояткой типа РПБ (рис. 52) и с рычажным приводом типа РПЦ. Рубильники с центральной рукояткой применяются только для отключения напряжения при снятой токовой нагрузке.

При размыкании цепи рубильником между его контактами возникает электрическая дуга, действие которой вредно для рубильника и цепи. Чтобы быстро погасить дугу, рубильники делают с дугогасящими камерами, внутри которых находятся контакты. Внутренние стенки камеры изготовляют из таких материалов (например, из фибры), которые при нагревании выделяют дугогасящие газы.

Рубильники устанавливают на щитке или помещают в специальный ящик, внутри которого, кроме рубильника, находятся плавкие предохранители (рис. 53).

Рубильники рассчитаны на ток от 100 до 1000 а и напряжение до 500 в. Поэтому, выбирая рубильник, учитывают номинальные ток и напряжение.

Для пуска и регулирования скорости вращения электрических двигателей применяют реостаты (рис. 54).

Пусковые реостаты предназначены для кратковременного прохождения по ним тока.

Регулировочные реостаты предназначены для длительного прохождения по ним тока, и поэтому они имеют воздушное или масляное охлаждение, что не допускает перегрева реостата.

Контроллеры (рис. 55) позволяют пускать электродвигатели и регулировать скорость их вращения в широких пределах.

Упражнения

1. Рассмотрите пакетный выключатель и определите, на какое напряжение и на какой ток он рассчитан. Разберите выключатель, изучите устройство и выясните взаимодействие его частей; соберите выключатель.

2. Рассмотрите рубильник и определите, на какое напряжение и на какой ток он рассчитан. Снимите крышку рубильника, изучите его внутреннее устройство и соберите рубильник.

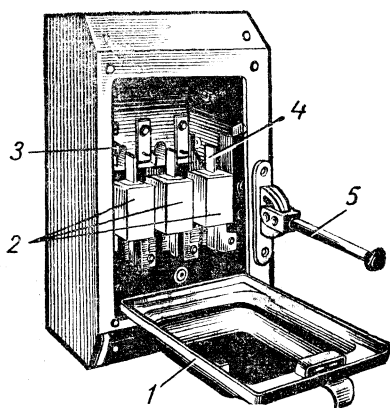


Рис. 53. Ящик с рубильником и предохранителями:

1 — крышка ящика; 2 — плавкие предохранители; 3 — неподвижные контакты; 4 — подвижные контакты; 5 — рукоятка.

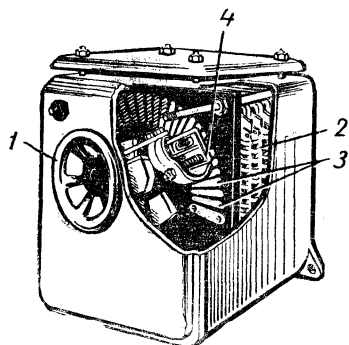


Рис. 54. Один из типов реостата:

1 — маховик; 2 — секции элементов сопротивления; 3 — контактные пластины; 4 — подвижный (скользящий) контакт.

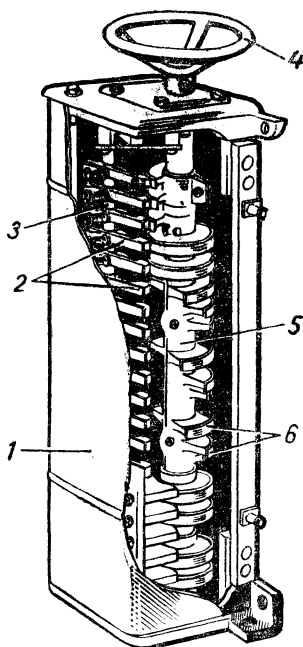


Рис. 55. Барабанный контроллер:

1 — корпус; 2 — контактные пальцы (неподвижные контакты); 3 — неподвижная изолирующая рейка; 4 — маховик; 5 — барабан; 6 — сегменты (подвижные контакты).

3. АППАРАТУРА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Реле

Реле предназначены для дистанционного управления электроустановками, защиты их от токовых перегрузок и коротких замыканий, а также для автоматической сигнализации о режиме их работы.

В зависимости от электрической величины, на изменения которой реагируют реле, различают реле тока, напряжения, мощности, сопротивления.

Если реле срабатывают при возрастании соответствующей электрической величины, то их называют **максимальными**, а если при понижении — **минимальными**.

В электроустановках чаще всего применяют *электромагнитные реле* максимального тока и минимального напряжения. Электромагнитные реле (рис. 56) срабатывают практически мгновенно.

Реле максимального тока срабатывает, когда ток, проходящий по его обмотке, равен 200—250% номинального значения. Такие реле применяют для отключения электрических цепей при коротких замыканиях.

Обмотка реле максимального тока имеет небольшое количество витков, ее включают в цепь последовательно. Действие реле максимального тока заключается в притягивании якоря к сердечнику электромагнита при прохождении по обмотке тока. Величину тока срабатывания реле регулируют, изменяя силу натяжения пружины или величину зазора между якорем и сердечником.

Реле минимального напряжения отключает цепь при понижении напряжения, приложенного к обмотке реле, до 65% и меньше номинального напряжения цепи. Обмотка этого реле имеет большое количество витков, и ее включают параллельно.

Для защиты электроустановок от перегрева при длительных небольших перегрузках применяют *тепловые реле* (рис. 57). Действие тепловых реле — изгибание биметаллической пластины при ее нагревании. Изгибаясь, пластина размыкает контакты. Тепловые реле обычно встраивают в магнитные пускатели и автоматические выключатели.

Тепловые реле обладают большой инерцией и потому срабатывают лишь через некоторое время после пре-

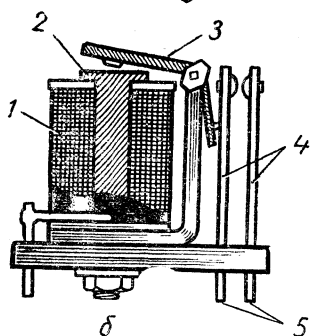
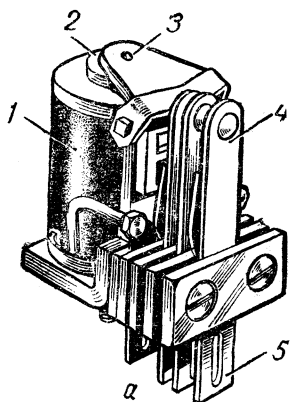


Рис. 56. Электромагнитное реле:
а — внешний вид; б — схематическое изображение; 1 — обмотка; 2 — сердечник; 3 — ярмо; 4 — пружинящие контакты; 5 — пластины для подсоединения управляемых цепей.

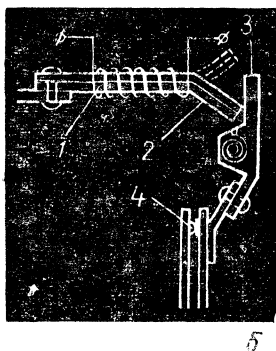
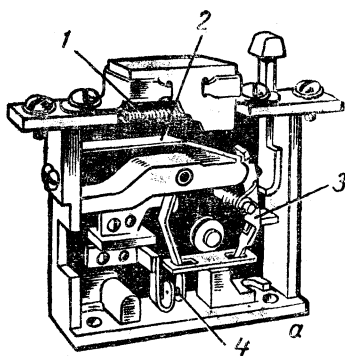


Рис. 57. Тепловое реле:
а — внутреннее устройство; б — схема действия; 1 — нагревательный элемент; 2 — биметаллическая пластина; 3 — механизм сцепления (защелка); 4 — контакты.

вышения номинального тока. Время срабатывания теплового реле зависит от типа нагревательных элементов, которые выпускают на токи от 0,64 до 150 а. При коротких замыканиях тепловое реле не может мгновенно отключить электрическую цепь.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Управление электроприемниками при помощи электромагнитного реле

Оборудование: электромагнитное реле, источник электропитания реле, электроприемник (лампочка в патроне на подставке, электродвигатель и т. п.), соединительные провода.

Выполнение работы

1. Изучить устройство и схему электромагнитного реле, записать его основные технические данные.

2. Начертить схему управления электроприемником при помощи электромагнитного реле (см. приложение) и показать ее учителю.

3. С разрешения учителя включить цепь и наблюдать работу реле; отключить и разобрать цепь.

Предложить способы регулирования напряжения (тока) срабатывания реле.

Включение и испытание теплового реле

Оборудование: реле тепловое, амперметр, реостат, секундомер, настольный вентилятор, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Изучить устройство и схему теплового реле, записать его основные технические данные.

2. Выбрать амперметр и реостат, учитывая, что ток в цепи может быть равен 250% номинального тока реле.

3. Начертить схему цепи для испытания реле (при испытании ток в цепи необходимо регулировать) и показать ее учителю.

4. Начертить таблицу:

Ток срабатывания реле, $I_{\text{сраб}}, \text{ а}$	
Время срабатывания реле, $t, \text{ сек}$	

5. Собрать цепь и с разрешения учителя подключить ее к источнику электропитания; установить в цепи ток, равный 125% номинального тока реле, и включить секундомер (реле сработает через некоторое время); остановить секундомер в момент срабатывания реле и отключить цепь от источника электропитания, записать полученные данные в таблицу; охлаждать вентилятором нагревательный элемент реле.

6. Повторять опыты, как указано выше, увеличивая каждый раз ток на 25% номинального тока; последнее испытание сделать при токе, равном 250% номинального тока реле.

7. Построить график зависимости времени срабатывания от тока срабатывания реле.

Предложить способы регулирования тока срабатывания реле.

Автоматические выключатели

Выключатели, отключающие автоматически электрические цепи в случае появления в них слишком больших токов (например, при коротком замыкании) или недопу-

стимо низких напряжений, называются автоматическими или просто автоматами.

Главной частью автоматического выключателя является реле. Поэтому принцип работы автоматических выключателей тот же, что и реле.

Реле с относящимися к нему механизмами отключения автоматов называется расцепителем. Автоматы бывают с электромагнитными и тепловыми расцепителями.

На рисунке 58, а схематически изображено устройство автомата максимального тока, отключающего цепь при появлении в ней тока, превышающего номинальное значение в два раза и более.

На рисунке 58, б приведена схема автомата минимального напряжения, отключающего цепь при понижении напряжения до 50—70% номинального значения.

Промышленность выпускает *установочные автоматы* типа АП (рис. 59). Они рассчитаны на токи от 15 до 660 а и обычно имеют комбинированный расцепитель: электромагнитный и тепловой.

Промышленность выпускает также *бытовые автоматы* (рис. 60) для установки вместо плавких предохранителей в квартирных электрических сетях.

Автоматические выключатели устанавливают непосредственно на щитке. После срабатывания автомата, т. е. после отключения им цепи, его легко включить вновь, нажимая кнопку на его корпусе.

Наименьший ток, при котором автоматический выключатель размыкает цепь, называется током срабатывания расцепителя. Ток срабатывания всегда

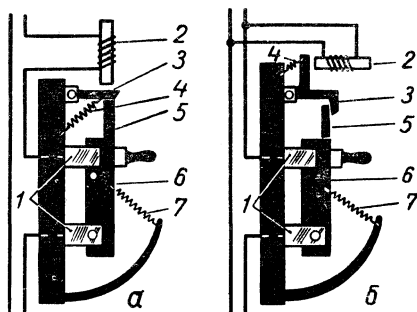


Рис. 58. Схематическое изображение автоматов:

а — максимального тока; б — минимального напряжения; 1 — неподвижные контакты; 2 — электромагнит; 3 — защелка; 4 — пружина, удерживающая защелку; 5 — рычаг; 6 — контактный нож (подвижный контакт); 7 — пружина, удерживающая подвижный контакт.

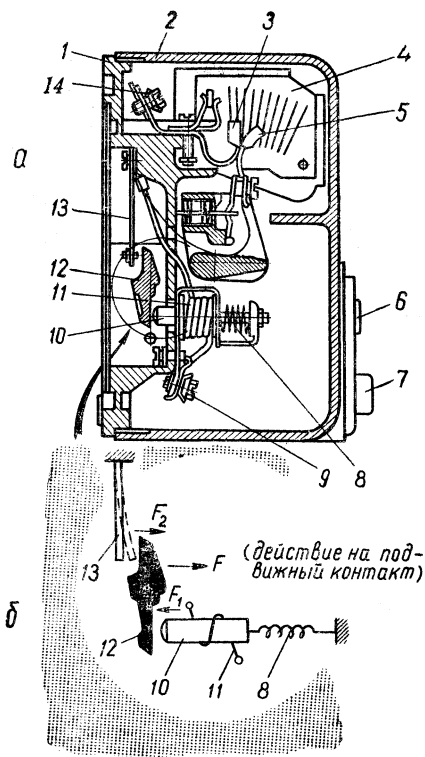


Рис. 59. Автомат типа АП:

а — разрез автомата; *б* — упрощенная схема действия; 1 — основание; 2 — крышка; 3 — неподвижный контакт; 4 — дугогасящая камера; 5 — подвижный контакт; 6 — кнопка «Включен»; 7 — кнопка «Отключен»; 8 — регулировочная пружина; 9 — зажим для присоединения электроприемника; 10 — якорь; 11 — обмотка; 12 — рейка, размыкающая контакты; 13 — биметаллическая пластина; 14 — зажим для присоединения к сети.

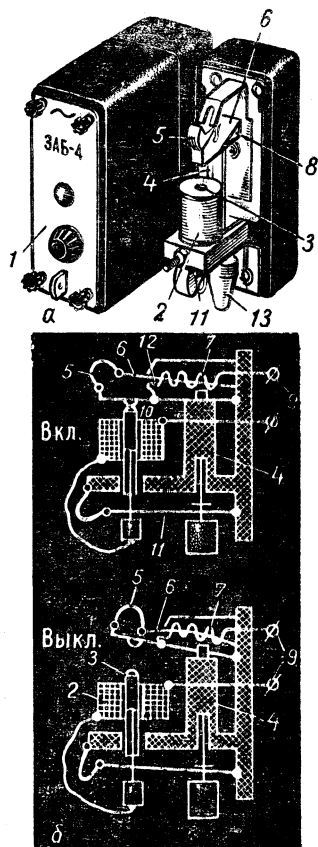


Рис. 60. Бытовой автомат:

а — устройство; *б* — схематическое изображение; 1 — крышка; 2 — обмотка электромагнита; 3 — сердечник; 4 — поводок для поднятия сердечника; 5 — пластинчатая пружина; 6 — биметаллическая пластина; 7 — нагревательный элемент; 8 — рычаг; 9 — зажимы для присоединения автомата; 10 — контакты; 11 — пластина, удерживающая сердечник в поднятом положении; 12 — гибкий проводник; 13 — кнопка для включения автомата после срабатывания реле.

больше номинального тока выключателя, который, в свою очередь, больше номинального тока цепи. Поэтому, выбирая автоматический выключатель, сначала рассчитывают номинальный ток цепи, а затем проверяют, чтобы номинальный ток выключателя был больше номинального тока цепи и ток срабатывания расцепителя был больше номинального тока выключателя. При выборе автоматического выключателя для управления двигателем, кроме указанных выше условий, необходимо, чтобы ток срабатывания расцепителя был не менее 125% пускового тока двигателя (при пуске двигателя по нему идет ток больший, чем при установившемся режиме работы).

Упражнения

1. Снимите крышку автоматического выключателя, изучите устройство и взаимодействие его частей; соберите выключатель.

2. Выберите автоматический выключатель для управления осветительными электроприемниками общей мощностью 6 квт. Номинальное напряжение электроприемников равно 220 в.

Контакторы

Контактор (рис. 61) предназначен для частых включений и отключений электрических цепей и отдельных электроприемников. Когда на обмотку контактора подается напряжение, сердечник ее притягивает ярмо. В результате замыкаются главные контакты. При снятии напряжения с обмотки сердечник размагничивается, не может удержать ярмо, и главные контакты размыкаются. Блок-контакты обеспечивают замыкание цепи катушки после первоначального включения.

Контакторы изготавливают с дугогасящими камерами и без них. Они могут быть с одним, двумя, тремя, четырьмя и пятью полюсами. Тип контактора указывают с помощью сочетания букв и цифр; первая цифра, следующая за буквами, указывает габариты, вторая — число полюсов. Например, тип КТ-34 означает: контактор переменного тока, третьей величины, с четырьмя полюсами.

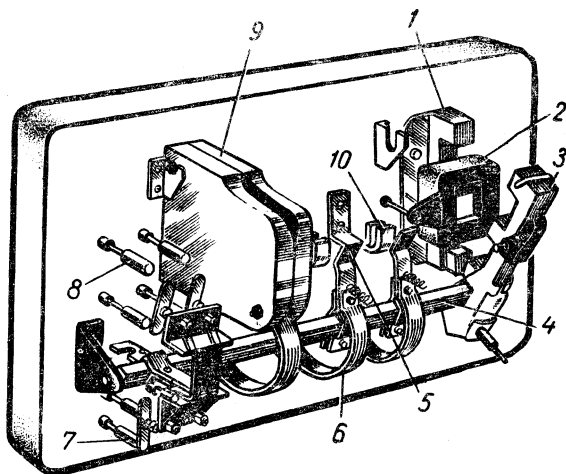


Рис. 61. Контактор переменного тока:

1 — неподвижный сердечник (ядро); 2 — обмотка; 3 — якорь; 4 — валик; 5 — подвижные главные контакты; 6 — неподвижные токоведущие пластины; 7 — размыкающие блок-контакты; 8 — замыкающие блок-контакты; 9 — дугогасящая камера; 10 — неподвижные главные контакты.

Магнитные пускатели

Магнитные пускатели (рис. 62) предназначены для пуска, остановки и защиты электрических двигателей, но могут применяться для включения и отключения других электроприемников.

Магнитные пускатели, позволяющие включать двигатель лишь в одном направлении вращения, называются *неревверсивными*.

Магнитные пускатели, с помощью которых можно изменять направление вращения электродвигателя, называются *реверсивными*.

Для дистанционного включения и отключения контакторов и магнитных пускателей применяют кнопки управления (рис. 63). Контакты, которые при нажатии на кнопку замыкаются, называются *замыкающими*, а которые при нажатии на кнопку размыкаются — *размыкающими*.

Для включения магнитного пускателя на его обмотку подают напряжение, нажав на кнопку «Пуск»

(рис. 64). Сердечник намагничивается и притягивает якорь. В результате замыкаются главные контакты. При снятии с обмотки напряжения (нажатие на кнопку «Стоп») якорь отпадает под действием собственного веса, и главные контакты разъединяются.

Промышленность выпускает магнитные пускатели серии П и малогабаритные пускатели типа О. Пускатели серии П различают:

по величине (1, 2, 3, 4, 5), на которую указывает первая цифра, после буквы П;

по исполнению — вторая цифра после буквы П указывает на открытое исполнение (1), защитное исполнение (2), пылеводо-защитное исполнение (3);

по возможности изменения направления вращения электродвигателя

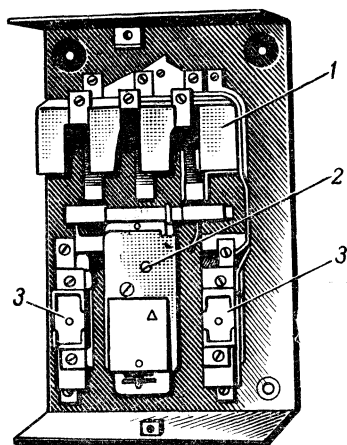


Рис. 62. Неревверсивный магнитный пускатель (крышка снята):

1 — дугогасящая камера; 2 — электромагнит и подвижная часть с главными контактами и блок-контактами; 3 — тепловые реле.

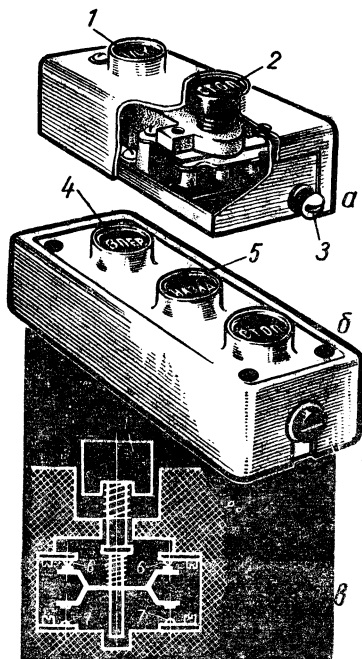


Рис. 63. Кнопка управления:

а — внешний вид (на разрезе видно внутреннее устройство кнопки); б — кнопочная станция; в — схема действия кнопочного элемента; 1 — кнопка «Пуск»; 2 — кнопка «Стоп»; 3 — винт для присоединения заземляющего провода; 4 — кнопка «Вперед»; 5 — кнопка «Назад»; 6 — размыкающие контакты; 7 — замыкающие контакты.

(нереверсивные и реверсивные), на что указывает третья цифра после буквы П: 1 или 2 — нереверсивный, 3 или 4 — реверсивный;

по наличию или отсутствию тепловой защиты (теплого реле), на что указывает также третья цифра: 2 или 4 — с реле, 1 или 3 — без реле.

Например: П-214 — это магнитный пускатель второй величины, открытого исполнения, реверсивный, с тепловым реле.

Магнитный пускатель рассчитан на определенное номинальное напряжение и мощность электроприемника, которым он управляет (табл. 12).

Таблица 12

Техническая характеристика магнитных пускателей серии П

Тип	Максимальная мощность электроприемника, кВт	
	при напряжении 220 в	при напряжении 380 в
П-111, П-121	1,7	—
П-211, П-212, П-221, П-222, П-231, П-232, П-213, П-214, П-223, П-224, П-233, П-234	4	5
П-311, П-312, П-321, П-322, П-331, П-332, П-313, П-314, П-323, П-324, П-333, П-334	10	20
П-411, П-412, П-421, П-422, П-431, П-432, П-413, П-414, П-423, П-424, П-433, П-434	20	28
П-511, П-512, П-521, П-522, П-531, П-532, П-513, П-514, П-523, П-524, П-533, П-534	37	55

Пример 1.

Выбрать магнитный пускатель для нереверсивного управления электродвигателем и защиты его от перегрузок, если номинальная мощность его 2,8 кВт и напряжение 380 в. Двигатель стоит в сухом непыльном помещении.

Решение.

1. По таблице 12 устанавливаем, что для управления электродвигателем при заданных мощности и напряже-

нии могут использоваться нереверсивные магнитные пускатели типа: П-211; П-212; П-221; П-222; П-231; П-232.

2. Учитывая, что магнитный пускатель будет эксплуатироваться в сухом непыльном помещении, в данном случае можно выбрать пускатели открытого исполнения типа П-211, П-212.

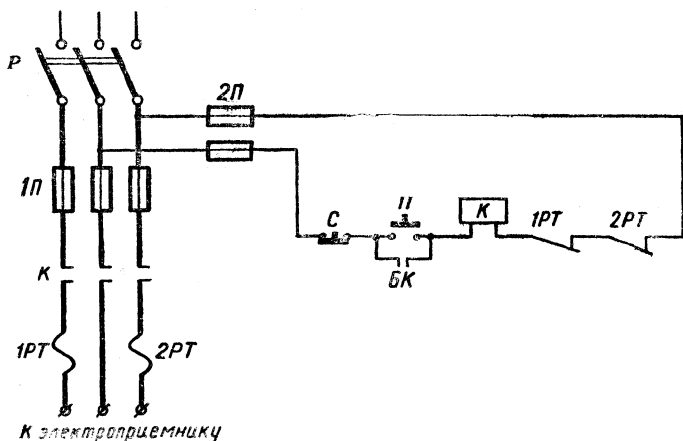


Рис. 64. Принципиальная схема включения нереверсивного магнитного пускателя и кнопки управления.

3. По условиям задачи пускатель должен иметь тепловую защиту, поэтому необходимо выбрать пускатель типа П-212, так как пускатель П-211 теплового реле не имеет (третья цифра 1).

Пример 2.

Определить тип магнитного пускателя для реверсивного управления и защиты двигателя, рассчитанного на номинальные мощность 7 кВт и напряжение 220 в. Двигатель эксплуатируется в пыльном помещении.

Решение.

1. Для заданных мощности и напряжения можно использовать реверсивные пускатели типа: П-313, П-314, П-323, П-324, П-333, П-334 (определяют по табл. 12), последняя цифра в обозначении типа должна быть 3 или 4.

2. Учитывая, что двигатель эксплуатируется в пыльном помещении, следует выбирать пускатель пылеводо-защитного исполнения (вторая цифра должна быть 3). К таким пускателям в данном случае относятся П-333 и П-334.

3. Пускатель должен иметь тепловую защиту (по условиям задачи), значит, третья цифра для реверсивного пускателя должна быть 4. Таким образом, требуется выбрать магнитный пускатель типа П-334.

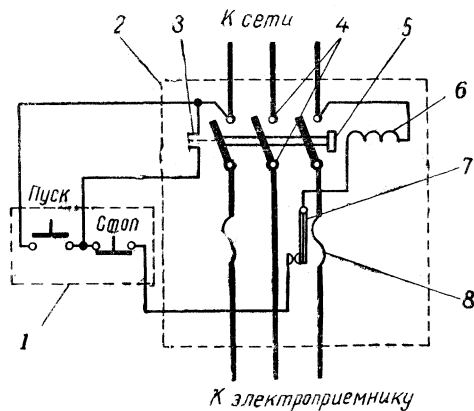


Рис. 65. Монтажная схема цепи управления электроприемником при помощи магнитного пускателя и кнопки:

1 — кнопка управления; 2 — магнитный пускатель; 3 — блок-контакты; 4 — главные контакты; 5 — сердечник; 6 — обмотка; 7 — контакты теплового реле; 8 — нагревательный элемент теплового реле.

Магнитный пускатель монтируют на щитке согласно монтажной схеме (рис. 65). Он должен быть расположен вертикально (что выверяется с помощью отвеса).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Управление электроприемниками при помощи магнитного пускателя

Оборудование: магнитный пускатель нереверсивный для разборки и сборки, магнитный пускатель нереверсивный на щитке для включения, кнопка управления, регулятор напряжения школьный типа РНШ, электроприемник (например, электродвигатель), соединительные провода.

Выполнение работы

1. Снять крышку магнитного пускателя и рассмотреть устройство его основных частей; выяснить, каким образом обмотка соединена с контактами теплового реле и главными контактами; собрать пускатель; записать его основные технические данные.

2. Снять крышку кнопки управления и изучить ее устройство; собрать кнопку.

3. Начертить схему включения обмотки магнитного пускателя через регулятор напряжения и показать ее учителю; собрать по этой схеме цепь.

4. С разрешения учителя подключить цепь к источнику электропитания; плавно повышать напряжение; записать величину напряжения, при котором сработает магнитный пускатель.

5. Повторить такой же опыт три раза и найти среднее значение напряжения срабатывания магнитного пускателя при включении.

6. Установить напряжение, равное номинальному напряжению магнитного пускателя; уменьшать плавно напряжение; записать напряжение, при котором сработает (отключит цепь) магнитный пускатель; повторить опыт три раза и определить среднее значение напряжения срабатывания при отключении; отключить цепь и разобрать ее.

7. Собрать по схеме (см. рис. 65) цепь управления электроприемником при помощи магнитного пускателя и кнопки.

8. С разрешения учителя подключить цепь к источнику электропитания; включить и выключить несколько раз электроприемник при помощи кнопки управления.

9. Отключить цепь и разобрать ее.

Предложить способы регулирования напряжения срабатывания магнитного пускателя.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Промышленность выпускает плавкие предохранители типов ПР, НПН, ПН, НПР (рис. 66). Выпускают также пробочные предохранители типа Ц-14, Ц-27, Ц-33, но их в настоящее время все чаще заменяют автоматическими выключателями. Патрон и плавкая вставка предохранителя рассчитаны на определенный номинальный ток, что нужно учитывать, выбирая предохранитель (табл. 13).

Плавкие предохранители должны обеспечивать нормальную работу электроприемников при длительном прохождении по ним номинального тока и немедленно отключать их при коротких замыканиях, а также при перегрузках. Поэтому предохранители выбирают с учетом следующих обстоятельств:

1) номинальный ток плавкой вставки должен удовлетворять требованию $I_{вст} \geq I_n$,
где I_n — номинальный ток на защищенном участке цепи;

Основные данные плавких предохранителей

Тип	Номинальное напряжение, в	Номинальный ток патрона, а	Номинальный ток плавкой вставки, а
ПР-15	220 и 500	15	6, 10, 15
ПР-60	220 и 500	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
ПР-100	220 и 500	100	60, 80, 100
НПР-100	500	100	60, 80, 100
НПР-200	500	200	100, 125, 160, 200
НПН-15	500	15	6, 10, 15
НПН-60	500	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
Ц-14	250	10	4, 6, 10
Ц-27	500	20	4, 6, 10, 15, 20
Ц-33	500	60	10, 15, 20, 25, 35, 60

2) соотношение номинального тока плавкой вставки и пускового тока электроприемника (имеется в виду электродвигатель) должно отвечать условию

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{2,5},$$

где $I_{\text{пуск}}$ — пусковой ток;

3) каждый предохранитель должен срабатывать лишь тогда, когда произойдет короткое замыкание на участке цепи, который он защищает, т. е. предохранители должны работать избирательно (селективно).

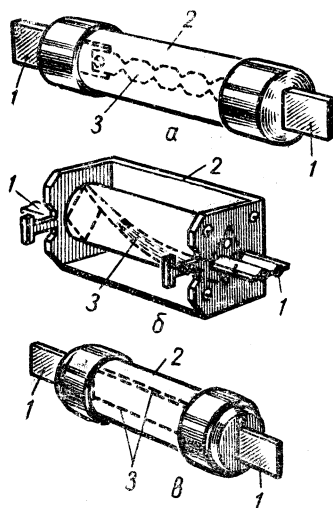


Рис. 66. Плавкие предохранители:

а — типа ПР; б — типа ПН; в — типа НПР; 1 — контактные ножи; 2 — патрон; 3 — плавкие вставки.

Пример.

Рассчитать предохранители для защиты электрической сети (рис. 67). Мощность осветительных и нагревательных электроприемников R_1, R_2, R_3, R_4 соответственно равна 2,4; 1,2; 2,8; 3 квт. Номинальное напряжение 220 в.

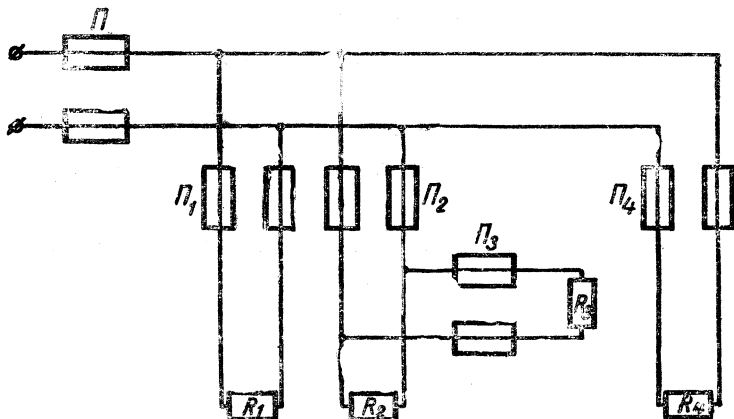


Рис. 67. Схема к примеру расчета предохранителей.

Решение.

1. Определяем номинальный ток для каждой группы электроприемников:

$$I_{н_1} = \frac{2400}{220} \approx 11 \text{ а.}$$

$$I_{н_2} = \frac{1200}{220} \approx 5,5 \text{ а.}$$

$$I_{н_3} = \frac{2800}{220} \approx 12,7 \text{ а.}$$

$$I_{н_4} = \frac{3000}{220} \approx 13,6 \text{ а.}$$

2. Так как пусковой ток при включении осветительных и нагревательных электроприемников почти не отличается от расчетного тока, то руководствуемся лишь условием: $I_{вст} \geq I_{н}$. Значит, номинальные токи плавких вставок предохранителей Π_1, Π_3 и Π_4 соответственно равны 11; 12,7; 13,6 а.

3. Предохранитель P_2 защищает одновременно электроприемники R_2 и R_3 , поэтому номинальный ток плавкой вставки этого предохранителя равен: $5,5 + 12,7 = 18,2$ а.

Подобным образом определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя P , защищающего все участки цепи одновременно: $11 + 5,5 + 12,7 + 13,6 = 42,8$ а.

4. Выбираем тип предохранителя, например ПР. По таблице 13 находим номинальный ток стандартных плавких вставок, который соответственно рассчитанному току равен 45, 15, 6, 15 и 15а.

5. МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Монтаж заключается в установке, закреплении, присоединении и пробном пуске электрической аппаратуры. После монтажа в период эксплуатации осуществляется обслуживание аппаратуры.

Монтаж электрической аппаратуры производится в такой последовательности: ознакомление с рабочими чертежами и схемами; выбор аппаратуры; разметка мест установки опорных конструкций, крепежных деталей и аппаратов; подготовка гнезд, отверстий, ниш для установки опорных конструкций, крепежных деталей и аппаратов; установка конструкций и крепежных деталей; установка аппаратов; присоединение к аппаратам проводов и кабелей сети и заземления; проверка правильности монтажа и соответствия его рабочим чертежам; испытание работы аппаратуры под напряжением; устранение неисправностей и регулировка; повторная проверка работы под напряжением; сдача в эксплуатацию.

Обслуживание электрической аппаратуры заключается в выполнении следующих работ: систематический профилактический осмотр; чистка (устранение пыли, грязи и т. п.); смена перегоревших плавких вставок; проверка надежности заземления; регулировка натяжения пружин; текущий ремонт; испытание (измерение тока срабатывания, напряжения срабатывания, сопротивления изоляции).

Чистить и ремонтировать аппараты, а также заменять плавкие вставки разрешается только при снятом напряжении.

Все постоянные контактные соединения в аппаратуре должны быть плотными. Плотность нажатия контактов регулируется с помощью имеющихся в аппаратуре пружин. Не допускается работа аппаратуры, если контакты покрыты окисью. Окислившиеся контакты очищают наждачной бумагой до блеска.

Изношенные детали аппаратуры нужно своевременно заменять новыми.

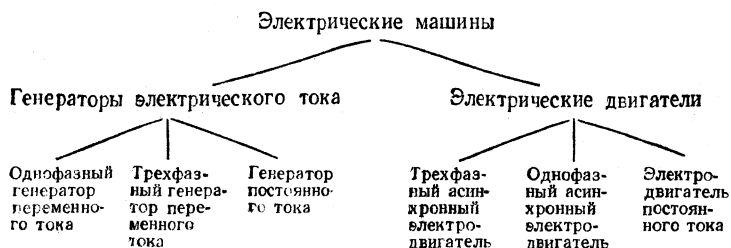
Уход за электрической аппаратурой и мелкий ремонт ее осуществляет дежурный электромонтер или электромонтер-ремонтник.

У. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ТРАНСФОРМАТОРЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электрические машины предназначены для преобразования одной формы энергии в другую: механическую энергию в электрическую преобразуют машины, называемые *электрическими генераторами*; электрическую энергию в механическую преобразуют машины, называемые *электрическими двигателями*. Иначе можно сказать, что электрические генераторы вырабатывают электро-энергию, а электродвигатели потребляют ее.

Электрические машины классифицируются по исполнению (открытые и в защитном корпусе) и назначению. Ниже приведена схема классификации электрических машин в зависимости от их назначения.



Устройство и работа электрических машин основаны на явлениях электромагнитной индукции и взаимодействия магнитных полей.

Электрическая машина имеет неподвижную часть — *статор* и подвижную часть — *ротор*. В зависимости от

назначения электрической машины каждая из этих частей может быть *индуктором* (служит для создания магнитного поля) или *якорем* (служит для возникновения э. д. с. индукции).

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОДНОФАЗНОМ ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Основные параметры переменного тока

Переменным называют ток, величина и направление которого периодически изменяются.

Переменный ток для практического применения получают при помощи генератора. Действие генератора основано на явлении электромагнитной индукции. Магнитное поле создается ротором, который представляет собой электромагнит, вращающийся за счет механической энергии двигателя, например: гидротурбины, паровой турбины, двигателя внутреннего сгорания. Э. д. с. индукции возникает в обмотке статора.

Переменный ток характеризуется следующими основными параметрами: мгновенными значениями э. д. с., напряжения и тока; амплитудными значениями э. д. с., напряжения и тока; периодом; частотой; действующими значениями э. д. с., напряжения и тока; углом сдвига фаз.

Для уяснения смысла перечисленных выше параметров рассмотрим рисунок 68. Из него видно, что э. д. с. индукции изменяется по закону синуса. В этом случае э. д. с., а соответственно и ток принято называть *синусоидальными*. Промышленное применение находят электроустановки, работающие главным образом на синусоидальном переменном токе.

Значение переменной э. д. с. (напряжения, тока) в любой момент времени называется *мгновенным значением* э. д. с. (напряжения, тока). Мгновенные значения э. д. с., напряжения и тока обозначаются соответственно латинскими буквами *e*, *u*, *i*.

Наибольшее значение переменной э. д. с. (напряжения, тока) называется *амплитудным значением* (максимальным) и обозначается соответственно буквами E_m , U_m , I_m .

Через определенные равные промежутки времени величина и направление э. д. с. повторяются. Промежуток времени, в течение которого э. д. с. совершает одно полное колебание, называется **периодом** переменного

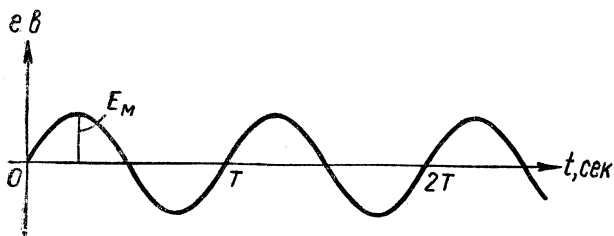


Рис. 68. График однофазного переменного синусоидального тока.

тока. Иначе говоря, период переменного тока выражается наименьшим промежутком времени, по прошествии которого мгновенное значение э. д. с. (тока, напряжения) повторяется.

Период обозначается буквой T и измеряется в секундах.

Величина, обратная периоду, выражающая число периодов в секунду, называется **частотой**. Частота обозначается буквой f и измеряется в герцах (гц).

Согласно определению частота и период связаны следующими соотношениями:

$$f = \frac{1}{T} \text{ и } T = \frac{1}{f}.$$

Для измерения частоты переменного тока применяются **частотомеры**. Частотомеры бывают электромагнитной, электродинамической и других систем. Наиболее точными являются стрелочные частотомеры (рис. 69, а). Однако для практических целей применяются также частотомеры вибрационного типа (рис. 69, б). Частотомер включают в цепь параллельно. Когда по обмотке идет переменный ток, стальная пластина 3 колеблется и передает движение гибким стальным пластинам 4 (рис. 69, в). Каждая из этих пластин

заметно колеблется лишь при определенной частоте. Поэтому наиболее сильно колеблется лишь та пластина, частота собственных колебаний которой совпадает с частотой переменного тока (см. рис. 69, *г*).

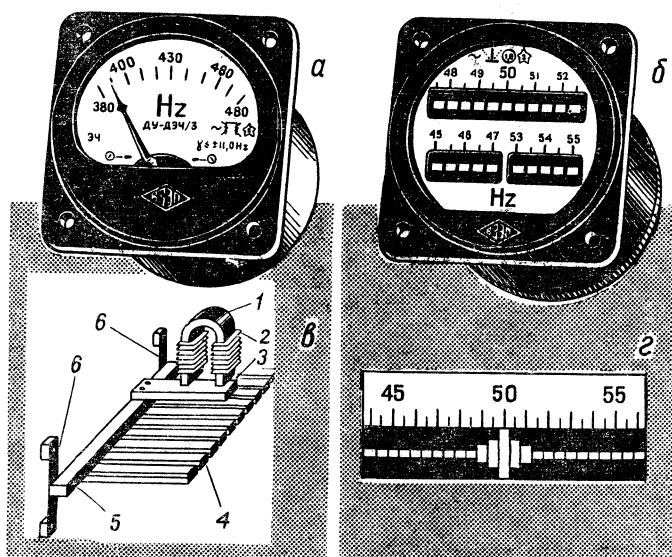


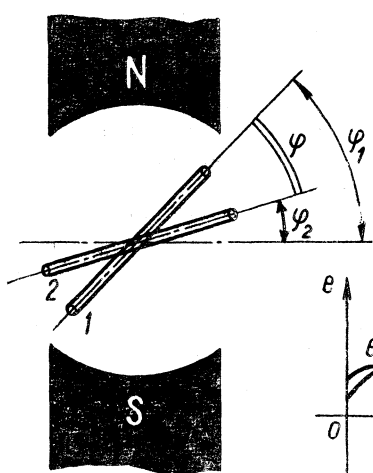
Рис. 69. Частотомер:

а — стрелочный; *б* — вибрационный типа В-81; *в* — схема, поясняющая действие частотомера вибрационной системы; *г* — часть шкалы частотомера вибрационной системы; 1 — постоянный магнит; 2 — обмотка; 3 — стальная пластина; 4 — гибкие стальные пластины; 5 — стальной брусок; 6 — пружины.

Для применения переменного тока важно знать, какое действие он может вызвать, проходя по проводнику независимо от направления. Поэтому рассматривают действующее (эффективное) значение э. д. с. (напряжения, тока).

Действующее значение переменного тока численно равно величине постоянного тока, который выделяет в данном проводнике такое же количество теплоты, что и переменный ток (за одинаковый промежуток времени). Действующие значения э. д. с., напряжения и тока обозначаются соответственно буквами *E*, *U*, *I* и для синус-

соидального переменного тока связаны с амплитудными значениями следующими соотношениями:



$$E = \frac{E_M}{\sqrt{2}},$$

$$U = \frac{U_M}{\sqrt{2}},$$

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}}.$$

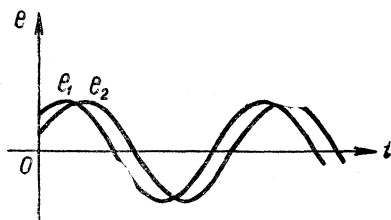


Рис. 70. Два витка, расположенные под углом друг к другу.

Рис. 71. График э. д. с. в двух витках.

Рассмотрим теперь, что понимается под углом сдвига фаз. На рисунке 70 показаны два витка, которые в начальный момент расположены под разными углами по отношению друг к другу. Значит, при вращении этих витков в них возникают неодинаковые э. д. с. Принято говорить, что э. д. с. в этих витках сдвинуты по фазе (рис. 71). Величина сдвига по фазе выражается углом сдвига фаз, т. е. углом φ . Ниже будет показано, что сдвиг фаз может быть также между напряжением и током.

Электрическое сопротивление переменному току

Различают активное, индуктивное, емкостное и полное электрическое сопротивление переменному току.

Активное сопротивление переменному току оказывает любой проводник, например соединительные провода, обмотки реостатов и т. п. Оно объясняется тем, что положительно заряженные ионы кри-

сталлической решетки проводника препятствуют направленному движению в нем электронов.

Активное сопротивление определяют по формуле:

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

где R — активное сопротивление, ом ;

ρ — удельное электрическое сопротивление вещества, из которого сделан проводник, $\text{ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

l — длина проводника, м ;

S — площадь поперечного сечения проводника, мм^2 .

Величина активного сопротивления возрастает с увеличением частоты переменного тока (это явление в данном пособии не рассматривается).

Переменный ток, проходя по проводнику, создает переменный магнитный поток. По закону электромагнитной индукции в проводнике в таком случае возникает э. д. с. самоиндукции, которая согласно правилу Ленца противодействует э. д. с. генератора. Вследствие этого ток в цепи уменьшается. Это уменьшение тока характеризуется величиной, называемой индуктивным сопротивлением.

Индуктивное сопротивление, как нетрудно понять, прямо пропорционально частоте переменного тока. Кроме того, оно прямо пропорционально *индуктивности* проводника (индуктивность характеризует связь между скоростью изменения тока в проводнике и возникающей при этом э. д. с. самоиндукции). Практически заметное индуктивное сопротивление оказывают различные обмотки, например, обмотки двигателей, трансформаторов, т. е. индуктивность проводника увеличивается, если ему придать форму катушки. Кроме того, индуктивность катушки увеличивается при наличии в ней сердечника из намагничивающегося материала, а также зависит от размеров (сечения и длины) катушки и числа витков проводника.

Индуктивное сопротивление обозначают буквой X_L и определяют по формуле:

$$X_L = 2\pi fL,$$

где X_L — индуктивное сопротивление, ом ;

f — частота тока, гц ;

L — индуктивность, гн .

Индуктивность цепи создает между напряжением и током сдвиг фаз (рис. 72), угол которого равен 90° (это явление в данном пособии не может быть объяснено), причем ток отстает по фазе от напряжения.

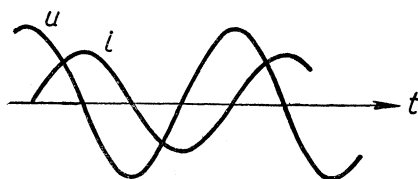


Рис. 72. График напряжения и тока в цепи, обладающей индуктивным сопротивлением.

Если в цепь переменного тока включить конденсатор (два проводника любой формы, разделенные диэлектриком), то на его об-

кладках создается переменное напряжение. По своему действию это напряжение противоположно э. д. с. источника тока, вследствие чего ток в цепи уменьшается. Это уменьшение тока характеризуется величиной, называемой емкостным сопротивлением. Его обозначают буквой X_c и определяют по формуле:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC},$$

где X_c — емкостное сопротивление, ом;

f — частота тока, гц;

C — электрическая емкость, ф.

Емкость цепи создает между напряжением и током сдвиг фаз (рис. 73), угол которого равен 90° (это явление в данном пособии не рассматривается), причем ток опережает по фазе напряжение.

Цепи переменного тока могут состоять из элементов, которые одновременно оказывают активное, индуктивное и емкостное сопротивление току (рис. 74). В таком

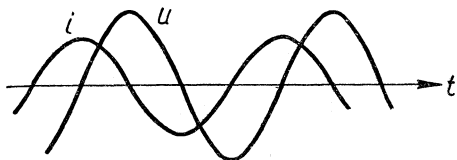


Рис. 73. График напряжения и тока в цепи, обладающей емкостным сопротивлением.

случае говорят о полном сопротивлении цепи, которое обозначают буквой Z и определяют по формулам:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2},$$

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

Мощность переменного тока

Различают активную, реактивную и полную мощность переменного тока.

Активная мощность характеризует скорость преобразования электрической энергии в механическую, химическую и другие формы энергии. Она численно равна средней за период мощности. Активную мощность обозначают буквой P и определяют по формуле:

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

где P — активная мощность, вт ;

U — действующее значение напряжения, в ;

I — действующее значение тока, а ;

$\cos \varphi$ — косинус угла сдвига фаз между напряжением и током.

Из формулы видно, что величина активной мощности прямо пропорциональна косинусу угла сдвига фаз между напряжением и током. $\cos \varphi$ принято называть *коэффициентом мощности*. Чем больше $\cos \varphi$, тем больше активная мощность. Поэтому для увеличения активной мощности создают такой режим работы цепей, при котором угол сдвига фаз между напряжением и током был бы наименьшим ($\cos \varphi$ — наибольшим). С этой целью изменяют индуктивное и емкостное сопротивления,

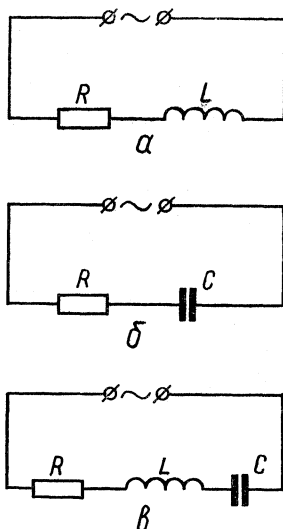


Рис. 74. Примеры схем цепей переменного тока: a — с активным и индуктивным сопротивлениями; $б$ — с активным и емкостным сопротивлениями; $в$ — с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями.

как $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$. Например, для повышения $\cos \varphi$ к обмоткам двигателей подключают конденсаторы. Важно также, чтобы двигатели не работали вхолостую и были нормально нагружены.

Реактивная мощность характеризует скорость обмена электрической энергией между генератором, с одной стороны, и катушками индуктивности и конденсаторами, с другой стороны. Стремятся создать такой режим работы цепей, при котором реактивная мощность была бы наименьшей. С этой целью также добиваются увеличения $\cos \varphi$ (уменьшения угла сдвига фаз между напряжением и током), так как реактивная мощность равна:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi,$$

где Q — реактивная мощность, *вар* (вольт-ампер реактивный);

U — действующее значение напряжения, *в*;

I — действующее значение тока, *а*;

$\sin \varphi$ — синус угла сдвига фаз между напряжением и током.

Полная мощность переменного тока численно равна произведению действующих значений напряжения и тока. Ее обозначают буквой S и определяют по формулам:

$$S = UI \quad \text{или} \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

где S — полная мощность, *ва* (вольт-ампер);

U — действующее значение напряжения, *в*;

I — действующее значение тока, *а*;

P — активная мощность, *вт*;

Q — реактивная мощность, *вар*.

3. ТРЕХФАЗНЫЙ ГЕНЕРАТОР

Общее устройство и схематическое изображение трехфазного генератора показаны на рисунке 75.

Вращающийся электромагнит создает переменный магнитный поток, который пересекает три фазы обмотки статора, расположенные под углом 120° одна по отноше-

нию к другой. Вследствие этого в обмотке возникает индукционный ток, называемый трехфазным током.

Условно принято различать начало и конец фазы. Начала фаз генератора обозначают буквами A, B, C , а концы X, Y, Z . Для удобства применения трехфазного тока фазы генератора соединяют между собой двумя способами: *в звезду*, если концы фаз соединены в одну точку, которая называется *нейтральной* (средней) точкой (рис. 76); *в треугольник*, если конец первой фазы соединен с началом второй, конец второй — с началом третьей, конец третьей — с началом первой (рис. 77).

Провода, которые присоединены к началам фаз генератора или общим точкам начал и концов фаз, называются *линейными проводами*.

Провод, присоединенный к нейтральной точке обмотки генератора, называется *нулевым проводом*.

Напряжение между началом и концом фазы, т. е. между линейным и нулевым проводом, называется *фазным напряжением*. Оно обозначается U_A, U_B, U_C или в общем виде U_ϕ .

Напряжение между началами фаз, т. е. между линейными проводами, называется *линейным напряжением* и обозначается: U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} или в общем виде U_L .

Соотношение между линейными и фазными напряжениями выражается следующими формулами:

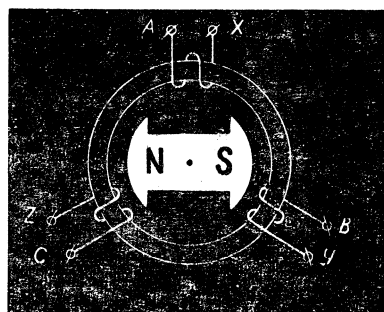
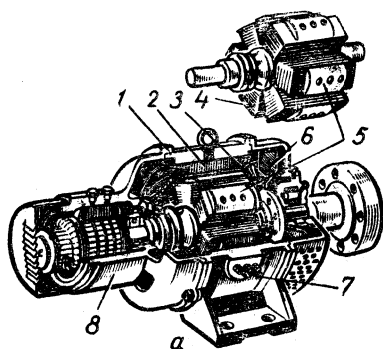


Рис. 75. Трехфазный генератор:
а — общее устройство; б — схематическое изображение; 1 — корпус; 2 — стальной цилиндр; 3 — обмотка статора; 4 — обмотка ротора; 5 — полюса ротора; 6 — вентилятор; 7 — щиток с зажимами обмотки статора; 8 — генератор постоянного тока для питания обмоток ротора.

при соединении в звезду $U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}$;
при соединении в треугольник $U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$.

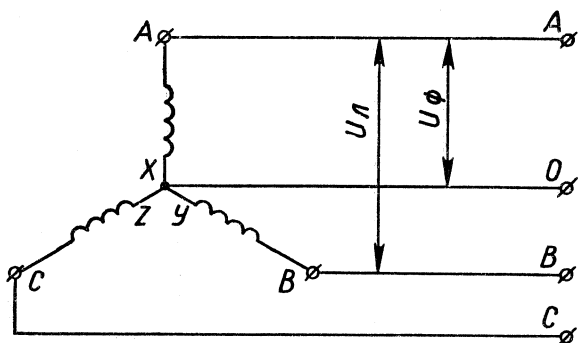


Рис. 76. Принципиальная схема соединения фаз генератора в звезду (0 — зажим нулевого провода).

На рисунках 76 и 77 видно, что передавать электроэнергию от трехфазных генераторов можно с помощью четырех (соединение в звезду) или трех (соединение в треугольник) проводов, тогда как для передачи электроэнергии от трех независимых однофазных генераторов потребовалось бы шесть проводов.

Для подключения электроприемников к четырехпроводным или трехпроводным сетям их также соединяют в звезду (рис. 78) или в треугольник (рис. 79).

Токи, протекающие по линейным проводам, называются *линейными токами*. Они обозначаются: $I_{\text{AB}}, I_{\text{BC}}, I_{\text{CA}}$ или в общем виде $I_{\text{л}}$.

Токи, протекающие в каждой фазе генератора или в каждой фазе электроприемников, называются *фазными токами*. Они обозначаются: $I_{\text{A}}, I_{\text{B}}, I_{\text{C}}$ или в общем виде $I_{\text{ф}}$.

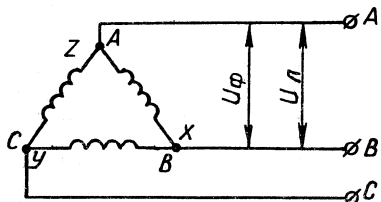


Рис. 77. Принципиальная схема соединения фаз генератора в треугольник.

По возможности добиваются, чтобы фазные токи (нагрузки) были одинаковы ($I_{\text{A}} = I_{\text{B}} = I_{\text{C}}$), что особенно важно при соединении в треугольник. При неодинаковых нагрузках в случае соедине-

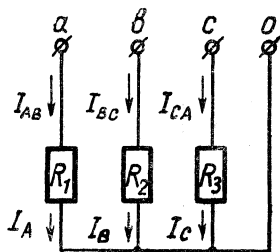


Рис. 78. Принципиальная схема включения электроприемников в четырехпроводную сеть.

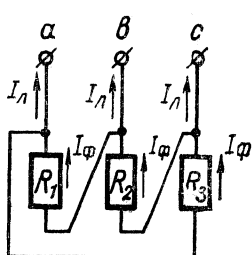


Рис. 79. Принципиальная схема включения электроприемников в трехпроводную сеть.

ния в звезду необходим нулевой провод, но он не нужен, если нагрузки одинаковы.

Соотношение между линейными и фазными токами при одинаковых нагрузках выражается формулами:

при соединении в звезду $I_L = I_\varphi$;

при соединении в треугольник $I_L = \sqrt{3} \cdot I_\varphi$.

Вопросы и упражнения

1. В чем преимущества трехфазного тока перед однофазным?
2. Линейное напряжение равно 380 в. Чему равно фазное напряжение при соединении в звезду? в треугольник?
3. Фазное напряжение равно 127 в. Чему равно линейное напряжение при соединении в звезду? в треугольник?
4. Можно ли включить электрические лампочки, рассчитанные на напряжение 220 в, в сеть трехфазного тока с линейным напряжением 380 в? Если можно, то начертите схему включения.
5. Линейное напряжение четырехпроводной сети равно 220 в. Начертите схему включения в эту сеть трех электроприемников на номинальное напряжение 220 в и четырех электроприемников на номинальное напряжение 127 в.
6. К чему может привести обрыв нулевого провода? линейного провода? двух линейных проводов?
7. Можно ли к одной и той же электрической сети подключить осветительные и силовые электроприемники, если последние рассчитаны на номинальное напряжение 380 в? Если можно, то начертите схему включения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Включение электроприемников в звезду, проверка соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями

Оборудование: ламповый реостат из трех отдельных групп (фаз) ламп, авометр, амперметры — 6 шт., соединительные провода.

Выполнение работы

1. Начертить схему соединения фаз лампового реостата в звезду и включения амперметров для измерения фазных и линейных токов, согласовать схему с учителем.

2. Собрать по схеме цепь; в каждой фазе реостата должно быть одинаковое количество ламп одной и той же мощности (равномерная нагрузка).

3. Начертить таблицу:

Условия выполнения опыта	Показания приборов											
	I_A	I_B	I_C	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
При наличии нулевого провода:												
а) равномерная нагрузка												
б) неравномерная нагрузка												
Без нулевого провода:												
а) равномерная нагрузка												
б) неравномерная нагрузка												

4. С разрешения учителя включить цепь в сеть и записать показания амперметров в таблицу.

5. Измерить авометром (см. стр. 75), соблюдая осторожность, фазные и линейные напряжения и записать результаты в таблицу.

6. Отключить цепь от сети; отсоединить нулевой провод.

7. С разрешения учителя включить цепь в сеть; результаты измерения амперметрами и авометром записать в таблицу; отключить цепь.

8. Сделать нагрузку в фазах неравномерной, изменив мощность или количество ламп, с разрешения учителя включить цепь в сеть и выполнить необходимые измерения, записать результаты в таблицу.

9. Отключить цепь от сети, присоединить нулевой провод, с разрешения учителя включить цепь в сеть, сделать необходимые измерения и записать в таблицу результаты.

10. Отключить цепь и разобрать ее.

Сделать вывод о соотношении линейных и фазных токов и напряжений при равномерной нагрузке.

Объяснить роль нулевого провода.

Включение электроприемников в треугольник, проверка соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями

Оборудование: ламповый реостат из трех отдельных групп (фаз) ламп, амперметры — 6 шт., авометр, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Начертить схему соединения фаз лампового реостата в треугольник и включения амперметров для измерения линейных и фазных токов, согласовать ее с учителем.

2. Собрать по схеме цепь (нагрузка в каждой фазе одинакова).

3. Начертить таблицу:

Условия выполнения опыта	Показания приборов											
	I_A	I_B	I_C	I_{AE}	I_{BC}	I_{CA}	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
Равномерная нагрузка												
Равномерная нагрузка при отсоединенном одном линейном проводе												
Неравномерная нагрузка												

4. С разрешения учителя включить цепь в сеть, записать показания амперметров в таблицу.

5. Измерить авометром (см. стр. 75), соблюдая осторожность, линейные и фазные напряжения и записать результаты в таблицу.

6. Отключить цепь, отсоединить один линейный провод.

7. С разрешения учителя включить цепь в сеть, сделать необходимые измерения и записать результаты в таблицу.

8. Отключить цепь; изменить нагрузку; с разрешения учителя включить цепь в сеть, сделать необходимые измерения, записать результаты в таблицу, отключить цепь и разобрать ее.

Сделать вывод о соотношении линейных и фазных токов и напряжений при равномерной нагрузке.

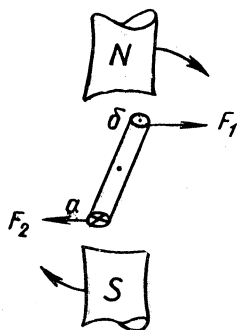
4. ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Устройство асинхронного двигателя

Рассмотрим сначала принцип действия асинхронного трехфазного двигателя.

При вращении магнита (рис. 80) в направлении, указанном стрелками, короткозамкнутый виток ab пересекается магнитным потоком. В витке создается индукционный ток, направление которого определяют по правилу правой руки (учитывается относительное движение витка). Магнитные поля индукционного тока и вращающегося магнита взаимодействуют между собой, в результате чего на виток действуют силы F_1 и F_2 , направление которых определяют по правилу левой руки. Под действием этих сил виток вращается в том же направлении, что и магнитное поле. Скорость вращения витка меньше скорости вращения магнитного поля (иначе магнитный поток, пересекающий виток, не был бы переменным, и в витке не возникал бы индукционный ток). Поэтому вращение витка относительно поля является асинхронным.

В асинхронном двигателе (рис. 81) вращающееся магнитное поле создается в результате прохождения трехфазного тока по трем неподвижным фазам статора, расположенным под углом 120° по отношению друг к другу.



Ротор у данного двигателя короткозамкнутый. Трехфазные асинхронные электродвигатели широко применяются в промышленности и в сельском хозяйстве.

Скорость вращения магнитного поля асинхронного двигателя называется *синхронной скоростью*. Она определяется по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p},$$

Рис. 80. Схема, поясняющая принцип действия асинхронного двигателя.

где n — синхронная скорость, об/мин;
 f — частота тока в обмотке статора, гц;
 p — число пар полюсов статора.

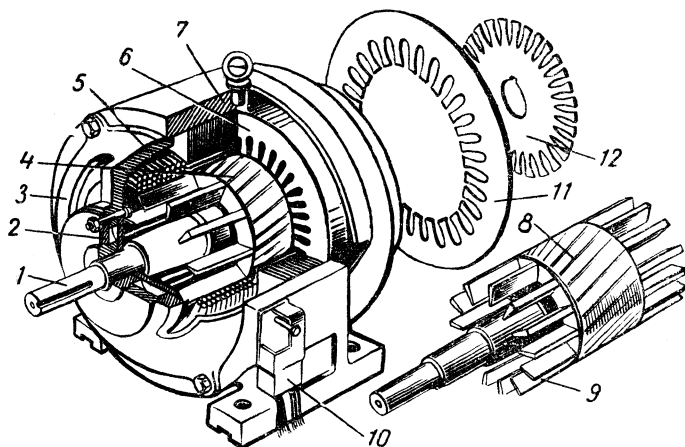


Рис. 81. Устройство трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором:

1 — вал; 2 — шариковый подшипник; 3 — подшипниковый щит; 4 — сердечник ротора; 5 — обмотка статора; 6 — сердечник статора; 7 — статорная; 8 — стержни обмотки ротора; 9 — лопасти воздушного вентилятора; 10 — коробка зажимов с выводами обмотки статора; 11 — пластины сердечника статора; 12 — пластины сердечника ротора.

Скорость вращения ротора (*асинхронная скорость*) нормально нагруженного двигателя на 3—5% меньше синхронной скорости.

Техническая характеристика трехфазных асинхронных двигателей

Асинхронные двигатели характеризуются номинальной мощностью, номинальным напряжением, номинальным током в обмотке статора, скоростью вращения ротора, к. п. д., коэффициентом мощности ($\cos \varphi$), величиной пускового тока (пусковой ток в 3—5 раз больше номинального), габаритами и весом.

Типы асинхронного электродвигателя имеют разные обозначения: А — в чугунном защитном корпусе; АЛ —

в алюминиевом защитном корпусе; АО — в чугунном корпусе обдуваемые; АОЛ — в алюминиевом корпусе обдуваемые (табл. 14).

Таблица 14

Техническая характеристика асинхронных электродвигателей
трехфазного тока с короткозамкнутым ротором
(мощность до 4,5 кВт)

Тип	Номинальная мощность, <i>квт</i>	Скорость враще- ния ротора, <i>об/мин</i>	К. п. д., %	$\cos \varphi$	$I_{пуск} / I_{ном}$	Размеры, <i>мм</i>	
						Длина и ши- рина (в плане)	Высота
А 31-4 и АЛ 31-4	0,6	1410	74,0	0,77	5,0	250×273	200
А 32-4 и АЛ 32-4	1,0	1410	78,5	0,79	5,0	250×309	200
А 41-4 и АЛ 41-4	1,7	1420	81,5	0,83	5,5	302×344	282
А 42-4 и АЛ 42-4	2,8	1420	83,5	0,85	6,0	302×384	282
А 51-4 и АЛ 51-4	4,5	1440	85,5	0,86	6,0	405×441	378
А 42-6 и АЛ 42-6	1,7	930	79,5	0,75	4,5	302×384	282
А 51-6 и АЛ 51-6	2,8	950	82,5	0,78	4,5	405×441	378
А 52-6 и АЛ 52-6	4,5	950	84,5	0,8	5,0	405×491	378
А 61-8	4,5	730	83,0	0,76	4,5	500×580	460
АО 31-2 и АОЛ 31-2	0,6	2860	76,0	0,85	6,0	235×300	200
АО 32-2 и АОЛ 32-2	1,0	2860	79,0	0,86	6,5	235×335	200
АО 41-2 и АОЛ 41-2	1,7	2880	81,5	0,87	6,5	286×375	282
АО 42-2 и АОЛ 42-2	2,8	2880	84,0	0,88	6,5	286×415	282
АО 51-2 и АОЛ 51-2	4,5	2900	85,5	0,88	6,5	380×482	376
АО 31-4 и АОЛ 31-4	0,6	1410	74,0	0,76	5,0	235×300	200
АО 32-4 и АОЛ 32-4	1,0	1410	78,5	0,79	5,0	235×335	200
АО 41-4 и АОЛ 41-4	1,7	1420	81,5	0,82	5,0	286×375	282
АО 42-4 и АОЛ 42-4	2,8	1420	83,5	0,84	5,5	286×415	282
АО 51-4 и АОЛ 51-4	4,5	1440	85,5	0,85	6,0	380×482	376
АО 41-6 и АОЛ 41-6	1,0	930	77,0	0,72	4,0	286×375	282
АО 42-6 и АОЛ 42-6	1,7	930	79,5	0,75	4,5	286×415	282
АО 51-6 и АОЛ 51-6	2,8	950	82,5	0,78	5,0	380×482	376
АО 52-6 и АОЛ 52-6	4,5	950	84,5	0,8	5,5	380×532	376

Первая и вторая цифры после букв условно обозначают габариты двигателя — продольный и поперечный размеры (в плане); последняя цифра — число полюсов.

Взамен двигателей А и АО выпускают двигатели единой серии мощностью до 100 кВт, в которых в большей степени унифицированы детали и узлы. В обозначении двигателей этой серии добавляется цифра 2 (А2, АО2).

Упражнение

Рассчитать и выбрать плавкий предохранитель к электродвигателям типов: А 31-4, АЛ 42-4.

У к а з а н и е.

Ток в трехфазных цепях определяют по формуле:

$$I_n = \frac{P_p \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n \cos \varphi},$$

где P_p — расчетная мощность, кВт;

U_n — номинальное напряжение, в;

I_n — номинальный ток, а;

$\cos \varphi$ — коэффициент мощности переменного тока.

Включение в сеть трехфазных асинхронных двигателей

Подготовка к пуску и включение электродвигателя в сеть выполняются в следующем порядке:

1. Определяют выводы, принадлежащие одной и той же фазе; это выполняют с помощью омметра, авометра или контрольной лампы; выводы маркируют.

2. Определяют начала и концы фаз; если при включении фазы *аб* (рис. 82, *а*) в сеть вольтметр не покажет наличия напряжения, то *г* и *д* являются либо началами, либо концами фаз (принимается условно); если же вольтметр покажет наличие напряжения, то вывод *г* является, например, началом, а вывод *д* — концом; выводы маркируют; собирают цепь по схеме, показанной на рисунке 82, *б*, и подобным же образом определяют начало и конец фазы *аб*.

3. Фазы статора соединяют между собой в звезду или в треугольник.

4. Присоединяют к зажимам электродвигателя провода (кабель) через пусковое устройство, например: рубильник, магнитный пускатель и т. п.

5. Включают электродвигатель в сеть с помощью пусковой аппаратуры.

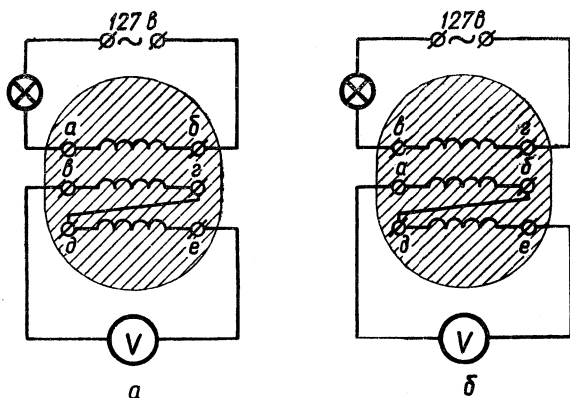


Рис. 82. Схемы цепей для определения начал и концов фаз статора.

Для уменьшения величины пускового тока двигатель нередко включают в сеть, соединив обмотку статора в звезду, а затем, если требуется, переключают ее в треугольник.

Для изменения направления вращения вала двигателя (реверсирования) нужно поменять местами два линейных провода, с помощью которых двигатель подключают к сети.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Включение асинхронного двигателя в сеть

Оборудование: асинхронный двигатель для разборки и сборки, асинхронный двигатель для включения, омметр (авометр), вольтметр, амперметр, гаечный ключ, отвертка, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Снять с двигателя подшипниковые щиты и изучить устройство двигателя; собрать его.
2. Записать основные технические данные двигателя, предназначенного для включения.
3. Определить выводы, принадлежащие каждой фазе статора, и замаркировать их.
4. Определить начала и концы фаз статора (см. рис. 82) и замаркировать их (перед каждым включением в сеть получать разрешение учителя).
5. Начертить схему включения двигателя при соединении фаз статора в звезду, предусмотрев амперметр для измерения тока; показать схему учителю.

6. Подготовить двигатель для включения, с разрешения учителя включить его в сеть и записать показание амперметра, обратить внимание, в какую сторону вращается вал ротора.

7. Отключить двигатель, поменять местами два линейных провода, с разрешения учителя включить двигатель и обратить внимание, в какую сторону вращается вал ротора, отключить двигатель.

8. Начертить схему включения двигателя при соединении обмотки статора в треугольник, предусмотрев амперметр для измерения тока, показать ее учителю.

9. Подготовить двигатель для включения; с разрешения учителя включить двигатель в сеть и записать показание амперметра; отключить двигатель.

Сделать вывод о соотношении токов при включении двигателя в звезду и в треугольник.

5. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Устройство и виды машин постоянного тока

Одна и та же машина постоянного тока (рис. 83) может использоваться в качестве генератора или в качестве электродвигателя.

Если по обмотке возбуждения (статора) и якоря (ротора) пропустить постоянный ток, то якорь начнет вращаться; машина будет работать в режиме электродвигателя. Если же по обмотке возбуждения пропустить постоянный ток и при этом вращать якорь, то в обмотке якоря создается переменная э. д. с. индукции; машина будет работать в режиме генератора электрического тока.

Чтобы ток в обмотке якоря проходил в одном и том же направлении, в машинах постоянного тока имеется коллектор (рис. 84). Электрический ток к коллектору или от него идет по электрическим щеткам (рис. 85).

Машины постоянного тока различают по способу питания током обмотки возбуждения. При *параллельном* соединении обмоток возбуждения и якоря (рис. 86) скорость вращения двигателя мало изменяется при уменьшении или увеличении механической нагрузки на валу двигателя.

Двигатель, у которого обмотки возбуждения и якоря соединены *последовательно* (рис. 87), может выдерживать перегрузки. При небольшом увеличении тока в якоре вращающийся момент на валу этого двигателя сильно возрастает.

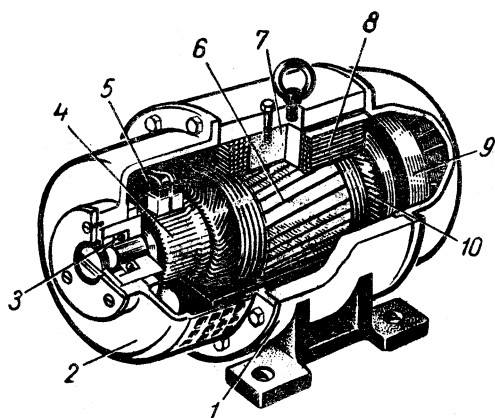


Рис. 83. Устройство машины постоянного тока:

1 — корпус; 2 — подшипниковый щит; 3 — подшипник; 4 — коллектор; 5 — щетки; 6 — якорь; 7 — сердечник статора; 8 — обмотка возбуждения; 9 — вентилятор; 10 — обмотка якоря.

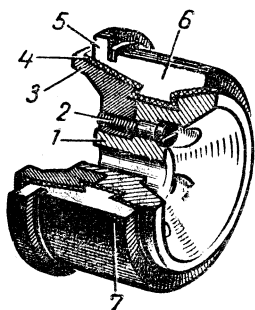


Рис. 84. Устройство коллектора:

1 — вал якоря; 2 — стяжной болт; 3 — нажимное кольцо; 4 — прокладка из миканита; 5 — выступ пластины коллектора — «петушок» — для припаивания провода обмотки якоря; 6 — часть пластины коллектора — «ласточкин хвост»; 7 — пластины коллектора (ламели).

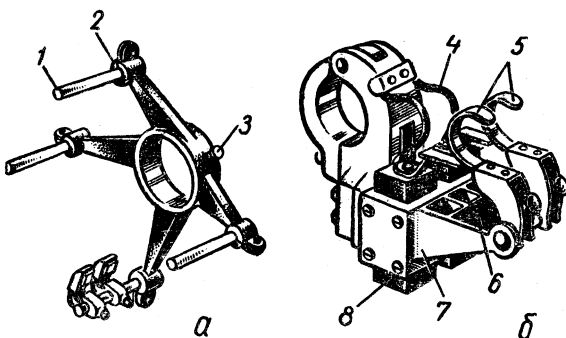


Рис. 85. Щеточный механизм:

а — траверса; б — щеткодержатель; 1 — щеточный палец; 2 — изоляция кольца от траверсы; 3 — стопорный болт; 4 — медный канатик щетки; 5 — нажимные пластины; 6 — пружина; 7 — обойма щеткодержателя; 8 — щетка.

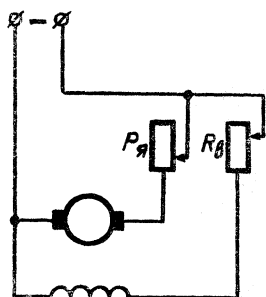


Рис. 86. Принципиальная схема включения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением:

$R_{я}$ — регулировочный реостат для изменения тока в обмотке якоря; $R_{в}$ — то же для изменения тока в обмотке возбуждения.

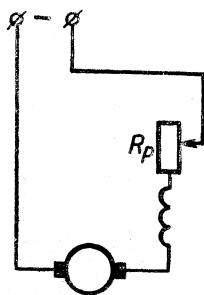


Рис. 87. Принципиальная схема включения двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением:

R_p — регулировочный реостат для изменения тока одновременно в обмотках якоря и возбуждения.

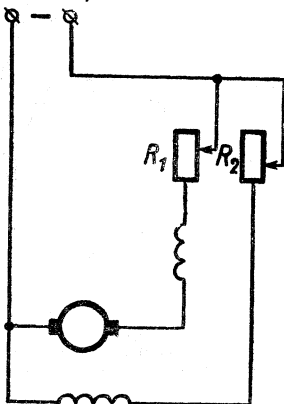
Для двигателя со *смешанным возбуждением* (рис. 88) характерна умеренная зависимость скорости вращения вала от тока в якоре.

Электродвигатели постоянного тока применяются в тех случаях, когда требуется плавно регулировать скорость, например в троллейбусах, электровозах, некоторых типах подъемных кранов, в устройствах автоматики.

Обмотки возбуждения и якоря генератора постоянного тока соединяют теми же способами, что и обмотки двигателей, но пусковые реостаты в цепях генераторов не используются. Генераторы постоянного тока применяют тогда, когда требуется самостоятельный источник тока, например для питания некоторых видов электромагнитов, электромагнитных муфт, электродвигателей.

Рис. 88. Принципиальная схема включения двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением:

R_1 и R_2 — регулировочные реостаты.



Техническая характеристика машин постоянного тока

Промышленность выпускает машины постоянного тока единой серии П мощностью от 0,3 до 200 *квт*, от 200 до 1400 *квт* и свыше 1400 *квт*. Однако в эксплуатации широко распространены также машины типа ПН (см. табл. 15) и типа МП (см. табл. 16).

Т а б л и ц а 15

**Техническая характеристика машин постоянного тока
типа ПН на номинальное напряжение 220 в для двигателя
и 230 в для генератора (мощностью до 5,2 *квт*)**

Тип	Работа в режиме			
	генератора		двигателя	
	Номинальная мощность, <i>квт</i>	Скорость вращения якоря, <i>об/мин</i>	Номинальная мощность, <i>квт</i>	Скорость вращения якоря, <i>об/мин</i>
ПН-5	0,95	2820	1,0	2800
	0,37	1420	0,3	960
ПН-10	2,2	2860	2,4	2850
	0,85	1430	0,65	980
ПН-17,5	3,1	2860	3,7	2850
	1,3	1430	1,0	1000
ПН-28,5	5,2	2860	5,3	2800
	2,0	1430	1,6	1000

Упражнение

Рассмотрите внешний вид и паспорт машины постоянного тока и запишите ее основные технические данные; разберите частично машину и познакомьтесь с ее устройством; установите, имеют ли части машины дефекты, объясните причины их появления и предложите способы устранения; соберите машину.

Техническая характеристика электродвигателей постоянного тока типа МП на номинальное напряжение 220 в (мощностью до 12,5 кВт)

Тип	Последовательное возбуждение			Параллельное возбуждение		
	Номинальная мощность, кВт	Номинальный ток, а	Скорость вращения якоря, об/мин	Номинальная мощность, кВт	Номинальный ток, а	Скорость вращения якоря, об/мин
МП-12	2,5	15,6	1000	2,5	14	1300
МП-22	4,5	28,0	880	4,5	26	1100
МП-32	9,0	52,0	750	9,0	48	900
МП-41	12,5	72,0	630	12,5	64	685

6. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Основные сведения об устройстве и действии трансформаторов

Трансформатором называется электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при той же частоте.

Устройство и действие трансформатора (рис. 89) основано на явлении электромагнитной индукции. Когда одну из обмоток подключают к источнику переменного тока, тогда в этой обмотке возникает э. д. с. самоиндукции, а в другой обмотке — э. д. с. индукции. Величина э. д. с., возникающей в обмотках трансформатора, выражается формулами:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_m,$$

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_m,$$

где E_1 — э. д. с. в первичной обмотке, в;

E_2 — э. д. с. во вторичной обмотке, в;

f — частота переменного тока, гц;

w_1 — число витков в первичной обмотке;

w_2 — число витков во вторичной обмотке;

Φ_m — максимальный магнитный поток в сердечнике трансформатора, вб.

Если не учитывать потерю напряжения в обмотках трансформатора, величина которой очень мала, то можно написать формулы:

$$E_1 = U_1 \text{ и } E_2 = U_2,$$

где U_1 — напряжение на первичной обмотке;
 U_2 — напряжение на вторичной обмотке.

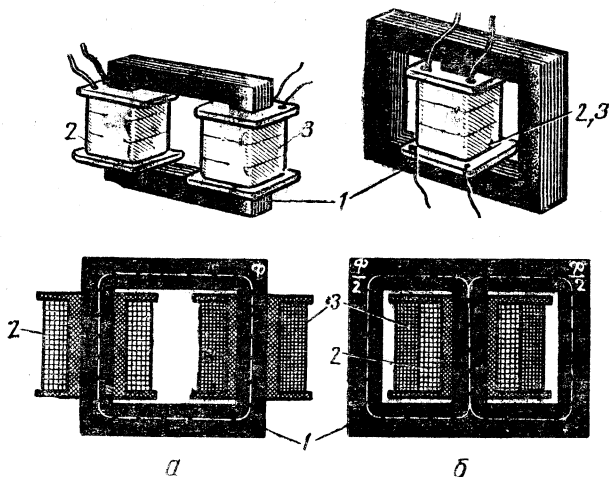


Рис. 89. Устройство и схематическое изображение трансформатора:

а — со стержневым сердечником; *б* — с броневым сердечником;
 1 — сердечник; 2 и 3 — первичные и вторичные обмотки.

Сравнивая между собой приведенные выше формулы, можно убедиться, что

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

Отношение $\frac{E_1}{E_2}$ для данного трансформатора является постоянной величиной и называется *коэффициентом трансформации*. Коэффициент трансформации обозначают буквой k .

Если $U_1 > U_2$, трансформатор будет понижающим, если $U_1 < U_2$, то повышающим. Один и тот же трансформатор может использоваться как для понижения, так и для повышения напряжения.

Из опыта и путем расчетов можно убедиться, что

если пренебречь за малостью потерями энергии в самом трансформаторе, то

$$P_1 = P_2,$$

где P_1 — мощность тока в первичной обмотке;

P_2 — мощность тока во вторичной обмотке.

Тогда соотношение токов и напряжений в обмотках трансформатора можно выразить формулой:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

Мощности тока в первичной и вторичной обмотках одинаковы лишь в идеальном случае. Практически же часть электрической энергии бесполезно расходуется на нагревание обмоток и сердечника. Потери энергии в обмотках называются потерями «в меди», а потери энергии в сердечнике — потерями «в стали». Вследствие потерь энергии мощность тока во вторичной обмотке меньше мощности тока в первичной обмотке.

Отношение мощности тока во вторичной обмотке к мощности тока в первичной обмотке называется *коэффициентом полезного действия* трансформатора. К. п. д. трансформатора большой — примерно 99—99,5%. К. п. д. трансформатора определяют опытным путем, измеряя мощности тока в обмотках или мощность потерь энергии в обмотках и сердечнике. Поэтому формула для нахождения к. п. д. трансформатора будет выглядеть так:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_1 I_1 - P_m - P_{ст}}{U_1 I_1},$$

где η — к. п. д. трансформатора;

U_1 — напряжение на первичной обмотке, в;

I_1 — ток в первичной обмотке, а;

P_m — мощность потерь «в меди», вт;

$P_{ст}$ — мощность потерь «в стали», вт.

Виды трансформаторов

По назначению и особенностям устройства различают несколько видов трансформаторов. Рассмотрим некоторые виды трансформаторов.

Сварочный трансформатор предназначен для электрической сварки металлов, например жил проводов. Особенности его устройства: трансформатор по-

нижающий; от вторичной обмотки имеется несколько ответвлений на различные напряжения; трансформатор нормально работает при сравнительно больших токах (до 300 а) в обмотках (рис. 90).

Автотрансформаторы применяются для регулирования напряжения при пуске электродвигателей,

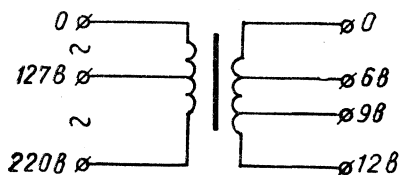


Рис. 90. Принципиальная схема свачного трансформатора.

для питания выпрямителей, в лабораторных электроустановках. Автотрансформатор имеет одну обмотку (см. приложение), которую подключают к сети переменного тока и с которой снимается регулируемое напряжение. Эта обмотка одновременно является первичной и вторичной.

Бытовые трансформаторы предназначены для включения бытовых электроприборов, когда номинальное напряжение электроприбора не соответствует напряжению сети. На рисунке 91 показан широко применяемый в быту автотрансформатор типа АСБ-0,5 (автотрансформатор сетевой бытовой мощностью 0,5 кВт). Он может повышать напряжение от 127 до 220 в или понижать напряжение с 220 до 127 в. Перед включением трансформатора в сеть предохранитель устанавливают в положение, соответствующее напряжению сети. Для этого отвинчивают винты, снимают крышку, устанавливают предохранитель в нужное положение. При закрытой крышке в окне должна быть видна надпись:

(можно включать в сеть напряжением 127 в) или

127
220
220
127

 (можно включать в сеть напряжением 220 в).

Бытовой трансформатор типа ТБ-30 (рис. 92) предназначен для понижения напряжения осветительной сети с целью включения в нее соответствующих бытовых электроприборов.

При пользовании бытовыми трансформаторами нужно строго соблюдать правила техники безопасности. Необходимо также учитывать специфические требования, предъявляемые в данном случае: мощность подключае-

мых электроприемников не должна превышать номинальной мощности трансформатора; сначала трансформатор включают в сеть, а затем к нему подключают электроприемник; отключают сначала электроприемник от трансформатора, а затем трансформатор от сети.

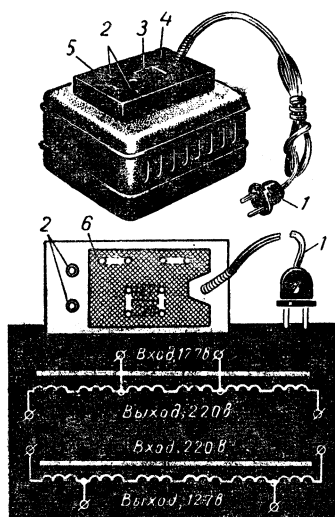


Рис. 91. Бытовой автотрансформатор типа АСБ-0,5 и схемы его включения:

1 — шнур с вилкой для включения в сеть; 2 — штепсельные гнезда для включения электроприемника; 3 — окно; 4 — крышка; 5 — винты, закрепляющие крышку; 6 — предохранитель (картонная пластинка с латунными перемычками).

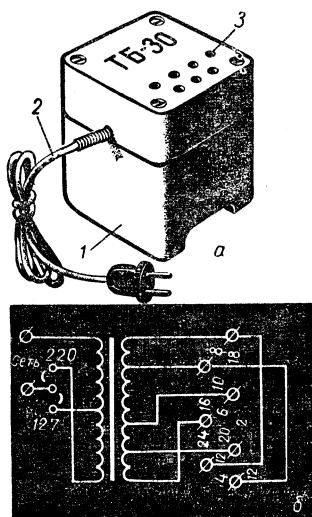


Рис. 92. Бытовой трансформатор типа ТБ-30:

а — внешний вид; б — принципиальная электрическая схема; 1 — корпус; 2 — шнур с вилкой для включения в сеть; 3 — штепсельные гнезда для включения электроприемников,

Расчет и сборка маломощных трансформаторов

Рассмотрим метод упрощенного расчета самодельного трансформатора.

Для расчета трансформатора нужно иметь исходные данные:

P_2 — мощность трансформатора, *вт*;

η — к. п. д. трансформатора (обычно 0,8—0,9);

U_1 — напряжение на первичной обмотке, *в*;

U_2 — напряжение на вторичной обмотке, *в*.

Рассчитывают:

S — поперечное сечение сердечника, см^2 ;

w_1 — число витков первичной обмотки;

w_2 — число витков вторичной обмотки;

d_1 — диаметр провода первичной обмотки, мм ;

d_2 — диаметр провода вторичной обмотки, мм .

Порядок расчета

1. Определяют мощность P_1 , которую будет потреблять трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \text{ вт.}$$

2. Рассчитывают поперечное сечение сердечника:

$$S = 1,15 \sqrt{P_1} \text{ см}^2.$$

3. Вычисляют число витков первичной обмотки:

$$w_1 = \frac{50 \cdot U_1}{S}.$$

4. Вычисляют число витков вторичной обмотки:

$$w_2 = \frac{50,05 \cdot U_2}{S}.$$

5. Определяют диаметр провода первичной обмотки:

$$d_1 = 0,8 \sqrt{\frac{P_1}{U_1}} \text{ мм.}$$

6. Определяют диаметр провода вторичной обмотки:

$$d_2 = 0,8 \sqrt{\frac{P_2}{U_2}} \text{ мм.}$$

7. По таблице 6 выбирают марку обмоточного провода.

8. Вычисляют толщину обмоток. Между обмотками, намотанными на сердечник, должен быть небольшой промежуток. Если обмотки не помещаются на сердечник, то выбирают увеличенные размеры сердечника и вновь рассчитывают число витков.

Сердечники трансформаторов мощностью до 1—1,5 kвт имеют прямоугольное поперечное сечение, причем соотношение длины и ширины их выбирается в пределах от 1,2 до 2. Их изготавливают из листов электротехнической стали толщиной от 0,35 до 0,5 мм .

Для самодельного трансформатора можно использовать сердечник от ранее эксплуатировавшегося аппарата

та. Изготавливают сердечник следующим образом: стальные пластины собирают в пакет, накладывая их друг на друга; пакет зажимают с двух сторон металлическими пластинами; в пакете просверливают отверстия, после чего листы пакета соединяют заклепками; пакет зажимают в тиски и выпиливают пластины сердечника нужных размеров и формы.

Обмотку наматывают на станке или вручную. Можно приспособить для этого ручную дрель (рис. 93).

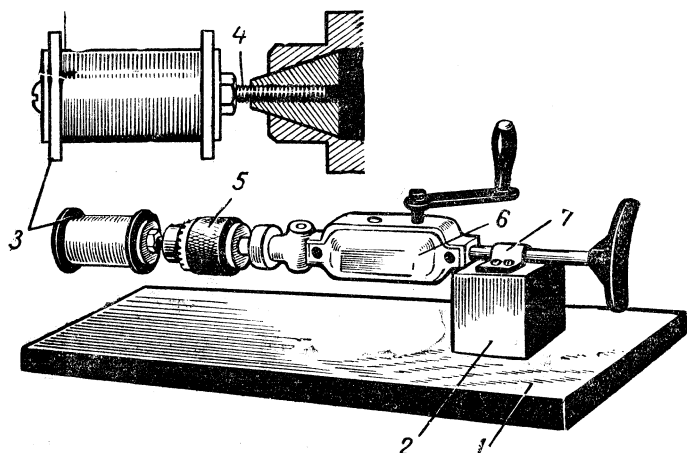


Рис. 93. Самодельный намоточный станок:

1 — подставка; 2 — стойка высотой 60—80 мм; 3 — каркас катушки; 4 — винт для закрепления каркаса катушки; 5 — патрон ручной дрели; 6 — ручная дрель; 7 — металлическая скоба для закрепления дрели.

Проверка трансформатора

Трансформатор проверяют омметром (авометром) на обрыв и короткое замыкание обмоток. Если обмотки исправны, то трансформатор проверяют под напряжением, определяя коэффициент трансформации, величину потерь энергии в сердечнике и обмотках и к. п. д. при различных нагрузках во вторичной цепи.

Коэффициент трансформации определяют, сравнивая показания вольтметров, включенных в первичную и вторичную цепи. При этом во вторичной цепи не должно быть электроприемников.

Потери энергии «в стали» определяют при отсутствии нагрузки во вторичной цепи, т. е. при холостом ходе трансформатора (рис. 94). Потери «в стали» зависят от напряжения и не зависят от силы тока в обмотках. При холостом ходе напряжения на первичной и вторичной

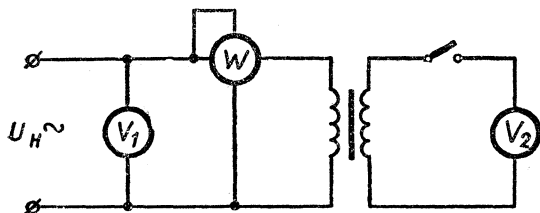


Рис. 94. Принципиальная схема опыта холостого хода трансформатора.

обмотках равны номинальным напряжениям, при которых работает трансформатор. Ток же во вторичной обмотке равен нулю, а в первичной — очень мал, так что потерями «в меди» можно пренебречь (они прямо пропорциональны квадрату силы тока). Поэтому ваттметр, включенный в первичную цепь, показывает мощность, соответствующую потере энергии «в стали».

Потери энергии «в меди» зависят от силы тока и не зависят от напряжения на обмотках. Поэтому потери «в меди» определяют при номинальном токе в обмотках. Для этого напряжение на первичной обмотке снижают до 5—12% от номинального напряжения с таким расчетом, чтобы при коротком замыкании вторичной обмотки (опыт короткого замыкания) ток в первичной обмотке был равен номинальному току (рис. 95). Снижение напряжения необходимо для того, чтобы уменьшить

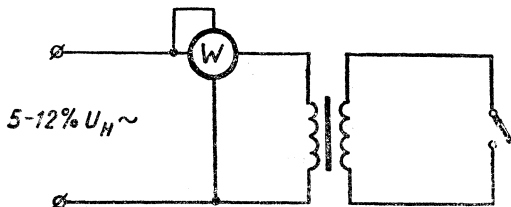


Рис. 95. Принципиальная схема опыта короткого замыкания.

ток короткого замыкания трансформатора, что очень опасно для него, и снизить потери «в стали». При соблюдении указанных выше условий проведения опыта ваттметр, включенный в первичную цепь, показывает мощность, соответствующую потерям энергии «в меди».

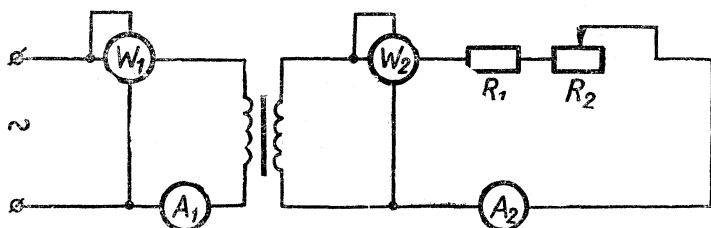


Рис. 96. Принципиальная схема опыта работы нагруженного трансформатора.

Для определения к. п. д. трансформатора при различных нагрузках во вторичной цепи в нее включают электроприемник, позволяющий изменять нагрузку (рис. 96). На опыте убеждаются, что при возрастании (снижении) нагрузки во вторичной цепи увеличивается (уменьшается) нагрузка и в первичной цепи (проявление закона сохранения энергии). Сравнивая показания ваттметров, определяют зависимость к. п. д. трансформатора от нагрузки во вторичной цепи.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Определение коэффициента трансформации и потерь «в стали» и «в меди»

Оборудование: трансформатор понижающий — 2 шт., ваттметр, вольтметр — 2 шт., омметр, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Изучить устройство трансформатора.
2. Проверить при помощи омметра исправность обмоток трансформатора.
3. Выбрать приборы, необходимые для проверки трансформатора (см. рис. 94, 95).
4. Начертить схему цепи для определения коэффициента трансформации и показать ее учителю.
5. Собрать по схеме цепь, с разрешения учителя включить ее в сеть и записать показания вольтметров; отключить цепь и вычислить коэффициент трансформации.
6. Начертить схему цепи для определения потерь «в стали», показать ее учителю.

7. Собрать цепь, с разрешения учителя включить ее в сеть, записать показания ваттметра, отключить цепь.

8. Начертить схему цепи для определения потерь «в меди» (предусмотреть возможность понижения номинального напряжения на первичной обмотке проверяемого трансформатора) и показать ее учителю.

9. Собрать цепь, с разрешения учителя включить ее в сеть, записать показание ваттметра, отключить цепь и разобрать ее.

Сделать вывод о возможности практического применения проверяемого трансформатора.

Определение коэффициента полезного действия трансформатора

Оборудование: трансформатор понижающий, ваттметры — 2 шт., амперметры — 2 шт., реостаты — 2 шт., омметр, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Проверить при помощи омметра исправность обмоток трансформатора, выбрать приборы, необходимые для определения к. п. д. трансформатора (см. рис. 96).

2. Начертить таблицу:

Показания приборов				Результат вычисления
I_1, a	I_2, a	$P_1, вт$	$P_2, вт$	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$

3. Собрать по схеме цепь, с разрешения учителя включить ее в сеть.

4. Установить во вторичной цепи наименьшую нагрузку (ток) и записать показания приборов в таблицу.

5. Увеличивать плавно нагрузку во вторичной цепи, записывая каждый раз показания приборов в таблицу.

6. Отключить цепь и разобрать ее.

7. Сделать необходимые вычисления и построить график зависимости к. п. д. трансформатора от нагрузки во вторичной цепи.

Указать возможности практического применения проверяемого трансформатора.

7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Виды электрического привода

Электрический привод (электропривод) служит для создания вращающего момента на валу рабочих машин и механизмов. Электропривод состоит из электродвигателя (одного или нескольких), передаточного устройства и аппаратуры управления и электрической защиты.

Различают три вида электропривода: *индивидуальный, групповой и многодвигательный*. При индивидуальном электроприводе каждая рабочая машина или механизм имеет отдельный двигатель. От группового электропривода действует группа рабочих машин. В настоящее время в основном применяется индивидуальный электропривод, так как он более удобен в эксплуатации.

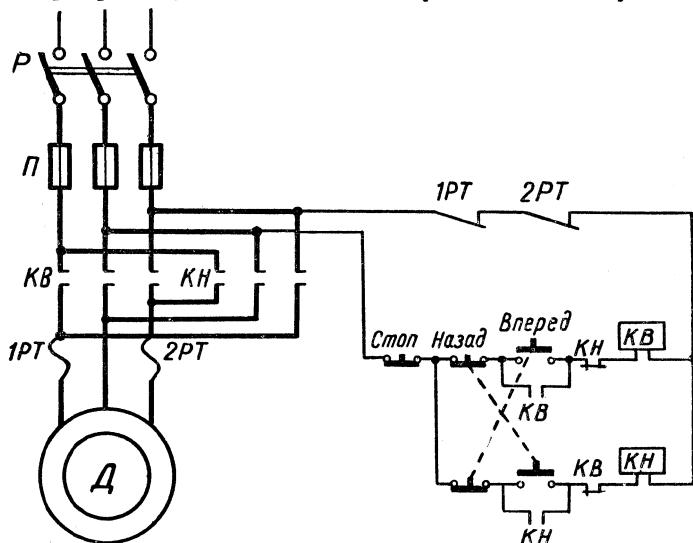


Рис. 97. Принципиальная схема управления электродвигателем с помощью реверсивного магнитного пускателя.

При многодвигательном электроприводе отдельные машины и механизмы одного и того же агрегата, например прокатного стана, имеют свой электродвигатель. Многодвигательный электропривод получил широкое распространение в связи с механизацией и автоматизацией производственных процессов.

Существует много различных способов управления электродвигателями. Ниже рассматриваются электрические схемы электропривода, которые часто применяются на практике.

Управление электродвигателем с помощью реверсивного магнитного пускателя (рис. 97). Для пуска двигателя с вращением ротора в одном из направлений

нажимают на кнопку «Вперед». В результате этого замыкается цепь питания катушки *КВ* и одновременно размыкается контакт *КВ* и цепи катушки *КН* (электрическая блокировка). Контакты *КВ* силовой цепи, срабатывая, подключают электродвигатель к сети с вращением ротора в определенную сторону.

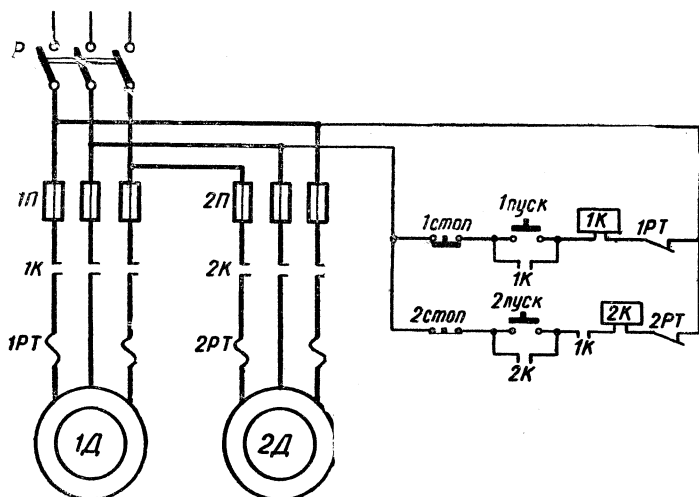


Рис. 98. Принципиальная схема управления электродвигателями в заданной последовательности.

Когда нажимают кнопку «Назад», цепь катушки *КВ* разрывается, двигатель отключается от сети, но одновременно замыкается цепь катушки *КН*. В результате этого контакты *КН* силовой цепи замыкаются, и двигатель подключается к сети, но с вращением ротора в противоположную сторону.

При ошибочном нажатии одновременно на обе кнопки цепи питания катушек *КН* и *КВ* окажутся взаимно разомкнутыми (одновременному включению катушек *КВ* и *КН* препятствует механическая и электрическая блокировки).

Включение электродвигателей в заданной последовательности (рис. 98). Для включения двигателя 1Д достаточно нажать кнопку «1 пуск» (рубильник *Р* должен быть замкнут). При нажатии на кнопку «2 пуск» двигатель 2Д включается только тогда, когда контакты 1К,

соединенные последовательно с катушкой $2K$, будут замкнуты. Контакты $1K$ замыкаются только в случае, если проходит ток по катушке $1K$. Таким образом, двигатель $2Д$ может быть пущен лишь при работающем двигателе $1Д$, и автоматически останавливается в случае прекращения работы первого двигателя.

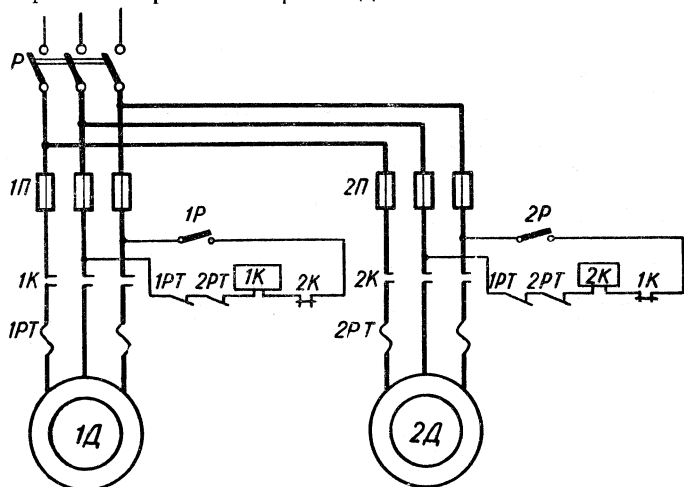


Рис. 99. Принципиальная схема автоматического включения резервного двигателя.

Автоматическое включение резервного двигателя (рис. 99). Двигатель $1Д$ является рабочим, а $2Д$ — резервным. Рубильники замыкают в следующей последовательности: P , $1P$ и $2P$. В результате этого начинает работать двигатель $1Д$. Одновременно размыкаются контакты $1K$, соединенные последовательно с катушкой $2K$. Таким образом, двигатель $2Д$ подготовлен к пуску. Когда катушка $1K$ обесточивается, т. е. первый двигатель останавливается, контакты $1K$ в цепи управления вторым двигателем замыкаются. Теперь по катушке $2K$ идет ток, в результате чего контакты $2K$ силовой цепи замыкаются и двигатель $2Д$ начинает работать.

Управление электродвигателем подъемника (рис. 100). В электрооборудовании подъемника используются дверные контакты $ДКШ$, этажные электромагнитные реле $ЭР$, этажные переключатели $ЭП$ и тормозной магнит $ТМ$.

Дверные контакты позволяют производить подъем или спуск кабины подъемника только при плотно закрытых дверях. Этажные реле срабатывают при нажатии соответственно пусковых кнопок и позволяют проходить току через цепь управления при отпускании кнопки.

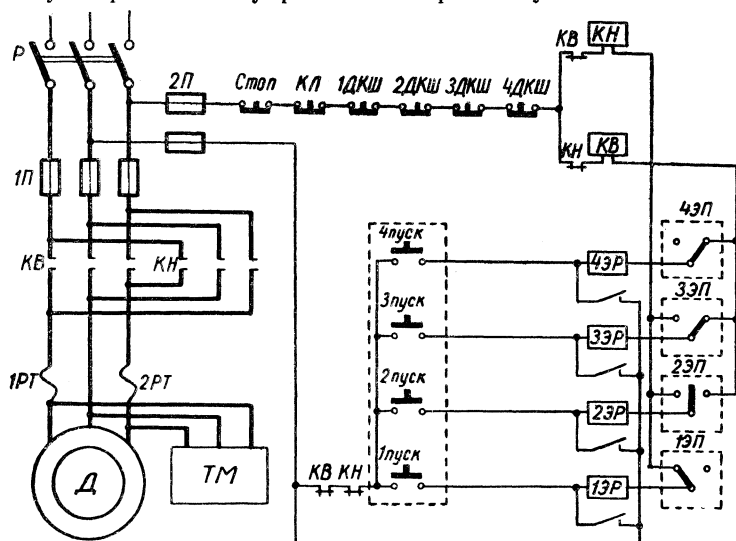


Рис. 100. Принципиальная схема управления электродвигателем подъемника.

Этажные переключатели имеют три положения: соединены с катушкой *КВ* при нахождении кабины ниже данного этажа; соединены с катушкой *КН*, если кабина находится выше данного этажа; в нейтральном положении, когда кабина находится на данном этаже.

Согласно схеме, представленной на рисунке 100, кабина находится на втором этаже. Рассмотрим в качестве примера работу цепи при подъеме на четвертый этаж. Для этого рубильник *Р* должен быть включен, а этажные двери закрыты. При нажатии кнопки «4 пуск» ток проходит по обмотке реле *4ЭР*, переключателю *4ЭП*, катушке *КВ* и замкнутым дверным контактам. В результате этого замыкаются контакты *КВ* силовой цепи, и кабина поднимается вверх. После опускания кнопки «4 пуск» цепь управления все равно оказывается замкнутой через блок-контакты реле *4ЭР*. Движению кабины вниз пре-

пятствует электрическая блокировка катушки *КН* контактами *КВ*, которые размыкаются, когда ток идет по катушке *КВ*.

В момент достижения кабиной четвертого этажа переключатель *4ЭП* становится в нейтральное положение и размыкает цепь реле *4ЭР*. В это же время начинает действовать тормозной магнит, способствующий быстрой остановке рабочего двигателя.

Монтаж и обслуживание электропривода

Монтаж электропривода производится в следующей последовательности: выбор электродвигателя, коммутационной и защитной аппаратуры; внешний осмотр; доставка к месту монтажа; установка и выверка фундамента (рамы, салазок); установка двигателя на подготовленное основание; выверка горизонтального (вертикального) положения двигателя; укрепление двигателя на основании; промывка, смазка подшипников; проверка мегомметром сопротивления изоляции; монтаж аппаратуры управления; подсоединение к двигателю проводов (кабелей) питающей и управляющей цепей и заземляющего провода; пробная эксплуатация двигателя; устранение неисправностей в работе двигателя и цепи управления; сдача в эксплуатацию.

В обслуживание электропривода входит периодический технический осмотр электродвигателей и уход за ними: чистка, смазка, замена изношенных деталей, выверка и регулировка отдельных частей.

При осмотре машин постоянного тока, кроме того, производят чистку коллектора (на ходу машины к коллектору прикладывают, соблюдая осторожность, дощечки, обернутые сухой тряпкой); проверку нажима щеток (используют специальное приспособление с динамометром); смену изношенных щеток (перед вставкой щеток щеткодержатели тщательно очищают от пыли и грязи, а щетки пришлифовывают к коллектору, пользуясь стеклянной бумагой); регулировку щеткодержателей (не допускается дрожание их).

Монтажом и ремонтом электрических машин занимаются: слесари-электромонтажники, электромонтеры по монтажу силового электрооборудования, дежурные электромонтеры, электромонтеры-ремонтники и другие.

VI. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Электроника представляет собой область физики и техники. В ней изучаются различные электронные, ионные и полупроводниковые приборы. В *электронных* приборах создается электронный поток в высоком вакууме. К таким приборам относятся электронные лампы, электроннолучевые трубки, вакуумные фотоэлементы и другие. В *ионных* приборах происходит электрический разряд в газовой среде. К ним относятся, например, газотроны, ртутные выпрямители, различные газосветные лампы. Действие *полупроводниковых* приборов основано на использовании свойств полупроводниковых материалов. Полупроводниковыми приборами являются, например, транзисторы, полупроводниковые диоды, термисторы, фоторезисторы и т. п.

Электронные, ионные и полупроводниковые приборы применяются для изготовления разнообразной электронной (в том числе и радиотехнической) аппаратуры. В состав электронной аппаратуры входят такие детали, как резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности.

Электронные приборы и аппараты широко применяются для осуществления связи, получения, переработки и передачи информации, регулирования различных процессов и автоматического управления ими. Подробно познакомиться с устройством и действием разнообразных электронных приборов и аппаратов можно в книгах и брошюрах по электронике, радиотехнике, автоматике. Ниже даются лишь краткие сведения о резисторах, конденсаторах, катушках индуктивности, электронных лампах, полупроводниковых диодах и триодах, а также о газосветных лампах.

2. ДЕТАЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Резисторы

Резисторы (рис. 101) — это сопротивления, которые применяются для обеспечения требуемого режима работы электронных ламп и транзисторов, регулирования тока и напряжения в цепях и т. п.

Резисторы характеризуются: номинальным сопротивлением; классом точности (к I классу относятся резисторы с допустимым отклонением сопротивления от номинального значения до 5%, ко II классу — до 10%, к III классу — до 20%); номинальной мощностью рассеивания (наиболее применимы резисторы с номинальной мощностью от 0,12 до 2 вт).

По конструкции различают резисторы: *проволочные* (на керамическое основание намотана проволока — нихромовая, манганиновая, константановая), *непроволочные* (токопроводящим элементом является углеродистый или другой специальный состав, нанесенный на керамические или стеклянные стержни или трубки).

Типы постоянных проволочных резисторов: ПЭ — проволочные эмалированные; ПЭВ — проволочные эмалированные влагостойкие; ПЭВ-Х — проволочные эмалированные влагостойкие с хомутиком для крепления.

Типы постоянных непроволочных резисторов: ВС — высокостабильные; УЛМ — углеродистые лакированные малогабаритные; МЛТ — металлизированные лакированные влагостойкие.

Мощность резистора (в вт) указывается числом, стоящим за буквами, обозначающими тип, на-

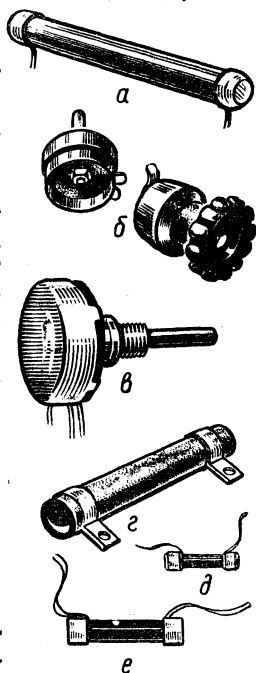
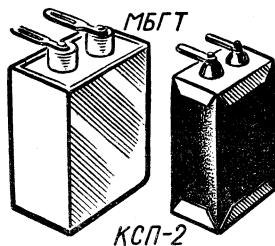
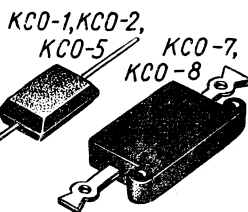
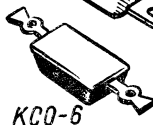
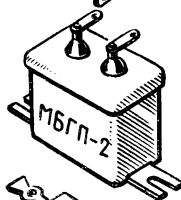
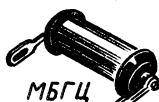
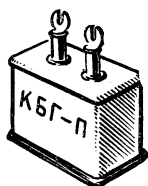
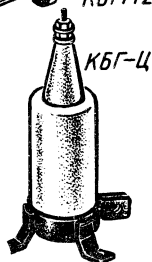
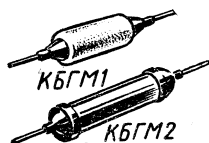
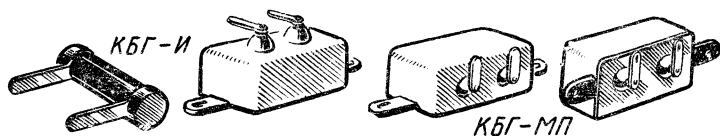


Рис. 101. Резисторы: а — проволочный осто-
клованный, постоянный;
б — проволочный, пере-
менный; в — непроволоч-
ный, переменный; г — ке-
рамический с углероди-
стым покрытием; д — ма-
логоабаритный; е — ме-
таллизированный.



пример: ВС-0,25, МЛТ-2. Исправность резисторов проверяют при помощи омметра.

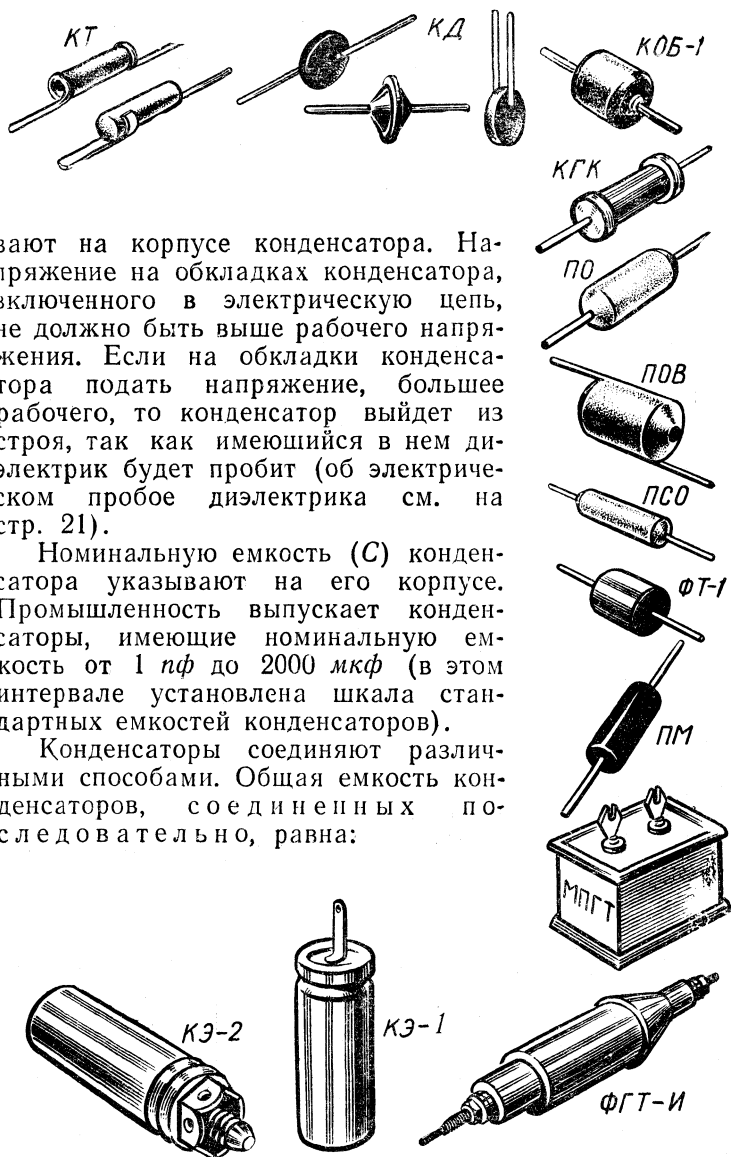
Конденсаторы

Электрический конденсатор состоит из двух металлических пластин (обкладок) или двух проводников любой формы, разделенных диэлектриком. Конденсатором, например, являются два провода электрической сети. Конденсаторы, применяемые в электронной аппаратуре и электроустановках, изготавливают на заводах (рис. 102, 103, 104). В зависимости от вида диэлектрика и обкладок различают несколько типов конденсаторов (табл. 17).

Конденсаторы характеризуются рабочим напряжением и номинальной емкостью.

Рабочее напряжение ($U_{\text{раб}}$) указы-

Рис. 102. Конденсаторы постоянной емкости (бумажные, металлобумажные и слюдяные).



вают на корпусе конденсатора. Напряжение на обкладках конденсатора, включенного в электрическую цепь, не должно быть выше рабочего напряжения. Если на обкладки конденсатора подать напряжение, большее рабочего, то конденсатор выйдет из строя, так как имеющийся в нем диэлектрик будет пробит (об электрическом пробое диэлектрика см. на стр. 21).

Номинальную емкость (C) конденсатора указывают на его корпусе. Промышленность выпускает конденсаторы, имеющие номинальную емкость от 1 нф до 2000 мкф (в этом интервале установлена шкала стандартных емкостей конденсаторов).

Конденсаторы соединяют различными способами. Общая емкость конденсаторов, соединенных последовательно, равна:

Рис. 103. Конденсаторы постоянной емкости (керамические, пленочные, электролитические).

Т а б л и ц а 17

Основные данные о конденсаторах

Тип конденсатора	Вид ди- электрика	Характеристика обкладок	Номиналь- ная емкость в пределах	Рабочее напряже- ние, в
1	2	3	4	5
Конденсаторы постоянной емкости				
БМ (бумажные малогабаритные)	Тонкая кон- ден- саторная бумага	Тонкая металли- ческая фольга	510 пф— 0,05 мкф	150, 200, 300
МБГ (металло- бумажные герме- тизированные)	Тонкая лента конден- саторной бумаги	Тончайший метал- лический слой, на- несенный путем распыления на бу- мажную ленту	0,25— 25 мкф	200, 400, 600, 1000, 1500
ЭГЦ (электроли- тические гермети- зированные ци- линдрические)	Тонкий слой окиси алюми- ния	Тонкие ленты из алюминиевой фоль- ги, свернутые в рулон и разделен- ные пропитанны- ми специальным составом бумагой или тканью	5— 200 мкф	от 6 до 500
КСО (конденса- тор слюдяной опрессованный)	Белая слюда (муско- вит)	Свинцово-оло- вянная, алюмине- вая или медная фольга	51— 50 000 пф	от 250 до 7000
КС (конденсато- ры стеклоэмалевые)	Тонкий слой стекло- видной эмали	Тончайший слой серебра	10— 1000 пф	500
ПО (полисти- рольный открытый)	Тонкая пленка из поли- стирола	Металлическая фольга	51— 30 000 пф	до 300
МПГ (металло- пленочные герме- тизированные)	То же	Тончайший слой металла, нанесен- ный путем распы- ления на пленку	3000 пф— 2 мкф	250, 500, 1000
КТК (конденса- торы трубчатые керамические)	Конден- саторная керамика	Тончайший слой серебра, нанесен- ный путем вжига- ния в керамику	2— 2000 пф	до 500

1	2	3	4	5
КДС (керамические дисковые сегнетоэлектрические)	Сегнето-керамика	То же	1000, 3000 и 6800 пф	250
Полупеременные (подстроечные) конденсаторы				
КПК (конденсаторы подстроечные керамические)	Конденсаторная керамика	Тонкий слой серебра, нанесенный путем вжигания на керамику	2—175 пф	до 500
Конденсаторы переменной емкости				
Конденсаторы с воздушным диэлектриком	Воздух	Металлические пластины	9 — 450 пф	—
Конденсаторы с твердым диэлектриком	Целлулоид, фторопласт, полистирол	Тонкий слой металла	20 пф	—

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n},$$

где $C_{\text{общ}}$ — общая емкость конденсаторов;

$C_1, C_2, \dots, C_n$ — емкости каждого из соединенных конденсаторов.

Если $C_1 = C_2 = \dots = C_n = C$, то общую емкость определяют по формуле:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C}{n},$$

где C — емкость одного конденсатора;

n — число конденсаторов.

Общая емкость конденсаторов, соединенных параллельно, равна:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Проверка конденсаторов. Емкость того или иного конденсатора может отличаться от его номинальной емкости. Отклонение (в %)

емкости конденсатора от номинального ее значения указывают на корпусе конденсатора. Если требуется точно знать емкость данного конденсатора, то ее измеряют с помощью специальных приборов, т. е. проверяют номинальную емкость. Конденсаторы проверяют также на пробой диэлектрика и короткое замыкание между обкладками. Для этого с помощью омметра (авометра) измеряют сопротивление между обкладками: если оно велико (при емкости до 1 мкф омметр показывает ∞), то конденсатор пригоден для работы.

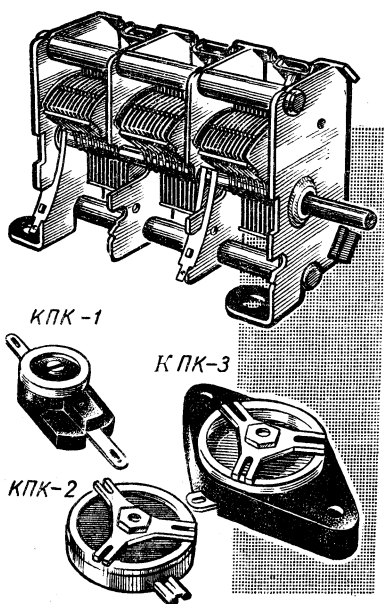


Рис. 104. Конденсаторы переменной емкости и подстроечные.

Катушки индуктивности

Любой проводник обладает индуктивностью (см. стр. 105). Индуктивность проводника увеличивается, если его выполнить в виде катушки (рис. 105). Обычно проводник наматывают на каркас из электроизоляционного материала (рис. 105, б, в, г, д). *Катушки индуктивности* делают без сердечника или с сердечником из магнитодиэлектрического материала, электротехнической стали, феррита, пермаллоя.

Катушки индуктивности, применяемые в электронной аппаратуре и в электроустановках, изготовляют на заводах. Однако катушку с небольшим числом витков мож-

но намотать вручную или приспособить для намотки ручную дрель (см. рис. 93).

Катушки индуктивности бывают различных размеров (диаметр и длина). Они отличаются также количеством витков и видом сердечника.

Основной характеристикой катушки индуктивности является индуктивность. Индуктивность

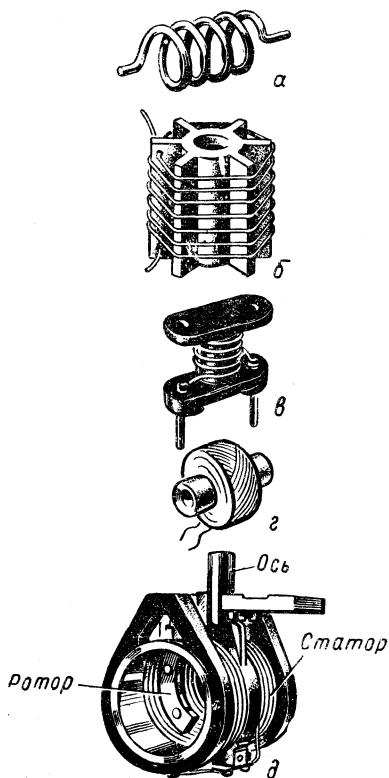


Рис. 105. Катушки индуктивности:
а — бескаркасная; б — на ребристом каркасе; в — на цилиндрическом каркасе; г — многослойная; д — переменной индуктивности (вариометр).

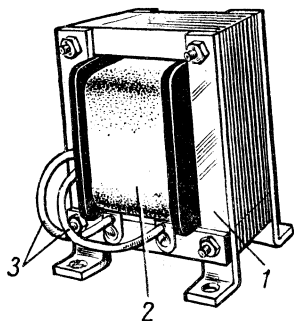


Рис. 106. Дроссель:
1 — сердечник; 2 — обмотка;
3 — выводы.

катушки обычно указывают в прилагаемом к ней паспорте (у некоторых катушек обмотка закрыта корпусом, на котором указывают индуктивность). Ее можно также измерить с помощью специальных приборов или рассчитать по формуле:

$$L = \frac{\mu \omega^2 S}{l},$$

где L — индуктивность, $гн$;
 μ — магнитная проницаемость сердечника, $гн/м$;
 ω — количество витков;
 S — площадь поперечного сечения катушки, $м^2$;
 l — длина катушки, $м$.

Магнитную проницаемость сердечника определяют по формуле:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r,$$

μ — магнитная проницаемость сердечника, $гн/м$;
 μ_0 — магнитная проницаемость вакуума, равная $4 \cdot 10^{-7} гн/м$;

μ_r — относительная магнитная проницаемость материала, из которого сделан сердечник (данные берут из справочников по магнитным материалам).

Индуктивное сопротивление катушки больше ее активного сопротивления, так как индуктивность катушки обычно велика.

Катушку индуктивности, индуктивное сопротивление которой во много раз больше активного сопротивления, называют *дрроселем* (рис. 106).

3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

Электронная лампа представляет собой электровакуумный прибор, в котором создается поток электронов и осуществляется с помощью специальных электродов управление этим потоком. Электроды лампы находятся в стеклянном или металлическом баллоне, давление воздуха внутри которого не более 10^{-7} мм рт. ст.

Рассмотрим кратко назначение электродов электронной лампы. Катод-цилиндр из никеля, покрытый снаружи слоем оксида; предназначен для испускания электронов под действием нагревания (*термоэлектронная эмиссия*). Для нагревания катода пропускают ток либо непосредственно по катоду (в лампах прямого накала), либо по расположенной вблизи него вольфрамовой проволочке, называемой нитью накала (в лампах косвенного накала). Анод — металлический электрод; предназначен для управления электронами, которые испускает катод. Сетки — проволочные спирали, расположенные между катодом и анодом; служат

тоже для управления потоками электронов в лампе. Об особенностях действия и видах сеток подробнее рассказывается ниже.

Электроды лампы присоединены к соответствующим металлическим штырькам, которые выходят из баллона лампы наружу через цоколь.

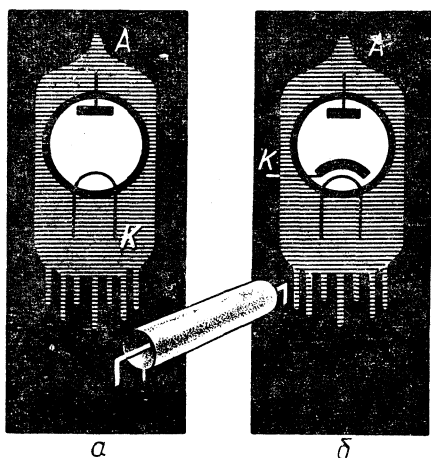


Рис. 107. Схема диода:

а — прямого накала; б — косвенного накала.



Рис. 108. Схема триода.

В зависимости от числа электродов и выполняемых ими действий различают: *диоды* (рис. 107); *триоды* (рис. 108); *тетроды* (рис. 109); *пентоды* (рис. 110), а также *комбинированные лампы*, например двойной диод (рис. 111), двойной триод, диод-триод, триод-пентод.

Рассмотрим кратко действие электронных ламп. В результате термоэлектронной эмиссии катод испускает электроны. Если между катодом и анодом, допустим диода, включить источник постоянной э. д. с., причем так, чтобы потенциал анода был положительным по отношению к потенциалу катода, то в лампе создается ток, называемый *анодным*. Величиной анодного тока можно управлять, меняя разность потенциалов между катодом и анодом. График, выражающий зависимость анодного тока от напряжения между анодом и катодом, называется *анодной характеристикой лампы*.

Если потенциал анода по отношению к потенциалу катода будет отрицательным, то тока в лампе не создается. На этом явлении основано применение электронной лампы для выпрямления переменного тока.

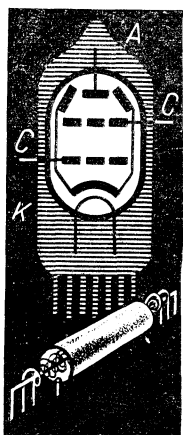


Рис. 109. Схема лучевого тетрода.



Рис. 110. Схема пентода.



Рис. 111. Схема диода двойного с общим катодом.

Если между анодом и катодом, например триода, включить источник постоянной э. д. с., а между катодом и сеткой включить источник переменной э. д. с., то анодный ток будет пульсирующим. Это объясняется тем, что потенциал сетки по отношению к катоду будет периодически изменяться с положительного на отрицательный (или наоборот) и, следовательно, будет увеличивать или уменьшать анодный ток. Поэтому сетка триода (см. рис. 108) называется у п р а в л я ю щ е й. Способность лампы такова, что небольшое изменение потенциала на сетке приводит к значительному изменению величины анодного тока. На этом явлении основано усилительное действие лампы и применение ее в усилителях электрических сигналов. График, выражающий зависимость анодного тока от напряжения между сеткой и катодом (при постоянном напряжении между анодом и катодом), называется *сеточной характеристикой*.

В тетрадах (см. рис. 109), кроме управляющей, есть также экранная сетка. Она расположена между управляющей сеткой и анодом и служит для устранения нежелательной для лампы емкости, обусловленной тем, что управляющая сетка и анод образуют конденсатор. На экранную сетку подают положительный потенциал, близкий по величине к потенциалу на аноде.

Пентод (см. рис. 110) имеет, кроме управляющей и экранной сеток, еще защитную сетку. Защитная сетка расположена между экранной сеткой и анодом и предназначена для устранения вредного для работы лампы влияния *вторичной эмиссии* (выбивание из анода электронов потоком электронов, движущихся от катода). Вследствие вторичной эмиссии и наличия положительного потенциала на экранной сетке создается ток, противоположный по направлению анодному току, что препятствует нужному усилению электрических сигналов и нарушает нормальный режим работы лампы. Поэтому на защитную сетку подают отрицательный потенциал (обычно накоротко соединяют с катодом), в результате чего она отталкивает электроны, выбитые из анода, обратно к аноду.

Электронные лампы обозначают условно совокупностью букв и цифр.

Первая цифра указывает (округленно) величину напряжения накала, например: цифра 1 означает, что напряжение накала равно 1,2 в, цифра 6 соответствует 6,3 в и т. п.

Первая буква после цифры указывает на тип лампы, а именно: Д — диод; С — триод; Э — тетрод; К, Ж, П — пентод [каждая из букв указывает на особое свойство лампы: К — пентод с удлиненной характеристикой; Ж — пентод с короткой характеристикой; П — лучевой тетрод (выходной пентод); Х — двойной диод; Ц — кенотрон (диод или двойной диод, предназначенный для выпрямителей); Г — триод с одним или двумя диодами; Н — двойной триод; Ф — триод-пентод].

Цифра, стоящая за буквой, указывающей тип лампы, позволяет различать разные лампы с одинаковым количеством электродов, например: 6Ж4, 6Ж8, 6Ж7.

Последняя буква в обозначении лампы характеризует ее конструктивные особенности, а именно: С — стеклянный баллон; П — пальчиковая (электроды выходят

непосредственно из стеклянного дна баллона лампы); Ж — лампа типа «желудь»; Б — сверхминиатюрная лампа при диаметре баллона 10 мм; А — сверхминиатюрная лампа при диаметре баллона 6 мм; если последняя буква отсутствует, значит, баллон лампы металлический.

Включение электронных ламп осуществляется с помощью ламповых панелек, к лепесткам которых припаивают провода согласно схемам. Штырьки образуют электрический контакт с лепестками панельки.

На цоколе лампы (рис. 112, а) имеется направляющий выступ, который должен входить в гнездо на панельке. Штырьки лампы обозначают цифрами, начиная от направляющего выступа — ключа. Чтобы припаять провода к соответствующим лепесткам панельки, пользуются ц о к о л е в о й электронных ламп (рис. 112, б).

Упражнение

Проверьте при помощи омметра (авометра) целостность нити накала и отсутствие короткого замыкания между электродами электронной лампы.

4. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Краткие сведения о полупроводниках

К полупроводникам относятся материалы, которые по своей способности проводить электрический ток занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками. В полупроводниках, в отличие от металлических проводников, очень мала концентрация свободных электронов. Поэтому удельное электрическое сопротивление у полупроводников большое, но оно меньше, чем у диэлектриков.

У полупроводников электроны наружных атомных оболочек достаточно сильно связаны с ядром атома. Чтобы сторвать (сделать свободными) эти электроны от ядра, требуется сообщить им извне определенную энергию, после чего под действием электрического поля они могут перемещаться в полупроводнике, создавая электрический ток. Поэтому электрическое сопротивление полупроводников зависит от температуры, освещенности,

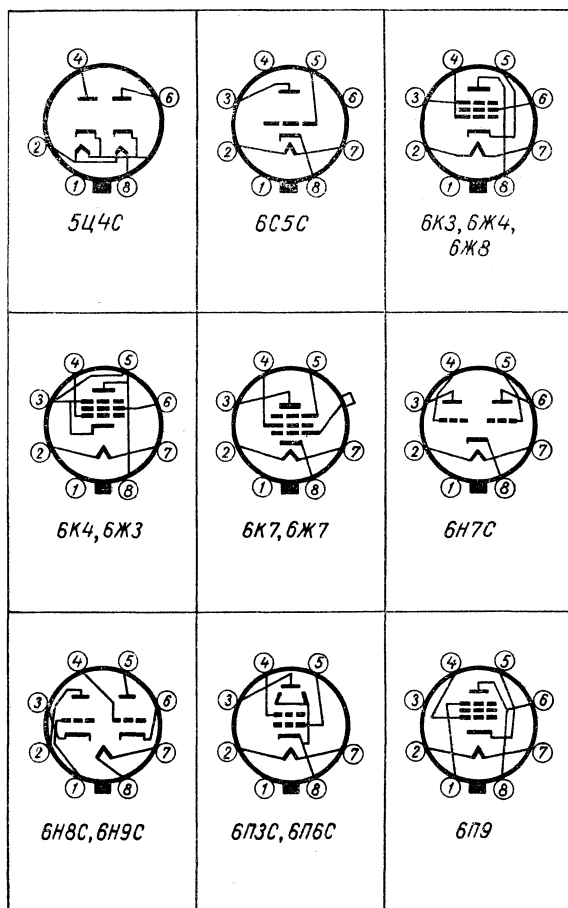
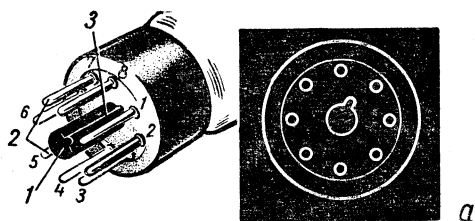


Рис. 112. Цоколевка электронных ламп:
 а — цоколь; б — условные обозначения: 1 — ключ; 2 — штырьки; 3 — направляющий выступ.

напряженности электрического или магнитного поля, а также от радиоактивного облучения и других подобных факторов.

Имеющиеся в полупроводнике свободные электроны и электроны, потерявшие под действием внешних факторов связь со своими ядрами, обуславливают *электронную проводимость* (*n*-проводимость) полупроводников. Место, освободившееся от перехода в свободное состояние электрона, называется *электронной дыркой*. Дырка заполняется электроном соседнего атома, в результате чего образуется новая дырка, которую занимает электрон соседнего атома. Таким образом дырки как бы перемещаются в направлении, противоположном перемещению электронов, обуславливая *дырочную проводимость* (*p*-проводимость) полупроводника.

В химически чистых полупроводниковых материалах образование свободных электронов и дырок происходит одновременно, парами, и поэтому концентрация электронов и дырок в них одинакова. Введение в полупроводник примесей даже в ничтожном количестве изменяет концентрацию электронов и дырок. Вследствие этого полупроводник обладает преимущественно электронной или дырочной проводимостью.

Соединенные непосредственно между собой полупроводники, обладающие различной проводимостью, образуют полупроводниковый прибор (некоторые из них состоят из соприкасающихся полупроводникового кристалла и металла). В месте соприкосновения полупроводников различной проводимости концентрация электронов и дырок становится меньше, чем в самих полупроводниках. Это объясняется тем, что электроны из области с *n*-проводимостью переходят в пограничную область с *p*-проводимостью и заполняют дырки (происходит явление, которое называется *рекомбинацией*). Поэтому в пограничном слое создается контактная разность потенциалов, что препятствует движению носителей зарядов (электронов и дырок) из одной области в другую. Пограничный слой (его толщина измеряется десятитысячными долями миллиметра) называется *электронно-дырочным переходом*, или *запорным слоем*. Электрический ток может проходить через электронно-дырочный переход лишь при определенных условиях, о чем рассказывается в следующих параграфах.

Полупроводниковые диоды

Полупроводниковый диод — прибор, состоящий из двух полупроводниковых кристаллов, имеющих разную проводимость, и образующегося между ними электронно-дырочного перехода (толщина около 10^{-4} мм).

При подключении отрицательного полюса источника тока к полупроводнику, обладающему *n*-проводимостью, через него будет протекать сравнительно большой ток. Этот ток называется *прямым током*. Его величина зависит от величины напряжения источника питания (батарей). При подключении отрицательного полюса источника тока к полупроводнику, обладающему *p*-проводимостью, в диоде будет протекать весьма незначительный ток. Этот ток называется *обратным током*; величина его очень маленькая, поэтому практически он не влияет на работу прибора.

В *плоскостных диодах* (рис. 113) в германиевый или кремниевый кристалл вплавлен индий. Эти диоды могут пропускать в одном направлении сравнительно большие токи при больших приложенных к ним напряжениях, а потому широко применяются в выпрямителях переменного тока.

В *точечных диодах* (рис. 114) полупроводни-

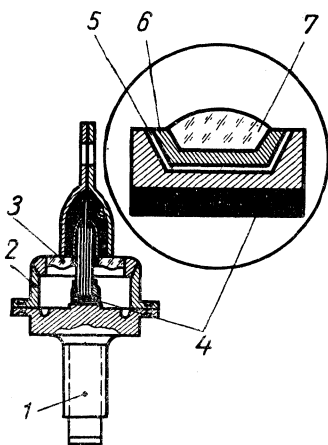


Рис. 113. Устройство плоскостного полупроводникового диода:

1 — болт крепления; 2 — корпус; 3 — изолятор; 4 — кристалл германия (кремния); 5 — электронно-дырочный переход; 6 — зона *p*-проводимости; 7 — вплавленный кристалл индия.

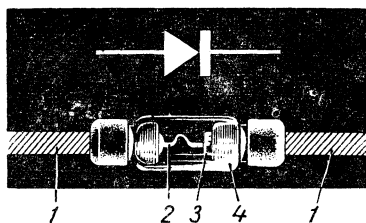


Рис. 114. Устройство точечного полупроводникового диода:

1 — выводы; 2 — вольфрамовая игла; 3 — кристалл германия (кремния); 4 — стеклянный баллон.

ковый кристалл (германий, кремний) соприкасается с металлической контактной иглой. Эти диоды применяются в радиовещательной и телевизионной приемной аппаратуре и в измерительных приборах.

Тип диода обозначается следующим образом: буква Д — диод; стоящая за буквой Д цифра — порядковый номер диода; буква на последнем месте — разновидность диода (в основном говорит о работе при соответствующих температурных условиях).

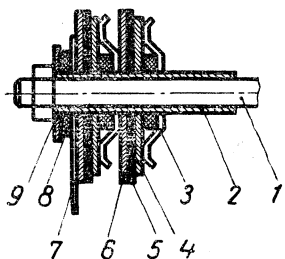


Рис. 115. Устройство селенового элемента:

1 — болт; 2 — изоляционная втулка; 3 — пружинная контактная шайба; 4 — катодное покрытие из олова, кадмия и висмута; 5 — слой селена толщиной 0,065—0,085 мм; 6 — опорный электрод; 7 — контактный вывод; 8 — изоляционная шайба; 9 — металлическая шайба.

Для выпрямления переменного тока в устройстве радиоэлектронной аппаратуры применяются плоскостные германиевые диоды (типа Д7) и кремниевые диоды (Д202, Д203 и т. д.). Эти диоды называют силовыми; они позволяют получать мощность выпрямленного тока от 10 до 1000 вт.

В качестве детекторов в радиовещательной аппаратуре и аппаратуре УКВ (ультракоротковолновой) применяются диоды типа: Д1, Д2, Д11, Д12, Д13,

Д14. Диоды типа Д9 используются в устройстве электрических усилителей малой мощности.

Для выпрямления переменного тока применяется также селеновый элемент (рис. 115). Из селеновых элементов собирают выпрямительные столбики.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка полупроводниковых диодов

Оборудование: полупроводниковые диоды для проверки, омметр или авометр (источник питания напряжением не выше 2 в), миллиамперметр, микроамперметр, вольтметр, резистор переменный, источник постоянного тока, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Осмотреть внешний вид диода, проверить целостность антикоррозийного покрытия металлических частей, четкость и разборчи-

вость маркировки, облуженность выводов (если нарушений указанных частей нет, то диод пригоден для дальнейшей проверки).

2. Начертить таблицу:

Данные	Сопротивление перехода, <i>ом, Мом</i>		Ток, <i>мкА, мА</i>		Напряжение, <i>в</i>	
	прямое	обратное	прямой	обратный	прямое	обратное
Паспортные						
Измеренные						

3. Записать в таблицу паспортные данные диода.

4. Измерить прямое сопротивление, прикоснувшись щетками омметра к выводам диода таким образом, чтобы через диод мог идти прямой ток; записать результат в таблицу.

5. Измерить и записать в таблицу обратное сопротивление (если прямое сопротивление мало, до сотен *ом*, а обратное велико, до сотен килоом или до мегом, то выводы диода целы, а между ними нет короткого замыкания).

6. Собрать цепь по схеме (рис. 116), обращая внимание на правильность соединения выводов диода с полюсами источника питания.

7. С разрешения учителя включить цепь, установить при помощи резистора напряжение в цепи, равное паспортному, тогда микроамперметр покажет величину обратного тока (у исправного диода измеренное значение обратного тока не должно превышать паспортного значения); установить при помощи резистора обратный ток, равный паспортному значению, тогда вольтметр покажет обратное напряжение; записать результаты измерения в таблицу, отключить и разобрать цепь.

8. Собрать цепь по схеме (рис. 117), установить напряжение, равное пас-

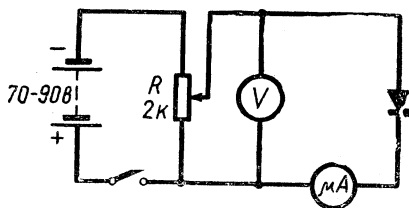


Рис. 116. Схема цепи для измерения обратного тока и напряжения полупроводникового диода.

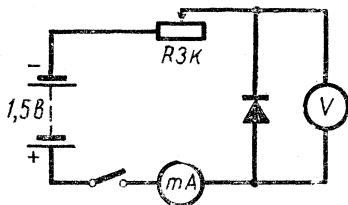


Рис. 117. Схема цепи для измерения прямого тока и напряжения полупроводникового диода.

портному значению, тогда миллиамперметр покажет величину прямого тока; установить в цепи прямой ток, равный паспортному значению, тогда вольтметр покажет прямое напряжение (чем оно меньше, тем диод лучше).

Сделать общий вывод о пригодности проверяемого диода для работы.

Транзисторы

Транзистор (полупроводниковый триод) состоит из трех полупроводниковых кристаллов (рис. 118), два из которых обладают одинаковой проводимостью; между

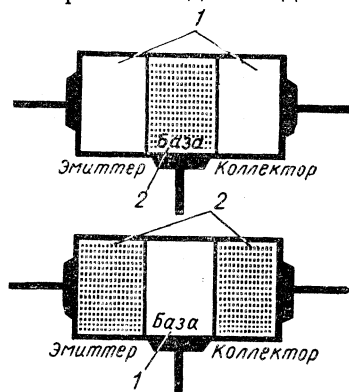


Рис. 118. Схематическое изображение полупроводниковых кристаллов транзистора:

1 — кристаллы *p*-проводимости; 2 — кристаллы *n*-проводимости.

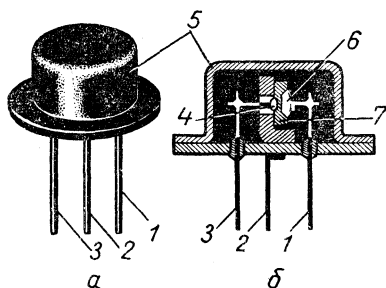


Рис. 119. Транзистор типа *p-n-p*:

а — внешний вид; б — схема внутреннего устройства; 1 — вывод коллектора; 2 — вывод базы; 3 — вывод эмиттера; 4 — эмиттер; 5 — корпус; 6 — коллектор; 7 — база.

кристаллами с одинаковой проводимостью находится третий кристалл с противоположной проводимостью. Поэтому транзисторы бывают типа *n-p-n* или *p-n-p*. Большее распространение получили транзисторы типа *p-n-p*. Они применяются для усиления и генерирования электрических колебаний.

В устройстве транзистора (рис. 119) различают три части: эмиттер, коллектор, база (основание). Следовательно, транзистор, в отличие от полупроводникового диода, имеет два электронно-дырочных перехода, один из которых называется эмиттерным, а второй — коллекторным.

Если транзистор включить в цепь (рис. 120) так, чтобы к эмиттерному переходу было приложено прямое напряжение (положительный полюс источника питания соединен с эмиттером), а к коллекторному переходу — обратное напряжение (отрицательный полюс источника питания соединен с коллектором), то через эмиттер пойдет прямой ток, обусловленный в транзисторе типа p - n - p дырочной проводимостью. На границах эмиттер — база и база — коллектор дырки не встречают заметного сопротивления, и потому ток коллектора будет примерно равен току эмиттера (практически ток коллектора несколько меньше вследствие рекомбинации электронов и дырок). Если же в цепь эмиттера дополнительно включить источник переменной э. д. с. (входной сигнал), то ток эмиттера, а следова-

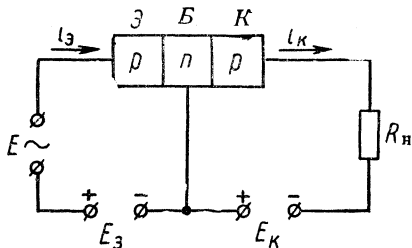


Рис. 120. Простейшая схема транзисторного усилителя электрических сигналов.

тельно, и ток коллектора будут изменяться пропорционально изменению этой э. д. с. Сопротивление нагрузки R_n , включенное в цепь коллектора, можно выбрать большим (например, несколько десятков тысяч ом). Поэтому напряжение на нем, сохраняя форму входного сигнала, будет иметь большую амплитуду, т. е. входной сигнал усилится. На этом явлении основано применение транзистора для усиления электрических сигналов.

Транзистор можно включить в цепь различными способами (рис. 121). Однако во всех случаях принцип работы транзистора существенно не изменится. Аналогичным образом можно объяснить также усилительные свойства транзистора типа n - p - n .

Важнейшими характеристиками транзистора являются обратный ток коллектора, коэффициент усиления по току, частота и мощность. Обратным током коллектора называется ток, проходящий по коллектору при включении транзистора по схеме с общей базой (при отключенном эмиттере). Коэффициент усиления по току выражается отношением

приращения тока в цепи выходного электрода к приращению тока в цепи входного сигнала электрода транзистора. Различают коэффициент усиления по току для схемы с общим эмиттером (β) и коэффициент усиления по току для схемы с общей базой (α).

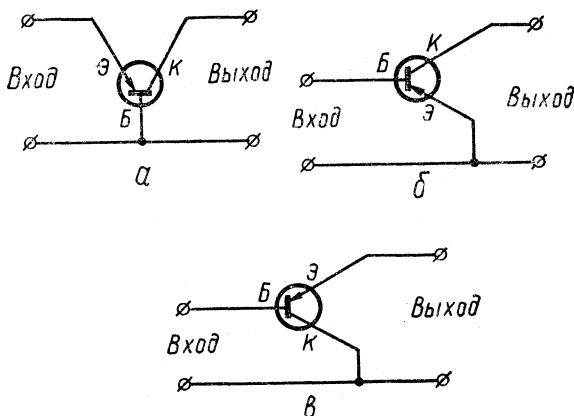


Рис. 121. Схемы включения транзисторов:
а — с общей базой; б — с общим эмиттером; в — с общим коллектором.

Соотношения между β и α выражаются формулами:

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \text{ или } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

По частоте различают транзисторы *низкочастотные* (предельная частота усиления по току не выше 3 мГц), *среднечастотные* (частота от 3 до 30 мГц) и *высокочастотные* (частота выше 30 мГц).

По мощности различают транзисторы *малой мощности* (мощность рассеивания не более 300 мВт), *средней мощности* (мощность рассеивания от 300 мВт до 1,5 Вт) и *большой мощности* (мощность рассеивания более 1,5 Вт).

Тип транзистора обозначается сочетанием букв и чисел: первая буква П — транзистор; следующие за буквой цифры характеризуют его назначение и возможность ра-

ботать при определенных интервалах температур; третья буква указывает на разновидность конструкции.

С 1964 г. введено новое обозначение типа транзистора: первая буква или цифра обозначает исходный материал (1 — германий, К или 2 — кремний, А или 3 — арсенид галлия); на втором месте ставят букву Т (транзистор); на третьем месте стоит трехзначное число, указывающее мощность рассеивания и частоту (транзисторы малой мощности низкочастотные — от 101 до 199, среднечастотные — от 201 до 299, высокочастотные — от 301 до 399; транзисторы средней мощности низкочастотные от 401 до 499, среднечастотные от 501 до 599, высокочастотные — от 601 до 699; транзисторы большой мощности низкочастотные — от 701 до 799, среднечастотные — от 801 до 899, высокочастотные — от 901 до 999); на четвертом месте ставят букву, указывающую на разновидность конструкции транзистора данной группы. Например: 1Т3ОЗБ — германиевый транзистор, высокочастотный, малой мощности, разновидность Б.

Подробные данные о транзисторах можно найти в специальных справочниках по полупроводниковым приборам.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Проверка транзистора

Оборудование: транзисторы для проверки, миллиамперметр, микроамперметр, вольтметр, переменные и постоянные резисторы, источники электропитания, соединительные провода.

Выполнение работы

1. Осмотреть транзистор, проверить целостность антикоррозийного покрытия металлических частей, четкость и разборчивость маркировки, облуженность выводов (если нарушений указанных частей нет, то транзистор пригоден для дальнейшей проверки).

2. Начертить таблицу:

Данные	Обратный ток коллектора, μA	Коэффициент усиления по току, β
Паспортные		
Измеренные		

3. Записать паспортные данные транзистора в таблицу.

4. Собрать цепь по схеме (рис. 122), включить цепь; если стрелка миллиамперметра осталась на нулевой отметке, то хотя бы один из выводов транзистора оборван; если стрелка отклонилась до конца

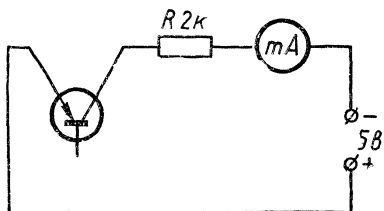


Рис. 122. Схема цепи для проверки транзистора на пробой перехода эмиттер — коллектор.

шкалы, то переходы эмиттер — коллектор пробиты или ток в цепи этих переходов недопустимо большой; если же миллиамперметр показывает небольшой ток, то транзистор пригоден для дальнейшей проверки.

5. Собрать цепь по схеме (рис. 123) и записать показания микроамперметра в таблицу, сравнить измеренное и паспортное значения (измеренное значение у исправного транзистора не должно превышать паспортное, измеренное

значение в течение 30 сек может возрастать постепенно, но не более чем на 1 мкА).

6. Собрать цепь по схеме (рис. 124), показать ее учителю; изменять при помощи резистора ток базы (контролируется по микроамперметру), а напряжение между коллектором и эмиттером поддерживать постоянным; вычислить коэффициент усиления по току,

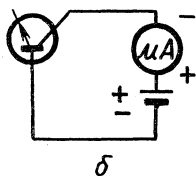
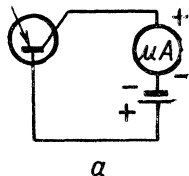


Рис. 123. Схемы для измерения обратного тока коллектора транзисторов: а — типа *p-n-p*; б — типа *n-p-n*.

определяя отношение приращения тока коллектора к приращению тока базы; результаты записать в таблицу и сравнить с паспортными данными.

Сделать общий вывод о пригодности проверяемого транзистора для работы.

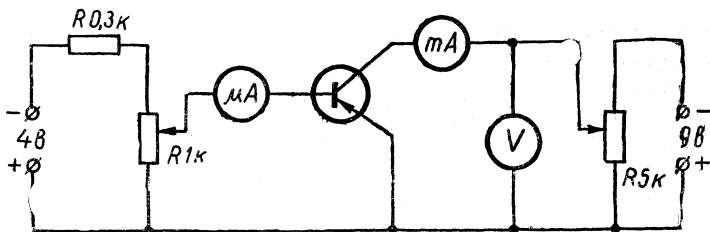


Рис. 124. Схема цепи для определения коэффициента усиления по току β .

5. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Рассмотрим один из видов газоразрядных источников света — люминесцентную лампу (рис. 125). Внутри стеклянного баллона этой лампы находятся пары ртути, в которых при определенных условиях происходит электрический разряд. В результате разряда испускаются ультрафиолетовые лучи. Ультрафиолетовые лучи по-

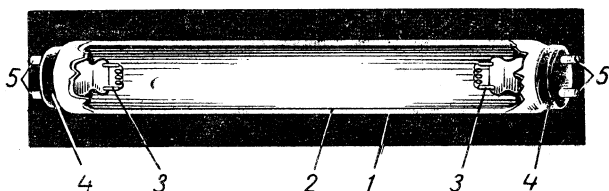


Рис. 125. Устройство люминесцентной лампы:
1 — стеклянный баллон; 2 — слой люминофора; 3 — биспиральные вольфрамовые электроды (катоды); 4 — цоколь; 5 — контактные штырьки.

глощаются слоем люминофора, которым покрыты внутренние стенки лампового баллона. В итоге люминофорный слой начинает излучать видимый свет, близкий по спектральному составу к дневному.

Для зажигания люминесцентной лампы, т. е. для создания в парах ртути электрического разряда, нужно нагреть катоды лампы и создать между ними высокое напряжение. Чтобы обеспечить зажигание люминесцентной лампы, ее включают в сеть (рис. 126) при помощи стартера (рис. 127) и дросселя.

При включении в сеть между электродами стартера возникает тлеющий разряд в неоновом газе. Сопротивление цепи, состоящей из катодов люминесцентной лампы, стартера и дросселя, при этом уменьшается, поэтому нагреваются электроды стартера и катоды. Под действием нагрева биметаллический электрод стартера изгибается и замыкает цепь. В результате самоиндукции между катодами лампы

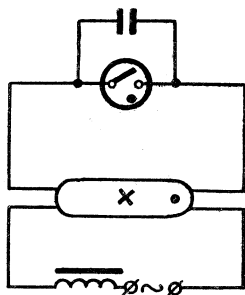


Рис. 126. Схема включения люминесцентной лампы.

создается импульс высокого напряжения. В итоге в парах ртути между катодами лампы возникает электрический разряд. Конденсатор, включенный параллельно стартеру, снижает радиопомехи при работе лампы.

Люминесцентные лампы обозначаются: ДС — дневного света; ХБС — холодно-белого света; БС — белого света; ТБС — тепло-белого света.

Для освещения помещений, в которых длительное время находятся люди, применяют лампы марок БС и ТБС.

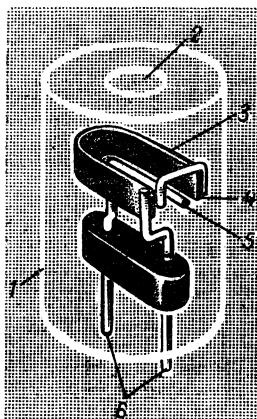


Рис. 127. Устройство стартера:

1 — металлический колпачок, внутри которого находится стеклянный баллон; 2 — отверстие в колпачке; 3 — биметаллическая пластина; 4 — подвижный электрод; 5 — неподвижный электрод; 6 — контактные штырьки.

6. ВЫПРЯМИТЕЛИ

Выпрямители служат для преобразования переменного тока в постоянный ток.

В электронной аппаратуре применяются кенотронные и полупроводниковые выпрямители.

Кенотронный выпрямитель.

В кенотронных выпрямителях переменный ток в постоянный преобразуется с помощью электронной лампы — кенотрона. В школьном электротехническом кабинете обычно используется кенотронный выпрямитель ВК-3.

При работе с этим выпрямителем соблюдают следующие

правила. К отключенному от сети выпрямителю присоединяют цепь накала ламп к зажимам 6,3 в, анодную цепь к зажимам «—общ» и «+250» или «—общ» и «+350». К зажиму «—общ» присоединяют заземляющий провод.

Проверяют соответствие положения предохранителя напряжению сети и включают выпрямитель в сеть. Когда выпрямитель включен, касаться руками зажимов нельзя.

При выключении сначала отключают выпрямитель от сети, а затем — питаемую цепь.

Дроссель и конденсаторы, применяемые в выпрями-

теле, позволяют сгладить пульсации выпрямленного тока и называются *сглаживающими фильтрами*.

Полупроводниковый выпрямитель. Для питания электрических лабораторных приборов, реле постоянного тока и зарядки аккумуляторов в школьном электротехническом кабинете применяется селеновый выпрямитель типа ВУ-24/0,6.

Эксплуатация этого выпрямителя осуществляется с учетом тех же общих требований, что и эксплуатация кенотронного выпрямителя.

Выпрямители с германиевыми и кремниевыми диодами применяются для устройства блоков питания современной радиотелевизионной аппаратуры.

7. АККУМУЛЯТОРЫ

Электрические аккумуляторы используют в качестве независимых источников питания в цепях автоматики, релейной защиты, сигнализации, а также для работы электродвигателей в электрокарах,

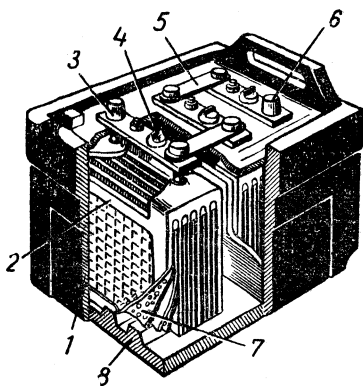


Рис. 128. Устройство кислотного аккумулятора:

1 — бак; 2 — блок пластин отрицательной полярности; 3 — вывод блока пластин положительной полярности; 4 — пробка; 5 — междуэлементные соединения; 6 — вывод блока пластин отрицательной полярности; 7 — сепаратор; 8 — опорные призмы.

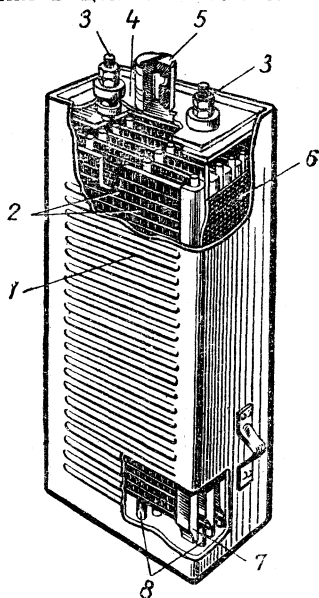


Рис. 129. Устройство щелочного аккумулятора:

1 — бак; 2 — пластина; 3 — полюсный вывод; 4 — крышка; 5 — пробка; 6 — эбонитовая пластина; 7 — обжимка; 8 — эбонитовые палочки.

некоторых подъемно-транспортных устройствах, автомобилях и других механизмах и машинах. Для этих целей применяют кислотные и щелочные аккумуляторы (рис. 128 и 129).

Количество электричества, которое берет аккумулятор при его зарядке или отдает при разрядке, называется *емкостью аккумулятора*.

Емкость определяют по формулам:

$$Q_a = I_a \cdot t_a \text{ и } Q_p = I_p \cdot t_p,$$

где Q_a — емкость заряженного аккумулятора, $а \cdot ч$;

Q_p — емкость, отдаваемая при разрядке аккумулятора, $а \cdot ч$;

I_a — ток зарядки, $а$;

I_p — ток разрядки, $а$;

t_a — время зарядки, $ч$;

t_p — время разрядки, $ч$.

Во время эксплуатации аккумулятора следят, чтобы он разряжался лишь до определенного напряжения, указанного в паспорте. Для аккумулятора вреден слишком большой разрядный ток. Однако некоторые аккумуляторы предназначены для эксплуатации при сравнительно больших токах. Например, стартерные аккумуляторы, применяемые для запуска автомобильного двигателя, должны в течение короткого времени (пуска двигателя с помощью стартера — электрического двигателя постоянного тока) выдерживать сравнительно большой ток.

Полностью разряжать аккумулятор нельзя. Поэтому для кислотных аккумуляторов $Q_p \approx 0,65 \cdot Q_a$; для щелочных — $Q_p \approx 0,5 \cdot Q_a$. При пониженных температурах рекомендуется разряжать аккумулятор не более чем на 25%.

При зарядке и эксплуатации аккумуляторов необходимо строго соблюдать заводскую инструкцию. Нельзя нагружать аккумулятор выше значения тока, указанного в его паспорте, и разряжать до напряжения, меньшего, чем указано в инструкции.

VII. ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ АВТОМАТАХ И АВТОМАТИКЕ

Изучая свойства материалов и способы их обработки, устройство и принцип действия механизмов, приборов, аппаратов, машин, наблюдая за ними в процессе их работы, человек получает информацию, на основе которой управляет оборудованием, регулирует ход производственных процессов, совершает требующиеся трудовые действия.

Не все функции по обслуживанию и управлению техникой и технологическими процессами непосредственно доступны для человека, например, из-за ограниченности его физических возможностей. Человеку помогают приборы, механизмы, аппараты, машины: выполняя действия по управлению, регулированию и контролю оборудования и протекания производственных процессов, они заменяют его труд. Технические устройства, действующие целесообразно без непосредственного участия человека, называются *автоматами*.

Автоматы создаются человеком и работают по заданной программе. Операторы, обслуживающие автоматы, настраивают их на нужный режим, включают, осуществляют общий надзор и в случае необходимости производят ремонт и наладку автоматов.

В каждом автомате есть *управляемая система* и *управляющая система*. Управляемая система представляет собой рабочую машину. Она совершает полезную работу. Управляющая система по заданной человеком программе воздействует на управляемую систему, в результате чего управляемая система совершает требующиеся действия. Таким образом, управляющая система

выполняет функции, которые при отсутствии ее выполнял бы человек (рис. 130).

Отрасль науки и техники, занимающаяся вопросами построения и работы управляющих систем автоматов, называется *автоматикой*.

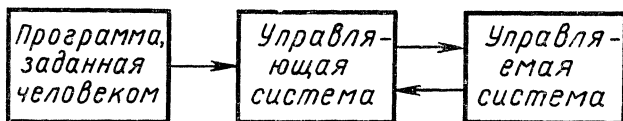


Рис. 130. Блок-схема автомата.

В настоящее время на многих предприятиях работают станки-автоматы, автоматические станочные линии и осуществляется переход к созданию цехов-автоматов и заводов-автоматов.

Благодаря автоматизации устраняются различия между умственным и физическим трудом, повышается творческая роль трудящихся в осуществлении производственных процессов, значительно растет производительность труда и снижается его себестоимость.

Современные автоматические устройства (системы) могут осуществлять автоматический контроль и защиту, автоматическое управление и автоматическое регулирование.

Автоматические устройства состоят из следующих основных элементов: датчиков, дистанционных передач сигналов, усилителей, исполнительных органов.

2. ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Датчики

Датчики являются чувствительными входными элементами автоматических устройств.

В автоматических устройствах широко применяются электрические датчики.

Электрическим датчиком называется устройство, преобразующее неэлектрический сигнал в электрический.

Электрические датчики, которые под влиянием неэлектрических воздействий на них изменяют электрическое сопротивление, называются *параметрическими*.

м и датчиками. Параметрические датчики включают в цепь, содержащую источник тока и чувствительный измерительный прибор, который регистрирует изменение силы тока, вызванное изменением электрического сопротивления датчика.

Датчики, преобразующие энергию, получаемую в результате неэлектрического воздействия на них, в электрическую, называются генераторными датчиками.

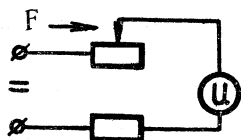


Рис. 131. Схема реостатного датчика.

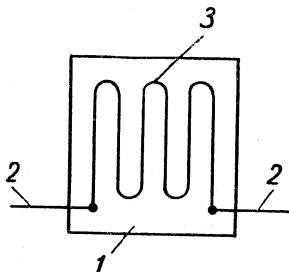


Рис. 132. Схема устройства тензометра:

1 — лист тонкой бумаги; 2 — медные проводочки; 3 — проволочка из константана.

Генераторные датчики включают в цепь без самостоятельного источника питания, так как они сами вырабатывают электроэнергию.

Параметрические датчики. Реостатные датчики (рис. 131) под влиянием механических воздействий на них (сила F) изменяют сопротивление цепи, в которую они включены. При механическом воздействии, например, на подвижный контакт реостата сопротивление цепи и ток в ней изменяются, и прибор сигнализирует в итоге о степени неэлектрического воздействия.

Тензометры (проволочные датчики) изменяют электрическое сопротивление в результате деформации. Тензометры (рис. 132) изготавливаются из константана, никрома или железохромоалюминиевого сплава. Проволочку из этих материалов диаметром 0,02—0,04 мм закрепляют при помощи специального клея между двумя листочками тонкой бумаги. Концы проволоки тензометра прочно соединены с медными проводниками, посредством которых тензометр включают в электрическую цепь.

Тензометр, воспринимая механическую нагрузку, деформируется, и электрическое сопротивление проволоочки изменяется.

Индуктивные датчики (рис. 133) при сжатии, растяжении, нагревании или охлаждении их сердечника изменяют свое индуктивное сопротивление. Индуктивные датчики включают в цепь переменного тока. При изменении индуктивного сопротивления датчика соответственно меняется сила тока в цепи.

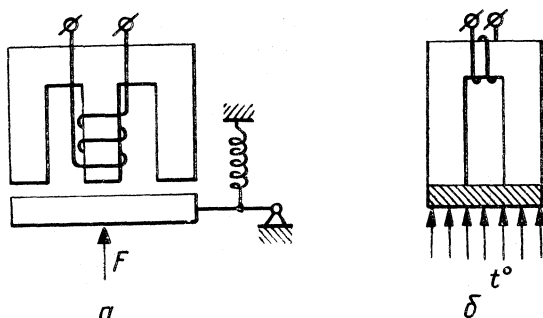


Рис. 133. Схемы устройства индуктивных датчиков:

а — микрометрического; б — термометрического.

Емкостный датчик (рис. 134) при механическом воздействии на него изменяет емкостное сопротивление, в результате чего соответственно изменяется сила тока в цепи, в которую он включен.

Генераторные датчики. Примером генераторных датчиков являются термопара и микромашина постоянного тока. При изменении скорости вращения вала якоря машины постоянного тока изменяется величина индуцируемой э. д. с. К генераторным датчикам относится также фотоэлектрический

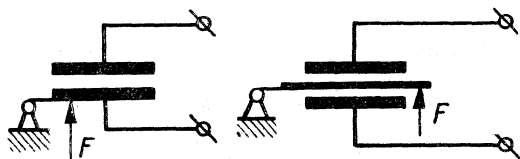


Рис. 134. Схемы устройства емкостных датчиков.

датчик. Под действием падающего на фотозлемент света возникает электрический ток. Сила этого тока регистрируется чувствительным прибором.

Дистанционная передача сигналов

Электрические сигналы датчика можно передавать к другим элементам автоматического устройства по проводам. Однако слабый сигнал можно передать по проводам лишь на небольшое расстояние. Кроме того, сигнал переменного тока может быть искажен из-за влияния индуктивности и емкости линии, по которой он

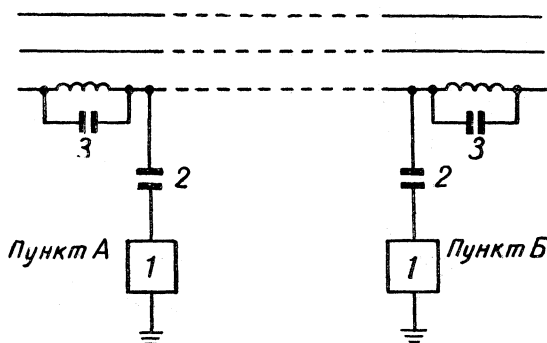


Рис. 135. Схема передачи электрических сигналов высокой частоты по линии трехфазного тока.

передается. Поэтому передача сигналов датчиков по проводам осуществляется на сравнительно небольшие расстояния.

Для надежной передачи сигналов на большие расстояния используются системы телемеханики.

Система телемеханики состоит из передающего устройства, на которое поступает сигнал; линий радиосвязи — коротких и ультракоротких радиоволн или линий электросвязи — воздушных, кабельных телефонных и телеграфных линий, высоковольтных линий электропередачи; приемного устройства.

На рисунке 135 показана схема передачи сигнала на большое расстояние с использованием линий электропередачи и аппаратуры высокочастотной связи. Приемопередающие устройства 1 работают на токах высокой

частоты. Чтобы ток частоты 50 гц, передаваемый по линии электропередачи, не попадал в приемно-передающие устройства, последние с линией электропередачи соединяются через электрические фильтры 2 — конденсаторы. Емкость конденсаторов подбирается такой, чтобы они оказывали большое сопротивление току частоты 50 гц и малое сопротивление току высокой частоты.

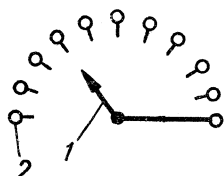


Рис. 136. Схема контактного поля шагового распределителя: 1 — щетка; 2 — неподвижные контактные пластины.

Передаваемый сигнал не может распространиться также по линии электропередачи влево от пункта А и вправо от пункта Б, так как этому препятствуют фильтры 3. Фильтры 3 оказывают большое сопротивление току высокой частоты и практически не оказывают сопротивления току частоты 50 гц.

В рассмотренном случае передаваемые сигналы отличаются частотой. Если одновременно нужно передать несколько сигналов, не имеющих особых отличительных признаков, то применяют шаговые распределители (искатели). Шаговый распределитель (рис. 136) имеет несколько неподвижных контактов (ламель) и подвижных контактов (щеток). Щетка поочередно переходит с одного неподвижного контакта на другой. Щетки шаговых распределителей, применяющихся для дис-

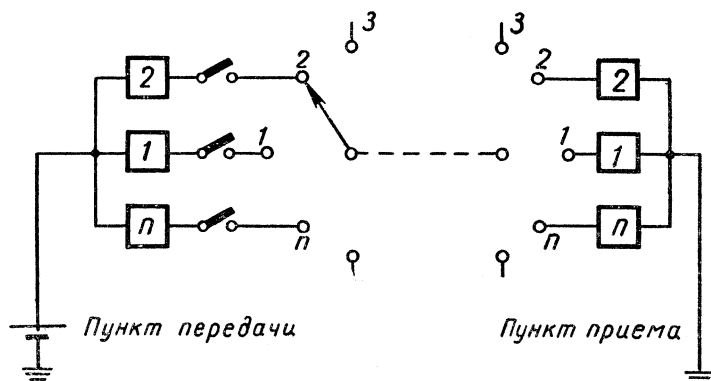


Рис. 137. Схема дистанционной передачи электрических сигналов с применением шаговых распределителей.

танционной передачи сигналов, приводятся во вращение электродвигателем небольшой мощности. На передающем и принимающем сигналах пунктах устанавливают по шаговому распределителю, щетки которых соединяют линией связи (рис. 137). На обоих шаговых распределителях щетки устанавливают сначала в одинаковом положении. Затем одновременно включают электродвигатели, которые вращают щетки со строго одинаковой скоростью (синхронно).

В автоматических устройствах применяются также другие способы передачи сигналов датчиков.

Усилители

Мощность поступающего от датчика электрического сигнала очень мала. Нередко она в несколько сотен и тысяч раз меньше мощности тех устройств, работой которых должны управлять датчики. Поэтому в автоматических устройствах для увеличения мощности электрического сигнала датчиков применяют усилители.

Электрические схемы и конструкции усилителей зависят от их назначения в том или ином автоматическом или радиоэлектронном устройстве. Однако все усилители выполняют одинаковую функцию: усиливают напряжение и мощность электрического сигнала за счет энергии подключенного к усилителю источника электропитания.

Электронный или полупроводниковый усилитель увеличивает напряжение или мощность электрического сигнала при помощи электронных ламп или транзисторов. Сигнал от датчика подается на зажимы (рис. 138), называемые входом усилителя. Электронная лампа (триод, пентод) или транзистор преобразуют энергию источника постоянного тока, и с выходных зажимов (выхода) усилителя можно снимать сигнал увеличенной мощности.

Есть также магнитные и электромашинные усилители.

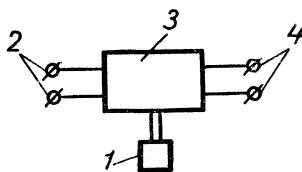


Рис. 138. Блок-схема усилителя электрических сигналов:

1 — источник электропитания; 2 — зажимы, на которые подается сигнал датчика (вход усилителя); 3 — преобразователь энергии; 4 — зажимы, с которых снимается усиленный сигнал (выход усилителя).

Исполнительные органы автоматических устройств

Исполнительные органы автоматических устройств предназначены для непосредственного воздействия на управляемую систему автомата.

Во многих автоматических устройствах применяются различные реле: электромагнитные, тепловые, электронные. Исполнительными органами реле являются размыкающие и замыкающие контакты.

Если части управляемой системы автоматов должны совершить значительные перемещения, то в качестве исполнительных органов используются электродвигатели.

В автоматических устройствах применяются соленоидные электродвигатели. Принцип работы соленоидного электродвигателя основан на втягивании стального сердечника внутрь катушки, по которой идет ток. Для увели-

чения силы втягивания сердечник делают небольшой длины, а катушку помещают в стальной цилиндрический корпус.

Исполнительными органами во многих автоматических устройствах являются электромагнитные муфты.

Дисковая электромагнитная муфта (рис. 139) работает следующим образом. Когда по обмотке идет ток, якорь притягивается к корпусу электромагнита. Ведущий вал оказывается соединенным с ведомым валом через корпус электромагнита и якорь. Фрикционная про-

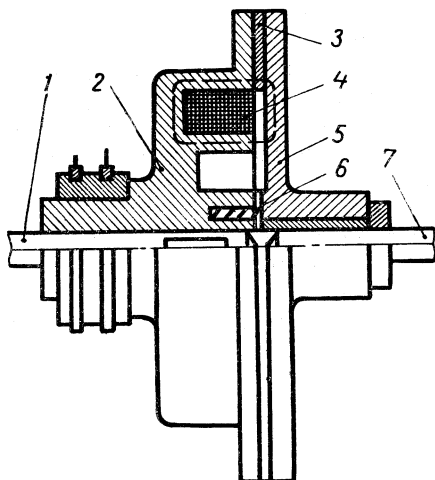


Рис. 139. Электромагнитная муфта:

1 — ведущий вал; 2 — корпус электромагнита; 3 — фрикционная прокладка; 4 — обмотка; 5 — якорь; 6 — пружина; 7 — ведомый вал.

кладка увеличивает силу сцепления корпуса электромагнита с якорем. Если ток прекращает идти по обмотке, то пружина отталкивает якорь от корпуса электромагнита. Теперь движение от ведущего вала к ведомому валу не передается.

3. АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Системы автоматического контроля без непосредственного участия человека осуществляют наблюдение за работой машин и других производственных установок, контролируют ход технологических процессов, качество выпускаемой продукции, ведут количественный учет ее.

Автоматический контроль освобождает человека от ряда утомительных операций, позволяет производить измерение различных величин в условиях, малодоступных или опасных для непосредственного труда человека, повышает точность и увеличивает быстроту выполнения контрольно-измерительных операций.

Системы автоматического контроля основаны на применении методов и средств измерения неэлектрических величин электрическими методами.

Устройства автоматического контроля (рис. 140) представляют собой разомкнутые автоматические системы. Контролируемый объект воздей-

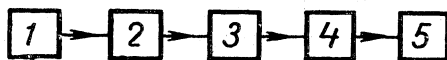


Рис. 140. Блок-схема системы автоматического контроля:

1 — контролируемый объект; 2 — датчик; 3 — измерительный элемент; 4 — исполнительный орган; 5 — сигнализатор.

ствует на датчик. Электрический сигнал датчика передается измерительному элементу. В зависимости от назначения устройства автоматического контроля сигнал от измерительного устройства может передаваться исполнительным органам, которые приводят в действие сигнализатор (счетный механизм, сортировочный механизм и т. п.). Системы автоматического контроля применяются в качестве измерительных, счетных, сортировочных, сигнализирующих устройств, а также выполняют роль анализаторов, дефектоскопов, дозаторов.

4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Системы автоматического управления осуществляют пуск или остановку машин и агрегатов без непосредственного участия человека. Человек производит лишь первоначальное включение, а дальнейшие функции по управлению объектом берут на себя автоматические устройства. Примеры автоматического управления электродвигателями приведены на стр. 133—137. Рассмотрим еще одну схему автоматического управления электродвигателями (рис. 141).

При нажатии на кнопку *П* ток идет по катушке *К* и *КЗ* и обмотке реле времени *РВ*. Одновременно размы-

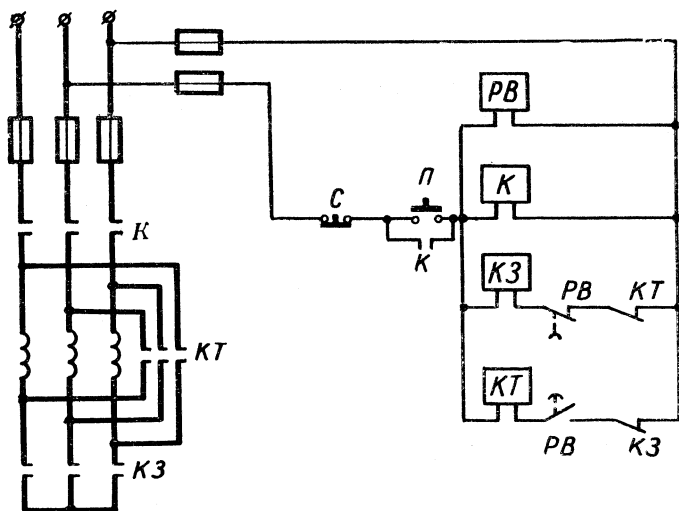


Рис. 141. Принципиальная электрическая схема переключения обмоток статора со звезды на треугольник.

каются контакты *КЗ* в цепи катушки *КТ*. В результате действия контакторов *К* и *КЗ* замыкаются главные контакты *К* в силовой цепи, блок-контакты *К* и контакты *КЗ*, соединяющие обмотки статора в звезду. Через установленное время срабатывает реле времени, и его контакты *РВ* в цепи катушки *КТ* замыкаются, а в цепи катушки *КЗ* размыкаются. Теперь ток идет по катушкам *К*

и KT , замыкаются контакты KT , соединяющие обмотки статора в треугольник.

Автоматическая остановка электродвигателей применяется, например, при работе электропривода подъемно-транспортных устройств.

На современных предприятиях применяется много-двигательный электропривод. Пуск одних и остановка других электродвигателей во многих случаях осуществляется автоматически.

5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Системы автоматического регулирования без непосредственного участия человека поддерживают требуемый режим работы производственных объектов или технологических процессов, например: заданную скорость, температуру, напряжение, уровень жидкости и т. д.

Блок-схема системы автоматического регулирования показана на рисунке 142.

Машина, аппарат или процесс, который подвергается регулированию, называется регулируемым объектом. Физическая величина, которую требуется под-

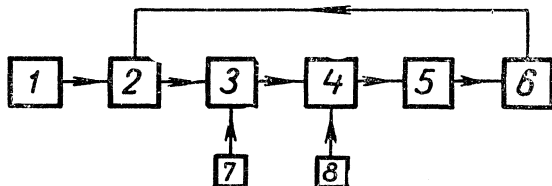


Рис. 142. Блок-схема системы автоматического регулирования:

1 — возмущающее воздействие; 2 — регулируемый объект; 3 — измерительный элемент; 4 — преобразующий элемент; 5 — исполнительный орган; 6 — регулирующий элемент; 7 — устройство настройки измерительного элемента; 8 — усилитель.

держивать постоянной или изменять по определенному закону, называется регулируемым параметром.

Регулируемым объектом может быть, например, электрический двигатель, а регулируемым параметром — скорость вращения его вала, если величину ее требуется поддерживать постоянной. Внешнее воздействие, под влиянием которого изменяется регулируемый параметр,

называется возмущающим воздействием (например, изменение нагрузки на валу электродвигателя).

Вследствие возмущающего воздействия регулируемый параметр отклоняется от заданной величины. Сигнал об этом отклонении от регулируемого объекта передается измерительному элементу. Измерительный элемент сравнивает полученный сигнал с заданным параметром и посылает соответствующий сигнал в преобразующий элемент. Преобразующий элемент в случае необходимости усиливает полученный сигнал, преобразует его и посылает к исполнительному органу. Исполнительный орган приводит в действие регулирующий элемент, который, воздействуя на регулируемый объект, приводит в соответствие с заданным регулируемый параметр. Таким образом, устройство автоматического регулирования представляет собой замкнутую автоматическую систему.

В настоящее время автоматическое регулирование используется при осуществлении многих производственных технологических процессов, на электростанциях, в электрических сетях, в транспортных машинах, в авиации, в космических кораблях.

VIII. БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ

1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ДИЗЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

В Советской Армии широко применяются небольшие передвижные электростанции. Они состоят из двигателя внутреннего сгорания, электрического генератора и распределительного устройства. Двигатель преобразует энергию сжигаемого топлива в механическую энергию, за счет которой генератор вырабатывает электрическую энергию. Эти электростанции принято называть *бензоэлектрическими* (с бензиновым малолитражным двигателем) или *дизельными* (с дизельным двигателем) агрегатами.

Первая русская передвижная электростанция была создана в 1913 г. и применялась для освещения минных галерей. В последующие годы в нашей стране создавали передвижные электростанции различных типов и конструкций. В 50-х годах стали выпускать усовершенствованные бензоэлектрические агрегаты (типа АБ) и дизельные агрегаты (типа АД).

Агрегаты служат для снабжения электроэнергией машин и механизмов инженерных войск, полевых радиостанций, радиолокационных установок, узлов связи, а также используются для зарядки аккумуляторов и для освещения в полевых условиях различных военных объектов: штабов, командных пунктов, мест производства военно-инженерных работ, медицинских пунктов, мастерских, складов. Агрегаты применяются также в народном хозяйстве — на строительстве, лесозаготовках, в сельском хозяйстве.

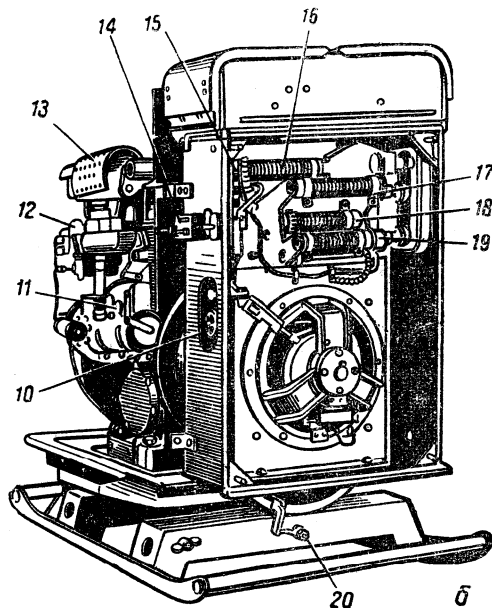
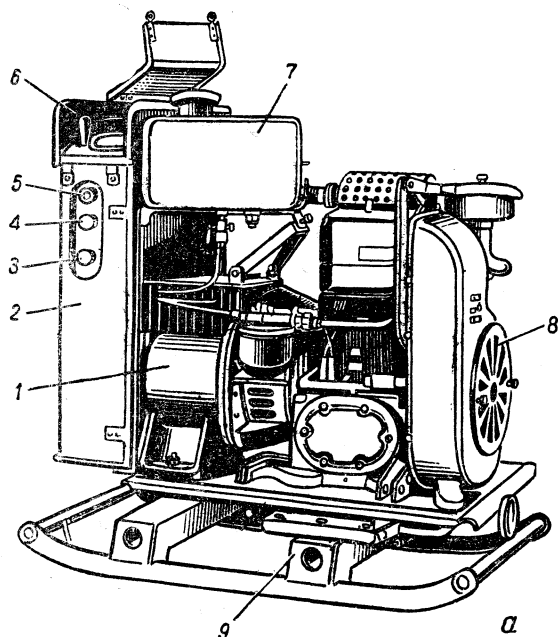


Рис. 143. Внешний вид бензоэлектрического агрегата АБ-4-0/230:

а — вид сбоку (кожух снят); *б* — вид сзади (шторка блока аппаратуры снята); 1 — генератор; 2 — блок электрической аппаратуры; 3 — ручка компаундирующего сопротивления; 4 — ручка регулировочного сопротивления; 5 — кнопка возбуждения; 6 — блок приборов (крышка открыта); 7 — топливный бак; 8 — маховик-вентилятор; 9 — рама агрегата; 10 — штепсельная розетка; 11 — магнето; 12 — карбюратор; 13 — глушитель; 14 — скобка крепления силового кабеля; 15 — понижающее сопротивление; 16 — пусковое сопротивление; 17 — регулировочное сопротивление; 18 — компаундирующее сопротивление; 19 — добавочное сопротивление; 20 — зажим для присоединения заземляющего провода.

Агрегаты типа АБ (рис. 143 и 144) представляют собой унифицированные бензоэлектрические агрегаты и состоят из малолитражного бензинового двигателя внутреннего сгорания, электрического генератора постоянного или переменного (однофазного, трехфазного) тока, блока электрической аппаратуры управления и регулирования, блока измерительных приборов. Двигатель и генератор соединены между собой муфтой, установленны на раме и защищены от внешних атмосферных и механических воздействий металлическим кожухом.

Агрегаты типа АБ бывают различных видов. Они схожи по принципу работы, общему устройству и правилам эксплуатации, но отличаются по мощности, роду тока и ряду других тактико-технических данных (см. табл. 18).

Вид бензоэлектрического агрегата обозначают совокупностью букв и цифр: А — агрегат; Б — бензиновый; 1, 2 или 4 — мощность, кВт; П — постоянный ток; О — однофазный; Т — трехфазный; 30, 115 или 230 — напряжение (для трехфазных — линейное напряжение), в; Ч-200 или Ч-425 — частота тока, гц.

Пример: АБ-4-Т/230/Ч-200 — агрегат бензиновый мощностью 4 кВт, трехфазный, линейное напряжение 230 в, частота тока 200 гц.

Каждый агрегат укомплектован запасными частями, инструментом и принадлежностями (ЗИП), необходимыми для его эксплуатации в полевых условиях. ЗИП размещены в специальном укладочном деревянном ящике (рис. 145), внутри которого имеется опись и схема расположения ЗИП по отдельным ячейкам. В этом же ящике находится *техническая документация*: формуляры (паспорта) — на агрегат, двигатель и генератор; техническое описание и инструкции по эксплуатации агрегата, двигателя и генератора; инструкция по уходу за магнето; паспорт на огнетушитель и инструкция по обращению с ним. Основным документом является формуляр на агрегат.

Агрегаты типа АБ могут нормально длительно работать при следующих условиях: температуре окружающего воздуха от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$; относительной влажности воздуха до 98%; на высоте над уровнем моря до 1000 м; при непосредственном воздействии атмосферных осадков (дождь, снег, туман); компактность и конструк-

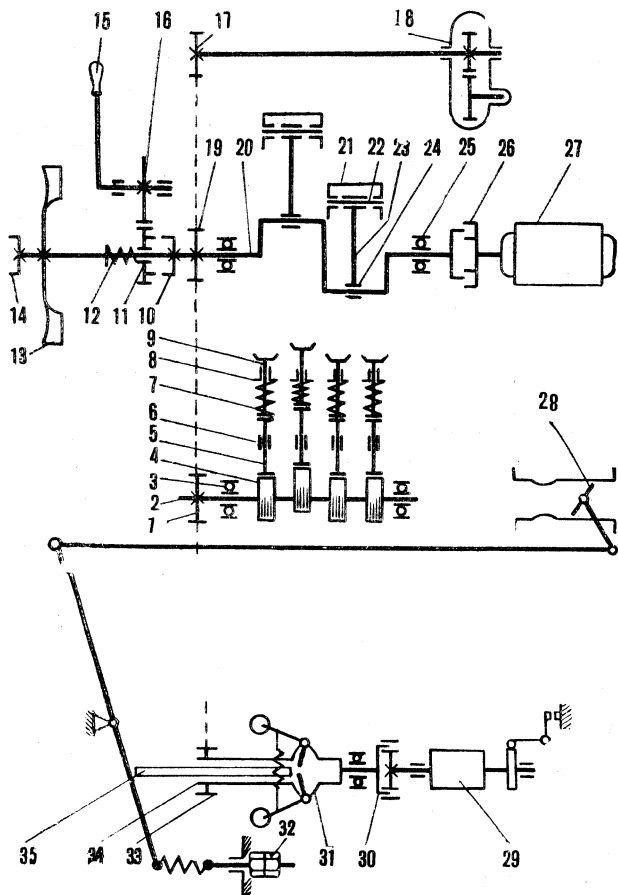


Рис. 144. Кинематическая схема бензоэлектрического агрегата типа АБ-4:

1 — шестерня распределительного вала; 2 — распределительный вал; 3 — подшипник распределительного вала; 4 — кулачок; 5 — толкатель; 6 — направляющая толкателя; 7 — клапанная пружина; 8 — направляющая втулка; 9 — клапан; 10 — храповая полушестерня; 11 — шестерня пускового механизма; 12 — пружина пускового механизма; 13 — маховик-вентилятор; 14 — храповик; 15 — пусковая рукоятка; 16 — зубчатый сектор пускового механизма; 17 — шестерня привода масляного насоса; 18 — масляный насос; 19 — шестерня коленчатого вала; 20 — коленчатый вал; 21 — поршень; 22 — поршневой палец; 23 — шатун; 24 — шатунный подшипник; 25 — коренной подшипник; 26 — муфта привода генератора; 27 — генератор; 28 — дроссельная заслонка; 29 — магнето; 30 — муфта привода магнето; 31 — центробежный регулятор скорости; 32 — регулировочные гайки; 33 — шестерня привода регулятора скорости и магнето; 34 — вал регулятора скорости; 35 — шток регулятора скорости.

тивные особенности позволяют эксплуатировать агрегат сразу же после длительной перевозки (свыше 1500 км) по шоссейным и грунтовым дорогам со скоростями, допустимыми для грузового автотранспорта.

В полевых условиях агрегат располагают по возможности в центре электроприемников, которые получают от него электроэнергию. Окружающие условия должны позволять удобно эксплуатировать агрегат, обеспечивать его хорошее охлаждение, а в случае необходимости и маскировку.

Обслуживают агрегат обычно два моториста-электрика, один из которых старший. Старший моторист-элек-

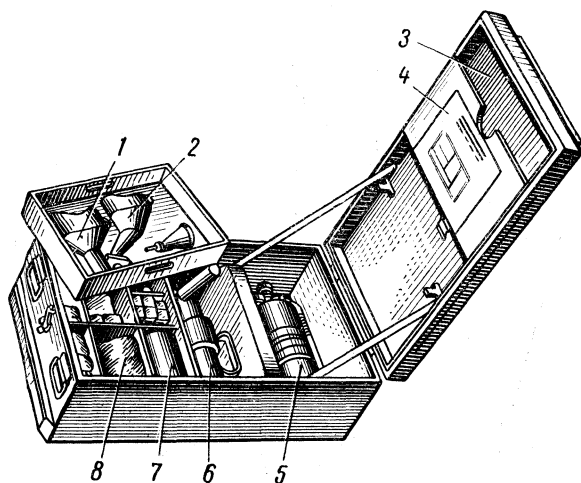


Рис. 145. Укладка ЗИП агрегата:

1 — воронка для бензина; 2 — воронка для масла; 3 — место для документации; 4 — схема укладки; 5 — огнетушитель; 6 — паяльная лампа; 7 — сумка с инструментами; 8 — запасные части и принадлежности.

трик отвечает за состояние агрегата, правильную его эксплуатацию, за соблюдение правил техники безопасности, определяет число и мощность подключаемых к агрегату электроприемников, следит за пополнением имущества в комплекте агрегата, его своевременным техническим осмотром и ремонтом. Оба моториста-

электрика подготавливают агрегат к работе, производят его технический осмотр и обслуживание, поочередно дежурят у агрегата во время его эксплуатации и ведут приложенный к агрегату журнал учета.

Агрегаты типа АД являются унифицированными дизель-электрическими агрегатами. Они могут быть использованы в качестве резервных или временных источников питания для электрификации инженерных работ, для электроснабжения пунктов управления полевых войск, радиолокационных установок, артиллерийских систем, узлов связи, радиостанций, мастерских, различных объектов на аэродромах.

Агрегаты типа АД состоят в основном из тех же частей, что и бензоэлектрические агрегаты. Однако в агрегатах типа АД применен дизельный двигатель внутреннего сгорания, благодаря чему эти агрегаты имеют сравнительно большую мощность — от 5 до 75 кВт. Дизель-электрические агрегаты предназначены для выработки главным образом трехфазного тока напряжением 230 и 400 в. Трехфазный генератор, в отличие от подобных генераторов, устанавливаемых в бензоэлектрических агрегатах, имеет машинный возбудитель — генератор постоянного тока, питающий обмотку ротора трехфазного генератора (см. рис. 75).

Дизель-электрические агрегаты эксплуатируются при тех же условиях, что и бензоэлектрические агрегаты. Если дизель-электрический агрегат используется в комплекте передвижной электростанции, то его устанавливают на автомобильный прицеп, в котором размещают также набор длинных и коротких отрезков кабелей с полумуфтами или наконечниками на концах, ЗИП станции, а иногда запасные бачки с топливом и маслом. В зависимости от назначения в комплект такой станции входят различные электрифицированные инструменты, например электропилы, электросверлилки, электрорубанки, электродолбежники и т. п.

Вид дизель-электрического агрегата обозначают так же, как и вид бензоэлектрического агрегата, но вместо буквы Б в наименовании вида ставят букву Д, которая указывает на то, что в агрегате применен дизельный двигатель. Ниже приведены краткие технические данные дизель-электрических агрегатов мощностью от 5 до 75 кВт.

Основные тактико-технические данные бензоэлектрических агрегатов

Вид агрегата	Двигатель	Генератор	Номинальная величина				Вес агрегата, кг	Назначение
			мощности, кВт	напряжения, в	тока, а (зависит от $\cos \varphi$)	частоты, гц		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АБ-1-П/30	2СД-В, двухтактный, карбюраторный	ГАБ-1-П/30, постоянного тока, с параллельным возбуждением	1	30	33,3	—	45—74 (в зависимости от исполнения)	Зарядка аккумуляторных батарей
АБ-1-0/230	То же	ГАБ-1-0/230, переменного тока, однофазный	1	230	4,7—5,44	50	До 73	Питание электрооборудования пунктов управления полевых войск, радиостанций, узлов связи, медицинской аппаратуры и др.
АБ-2-0/230	УД-1, УД-15, четырехтактный, карбюраторный	ГАБ-2-0/230, переменного тока, однофазный	2	230	8,7—10,9	50	190	То же

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АБ-4-0/230	УД-2, УД-25, четырехтактный, карбюраторный	ГАБ-4-0/230, переменного тока, однофазный	4	230	17,4—21,8	50	230	То же
АБ-2-Т/230	УД-1, УД-15	ГАБ-2-Т/230, переменного тока, трехфазный	2	230	5—6,3	50	177	Питание электрооборудования полевых войск, электрифицированных инструментов, электропривода походных мастерских, компрессоров, радиолокационных станций, киноустановок и др.
АБ-4-Т/230	УД-2, УД-25	ГАБ-4-Т/230, переменного тока, трехфазный	4	230	10—12,5	50	235	То же
АБ-4-Т/230-Ч/200	УД-2, УД-25	ГАБ-4-Т/230-Ч/200, переменного тока, трехфазный	4	230	12,6	200	190, 225 (с капотом)	Питание электрифицированных инструментов, электрификация инженерных работ, электроснабжение радиостанций и походных мастерских
АБ-4-0/230-Ч/425	УД-2, УД-25	ГАБ-4-0/230-Ч/425, переменного тока, однофазный	4	230	21,8	425	240, 271 (с капотом)	Питание радиолокационных установок

АД-5-Т/230 — агрегат дизельный, мощностью 5 кВт, предназначен для выработки трехфазного тока напряжением (линейным) 230 в и частоты 50 гц; номинальный ток 15,7 а.

АД-10-Т/230 — агрегат дизельный, мощностью 10 кВт, предназначен для выработки трехфазного тока напряжением (линейным) 230 в и частоты 50 гц; номинальный ток 31,5 а.

АД-10-Т/400 — агрегат дизельный, мощностью 10 кВт, предназначен для выработки трехфазного тока напряжением (линейным) 400 в и частоты 50 гц; номинальный ток 18,2 а.

Подобным образом расшифровываются обозначения и других дизель-электрических агрегатов, а именно: АД-20-Т/230, АД-20-Т/400, АД-30-Т/230, АД-30-Т/400, АД-50-Т/230, АД-50-Т/400, АД-75-Т/230, АД-75-Т/400. Указанные агрегаты рассчитаны на номинальный ток соответственно (в а): 63; 36,4; 94; 54,3; 156; 90; 234; 136.

При эксплуатации дизель-электрических агрегатов в комплекте передвижных электростанций нередко используется преобразователь частоты переменного тока с 50 на 200 гц. Изменение частоты позволяет применять электрифицированные инструменты, работающие при пониженном напряжении; это уменьшает опасность поражения во время обращения с ними.

В данном пособии рассматриваются главным образом бензоэлектрические агрегаты АБ-4, но указывается на особенности агрегатов АБ-2.

Упражнения

1. Рассмотрите бензоэлектрический агрегат, найдите его основные части.
2. Изучите технические данные бензоэлектрического агрегата, сравните данные агрегатов различного вида.

2. ДВИГАТЕЛЬ БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Принцип работы и общее устройство двигателя

В агрегатах АБ-4 установлен бензиновый двигатель УД-2 (рис. 146), а в агрегатах АБ-2 — двигатель УД-1. В последних выпусках агрегатов АБ-4 и АБ-2 устанавливают двигатели соответственно УД-25 и УД-15. Это че-

тырехтактные карбюраторные универсальные малоли-
тражные двигатели. Они отличаются по конструкции,
мощности и некоторым другим техническим данным (см.
табл. 19).

Двигатель состоит из двух основных механизмов —
кривошипно-шатунного и газораспределительного —
и четырех систем: питания, зажигания, смазки и охлаж-
дения. Запуск двигателя осуществляется при помощи
пускового механизма. Назначение, устройство и дейст-
вие этих механизмов и систем рассматриваются в сле-
дующих параграфах, в основном на примере двигателя
УД-2.

Для работы карбюраторного двигателя необходима
горючая смесь, которая состоит из бензина и воздуха.
Работа двигателя заключается в последовательном по-
вторении четырех тактов (рис. 147): в п у с к горючей
смеси в цилиндр, с ж а т и е смеси в цилиндре, р а б о -
ч и й х о д, в ы п у с к отработавших газов из цилиндра
в атмосферу.

Впуск горючей смеси в цилиндр происходит в тот мо-
мент, когда открыт *впускной клапан* и давление в *ци-
линдре* меньше атмосферного. Эти условия создаются,
когда перед началом работы двигателя клапаны закры-
ты, а *поршень* находится в верхнем положении (верхней
мертвой точке — **ВМТ**). Если теперь при помощи пуско-
вого механизма начать вращать *коленчатый вал*, то пор-
шень будет перемещаться вниз (рис. 147, а), и в цилин-
дре понизится давление. Одновременно коленчатый вал
приводит во вращение *распределительный вал*, под дей-
ствием *кулачка* которого открывается (поднимается)
впускной клапан, и по *впускному коллектору* из карбю-
ратора в цилиндр поступает горючая смесь.

Через половину оборота коленчатого вала поршень
достигает своего нижнего положения (нижней мертвой
точки — **НМТ**). В этот момент кулачок распределитель-
ного вала поворачивается вниз, и под действием пружи-
ны закрывается впускной клапан. Цилиндр заполняется
горючей смесью, которая вместе с остаточными газа-
ми — продуктами сгорания смеси при предыдущей ра-
боте двигателя — образует *рабочую смесь*. На этом такт
впуска горючей смеси заканчивается.

При дальнейшем вращении коленчатого вала (вто-
рая половина оборота) поршень движется вверх (рис.

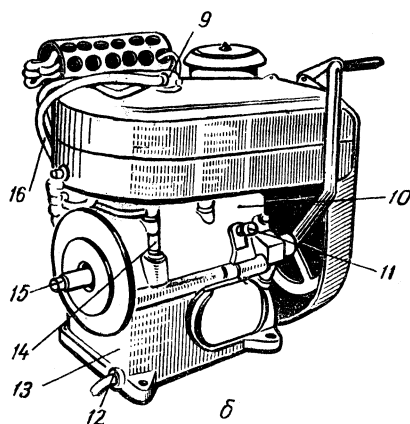
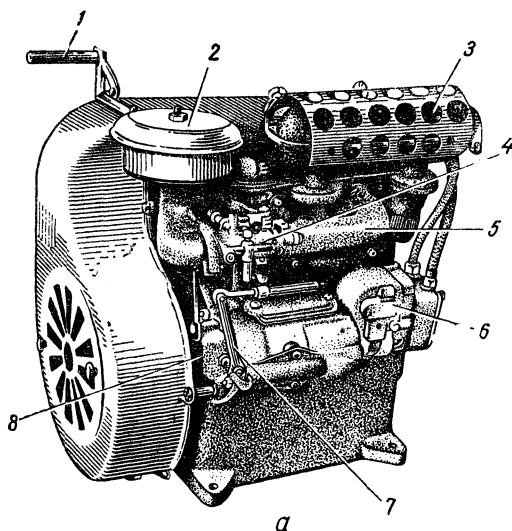


Рис. 146. Внешний вид двигателя УД-2:
 а — со стороны карбюратора; б — со стороны пускового устройства; 1 — пусковой рычаг; 2 — воздухоочиститель; 3 — глушитель; 4 — карбюратор; 5 — коллектор; 6 — магнето; 7 — рычаг регулятора скорости; 8 — крышка распределительных шестерен; 9 — свечи зажигания; 10 — верхний картер; 11 — указатель давления масла; 12 — пробка для слива масла; 13 — нижний картер; 14 — маслосъемная линейка; 15 — задний конец коленчатого вала; 16 — провод высокого напряжения.

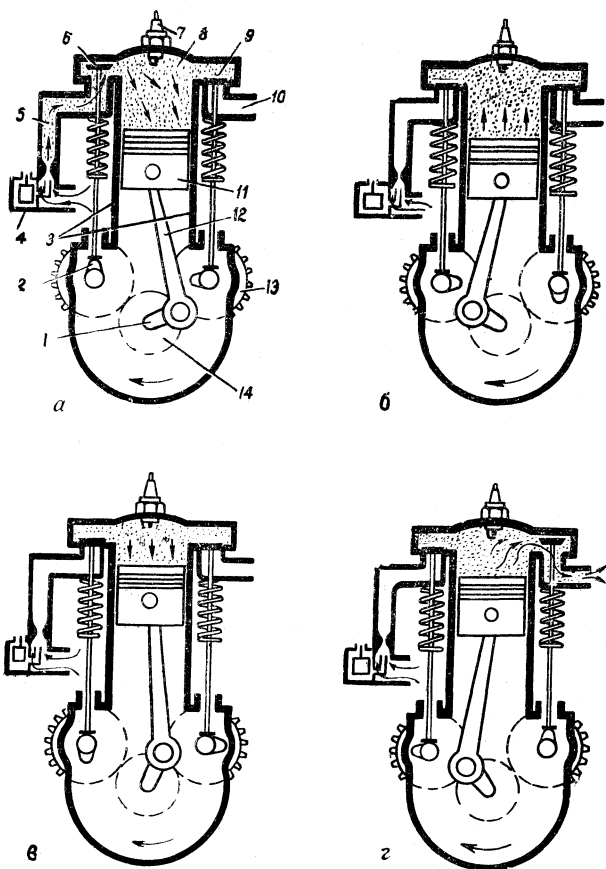


Рис. 147. Рабочий процесс четырехтактного карбюраторного двигателя:

а — впуск; б — сжатие; в — рабочий ход; г — выпуск; 1 — коленчатый вал; 2 — кулачок распределительного вала; 3 — стенки цилиндра; 4 — карбюратор; 5 — впускной коллектор; 6 — впускной клапан; 7 — свеча зажигания; 8 — камера сгорания; 9 — выпускной клапан; 10 — выпускной коллектор; 11 — поршень; 12 — шатун; 13 — шестерня распределительного вала; 14 — шестерня коленчатого вала.

Таблица 19

Основные технические и эксплуатационные данные двигателей типа УД

Наименование	Характеристика данных			
	УД-1	УД-15	УД-2	УД-25
Число цилиндров	1	1	2	2
Диаметр цилиндра, мм	72	72	72	72
Ход поршня (расстояние между нижней и верхней мертвыми точками), мм	75	60	75	60
Рабочий объем цилиндра (объем цилиндра без камеры сгорания), см ³	305	245	610	490
Степень сжатия — отношение полного объема цилиндра ¹ к объему камеры сгорания	5	6	5	6
Номинальная мощность, л. с.	4,8	5	9,6	10
Номинальное число оборотов в минуту	3000	3000	3000	3000
Перегрузочная способность	10 % номинальной мощности			
Топливо (бензин) ²	А-66, А-72	А-72	А-66, А-72	А-72
Удельный расход топлива, г/л. с. ч, не более	370	330	370	320
Масло:				
зимой	АКп-6, АСп-5, АКп-5	Дп-11 с присадкой ЦИАТИМ-339	АКп-6 АСп-5 АКп-5	Дп-11 с присадкой ЦИАТИМ-339
летом	АК-10, АСп-9,5 АКп-9,5	Дп-8 с присадкой ВНИИНП-360 или 361	АК-10 АСп-9,5 АКп-9,5	Дп-8 с присадкой ВНИИНП-360 или 361
Емкость системы смазки, л	2	1,3	4	2,7
Свеча зажигания	А22У	А11У	А22У	А11У
Карбюратор	К-16Б	К-16Е	К-16В	К-16Ж

147, б) и сжимает рабочую смесь. Когда поршень достигает верхней мертвой точки, такт сжатия заканчивается.

Рабочий ход (рис. 147, в) поршня начинается после окончания такта сжатия, когда между электродами *свечи зажигания*, расположенной в *камере сгорания*, появляется искра (о процессе образования искры рассказывается на стр. 212). От искры рабочая смесь воспламеняется, горит, и поэтому в цилиндре повышается температура. Вследствие этого в цилиндре резко повышается давление, и поршень движется вниз, совершая работу. Через *шатун* он передает вращение коленчатому валу (третья половина оборота).

Коленчатый вал вращает соединенную с ним рабочую машину, например в бензоэлектрическом агрегате — генератор. На конце вала укреплено массивное колесо — *маховик* (в рассматриваемом агрегате оно называется *маховиком-вентилятором*, так как служит еще и для охлаждения двигателя потоком воздуха). Маховик, запасая при рабочем ходе поршня кинетическую энергию, расходует часть ее на совершение работы по вращению коленчатого вала во время вспомогательных тактов — впуска, сжатия, выпуска. Маховик выводит поршень (через коленчатый вал и шатун) из положения ВМТ и НМТ и способствует плавной работе двигателя.

За счет энергии, запасенной при рабочем ходе, коленчатый вал продолжает вращаться (четвертая половина оборота), и поршень вновь движется вверх (рис. 147, г). Одновременно второй кулачок открывает выпускной клапан, и поршень выталкивает отработавшие газы из цилиндра в атмосферу через выпускной коллектор (такт выпуска).

Указанные такты последовательно повторяются. Полный цикл, состоящий из четырех тактов, осуществляется за два оборота коленчатого вала.

Упражнения

1. Рассмотрите внешний вид двигателя типа УД-2 (или УД-25) и найдите его основные части, запомните названия и расположение этих частей.

2. Назовите основные технические и эксплуатационные данные двигателей типа УД; сравните эти данные для двигателей УД-1, УД-15, УД-2 и УД-25.

Основные механизмы двигателя

Кривошипно-шатунный механизм. Кривошипно-шатунный механизм служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршней во вращательное движение коленчатого вала. Этот механизм (см. рис. 144) состоит из цилиндра, поршня, шатуна и коленчатого вала. Двигатель УД-2 соответственно имеет по два цилиндра, поршня и шатуна.

Кривошипно-шатунный механизм действует следующим образом. Во время рабочего хода поршень перемещается вниз и передает движение через шатун коленчатому валу. Во время тактов впуска, сжатия и выпуска коленчатый вал передает через шатун движение поршню.

В таблице 20 указаны основные конструктивные данные кривошипно-шатунного механизма.

Газораспределительный механизм. Газораспределительный механизм служит для своевременного впуска в цилиндр горючей смеси и выпуска из него отработавших газов — продуктов сгорания рабочей смеси. Этот механизм (см. рис. 144) состоит из распределительных шестерен, распределительного вала, толкателей и клапанов.

Газораспределительный механизм действует следующим образом. На коленчатом валу имеется распределительная шестерня, которая входит в зацепление с шестерней распределительного вала. Посредством этих шестерен передается вращение от коленчатого вала распределительному валу. Имеющиеся на распределительном валу кулачки, вращаясь, передают в соответствующие моменты усилие толкателям. Толкатели при этом поднимаются и открывают впускные и выпускные клапаны.

Когда соприкосновение кулачков с толкателями прекращается (кулачки вращаются), клапаны закрываются под действием пружин. Действие газораспределительного механизма осуществляется таким образом, чтобы впускные клапаны открывались при начале такта впуска поочередно в каждом из цилиндров, а выпускные клапаны открывались при начале такта выпуска. Закрываются клапаны при окончании соответствующего такта.

Все четыре такта происходят в цилиндре двигателя за два оборота коленчатого вала, но за это время каждый клапан должен открываться только один раз.

Основные конструктивные данные кривошипно-шатунного механизма

Наименование частей	Назначение и особенности устройства	Материал и способ изготовления	Способ установки и крепления
Цилиндр (рис. 148, а)	Служит для совершения всех тактов работы двигателя и направляет движение поршня. Внутренняя поверхность, по которой скользит поршень, называется зеркалом цилиндра. Снаружи имеет ребра для лучшего охлаждения потоком воздуха, сбоку — впускной и выпускной каналы; в верхней части — гнезда клапанов, в которые запрессованы направляющие втулки клапанов, выходящие в клапанную коробку, закрытую крышкой. Через отверстие в крышке при помощи прорезиненного шланга осуществляется сообщение с воздуховсасывающим патрубком (атмосферой)	Отлит из специального чугуна	Крепят к картеру четырьмя шпильками
Головка цилиндра (рис. 148, б)	Закрывает сверху цилиндр. Внутри есть камера сгорания, в резьбовое отверстие которой снаружи ввертывают свечу зажигания. Снаружи имеются ребра для лучшего охлаждения потоком воздуха	Отлита из алюминиевого сплава	Крепят к цилиндру девятью шпильками, две из которых одновременно крепят цилиндр к картеру. Между цилиндром и головкой есть асбесто-стальная прокладка
Поршень (рис. 149)	Воспринимает давление газов в цилиндре во время рабочего хода и выполняет вспомогательные такты — впуск, сжатие, выпуск. В верхней части имеются канавки, в которые устанавливают два компрессионных кольца (создают компрессию в цилиндре)	Отлит из алюминиевого сплава. Кольца — из специального мелкозернистого чугуна	Стыки колец должны быть обращены в противоположные стороны. Зазор в стыках в пределах 0,2—0,45 мм. Поршень соединяется шарнирно

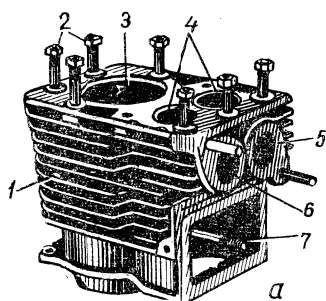


Рис. 148. Цилиндр (а) и его головка (б):

1 — ребристая поверхность; 2 — шпильки крепления головки цилиндра; 3 — зеркало цилиндра; 4 — гнезда клапанов; 5 — выпускной канал; 6 — впускной канал; 7 — клапанная коробка; 8 — камера сгорания; 9 — отверстие для шпильки.

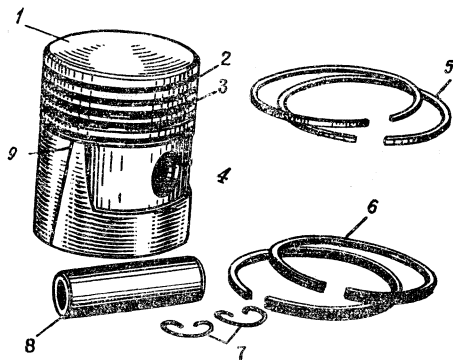
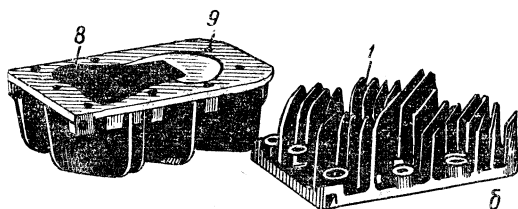


Рис. 149. Поршень:

1 — днище поршня; 2 — канавки для установки компрессионных колец; 3 — канавки для установки маслосъемных колец; 4 — отверстие для поршневого пальца; 5 — компрессионные кольца; 6 — маслосъемные кольца; 7 — стопорные кольца; 8 — поршневой палец; 9 — косая прорезь.

Наименование частей	Назначение и особенности устройства	Материал и способ изготовления	Способ установки и крепления
Шатун (рис. 150)	и два маслостъемных кольца с продольными отверстиями (снимают с поверхности цилиндра излишки масла, которое через отверстия в канавках поршня стекает в картер). Внутри имеются две бобышки с отверстиями для поршневого пальца. Осевое перемещение пальца ограничивается пружинными стопорными кольцами, установленными в кольцевые выточки в отверстиях бобышек. Нижняя часть поршня (юбка) имеет косую прорезь, предохраняющую заедание поршня в цилиндре при расширении от нагревания Соединяет поршень с коленчатым валом и служит для передачи усилия коленчатому валу от поршня при рабочем ходе и от коленчатого вала к поршню при тактах впуска, сжатия и выпуска. В верхнюю головку запрессована бронзовая втулка. Нижняя головка разъемная, внутренняя ее поверхность залита антифрикционным сплавом Б83 (баббитом)	Отштампован из углеродистой стали	с верхней головкой шатуна при помощи поршневого пальца. Косая прорезь обращена в сторону клапанной коробки цилиндра Части нижней головки стягивают двумя болтами. Между разъемными частями нижней головки проложено пять прокладок толщиной по 0,05 мм каждая
Коленчатый вал (рис. 151)	Воспринимает усилие от шатунов и передает это усилие на вал генератора или другой машины, которую приводит в движение двигатель. Имеет две коренные шейки и две шатунные, расположенные под углом 180° друг к другу (у двигателя УД-1 одну). На переднем конце вала есть смазочный подшипник, служащий	Отштампован из углеродистой стали	Коренные подшипники укреплены в гнездах верхнего картера. Крышки подшипников коленчатого вала меняют местами нельзя

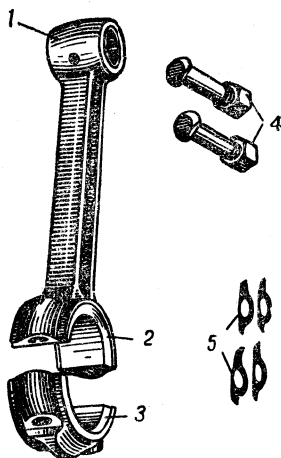


Рис. 150. Шатун:

1 — верхняя головка; 2 — нижняя головка; 3 — отъемная часть нижней головки (крышка); 4 — болты для соединения частей нижней головки; 5 — прокладки.

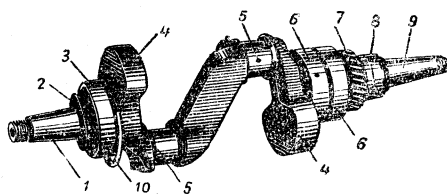


Рис. 151. Коленчатый вал:

1 — задний конец вала; 2 — маслоотражательное кольцо; 3 — шариковый подшипник; 4 — противовес; 5 — шатунная шейка; 6 — смазочный подшипник; 7 — распределительная шестерня; 8 — втулка храповика; 9 — передний конец вала; 10 — ограничительное кольцо.

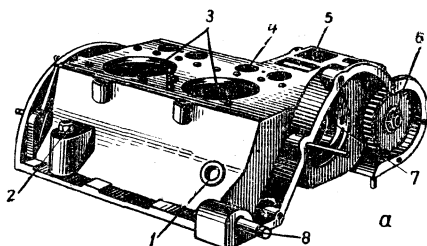
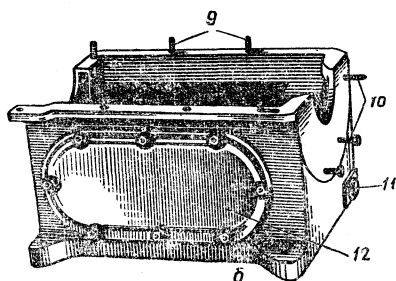


Рис. 152. Картер:

а — верхний; б — нижний; 1 — гнездо указателя давления масла; 2 — пробка отверстия для заливки масла; 3 — окна для установки цилиндров; 4 — отверстие втулки толкателя; 5 — окно камеры регулятора скорости; 6 — вал регулятора скорости; 7 — гнездо подшипника распределительного вала; 8 — ось пускового рычага; 9 — шпильки крепления верхнего картера; 10 — шпильки крепления передней крышки; 11 — пробка для слива масла; 12 — крышка окна для замены масляного фильтра.



Наименование частей	Назначение и особенности устройства	Материал и способ изготовления	Способ установки и крепления
Картер (рис. 152)	для подвода масла к нижней головке шатуна и к указателю давления масла, шестерня привода распределительного вала и масляного насоса, втулка-храповик (для зацепления с пусковым механизмом). На заднем конце вала — маслоотражательное кольцо для уменьшения утечки масла из картера и полумуфта для соединения с валом ротора генератора (другой машины). Установлен маховик-вентилятор. Имеются противовесы (уравновешивают кривошипно-шатунный механизм) Служит основанием для деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, а также для регулятора скорости вращения. Защищает механизмы двигателя от повреждений, попадания грязи, воды и т. п. На картер крепят корпус масляного насоса. С помощью картера двигатель прикрепляют к раме. В картер заливают масло для смазки двигателя. Разъемный, состоит из верхнего и нижнего картеров. Верхний картер: сверху — два окна (у двигателя УД-1 одно) для установки цилиндров, отверстия для направляющих втулок толкателей клапанов; слева — отверстие для заливки масла (в отверстие ввернута пробка, через которую вставляют масломерную линейку) и гнездо для установки указателя давления масла; справа — камера для монтажа регулятора скорости вращения; внизу — гнездо под-	Отлит из серого чугуна	Верхний и нижний картер соединены шпильками

Наименование частей	Назначение и особенности устройства	Материал и способ изготовления	Способ установки и крепления
	шипников регулятора скорости и распределительного вала. Нижний картер: внизу — четыре лапы для крепления к раме и пробка для слива масла; с обеих сторон — съемные крышки, через которые осматривают и промывают картер и заменяют масляный фильтр		

Таблица 21

Основные конструктивные данные газораспределительного механизма

Наименование частей	Назначение и особенности устройства	Материал и способ изготовления	Способ установки и крепления
Распределительные шестерни (рис. 153)	Приводят в действие газораспределительный механизм и магнето. Имеется три шестерни: коленчатого вала; распределительного вала; регулятора скорости и магнето. Ведущей является шестерня коленчатого вала. Количество зубьев у шестерен коленчатого вала и магнето одинаково, у шестерни распределительного вала — в два раза больше. Расположены в верхнем картере и закрыты крышкой, в которой есть рычаг регулятора скорости. На крышке нарезана резьба, по которой масло стекает в картер	Сделаны из стали	Насажены на своих валах на шпонках. Метки на шестерне распределительного вала должны совпадать с метками на шестернях коленчатого вала и привода регулятора скорости и магнето
Распределительный вал (рис. 154)	Вращается от коленчатого вала, с помощью кулачков и толкателей открывает клапаны в нужной последовательности.	Отштампован из стали	Крепится в гнездах верхнего картера на двух шарико-

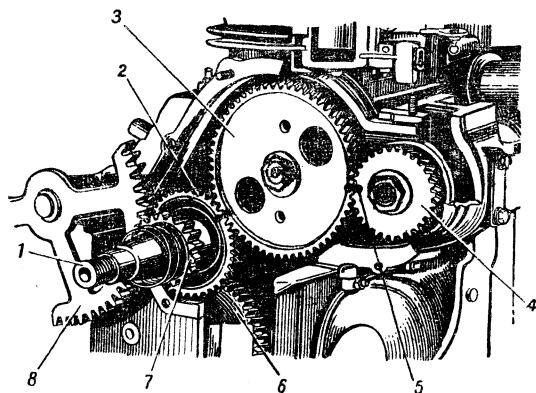


Рис. 153. Распределительные шестерни:

1 — коленчатый вал; 2 — распределительная шестерня коленчатого вала; 3 — шестерня распределительного вала; 4 — шестерня привода регулятора скорости и магнето; 5 — метка; 6 — шестерня привода масляного насоса; 7 — храповая шестерня пускового механизма; 8 — зубчатый сектор пускового рычага,

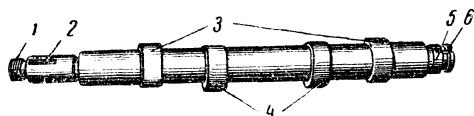


Рис. 154. Распределительный вал:

1 — нарезной конец вала; 2 — шпоночная канавка; 3 — кулачки выпускного клапана; 4 — кулачки впускного клапана; 5 — опорная шейка; 6 — выточка для пружинного кольца.

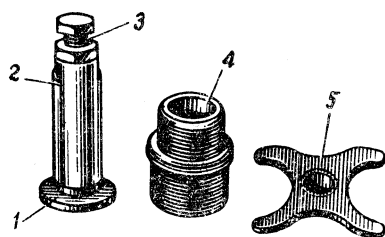


Рис. 155. Толкатель:

1 — тарелка толкателя; 2 — стержень;
3 — регулировочный винт с контргай-
кой; 4 — втулка толкателя; 5 — держ-
атель втулки толкателя.

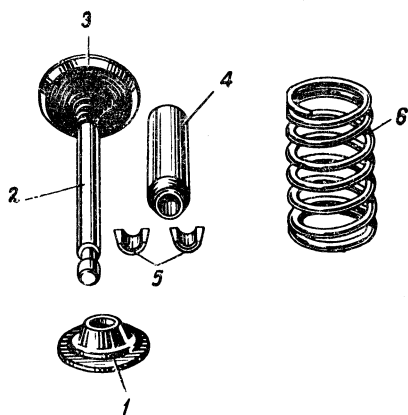


Рис. 156. Клапан:

1 — тарелка клапанной пружины; 2 — стержень клапана; 3 — головка клапана; 4 — направляющая втулка; 5 — сухарики; 6 — клапанная пружина.

Поэтому распределительный вал должен вращаться вдвое медленнее коленчатого вала. Последнее обеспечивается тем, что шестерня распределительного вала имеет вдвое больше зубьев, чем распределительная шестерня коленчатого вала.

В таблице 21 указаны основные конструктивные данные газораспределительного механизма.

Действия газораспределительного и кривошипно-шатунного механизмов согласованы таким образом, чтобы при открытом впускном клапане в цилиндр поступало больше горючей смеси, а при открытом выпускном клапане цилиндр хорошо очищался от продуктов сгора-

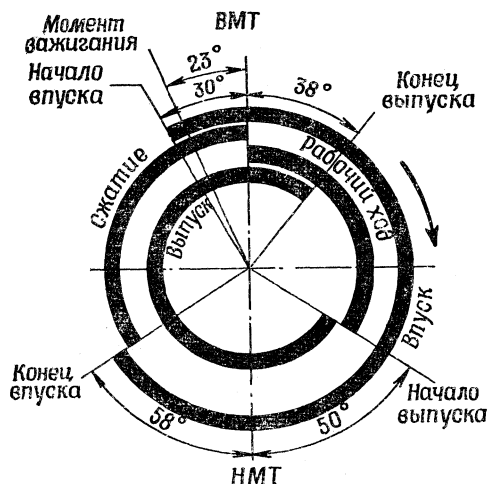


Рис. 157. Диаграмма газораспределения двигателя УД-2.

ния. Поэтому каждый клапан бывает открыт несколько больше времени, чем требуется, чтобы поршень прошел расстояние от одной мертвой точки до другой.

Моменты открывания и закрывания клапанов, выраженные в градусах угла поворота коленчатого вала относительно мертвых точек, называются фазами газораспределения. Фазы газораспределения условно изображают на круговой диаграмме (рис. 157), которая называется диаграммой газораспределения. На рисунке видно, что впускной клапан открывается, ко-

гда поршень еще не дошел на 30° до ВМТ (горючая смесь начинает поступать по инерции, приобретенной во время предыдущих тактов впуска, и продувает цилиндр от продуктов сгорания). Этот клапан закрывается, когда поршень пройдет НМТ на 58° (горючая смесь продолжает по инерции поступать, и цилиндр лучше наполняется горючей смесью). Выпускной клапан открывается, когда при рабочем ходе поршень еще не доходит до НМТ на 50° (расширившиеся газы практически уже не оказывают давления на поршень, но, продолжая расширяться, сами выходят через выпускной клапан). Этот клапан закрывается, когда поршень пройдет ВМТ на 38° (отработавшие газы выходят по инерции).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Изучение устройства кривошипно-шатунного механизма

Оборудование: основные части кривошипно-шатунного механизма, двигатель типа УД (без масла), ключи гаечные торцовые, приспособления для снятия головки цилиндра и сжатия колец поршня.

Выполнение работы¹

1. Изучить устройство основных частей кривошипно-шатунного механизма.

2. Вывернуть свечи зажигания, отвернуть гайки шпилек крепления головки цилиндра, снять при помощи приспособления головку и прокладку между головкой и цилиндром.

3. Снять нижний картер с прокладкой.

4. Найти на двигателе основные части кривошипно-шатунного механизма.

5. Установить поршень в положение нижней мертвой точки, разъединить части нижней головки шатуна, снять ее крышку и прокладку.

6. Вынуть поршень с шатуном из цилиндра, изучить устройство шатуна и поршня и способ соединения их между собой; проверить правильность установки колец и величину зазора в стыках колец.

7. Собрать двигатель.

Изучение устройства газораспределительного механизма

Оборудование: основные части газораспределительного механизма, двигатель типа УД, съемник (приспособление для сжимания клапанных пружин), ключи гаечные, щуп.

¹ При выполнении работы необходимо руководствоваться данными таблицы 20.

Выполнение работы¹

1. Изучить устройство основных частей газораспределительного механизма.
2. Снять головку блока цилиндров и нижний картер.
3. Снять крышку распределительных шестерен.
4. Найти на двигателе расположение основных частей газораспределительного механизма.
5. Проверить правильность установки (совпадение меток) распределительных шестерен.
6. Снять крышку клапанной коробки, установить поршень в положение верхней мертвой точки (при такте сжатия), измерить зазоры между толкателями и клапанами.
7. Открепить контргайку регулировочного винта, установить винтом зазор (0,2 мм), закрепить контргайку, проверить щупом правильность установки зазора.
8. Снять с помощью съемника клапан, проверить состояние рабочей поверхности, установить клапан.
9. Собрать двигатель.

Системы двигателя

Система питания. Система питания служит для очистки топлива и воздуха, для приготовления из них горючей смеси, подачи ее в цилиндр, а также для выпуска отработавших газов из цилиндра в атмосферу. От правильности действия системы питания зависит мощность и экономичность работы двигателя. Эта система состоит из топливного бака, топливопроводов, фильтра-отстойника, воздухоочистителя, карбюратора, впускного и выпускного коллектора, глушителя. К системе питания относят также регулятор скорости вращения двигателя.

Действие системы питания заключается в следующем: из топливного бака топливо идет самотеком по топливопроводу в фильтр-отстойник, где очищается от механических примесей; очищенное топливо и очищенный воздухоочистителем воздух поступают в карбюратор, в котором приготавливается горючая смесь; из карбюратора горючая смесь поступает через впускной коллектор в цилиндр, где она сгорает в период рабочего хода; отработавшие газы из цилиндра через выпускной коллектор выходят в глушитель и затем в атмосферу; регулятор скорости оказывает воздействие на карбюратор, в ре-

¹ При выполнении работы необходимо руководствоваться данными таблицы 21.

зультате чего последний подает горючую смесь в требуемом количестве.

Рассмотрим подробнее устройство и действие основных частей системы питания.

В *топливный бак* (см. рис. 143) через имеющееся в нем заливное отверстие наливают бензин А-66 или А-72. Крышка заливного отверстия имеет мерную линейку, на которой сделаны отметки П, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, указывающие, какая часть бака наполнена бензином (П — полный бак). Емкость бака двигателя УД-2 — 19 л, а УД-1 — 13 л. В нижней части бака имеются два резьбовых отверстия: одно — для пробки слива бензина, другое — для проходного крана, через который бензин идет самотеком по топливопроводу (высота напора топлива должна быть не менее 150 мм) в фильтр-отстойник.

В *фильтре-отстойнике* (рис. 158) бензин отстаивается в металлическом стакане и проходит между дисками фильтрующего элемента, очищаясь от механических примесей. Очищенный бензин из фильтра-отстойника поступает в карбюратор.

Для очистки воздуха от пыли и других механических примесей служит *воздухоочиститель* (рис. 159). Между корпусом и крышкой воздухоочистителя имеется пространство, через которое поступает воздух. Дойдя до поверхности масла, воздух резко меняет направление своего движения и идет в фильтрующий элемент. Имеющиеся в воздухе механические частицы, как более тяжелые, отбрасываются центробежными силами на поверхность масла, задерживаются и оседают на дно корпуса воздухоочистителя. Очищенный от механических примесей воздух идет через всасывающий патрубок и карбюратор.

В *карбюраторе* очищенный бензин и воздух смешиваются в нужной пропорции, в результате чего образуется горючая смесь. Горючая смесь считается нормальной, если в ней на одну весовую часть бензина приходится пятнадцать весовых частей воздуха; бедной, если количество бензина в ней уменьшено; богатой, если количество топлива в ней увеличено. В зависимости от режима работы двигателя в цилиндр должна поступать смесь соответствующего состава и в определенном количестве. Поэтому в карбюраторе регулируется состав горючей смеси, а при помощи регулятора скорости — количество ее поступления в цилиндр.

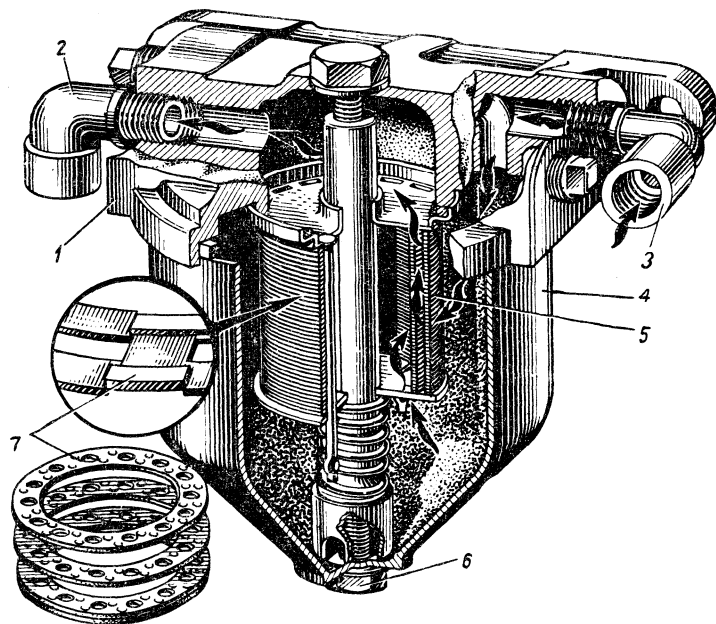


Рис. 158. Фильтр-отстойник (стрелки указывают движение топлива):

1 — корпус; 2 — штуцер; 3 — подводящий канал; 4 — металлический стакан; 5 — фильтрующий элемент; 6 — пробка; 7 — дно и фильтрующий элемент.

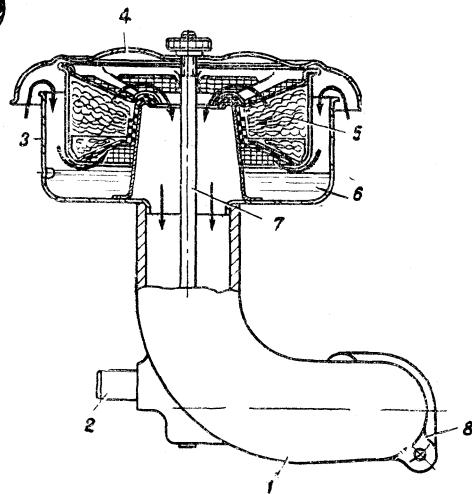


Рис. 159. Воздухоочиститель (стрелки указывают движение воздуха):

1 — всасывающий патрубок; 2 — штуцер; 3 — корпус воздухоочистителя; 4 — крышка; 5 — фильтрующий элемент; 6 — масло; 7 — стяжная шпилька; 8 — фланец всасывающего патрубка.

Карбюратор (рис. 160) состоит из поплавковой камеры, главной дозирующей системы, системы холостого хода, смесительной камеры, расположенных в корпусе, закрытом крышкой поплавковой камеры.

Поплавковая камера соединена топливопроводом с фильтром-отстойником, откуда в нее через игольчатый клапан самотеком поступает топливо. Для поддержания постоянного уровня топлива в поплавковой камере имеется поплавок с игольчатым клапаном. Когда поплавковая камера наполнится топливом до требуемого уровня, поплавок поднимется настолько, что запорная игла закрывает отверстие корпуса игольчатого клапана, прекращая тем самым доступ топлива в камеру. Если уровень топлива в поплавковой камере понижается (это происходит во время работы карбюратора), то поплавок несколько опускается, и игла вновь открывает отверстие, через которое топливо поступает в камеру.

Главная дозирующая система обеспечивает наивыгоднейший состав горючей смеси при работе нагруженного двигателя на различном числе оборотов. Главная дозирующая система состоит из колодца, который в нижней части соединен каналом с поплавковой камерой; в верхнюю часть колодца ввернут *жиклёр*, представляющий собой калиброванное (точное) отверстие малого диаметра. Данное устройство позволяет строго дозировать топливо при работе карбюратора.

Система холостого хода предназначена для приготовления горючей смеси, обеспечивающей пуск двигателя и его устойчивую работу на малых оборотах холостого хода, т. е. когда на валу двигателя нет нагрузки. Эта система состоит из жиклера холостого хода, топливного и эмульсионного каналов (один из них соединяет жиклер холостого хода с колодцем главной дозирующей системы, а другой — со смесительной камерой), воздушного канала, двух калиброванных отверстий в смесительной камере и регулировочного винта качества горючей смеси.

Смесительная камера предназначена для протекания в ней процесса образования горючей смеси. Суженная часть этой камеры называется *диффузором*. В смесительной камере и воздушном патрубке на осях при помощи винтов смонтированы дроссельная и воздушная заслонки.

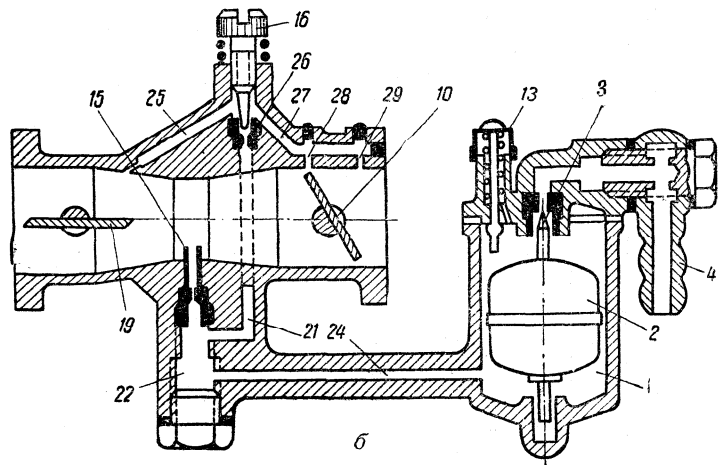
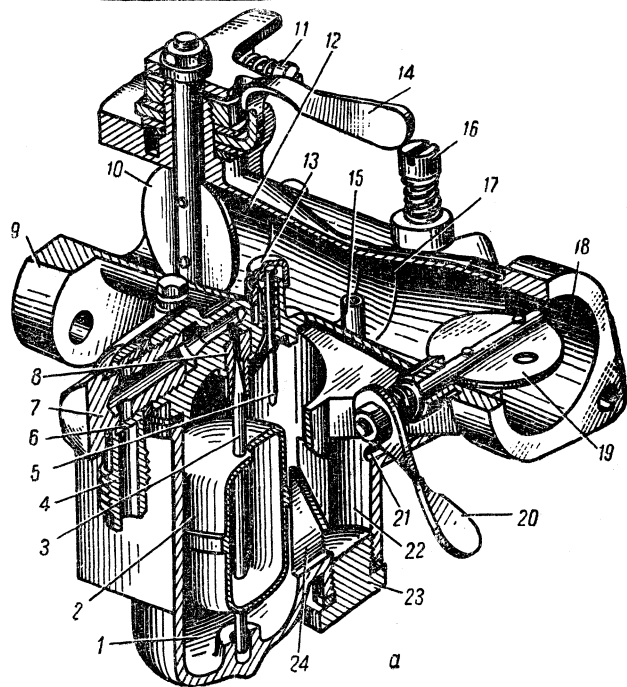


Рис. 160. Карбюратор:

а — разрез; *б* — схема; 1 — поплавковая камера; 2 — поплавок; 3 — игла поплавка; 4 — штуцер; 5 — шток утопителя поплавка; 6 — сетка; 7 — пробка; 8 — втулка иглочатого клапана; 9 — фланец смесительной камеры; 10 — дроссельная заслонка; 11 — винт-ограничитель дроссельной заслонки; 12 — смесительная камера; 13 — утопитель поплавка; 14 — рычаг управления дроссельной заслонкой; 15 — жиклер главной дозирующей системы; 16 — винт качества горючей смеси; 17 — диффузор (суженная часть смесительной камеры); 18 — впускной патрубок; 19 — воздушная заслонка; 20 — рычаг управления воздушной заслонкой; 21 — топливный канал холодного хода; 22 — колодец главной дозирующей системы; 23 — пробка; 24 — канал, соединяющий поплавковую камеру с колодцем главной дозирующей системы; 25 — воздушный канал холодного хода; 26 — жиклер холодного хода; 27 — эмульсионный канал системы холодного хода; 28 — переходное отверстие системы холодного хода; 29 — выходное (эмульсионное) отверстие.

Дроссельная заслонка позволяет регулировать количество поступающей в цилиндры горючей смеси, что зависит от положения заслонки в смесительной камере. Дроссельную заслонку можно поворачивать вокруг ее оси — устанавливать, фиксировать при помощи винтоограничителя. Когда двигатель работает, положение дроссельной заслонки регулируется автоматически, для чего служит центробежный регулятор скорости.

Воздушная заслонка необходима для регулирования количества поступающего в смесительную камеру воздуха, от чего зависит состав горючей смеси. Положение воздушной заслонки изменяют, поворачивая соединенный с ней рычаг управления.

Корпус карбюратора и крышка поплавковой камеры отлиты из цинкового сплава. Крышка имеет колонку для крепления утопителя поплавка и отверстие для штуцера топливопровода. Крышка соединена с корпусом карбюратора двумя винтами.

Процесс приготовления в карбюраторе горючей смеси заключается в распыливании топлива, частичном испарении распыленного топлива и смешивании его с определенным количеством воздуха.

В смесительную камеру топливо поступает через жиклер холостого хода (пуск двигателя, работа его на малых оборотах холостого хода) или через жиклер главной дозирующей системы (работа нагруженного двигателя, переход с одного режима работы на другой). Для истечения и распыливания топлива необходимо, чтобы давление в смесительной камере было меньше атмосферного. В этом случае топливо будет вытекать из распылителей в смесительную камеру, вследствие того что давление в поплавковой камере, а значит, и в колодце главной дозирующей системы равно атмосферному (поплавковая камера через отверстия сообщается с атмосферой). А в смесительной камере давление меньше атмосферного потому, что через нее при такте впуска идет поток воздуха.

Испарение топлива происходит частично в смесительной камере, так как оно разбивается на мельчайшие частицы потоком воздуха, движущегося через воздушный патрубок в смесительную камеру. При этом мельчайшие частицы жидкого бензина превращаются в пар. Одновременно происходит смешивание частиц и паров бензина с воздухом, т. е. образуется горючая смесь, которая,

продолжая испаряться, поступает в цилиндры. Полностью процесс испарения заканчивается в цилиндрах.

Рассмотрим теперь работу карбюратора при различных режимах. При запуске двигателя и его работе на холостом ходу требуется, чтобы в цилиндр поступало небольшое количество обогащенной горючей смеси. Для этого дроссельную заслонку приоткрывают, а воздушную — прикрывают.

Перед началом такта впуска горючей смеси давление в цилиндрах двигателя понижается. Так как дроссельная заслонка открыта на небольшой угол (см. рис. 160, б), то понижение давления происходит и в смесительной камере вблизи калиброванных выходных отверстий и эмульсионного канала системы холостого хода. Поэтому воздух устремляется по воздушному каналу холостого хода, и давление в области жиклера холостого хода становится меньше атмосферного. В результате этого из жиклера холостого хода вытекает топливо. Оно увлекается воздухом в эмульсионный канал холостого хода и через выходные отверстия в смесительную камеру. Там эта эмульсия, смешиваясь еще раз с воздухом, проходящим через щели между краями дроссельной заслонки и стенками камеры, образует горючую смесь.

Для облегчения запуска нажимают на *утопитель*, поплавок опускается, уровень бензина в поплавковой камере повышается, вследствие чего из канала холостого хода в смесительную камеру поступает больше топлива.

Чтобы двигатель на малых оборотах холостого хода работал устойчиво, дроссельную заслонку закрывают, перемещая рычаг ручного управления ею в положение «3».

Для перехода двигателя с малых оборотов на большие дроссельную заслонку резко открывают. Теперь давление в смесительной камере оказывается достаточно низким, чтобы бензин вытекал из колодца главной дозирующей системы.

При средних оборотах двигателя требуется поступление в цилиндр нормальной горючей смеси. При большой нагрузке дроссельная заслонка открыта полностью, из колодца главной дозирующей системы через жиклер вытекает больше бензина, и смесь становится обогащенной.

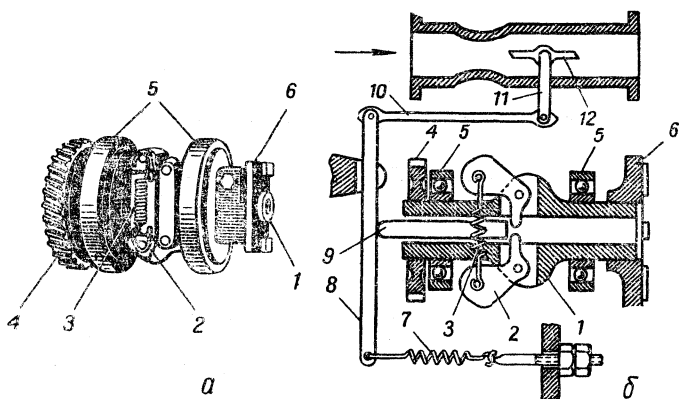


Рис. 161. регулятор скорости:

a — внешний вид; *б* — схематическое устройство; 1 — вал-держатель грузиков; 2 — грузики; 3 — пружины грузиков; 4 — шестерня привода регулятора; 5 — шариковые подшипники; 6 — ведущая полумуфта магнето; 7 — возвратная пружина; 8 — рычаг; 9 — штифт; 10 — тяга; 11 — рычаг дроссельной заслонки; 12 — дроссельная заслонка.

Для изменения скорости вращения двигателя регулируют количество поступающей в цилиндр горючей смеси, т. е. поворачивают дроссельную заслонку (больше или меньше ее открывают). В двигателях типа УД это регулирование осуществляется автоматически при помощи центробежного *регулятора скорости* (рис. 161). Вал — держатель грузиков регулятора соединен (см. рис. 144) при помощи шестерни привода с коленчатым валом, и потому оба эти вала вращаются с одинаковой скоростью. При увеличении скорости вращения на грузики действует большая центробежная сила, вследствие чего они расходятся и при этом перемещают штифт. Штифт в свою очередь заставляет рычаг поворачиваться. Движение рычага передается тяге, от нее к рычагу заслонки. В результате дроссельная заслонка в большей мере открывается, регулируя поступление горючей смеси в цилиндр.

Из карбюратора горючая смесь идет в цилиндр через *впускной коллектор* (рис. 162). Отработавшие газы выходят из цилиндра через *выпускной коллектор* и *глушитель*, который ослабляет шум отработавших газов при выходе их в атмосферу.

Коллектор, отлитый из чугуна, прикреплен к цилиндрам при помощи шпилек. Между фланцем коллектора

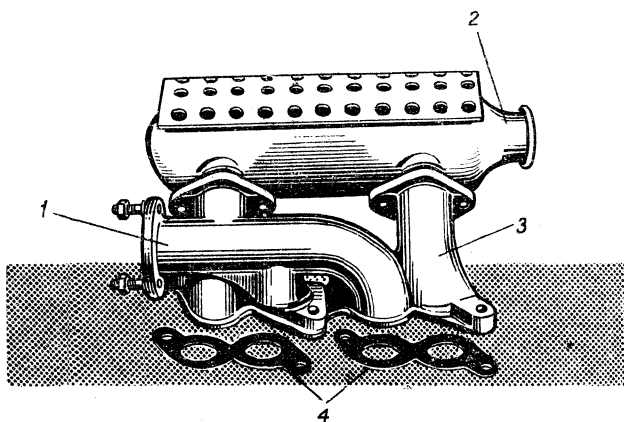


Рис. 162. Коллектор и глушитель двигателя:
1 — впускной коллектор; 2 — глушитель; 3 — выпускной коллектор;
4 — прокладки.

и цилиндром, а также между фланцем выпускного коллектора и глушителем проложены асбестостальные прокладки. Между фланцем впускного коллектора и карбюратором проложена прокладка из специального картона.

Внутри металлического корпуса глушителя расположен сетчатый цилиндр и труба с отверстиями. Отработавшие газы с большой скоростью входят в полость между корпусом и сетчатым цилиндром, а затем проходят через отверстия в этом цилиндре, пространство между цилиндром и трубой, отверстия трубы внутрь ее. Вследствие изменения направления движения и торможения при прохождении через ряд небольших отверстий, а также из-за расширения скорость газов уменьшается, и поэтому при их выходе из трубы создается меньше шума.

Система зажигания. Система зажигания служит для своевременного воспламенения горючей смеси в цилиндре двигателя. Эта система состоит из магнето, провода высокого напряжения, свечи зажигания и автомата опережения зажигания.

Действие системы зажигания заключается в следующем. *Магнето*, вырабатывая электрическую энергию, создает высокое напряжение, достаточное для пробоя воз-

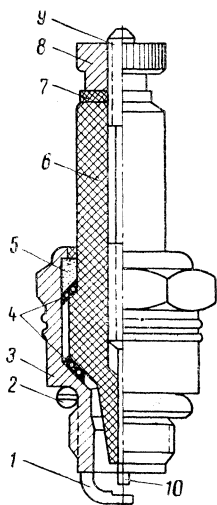


Рис. 163. Свеча зажигания:

1 — боковой электрод; 2 — медно-асбестовая прокладка; 3 — стальной корпус; 4 — уплотняющие кольца; 5 — керамическая набивка; 6 — сердечник; 7 — шайба; 8 — зажимная гайка; 9 — место присоединения провода высокого напряжения; 10 — центральный электрод.

душного промежутка (зазора) между электродами *свечи зажигания* (рис. 163). Вследствие этого между электродами происходит электрический разряд в виде искры. Свеча расположена в цилиндре таким образом, что искра образуется непосредственно в камере сгорания, вследствие чего воспламеняется находящаяся в ней рабочая смесь.

На двигателе УД-2 установлены свечи типа А11У, которые в нижней части имеют резьбу для ввинчивания в головку цилиндра. Чтобы не нарушить герметичность камеры сгорания, свеча имеет уплотняющие кольца и керамическую набивку. Уплотняющие кольца, сделанные из меди, кроме того, стводят теплоту от сердечника к корпусу свечи. Электроды сделаны из никелевого сплава, благодаря чему они не окисляются при высокой температуре. Зазор между электродами должен быть равен 0,6—0,7 мм.

Магнето и свеча зажигания соединены *проводом высокого напряжения*, который помещен в металлический экран.

Автомат опережения зажигания изменяет момент воспламенения горючей смеси в зависимости от скорости вращения вала двигателя.

На двигателе УД-2 установлено двухискровое магнето типа М-68Б (рис. 164). Оно представляет собой сочетание однофазного генератора переменного тока и повышающего трансформатора. Ротор (рис. 165) генератора в данном случае состоит из постоянного магнита, находящегося на валу и расположенного между полюсными башмаками магнитопровода. На переднем конце вала ротора установлен автомат опережения зажигания, который, кроме выполнения своей основной функции, передает вращение от коленчатого вала валу ротора. На заднем

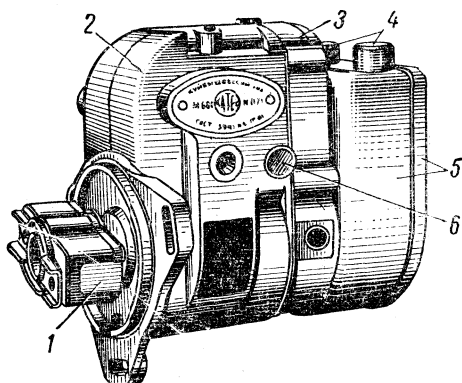


Рис. 164. Внешний вид магнето М-68Б:

1 — автомат опережения зажигания; 2 — корпус магнето; 3 — крышка; 4 — штуцеры для крепления проводов высокого напряжения; 5 — металлический экран; 6 — кнопка выключателя зажигания.

конце вала ротора находится кулачковая муфта *прерывателя*, при помощи которой соединяются между собой вал ротора и прерыватель.

Статор генератора состоит из стального сердечника и обмотки из медного изолированного провода большого сечения (диаметр 0,72—0,78 мм) с малым числом витков — 235. Эта обмотка одновременно является первичной обмоткой повышающего трансформатора. Один ее конец впаян в паз на сердечнике и, таким образом, образует электрический контакт с корпусом. Другой ее конец тоже соединяется с корпусом, но через контакты прерывателя.

Вторичная обмотка повышающего трансформатора сделана из медного изолированного провода небольшого сечения (диаметр 0,085 мм) и имеет по сравнению с первичной обмоткой значительно больше витков — 13 000. Один конец вторичной обмотки имеет электрический контакт с корпусом, а другой — соединен через контактную пластину (см. рис. 165) с проводом высокого напряжения.

Первичная обмотка от вторичной дополнительно изолирована кабельной бумагой, которой в два слоя обернута первичная обмотка. Поверх сердечника вместе

с обмотками намотана хлопчатобумажная лента, покрытая изоляционным лаком.

Чтобы магнето работало, необходимо периодически размыкать и замыкать цепь первичной обмотки. Для этой цели служит прерыватель (см. рис. 165). Он состоит из стального диска специальной формы, прикрепленного к крышке магнето. В центре диск имеет отверстие для конца вала ротора с кулачковой муфтой. На диске укреплены неподвижный и подвижный контакты с возвратной

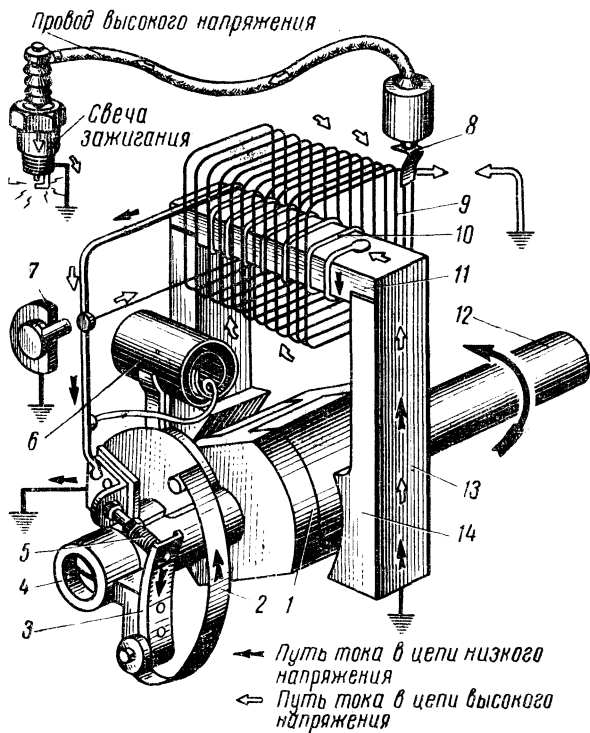


Рис. 165. Схема устройства и работы магнето:

- 1 — постоянный магнит; 2 — пружина прерывателя; 3 — подвижный контакт прерывателя; 4 — кулачок прерывателя; 5 — неподвижный контакт прерывателя; 6 — конденсатор; 7 — кнопка выключателя зажигания; 8 — контактная пластина; 9 — вторичная обмотка; 10 — первичная обмотка; 11 — сердечник; 12 — вал ротора; 13 — стойка магнитопровода; 14 — полюсный башмак.

пружиной. Неподвижный контакт электрически соединен с корпусом, а подвижный — с одним из выводов первичной обмотки и напаян на рычаг, который от корпуса изолирован текстолитовой прокладкой. При вращении вала ротора кулачок периодически перемещает рычаг, вследствие чего контакты размыкаются и замыкаются между собой. В разомкнутом состоянии зазор между контактами должен быть 0,25—0,35 мм.

Боковой электрод свечи зажигания соединен со сталь-

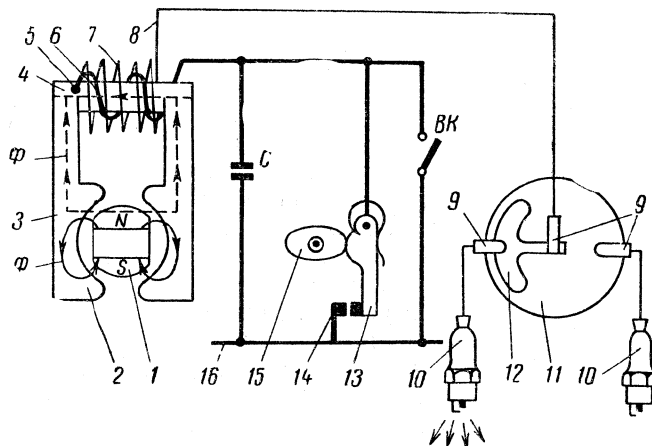


Рис. 166. Электрическая схема двухискрового магнето (стрелки указывают путь магнитного потока Φ):

1 — ротор (постоянный магнит); 2 — полюс магнитопровода (полюсный башмак); 3 — стойка магнитопровода; 4 — сердечник магнитопровода; 5 — место соединения первичной обмотки с сердечником (электрический контакт с корпусом); 6 — первичная обмотка; 7 — вторичная обмотка; 8 — провод высокого напряжения; 9 — пружинные контакты распределителя; 10 — свеча зажигания; 11 — ротор распределителя; 12 — контактный сегмент распределителя; 13 — подвижный контакт прерывателя; 14 — неподвижный контакт прерывателя; 15 — кулачок; 16 — корпус.

ным корпусом так, что между ними образуется электрический контакт. Провод высокого напряжения соединен с центральным электродом. Таким образом электроды свечи оказываются соединенными параллельно со вторичной обмоткой магнето.

Магнето может работать в том случае, если вращается ротор (рис. 166). Тогда создаваемый ротором магнитный поток становится переменным, так как в зависимости от положения полюсов магнита ротора относительно полюсных башмаков меняется величина и направление

магнитного потока, пронизывающего стойки и сердечник статора. Вследствие изменения магнитного потока в обмотках возникает э. д. с. индукции, причем во вторичной обмотке эта э. д. с. незначительна, так как эта обмотка расположена сравнительно далеко от сердечника. В первичной же обмотке э. д. с. примерно равна 200 в. Это напряжение недостаточно для электрического пробоя воздуха между электродами свечи, и поэтому его называют в данном случае низким напряжением, а цепь первичной обмотки — цепью низкого напряжения. Ток в этой цепи идет следующим образом: первичная обмотка (один конец) — контакты прерывателя — корпус магнето — стойки магнитопровода — сердечник — первичная обмотка (второй конец). В моменты возникновения в первичной обмотке наибольшей э. д. с. кулачок прерывателя размыкает цепь низкого напряжения. Вследствие этого ток в первичной обмотке исчезает, и, значит, быстро убывает магнитный поток. В результате этого во вторичной обмотке, имеющей большое количество витков, возникает значительная э. д. с. индукции, достигающая примерно 20 000 в. Так как вторичная обмотка соединена параллельно с электродами свечи, то между электродами возникает такое же напряжение, под действием которого между ними происходит электрический разряд (образуется искра). Своевременное возникновение искры, а стало быть, зажигание рабочей смеси обеспечивается тем, что под действием кулачка контакты прерывателя размыкаются в конце такта сжатия.

Так как вал ротора продолжает вращаться, кулачок прерывателя тоже вращается, в результате чего контакты прерывателя опять замыкаются. Теперь цепь низкого напряжения вновь замкнута, а э. д. с. в цепи высокого напряжения уже недостаточна для образования электрического разряда между электродами свечи. Процессы размыкания и замыкания цепи низкого напряжения и сопровождающее их возникновение и исчезновение э. д. с. индукции в цепи высокого напряжения повторяются периодически, причем момент размыкания цепи низкого напряжения и момент окончания такта сжатия рабочей смеси в цилиндре совпадают. В период совершения остальных тактов работы двигателя цепь низкого напряжения оказывается замкнутой, и во вторичной цепи не может образоваться э. д. с., достаточная для создания

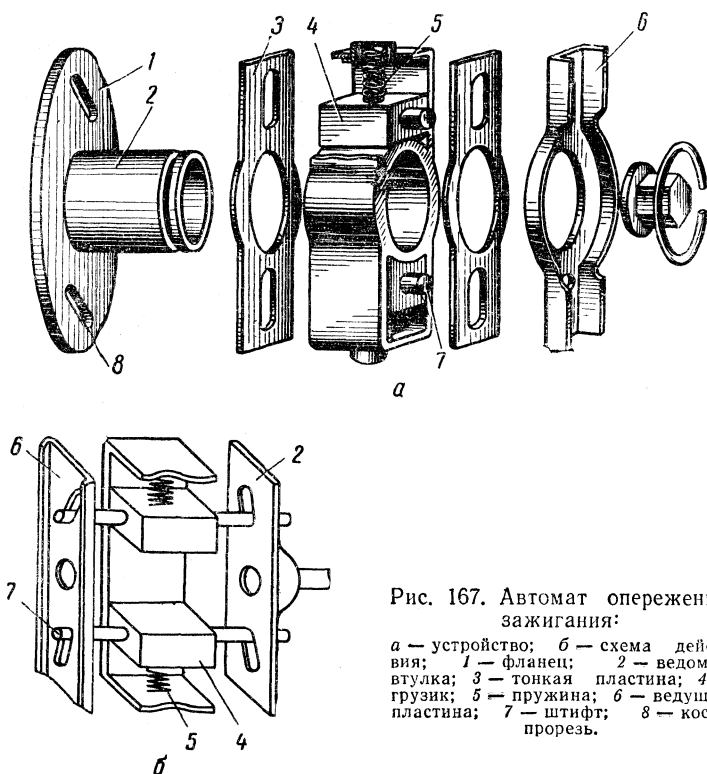


Рис. 167. Автомат опережения зажигания:

а — устройство; *б* — схема действия; 1 — фланец; 2 — ведомая втулка; 3 — тонкая пластина; 4 — грузик; 5 — пружина; 6 — ведущая пластина; 7 — штифт; 8 — косая прорезь.

искры между электродами свечи. Таким образом, осуществляется циклический процесс работы системы зажигания. Систему зажигания можно выключить при помощи выключателя (см. рис. 166), который замыкает накоротко первичную обмотку на корпус.

Искра должна появляться поочередно в цилиндрах двигателя. Поэтому в системе зажигания двигателя УД-2 имеются две свечи (по одной на каждый цилиндр) и специальное устройство — распределитель (см. рис. 166). Кроме того, кулачок дважды за один оборот размыкает контакты прерывателя. В моменты размыкания контактов диск распределителя посредством пружинных контактов и контактного сегмента соединяет между собой провод высокого напряжения с центральным электродом соответствующей свечи.

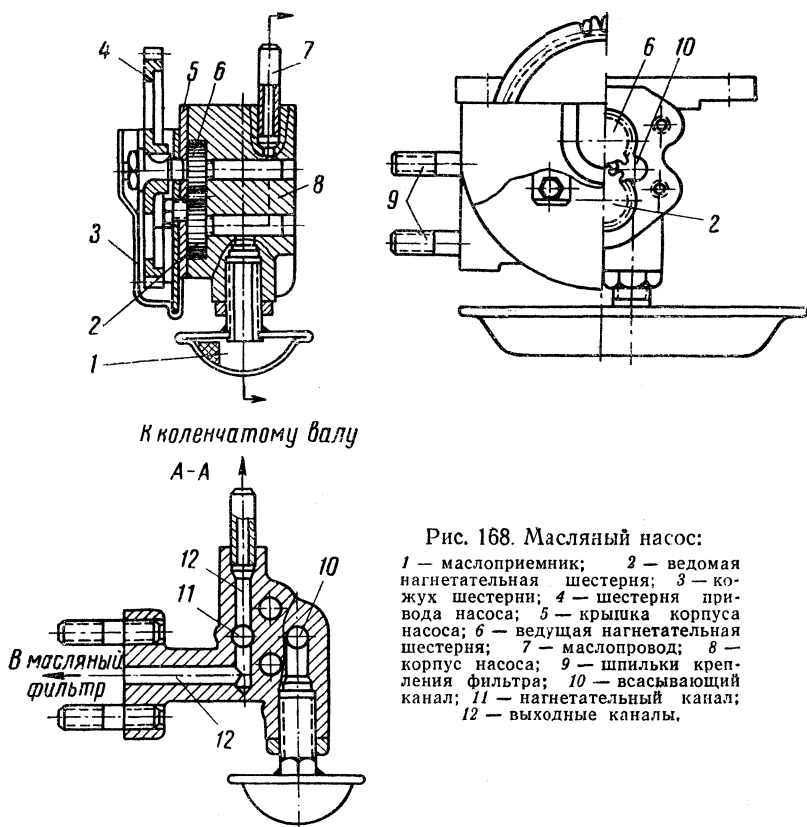


Рис. 168. Масляный насос:

1 — маслоприемник; 2 — ведомая нагнетательная шестерня; 3 — кожух шестерни; 4 — шестерня привода насоса; 5 — крышка корпуса насоса; 6 — ведущая нагнетательная шестерня; 7 — маслопровод; 8 — корпус насоса; 9 — шпильки крепления фильтра; 10 — всасывающий канал; 11 — нагнетательный канал; 12 — выходные каналы.

При размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке возникает э.д.с. самоиндукции, вследствие чего между этими контактами появляется искра. Для уменьшения искрения параллельно с контактами соединен конденсатор (емкостью примерно 0,25 мкф).

Для полного сгорания рабочей смеси требуется некоторое время. Поэтому необходимо, чтобы она воспламенялась несколько раньше, чем закончится такт сжатия, т. е. с опережением. Опережение зажигания выражается числом градусов, на которые вал не довернулся до положения верхней мертвой точки. При сборке двигателя угол опережения зажигания устанавливается равным 3—9° и регулируется при работе двигателя автоматом опережения зажигания в пределах до 20—26°.

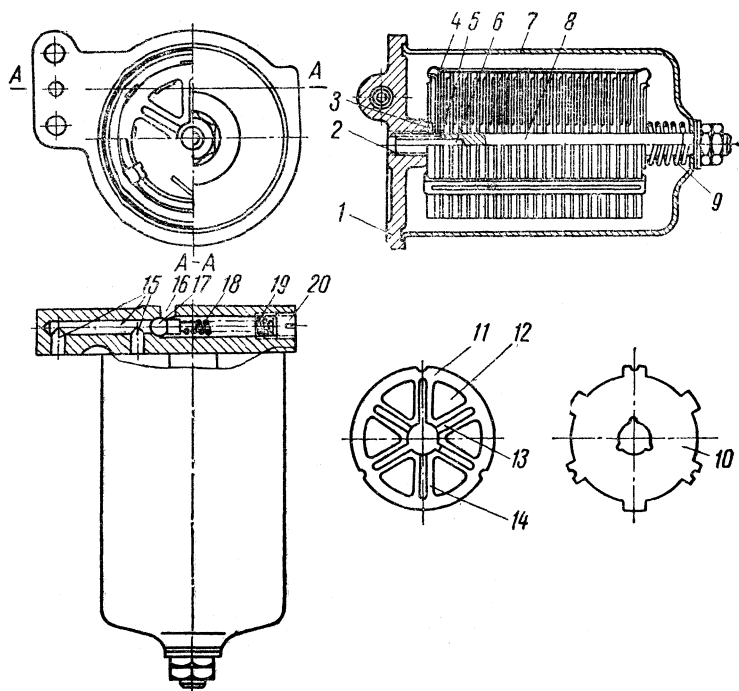


Рис. 169. Масляный фильтр:

1 — корпус; 2 — отверстие для стяжной шпильки; 3 — уплотнительная прокладка; 4 — крышка фильтрующего элемента; 5 — калиброванное отверстие; 6 — внутренний канал стяжной шпильки; 7 — колпак масляного фильтра; 8 — стяжная шпилька; 9 — пружина; 10 — пластина фильтрующего элемента; 11 — прокладка фильтрующего элемента; 12 — отсек; 13 — канал луча; 14 — луч; 15 — каналы для поступления масла в фильтр; 16 — прорезь; 17 — шарик перепускного клапана; 18 — направляющая втулка; 19 — пружина перепускного клапана; 20 — регулирующая пробка.

В двигателях УД-2 применяется центробежный автомат опережения зажигания (рис. 167). Ротору магнето и кулачку распределителя движение передается следующим образом: ведущая пластина — штифты — ведомая втулка — полумуфта привода магнето. При увеличении скорости вращения грузики расходятся от центра и перемещают соединенные с ними штифты. Штифты движутся в косых прорезях и несколько смещают по ходу вращения ведомую втулку. Это смещение передается полумуфте привода магнето, которая получает

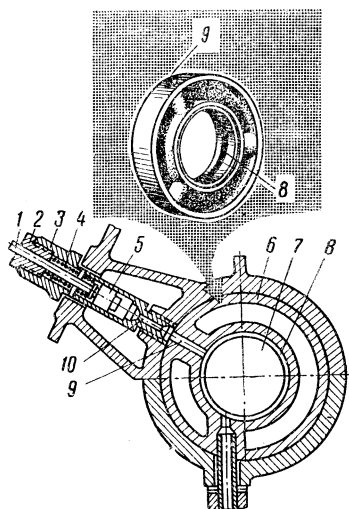


Рис. 170. Указатель давления масла:

1 — шток; 2 — ограничительная гайка; 3 — корпус; 4 — возвратная пружина; 5 — ролик; 6 — смазочный подшипник; 7 — коленчатый вал; 8 — кольцевая выточка в смазочном подшипнике; 9 — отверстие в смазочном подшипнике; 10 — входное отверстие.

дополнительное вращение. В результате скорость вращения кулачка магнето становится несколько больше скорости вращения коленчатого вала, и момент размыкания контактов распределителя наступает раньше.

Система смазки. Система смазки служит для подачи масла к трущимся поверхностям деталей и механизмов двигателя с целью уменьшения трения, охлаждения их и удаления продуктов износа. Она состоит из масляного насоса, масляного фильтра, смазочного подшипника, указателя давления масла и маслопровода.

Для смазки шатунных подшипников коленчатого вала масло подается под давлением, которое создается масляным насосом и контролируется указателем да-

вления масла. Смазка поршня, поршневого кольца, коренных подшипников и других трущихся частей осуществляется разбрызгиванием масла. Для смазки применяют только те масла, которые указаны в таблице 19. Масло очищается в масляном фильтре, что уменьшает износ деталей и увеличивает срок службы масла.

М а с л я н ы й н а с о с (рис. 168) установлен на крышке переднего коренного подшипника коленчатого вала и приводится в действие от шестерни коленчатого вала. От нее движение передается шестерне привода насоса, а затем — нагнетательным шестерням. Вследствие вращения нагнетательных шестерен масло поступает по всасывающему каналу из картера (через маслоприемник), причем проходит при этом через луженую сетку (фильтр грубой очистки). Затем масло проходит через нагнетательный канал, по выходным каналам к коленчатому валу и в масляный фильтр. Зазор между шестернями

коленчатого вала и привода насоса регулируют, устанавливая прокладку между корпусом насоса и крышкой коренного подшипника.

М а с л я н ы й ф и л ь т р (рис. 169) установлен при помощи шпилек на корпусе масляного насоса. Масло нагнетается насосом через каналы под колпак фильтра, затем проходит через зазоры между прокладками и пластинами фильтрующего элемента и через отсеки. В результате этого масло очищается от механических примесей (пыль, продукты нагара, износа деталей). Очищенное масло проходит через калиброванное отверстие во внутренний канал стяжной шпильки и оттуда стекает в картер. Чрезмерно загрязненный фильтрующий элемент оказывает большее сопротивление прохождению масла. Тогда открывается перепускной клапан, и часть масла через прорезь стекает в картер.

В у к а з а т е л ь д а в л е н и я (рис. 170) масло нагнетается насосом через отверстия в *смазочном подшипнике*. Масло давит на ролик, вследствие чего поднимается шток, который во время работы двигателя при нормальном давлении выступает за пределы корпуса указателя на 7—8 мм. Эксплуатация двигателя при отсутствии давления масла запрещается. Двигатель может быть снабжен специальным блокирующим устройством (приставкой), которое при падении давления в системе смазки автоматически останавливает двигатель.

При работе двигателя вращаются нагнетательные шестерни масляного насоса, вследствие чего масло из нижнего картера через маслоприемник поступает по каналам к коленчатому валу (через смазочный подшипник) и в масляный фильтр. От смазочного подшипника масло идет под давлением по каналам в коленчатом валу к шатунным подшипникам. Вытекающее из шатунных подшипников масло попадает на вращающиеся детали кривошипно-шатунного механизма, разбрызгивается ими и смазывает таким образом стенки цилиндров, верхние головки шатунов, клапанный механизм, распределительные шестерни, подшипники коленчатого вала. После смазки деталей двигателя масло стекает в картер. Туда же оно стекает и после очистки в масляном фильтре. Уровень масла в картере контролируют масломерной линейкой.

Система охлаждения. Система охлаждения служит для принудительного отвода теплоты от нагревающихся частей двигателя во время его работы. Тепловая энергия, которая выделилась при сгорании рабочей смеси, не полностью преобразуется в механическую, а расходуется также на нагревание цилиндра, его головки, поршня и других частей двигателя. Нагрев вызывает тепловое расширение частей двигателя, что при перегреве может привести к заеданию движущихся деталей и механизмов и более тяжелым повреждениям (прогар поршней, выплавление подшипников).

Для предупреждения перегрева у рассматриваемого двигателя применяется воздушное охлаждение, которое осуществляется следующим образом: маховик-вентилятор, вращаясь вместе с коленчатым валом, засасывает воздух и движет его между ребрами цилиндров и головок. Воздух отбирает тепло от нагревающихся частей двигателя и выходит в атмосферу. Режим охлаждения можно регулировать при помощи заслонки. Заслонка прикрывает входное отверстие в кожухе. Ее закрепляют в требуемом положении двумя зажимными гайками.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Изучение устройства системы питания

Оборудование: основные части системы питания, двигатель типа УД, гаечные ключи, отвертка.

Выполнение работы

1. Изучить устройство фильтра-отстойника: отвернуть стяжной болт, снять корпус, вынуть фильтрующий элемент и познакомиться с его устройством; проследить путь движения топлива; собрать фильтр-отстойник.

2. Изучить устройство воздухоочистителя: отвернуть стяжную гайку, снять крышку, проследить путь движения воздуха; собрать воздухоочиститель.

3. Изучить устройство карбюратора: снять крышку поплавковой камеры, проверить состояние поплавка и иглы, вывернуть пробки и жиклеры, продуть каналы; рассмотреть устройство заслонок, проследить путь движения бензина и воздуха при различных режимах; собрать карбюратор.

4. Найти на двигателе расположение основных частей системы питания и выяснить способы соединения их друг с другом.

5. Снять, рассмотреть, а затем вновь установить на двигатель основные части системы питания.

Изучение устройства системы зажигания

Оборудование: магнето, свеча зажигания с проводом высокого напряжения, двигатель типа УД, отвертка, ключи гаечные, шуп, щетка, напильник для чистки контактов.

Выполнение работы

1. Рассмотреть свечу зажигания, выяснить способ соединения свечи с проводом высокого напряжения, проверить шупом величину зазора между электродами (0,6—0,7 мм), если требуется, подогнуть боковой электрод, удалить щеткой нагар с электродов и промыть свечу в бензине.

2. Изучить устройство магнето: отвернуть гайку автомата опережения зажигания и снять его, снять крышку прерывателя, экран, крышку распределителя и его ротор; проверить шупом величину зазора между контактами прерывателя (0,25—0,35 мм), отрегулировать винтом крепления стойки величину зазора; очистить специальным напильником (прилагается к магнето) контакты и протереть их смоченной в бензине замшей; собрать магнето, убедиться в том, что искра проскакивает между проводом высокого напряжения и корпусом магнето.

3. Найти на двигателе основные части системы зажигания, выяснить способы их снятия и установки.

Изучение устройства системы смазки

Оборудование: масляный насос, масляный фильтр, двигатель типа УД, гаечные ключи, отвертка.

Выполнение работы

1. Разобрать масляный насос, познакомиться с устройством и взаимодействием его частей, собрать насос.

2. Разобрать масляный фильтр, заменить фильтрующий элемент; собрать масляный фильтр.

3. Отсоединить масляный насос, опустить всасывающий канал в сосуд с маслом, прокрутить вручную шестерню привода до появления масла в выходных каналах, проверить, не вытекает ли масло под крышкой насоса (в случае течи масла подтянуть болты крепления крышки); установить насос на двигатель.

4. Залить (или долить) в картер масло, контролируя его уровень маслостерной линейкой.

Пуск двигателя и уход за ним

Пуск двигателя. При пуске двигателя необходимо вручную привести во вращение коленчатый вал. Для этой цели служит пусковой механизм (см. рис. 144 и 146), который состоит из пускового рычага с рукояткой и зубчатым сектором, храповой шестерни и втулки-храповика.

Пусковой рычаг прикреплен шарнирно к картеру. Во избежание поломки зубьев сектора и храповой шестерни во время работы двигателя рычаг закрепляют в неподвижном положении защелкой кожуха цилиндра. Втулка-храповик неподвижно закреплена на коленчатом валу, а храповая шестерня соединена с втулкой-храповиком при помощи пружины и может перемещаться вдоль коленчатого вала.

Для пуска двигателя рычаг перемещают вниз. При этом зубчатый сектор вращает храповую шестерню. Храповая шестерня входит в зацепление с втулкой-храповиком, в результате чего вращается коленчатый вал.

Перед пуском двигателя в холодное и особенно зимнее время двигатель сначала нужно подогреть. Для этого применяют подогревное устройство, состоящее из металлической камеры с входным и выходным патрубком. Входной патрубок прикреплен к фланцу камеры и закрыт крышкой. С помощью выходного патрубка камера может сообщаться с кожухом маховика-вентилятора двигателя. Для подогрева двигателя снимают крышку с входного патрубка и на ее место устанавливают насадку, имеющуюся в комплекте ЗИП агрегата. Затем разжигают паяльную лампу (приложена к агрегату), соблюдая осторожность и только после специального обучения. Горловину лампы вставляют в насадку. Пламя лампы не может проникнуть в камеру, так как на ее фланце установлена металлическая сетка, но нагревает воздух в камере. Горячий воздух обдувает цилиндры двигателя, проходя из выходного патрубка в кожух маховика-вентилятора. Во время подогрева двигателя коленчатый вал проворачивают с помощью пускового рычага. Двигатель считается подогретым, если коленчатый вал проворачивается с небольшим усилием. После подогрева двигателя гасят и убирают паяльную лампу, а затем запускают двигатель.

Техника безопасности. При обращении с двигателем необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Нужно следить за тем, чтобы все движущиеся части имели надежно закрепленное защитное ограждение, предусмотренное конструкцией двигателя. Во время работы двигателя нельзя производить регулирования механизмов и систем двигателя, если для этой цели не предусмотрены специальные ручки и винты, например винт качества горючей смеси. В последнем случае регулиро-

вание при работающем двигателе нужно выполнять с особой осторожностью. Заметив неисправность, нужно сначала остановить двигатель и только после этого устранить неисправность. Очищать и вытирать части агрегата от пыли, грязи, подтеков топлива или масла можно лишь при неработающем двигателе. Перед запуском двигателя и при его эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы вблизи выхлопной трубы глушителя не находились легковоспламеняющиеся материалы. Особенно опасно подносить к двигателю огонь или курить вблизи него, так как может воспламениться топливо или масло. В случае воспламенения топлива или масла пламя тушат при помощи огнетушителя, засыпают песком или накрывают брезентом (можно другой плотной тканью). Запрещается заливать водой воспламенившееся масло или бензин.

О правилах техники электробезопасности, которые соблюдают при обращении с бензоэлектрическим агрегатом, рассказывается ниже, при рассмотрении электрической части агрегата.

Уход за двигателем. Уход за двигателем заключается в систематическом осмотре, чистке и регулировке его основных систем и механизмов.

Рассмотрим основные обязанности обслуживающих агрегат мотористов-электриков по уходу за системами и механизмами двигателя.

Уход за системой питания включает выполнение следующих работ:

- заправка топливного бака бензином до нужного уровня (перед заливкой нужно убедиться в хорошем качестве и чистоте топлива); заливают его через воронку с сеткой, после заливки горловину бака плотно закрывают пробкой;

- проверка и регулировка состояния поплавка и запорной иглы карбюратора (бензин не должен переливаться через поплавковую камеру); если требуется, то чистят жиклеры и продувают каналы карбюратора;

- промывка карбюратора и присоединительного штуцера топливопровода;

- промывка воздухоочистителя.

При уходе за системой зажигания, кроме поддержания в чистоте и регулирования магнето и проверки зазора в свече зажигания, проверяют правильность установки угла опережения зажигания. Для этого снимают ко-

жух маховика вентилятора, поворачивают коленчатый вал и замечают момент начала размыкания контактов. Зажигание установлено правильно, если в момент начала размыкания контактов прерывателя метка на маховике совпадает с плоскостью соединения частей картера.

Ухаживая за системой смазки, систематически следят за нормальным уровнем масла в картере (по масломерной линейке). Кроме того, очищают от грязи и промывают масляный фильтр и масляный насос. При работе двигателя следят за положением штифта указателя давления масла. Он должен выступать из корпуса на 7—8 мм (в противном случае двигатель останавливают и приводят в порядок систему смазки).

Для нормальной работы системы охлаждения необходимо, чтобы все соединения кожухов маховика и цилиндров были герметичны. Поэтому при уходе за системой охлаждения периодически подтягивают винты и гайки этих соединений. При разборке двигателя промывают керосином или бензином ребра цилиндров и головок.

Уход за газораспределительным механизмом заключается в периодическом осмотре его деталей и в регулировке зазора между клапаном и толкателем.

Пусковой механизм следует поддерживать в чистоте. Нужно следить, чтобы во время работы двигателя пусковой рычаг был надежно закреплен защелкой кожуха цилиндра. В противном случае зубья сегмента и храповой шестерни могут сломаться.

Обслуживающие агрегат мотористы-электрики должны выполнять также доступные работы по устранению неисправностей двигателя.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Пуск и остановка двигателя

Оборудование: двигатель типа УД.

Выполнение работы

1. Осмотреть двигатель, убедиться в отсутствии внешних повреждений.

2. Проверить вращение коленчатого вала, для чего при закрытом топливном кране повернуть при помощи пускового рычага коленчатый вал (вал должен вращаться легко).

3. Очистить от воды и грязи фильтр-отстойник.

- 4 Проверить уровень бензина в топливном баке, если требуется, то заправить бак.
- 5 Убедиться в отсутствии течи топлива в топливопроводе, топливном кране и других частях двигателя.
- 6 Проверить уровень масла в картере; если требуется, то залить в картер масло.
- 7 Проверить наличие масла в воздухоочистителе.
- 8 Очистить части двигателя от подтеков топлива и масла.
- 9 Открыть кран топливного бака.
- 10 Повернуть рычаг воздушной заслонки в сторону метки «3» так, чтобы заслонка была прикрыта на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ее хода.
- 11 Повернуть рычаг дроссельной заслонки так, чтобы она была приоткрыта на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ее хода.
- 12 Нажать резко на пусковой рычаг (двигатель должен начать работать), затем открыть воздушную заслонку и закрепить защелкой пусковой рычаг в исходном положении; убедиться, что двигатель работает вхолостую при минимальных оборотах.
- 13 Проверить по указателю наличие давления в системе смазки.
- 14 Повернуть винт-ограничитель дроссельной заслонки в сторону метки «0» так, чтобы увеличить число оборотов двигателя (до 1500—2000 об/мин.), дать поработать двигателю в таком режиме 1—2 минуты (прогрев двигателя).
- 15 Повернуть винт-ограничитель дроссельной заслонки до упора в сторону метки «3» и дать поработать двигателю вхолостую в течение 1—2 минут.
- 16 Остановить двигатель, прикрыв дроссельную заслонку и закрыв топливный кран.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Генератор агрегата

Электрическая часть бензоэлектрического агрегата состоит из генератора и распределительного устройства (блока аппаратуры и блока приборов). Назначение, принцип действия и общее устройство электрических генераторов рассмотрены в V разделе данного пособия. Об электрической аппаратуре говорилось в IV разделе. Описание измерительных приборов дано в III и частично в V (измерение частоты) разделах. Выясним теперь особенности устройства и действия генераторов, аппаратуры и приборов, установленных на бензоэлектрических агрегатах.

На бензоэлектрических агрегатах АБ-4-0/230 и АБ-2-0/230 установлен однофазный генератор переменного тока соответственно типа ГАБ-4-0/230 и ГАБ-2-0/230

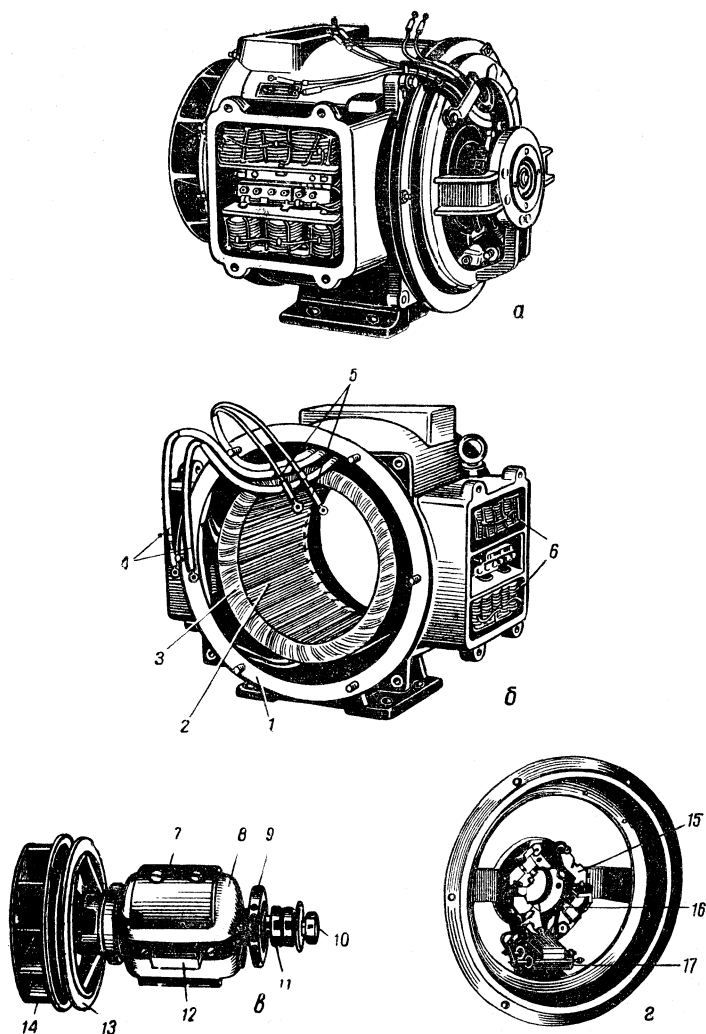


Рис. 171. Генератор ГАБ-4-0/230:

a — внешний вид (крышка камеры блока селеновых выпрямителей снята); *б* — статор; *в* — ротор; *г* — задний подшипниковый щит; *1* — корпус; *2* — сердечник статора; *3* — обмотка статора; *4* — выводы силовой обмотки статора; *5* — выводы дополнительной обмотки статора; *6* — блок селеновых выпрямителей; *7* — сердечник ротора; *8* — обмотка возбуждения; *9* — балансирующий диск; *10* — вал ротора; *11* — контактные кольца; *12* — постоянный магнит; *13* — передний подшипниковый щит; *14* — вентилятор; *15* — щеткодержатель; *16* — щетка; *17* — конденсатор.

(см. таблицу 18). Принцип работы, общее устройство и схема соединения с аппаратурой и приборами у этих генераторов одинаковы, но генераторы отличаются по мощности и устройству некоторых частей. Поэтому ниже рассматривается генератор типа ГАБ-4-0/230 и указывается на особенности генератора ГАБ-2-0/230.

Генератор ГАБ-4-0/230 (рис. 171) представляет собой однофазный синхронный генератор с самовозбуждением. Он состоит из статора, ротора, подшипниковых щитов и блока селеновых выпрямителей.

Статор (рис. 171, б) имеет силовую и дополнительную обмотки. К силовой обмотке подключают питаемые агрегатом электроприемники. Дополнительная обмотка служит для питания обмотки возбуждения, т. е. обмотки ротора. Ток от дополнительной обмотки идет по обмотке возбуждения через селеновый выпрямитель, собранный по мостовой схеме и установленный в камере статора. Выпрямление тока необходимо для того, чтобы магнитная полярность обмотки возбуждения оставалась постоянной.

Ротор (рис. 171, в), кроме обмотки возбуждения, имеет также постоянный магнит, который обеспечивает возбуждение в начале вращения ротора.

Выход выпрямителя и обмотка возбуждения соединяются между собой при помощи щеточного механизма (у генератора ГАБ-4-0/230 имеется четыре щетки, а у ГАБ-2-0/230 — две) и контактных колец. Контактные кольца прочно насажены на вал ротора. Каждое кольцо имеет электрический контакт с одним из выводов обмотки возбуждения. Кольца периодически очищают смоченной в бензине тряпочкой. Щеткодержатели крепят при помощи пальцев на заднем подшипниковом щите (рис. 171, г). На этом щите есть также конденсаторы, уменьшающие радиопомехи.

Вал ротора и коленча-

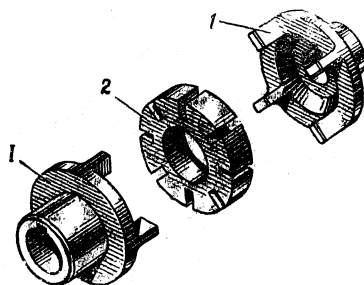


Рис. 172. Соединительная муфта:
1 — полумуфты с кулачками; 2 — резиновая прокладка.

тый вал двигателя агрегата соединяются между собой при помощи полумуфт и резиновой прокладки (рис. 172).

Чтобы генератор начал работать, включают двигатель агрегата. Тогда ротор начинает вращаться, и магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом, который имеется на валу ротора, становится переменным. Этот магнитный поток пересекает обмотки статора, вследствие чего в них возникает э. д. с. индукции. Теперь по обмотке возбуждения идет ток, который тоже создает магнитный поток, пронизывающий обмотки статора. В результате э. д. с. индукции в силовой обмотке статора увеличивается, и таким образом обеспечивается питание подключенных к агрегату электроприемников.

В агрегатах АБ-4-Т/230 и АБ-2-Т/230 установлены трехфазные генераторы соответственно типа ГАБ-4-Т/230 и ГАБ-2-Т/230. По внешнему виду они схожи с однофазными генераторами ГАБ-4-0/230 и ГАБ-2-0/230. Однако статор трехфазных генераторов имеет три силовые обмотки, соединенные между собой в звезду с выводом от нейтральной точки, и три дополнительные обмотки. Последние тоже соединены в звезду.

В агрегате ГАБ-4-Т/230-Ч/200 устанавливают трехфазный генератор, ротор которого имеет восемь явно выраженных полюсов. Таким образом, число пар полюсов обмотки возбуждения равно четырем. Поэтому частота тока в обмотке статора увеличивается в четыре раза по сравнению с генератором, ротор которого имеет лишь два полюса.

Распределительное устройство

Распределительное устройство бензоэлектрического агрегата предназначено для включения и отключения электроприемников, регулирования выходного напряжения и защиты генератора от перегрузок и коротких замыканий. Оно состоит из блока аппаратуры и блока приборов.

Блок аппаратуры. Блок аппаратуры служит для управления работой генератора на различных режимах. В состав блока аппаратуры (см. рис. 143) входят: кнопка возбуждения, ручка регулировочного сопротивления (регулирование напряжения), ручка компаундирующего сопротивления; кнопка и ручки соединены с соответствующими

ющими сопротивлениями. Пусковое сопротивление ограничивает резкое нарастание тока при включении генератора. Регулировочное сопротивление позволяет изменять напряжение на зажимах генератора. Компондирующее сопротивление нужно для автоматического поддержания постоянного напряжения при изменении нагрузки во внешней части цепи генератора, т. е. в цепи электроприемников.

К блоку аппаратуры относится понижающий трансформатор, от которого ток идет к штепсельной розетке (через предохранитель) и к лампочке местного освещения. В блоке аппаратуры имеются также добавочные сопротивления, величину которых устанавливают при комплектовании генератора.

Сопротивления, трансформатор, предохранитель и штепсельная розетка размещены в металлическом корпусе. В нижней части корпуса есть отверстие для насадки блока на подшипниковый щит. Корпус блока аппаратуры крепят к генератору при помощи болтов. Кнопка и ручки сопротивления выведены наружу (см. рис. 143).

Блок приборов. Блок приборов (рис. 173) служит для контроля работы генератора, а также для подключения питаемых электроприемников. В состав блока приборов (см. табл. 20) входят: амперметр, вольтметр, частотомер, лампа местного освещения с выключателем, выключатель нагрузки с линейными зажимами и конденсаторы для снижения радиопомех. Все указанные элементы размещены в металлическом корпусе с двумя крышками. Под одной крышкой находятся: выключатель нагрузки и линейные зажимы для присоединения электроприемников, под другой — все остальные элементы блока приборов. Блок установлен на резиновых амортизаторах, которые защищают приборы от вибраций при работе агрегата.

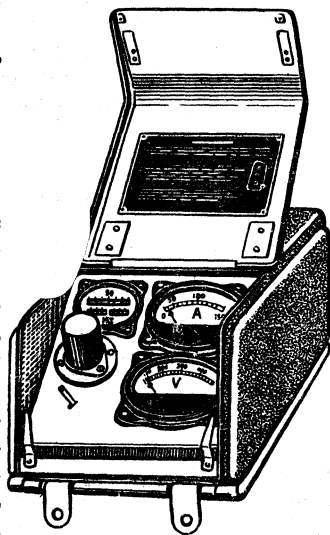


Рис. 173. Блок приборов.

Работа генератора

Генератор работает при следующих режимах: процесс начального возбуждения, работа под нагрузкой, автоматическое поддержание постоянного напряжения при изменении нагрузки.

Для уяснения режимов работы генератора рассмотрим сначала электрическую схему агрегата АБ-4-0/230 (рис. 174). Электрическая цепь агрегата состоит из силовой цепи, цепи возбуждения и цепи освещения.

Силовая цепь состоит из двух секций силовой обмотки $ОС_1$ и $ОС_2$, соединенных проводами через выключатель нагрузки $ВН$ с линейными зажимами, и электроприемников (внешний участок силовой цепи), подключаемых к этим зажимам. К силовой цепи относится также ком-

Таблица 22

Основные технические данные элементов блока приборов

Наименование элементов	Основные данные
Амперметр	Тип Э421, 0—30 а у агрегата АБ-4, 0—20 а у агрегата АБ-2
Вольтметр	Тип Э421, 0—250 в
Частотомер	Вибрационной системы, 48—52 гц
Лампа освещения	Тип А-25, 12 в, 8,25 вт
Выключатель освещения	Тип В-45, 35 а, 24 в
Выключатель нагрузки	Тип ПК-2-25, 25 а, 250 в (у агрегатов АБ-4-Т/230 и АБ-2-Т/230 — выключатель трехполюсный типа ПК-3-25)
Конденсаторы	Тип КБП, 0,5 мкф, 500 в, 40 а

паундирующее сопротивление $СК$, добавочное сопротивление $СД$ и кнопка возбуждения. Для измерения тока при работе генератора под нагрузкой в силовую цепь включен амперметр. Напряжение и частота тока контролируются при помощи вольтметра и частотомера.

Цепь возбуждения состоит из обмотки возбуждения (обмотка ротора), двух секций дополнительной обмот-

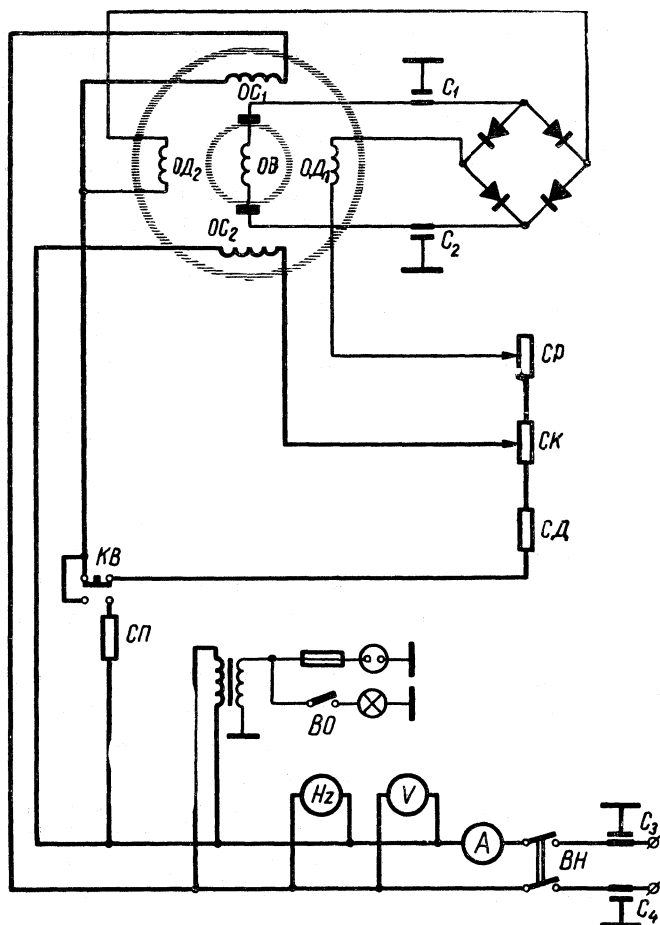


Рис. 174. Принципиальная электрическая схема агрегата АБ-4-0/230:

OC_1 и OC_2 — секции силовой обмотки; OD_1 и OD_2 — секции дополнительной обмотки; OB — обмотка возбуждения; CP — сопротивление регулировочное; CK — сопротивление компаундирующее; CD — сопротивление добавочное; SP — сопротивление пусковое; KB — кнопка возбуждения; BO — выключатель освещения; BH — выключатель нагрузки.

ки $ОД_1$ и $ОД_2$, селенового выпрямителя и регулировочного сопротивления $СР$. Обмотка возбуждения соединяется с выпрямителем через контактные кольца и щетки.

Цепь освещения состоит из понижающего трансформатора, ко вторичной обмотке которого подсоединены: штепсельная розетка с предохранителем и лампа освещения с выключателем освещения $ВО$.

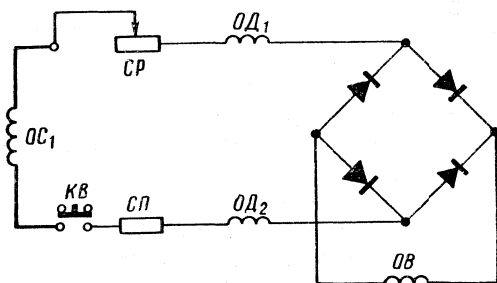


Рис. 175. Упрощенная схема начального возбуждения генератора:

$ОС_1$ — секция силовой обмотки статора; $СР$ — сопротивление регулировочное; $ОД_1$ и $ОД_2$ — секции дополнительной обмотки статора; $ОВ$ — обмотка возбуждения; $СП$ — сопротивление пусковое; $КВ$ — кнопка возбуждения.

Рассмотрим теперь, как работает генератор при различных режимах.

Процесс начального возбуждения начинается сразу же при пуске двигателя агрегата. Коленчатый вал вращает ротор, который имеет постоянный магнит, в результате чего создается вращающееся магнитное поле. Вследствие электромагнитной индукции в обмотках статора возникает э. д. с. индукции. Величина этой э. д. с. незначительна, так как постоянный магнит создает сравнительно слабое магнитное поле. Для возбуждения генератора этой э. д. с. недостаточно, поэтому нужно увеличить ток в обмотке возбуждения. Для этого нажимают на кнопку возбуждения $КВ$ (см. рис. 174), в результате чего одна секция силовой обмотки соединяется последовательно с дополнительной обмоткой. Теперь выпрямитель находится под напряжением, равным сумме э. д. с. в соединенных между собой секциях обмоток статора — $ОС$, $ОД_1$ и $ОД_2$ (рис. 175). Падением на-

пряжения в самих обмотках и соединяющих проводах можно пренебречь, так как оно очень мало. Суммарное напряжение достаточно, чтобы ток в обмотке возбуждения увеличился и создал сравнительно сильный магнитный поток.

Этот магнитный поток, в свою очередь, обеспечивает увеличение индуктируемой в обмотках статора э. д. с. Поэтому вновь возрастает ток в обмотках возбуждения, а значит, опять увеличивается э. д. с. в силовой обмотке статора. Процесс протекает до тех пор, пока э. д. с. в силовой обмотке статора достигнет величины 230 в (контролируется вольтметром). Затем кнопку возбуждения отпускают. Практически процесс начального возбуждения длится 2—3 секунды.

Работать под нагрузкой генератор может лишь после окончания процесса начального возбуждения. Нагрузку включают выключателем нагрузки *ВН*. Этим же выключателем отключают генератор от электроприемников. Напряжение регулируют, изменяя величину регулировочного сопротивления *СР*. При увеличении, например, сопротивления *СР* ток в обмотке возбуждения уменьшается, так как эта обмотка и сопротивление *СР* соединены между собой последовательно. Поэтому уменьшается магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, а в результате уменьшается э. д. с. в обмотках статора и напряжение на линейных зажимах. Если уменьшить регулировочное сопротивление, то соответственно напряжение на зажимах увеличится.

Нагрузка во внешнем участке силовой цепи может изменяться. Изменение нагрузки в свою очередь вызывает изменение напряжения на линейных зажимах генератора. Последнее объясняется следующими причинами.

Согласно закону Ома для полной цепи, э. д. с. генератора равна сумме падений напряжения в обмотках генератора и на внешнем участке цепи:

$$E = U + I \cdot Z,$$

где: E — э. д. с. генератора, в;

U — напряжение на зажимах генератора, в;

I — ток в силовой цепи, а;

Z — полное внутреннее сопротивление генератора, ом.

Если, например, нагрузка во внешнем участке сило-

вой цепи увеличивается, то увеличивается ток и в силовой обмотке генератора. Поэтому возрастает падение напряжения на силовой обмотке генератора. Э. д. с. же для данного генератора (при определенном токе возбуждения и скорости вращения ротора) постоянна по величине. Значит, при увеличении падения напряжения на обмотках генератора уменьшается напряжение на его линейных зажимах.

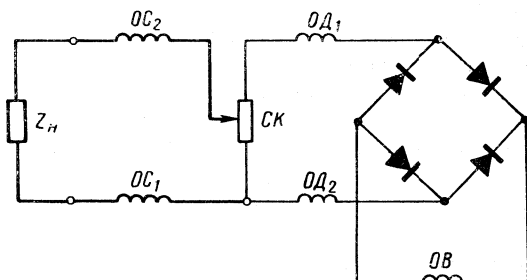


Рис. 176. Упрощенная схема поддержания постоянного напряжения на зажимах генератора:

$Z_{\text{н}}$ — сопротивление внешнего участка силовой цепи; OC_1 и OC_2 — секции силовой обмотки статора; $СК$ — сопротивление компаундирующее; OD_1 и OD_2 — секции дополнительной обмотки статора; OB — обмотка возбуждения.

Для нормальной работы электроприемников, питающихся от генератора, необходимо, чтобы напряжение на зажимах генератора не изменялось. С этой целью предусмотрено автоматическое поддержание постоянного напряжения на зажимах генератора, что осуществляется при помощи компаундирующего сопротивления $СК$.

Компаундирующее сопротивление включено последовательно с секциями дополнительной обмотки (рис. 176). Ток, проходящий по компаундирующему сопротивлению, пропорционален току во внешнем участке силовой цепи. Поэтому при увеличении нагрузки увеличивается ток в компаундирующем сопротивлении, и соответственно возрастает падение напряжения на этом сопротивлении. Теперь вход сенового выпрямителя находится под напряжением, равным сумме падений напряжения на дополнительной обмотке и на компаундирующем сопротивлении, что приводит к возрастанию тока в обмотке воз-

буждения. В результате усиливается магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, и в итоге увеличивается индуктируемая в силовой обмотке э. д. с., а значит, и напряжение на линейных зажимах. Подобным образом протекают процессы при уменьшении нагрузки (тока во внешнем участке цепи).

Величину компаундирующего сопротивления подбирают таким образом, чтобы в результате указанных выше процессов на зажимах генератора поддерживалось постоянное по величине напряжение. Для этого снимают колпак с его ручки и поворачивают ее.

Электрическая схема генератора ГАБ-2-0/230 и процесс его работы ничем не отличаются от описанного выше.

Трехфазные генераторы ГАБ-4-Т/230 и ГАБ-2-Т/230 (рис. 177) работают в тех же режимах, что и однофазный генератор. Подобным же образом объясняются и процессы, происходящие в трехфазных генераторах при начальном возбуждении, работе под нагрузкой и при автоматическом поддержании постоянного напряжения. Однако при рассмотрении этих процессов необходимо учитывать, что трехфазный генератор имеет три фазы силовой обмотки, соединенные в звезду, и соответственно три компаундирующих сопротивления. Кроме того, силовая цепь и цепь возбуждения трехфазного генератора защищены тепловым реле. Реле при перегрузках и коротких замыканиях отключают силовую цепь и цепь возбуждения.

4. ПУСК АГРЕГАТА И УХОД ЗА НИМ

Техника безопасности. При обращении с бензоэлектрическими агрегатами необходимо выполнять общие требования техники электробезопасности (см. стр. 7—12) и правила обращения с бензиновым двигателем (стр. 224).

Кроме того, нужно строго соблюдать следующие правила:

1. Предупреждать окружающих товарищей и персонал, обслуживающий электроприемники, о включении агрегата.

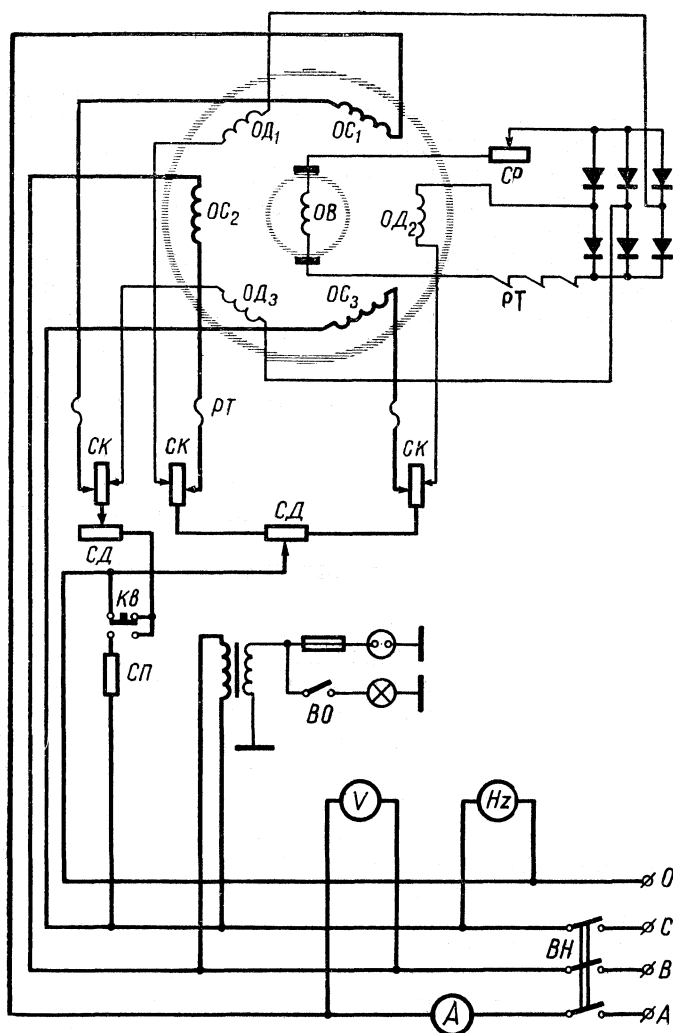


Рис. 177. Принципиальная электрическая схема агрегатов
АБ-4-Т/230 и АБ-2-Т/230:

OC_1 , OC_2 и OC_3 — фазы силовой обмотки; OD_1 , OD_2 и OD_3 — фазы дополнительной обмотки; OB — обмотка возбуждения; CP — сопротивление регулировочное; SP — сопротивление пусковое; CK — сопротивление компаундирующее; CD — сопротивление добавочное; PT — реле тепловое; KB — кнопка возбуждения; BO — выключатель освещения; BH — выключатель нагрузки.

2. Не включать агрегат при снятой шторке блока аппаратуры.

3. Проверять перед включением агрегата исправность изоляции токоведущих частей и заземляющего провода; не включать агрегат при неисправной изоляции.

4. Не заземлять нулевой провод агрегата.

5. Не прикасаться к токоведущим частям во время работы агрегата.

6. Не ремонтировать и не регулировать агрегат при его работе (разрешается регулировка лишь при помощи имеющихся на агрегате кнопок и ручек управления).

Пуск и остановка агрегата. При пуске агрегата выполняют следующее:

проверяют исправность его двигателя и электрической части;

пускают двигатель;

нажимают на кнопку возбуждения, наблюдают по вольтметру окончание процесса начального возбуждения, кнопку отпускают;

устанавливают при помощи ручки «регулировка напряжения» напряжение 230 в;

включают нагрузку и контролируют по амперметру и частотомеру ток в силовой цепи и частоту.

Для остановки агрегата сначала отключают выключателем *ВН* нагрузку, а затем двигатель.

Уход за электрической частью агрегатов АБ-4-0/230 и АБ-4-Т/230. Обслуживающие агрегат мотористы-электрики обязаны систематически осматривать его перед включением, а также периодически проверять состояние генератора, аппаратуры и приборов.

Осматривая агрегат, проверяют исправность изоляции, контролируют надежность заземления и плотность соединения проводов цепи с зажимами.

Периодически проверяют исправность и состояние контактных колец и щеточного механизма. Если требуется, то чистят механизм или заменяют щетки (при высоте их 15 мм и менее). Регулярно измеряют мегомметром сопротивление изоляции.

Мотористы-электрики должны также выполнять доступные работы по выявлению и устранению неисправностей в работе электрической части агрегата. При этом руководствуются данными, приведенными в таблице 22.

Возможные неисправности генератора и способы их устранения

Признак неисправности	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
1	2	3
При пуске генератора после нажатия кнопки возбуждения стрелка вольтметра не отклоняется	Малая скорость вращения двигателя	Проверить правильность положения воздушной и дроссельной заслонок
	Щетки не касаются контактных колец	Отрегулировать положение щеток
	Обрыв проводов, соединяющих вольтметр с силовой цепью	Проверить наличие напряжения на линейных зажимах (при помощи указателя напряжения, контрольной лампы или другого вольтметра); если напряжение на зажимах есть, то, остановив агрегат, нужно устранить обрыв идущих к вольтметру проводов
	Неисправность вольтметра	Проверить наличие напряжения на линейных зажимах и целостность идущих к вольтметру проводов; если напряжение есть, то для замены вольтметра отправить агрегат в мастерскую
	Неисправна кнопка возбуждения	Отремонтировать кнопку возбуждения
Генератор не возбуждается	Обледенение контактных колец при резкой смене температуры окружающего воздуха	Зачистить кольца шкуркой, имеющейся в ЗИП
	Неисправна кнопка возбуждения	Отремонтировать кнопку возбуждения
	Обрыв в сопротивлениях СК, СД или в идущих к ним проводах	Проверить при помощи пробника (омметра) сопротивления СК, СД и проводов; устранить в них обрыв

1	2	3
При включенной нагрузке стрелка амперметра не отклоняется	Обрыв во внешнем участке силовой цепи Неисправен выключатель нагрузки Неисправен амперметр	Проверить и устранить обрыв Отремонтировать выключатель нагрузки Для замены амперметра отпаять агрегат в мастерскую
Резкое снижение напряжения на линейных зажимах генератора и уменьшение скорости вращения двигателя	Перегрузка или короткое замыкание во внешнем участке силовой цепи	Отключить нагрузку и проверить напряжение на холостом ходу; если оно нормальное, то устранить перегрузку или короткое замыкание
При включенном выключателе освещения не горит лампочка освещения	Перегорела лампа освещения Неисправен выключатель освещения Обрыв проводов в цепи освещения	Снять колпачок, прикрывающий лампу и заменить лампу Отремонтировать или заменить выключатель освещения
Сильное искрение под щетками	Загрязнение контактных колец Износ щеток Недостаточно нажатие на щетку Заедание щетки в обойме щеткодержателя	Проверить целостность проводов при помощи омметра и устранить обрыв Протереть кольца мягкой ветошью, смоченной в бензине Заменить щетки Отрегулировать нажатие на щетку при помощи пружины щеткодержателя Найти место заедания и почистить щетку стеклянной шкуркой; привести в порядок обойму
Подшипники генератора перегреваются	Засорение подшипников Износ подшипников	Разобрать, промыть в бензине и смазать подшипники Заменить подшипники

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Ознакомление с электрической частью, пуск и остановка агрегата

Оборудование: бензоэлектрический агрегат, генератор агрегата, блоки аппаратуры и приборов, мегомметр.

Выполнение работы

1. Разобрать частично генератор и познакомиться с устройством его основных частей — статора, ротора, щеточного механизма, подшипниковых щитов, выпрямителя; выявить части, имеющие дефекты, объяснить причину их появления и предложить способы устранения; собрать генератор.

2. Рассмотреть устройство и расположение элементов блока аппаратуры, составить схему соединения их между собой.

3. Рассмотреть устройство и расположение элементов блока приборов, выяснить способы соединения их.

4. Найти на агрегате и запомнить расположение генератора, блока аппаратуры, блока приборов, кнопки и ручек управления генератором.

5. Проверить наличие и исправность заземления.

6. Измерить сопротивление изоляции, подключая мегомметр к корпусу и поочередно к одному из линейных зажимов (агрегат должен быть включен, а выключатель нагрузки выключен); сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 *Мом*.

7. Подсоединить к линейным зажимам электроприемник.

8. Пустить двигатель, соблюдая необходимые правила и указания (см. стр. 226).

9. Включить генератор, проконтролировать по приборам режим его работы, отключить нагрузку, остановить двигатель.

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Техническое обслуживание бензоэлектрического агрегата необходимо для того, чтобы он содержался в постоянной готовности к работе, преждевременно не изнашивался и более длительный срок эксплуатировался. При нормальных условиях эксплуатации техническое обслуживание состоит из следующих работ: ежедневное техническое обслуживание; номерное техническое обслуживание (регламентные работы) — № 1, 2, 3, 4.

Ежедневное техническое обслуживание. Данный вид обслуживания агрегата проводится в конце смены и включает выполнение следующих работ:

прослушать двигатель (не должно быть сильных шумов, стуков и перегрева);

после остановки двигателя обтереть агрегат от пыли и грязи;

осмотреть двигатель и генератор, проверить и при необходимости подтянуть наружные крепления;

проверить и при необходимости устранить течь топлива и масла;

проверить уровень масла, долить его, проверить состояние пробок для заливки и слива масла;

осмотреть воздухоочиститель и при необходимости заменить в нем масло;

смазать зубчатый сектор и храповую шестерню пускового механизма;

заправить агрегат топливом.

Техническое обслуживание № 1¹. Техническое обслуживание № 1 проводится через каждые 50 часов работы агрегата. При этом выполняется ежесменное техническое обслуживание и, кроме того, следующие работы:

заменить масло в картере двигателя;

проверить и отрегулировать, если требуется, зазор (0,2 мм) между клапаном и толкателем;

проверить и при необходимости отрегулировать зазор (0,25—0,35 мм) между контактами прерывателя магнето;

проверить и, если требуется, отрегулировать зазор (0,6—0,7 мм) между электродами свечи;

промыть воздухоочиститель (при работе агрегата в условиях сильной запыленности промывать в зависимости от степени запыленности, обычно через 10—25 часов).

Техническое обслуживание № 2. Данный вид обслуживания агрегата проводится через каждые 200 часов его работы. При этом выполняют ежесменное техническое обслуживание, техническое обслуживание № 1 и, кроме того, следующие работы:

заменить фильтрующий элемент масляного фильтра;

притереть клапаны;

очистить камеру сгорания от нагара;

очистить цилиндры, поршни и поршневые кольца от нагара;

очистить от нагара электроды свечи зажигания, промыть их в бензине, проверить и отрегулировать зазор между электродами;

¹ После окончания каждого номерного технического обслуживания необходимо записать в формуляр агрегата дату и объем выполненных работ по обслуживанию.

смазать шейку коленчатого вала и ось пускового механизма;

промыть и смазать толкатели и кулачок.

Техническое обслуживание № 3. Техническое обслуживание № 3 проводится через каждые 400 часов работы агрегата. При этом выполняют ежесменное техническое обслуживание, техническое обслуживание № 1 и 2 и, кроме того, следующие работы:

промыть каналы в коленчатом валу;

подтянуть шатунные подшипники;

проверить и при необходимости отрегулировать посадку поршневых пальцев;

проверить состояние поршневых колец и если зазор в замке кольца превышает 1,5 мм, то заменить кольцо;

проверить состояние выпускного клапана и если он сильно подгорел, то заменить клапан;

отрегулировать зазоры между контактами прерывателя магнето и между электродами свечи зажигания;

очистить контактные кольца генератора от пыли и грязи;

установить стрелки приборов на нуль шкалы;

продуть генератор и блок аппаратуры сухим чистым сжатым воздухом.

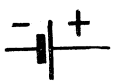
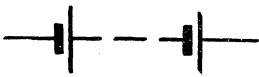
Техническое обслуживание № 4. Данный вид обслуживания проводится через каждые 500 часов работы агрегата. При этом выполняется ежесменное техническое обслуживание, техническое обслуживание № 1, 2, 3 и, кроме того, следующие работы:

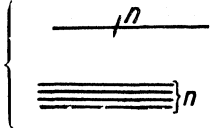
промыть, смазать и отрегулировать автомат опережения зажигания;

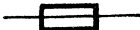
заменить смазку в магнето;

проверить состояние щеток генератора и если высота их 15 мм и менее, то заменить щетки.

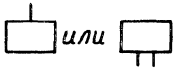
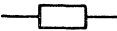
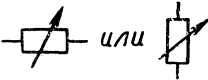
Условные графические обозначения
для электрических схем

Наименование	Обозначение на схемах
Род тока и напряжения	
Ток постоянный. Напряжение постоянное	—
Ток переменный. Напряжение переменное	~
Ток постоянный и переменный	≍
Ток переменный трехфазный	3~
Провод нулевой	N
Фазы сети трехфазного тока: напряжение ниже 1000 в	a, b, c, o
напряжение выше 1000 в	A, B, C, O
Источники электрического тока	
Элемент гальванический или аккумулятор	
Батарея из гальванических или аккумуляторных элементов	
Генератор электрический (общее обозначение)	

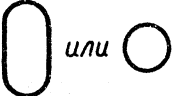
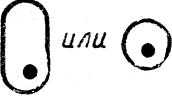
Наименование	Обозначение на схемах
Провода и кабели	
Провод, кабель (общее обозначение)	
Провод гибкий	
Цепь из двух проводов (кабелей)	
Цепь из трех проводов (кабелей)	
Цепь из n проводов (кабелей)	
Провода (кабели) пересекающиеся, электрически не соединенные	
Провода (кабели) пересекающиеся, электрически соединенные	
Ответвление провода (кабеля)	
Изгиб провода (кабеля)	
Провод (кабель) экранированный	
Провод скрученный (шнур)	

Наименование	Обозначение на схемах
Повреждение изоляции (пробой):	
между проводами	
между проводами и корпусом машины, аппарата	
между проводом и землей	
Соединение прохода (кабеля), корпуса машины (аппарата) с землей	
Защитные и коммутационные аппараты	
Предохранитель плавкий	
Неразъемное электрическое соединение	
Разъемное электрическое соединение	
Разъемное электрическое соединение источников питания	
Контакт выключателя и переключателя:	
замыкающий	 
размыкающий	 
переключающий	 

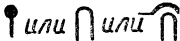
Наименование	Обозначение на схемах
Контакт реле:	
закрывающий	
размыкающий	
переключающий	
Контакт магнитного пускателя контактора:	
закрывающий	
размыкающий	
Выключатель однополюсный	
Выключатель трехполюсный	
Переключатель	
Путевой, конечный выключатель:	
закрывающий	
размыкающий	

Наименование	Сбозначение на схемах
Соединение штепсельное разъемное	
Штепсель	
Гнездо	
Кнопка с самовозвратом:	
с замыкающим контактом	
с размыкающим контактом	
с одним замыкающим и одним размыкающим контактами	
Обмотка реле, контактора, магнитного пускателя	
Сопротивление конденсаторы трансформаторы	
Сопротивление нерегулируемое (резистор постоянный)	
Сопротивление регулируемое:	
резистор переменный	
реостат с разрывом цепи	
реостат без разрыва цепи	
потенциометр	

Наименование	Обозначение на схемах
Конденсатор постоянной емкости	
Конденсатор электролитический	
Конденсатор переменной емкости	
Обмотка трансформатора	
Сердечник (магнитопровод) ферромагнитный	
Катушка индуктивности (дроссель):	
без сердечника	
с сердечником	
Трансформатор	
Автотрансформатор	
Приборы электроизмерительные	
Прибор измерительный (общее обозначение)	
Обмотка напряжения измерительного прибора	

Наименование	Обозначение на схемах
Обмотка токовая измерительного прибора	
Шунт	
Электрические машины	
Электрическая машина (общее обозначение)	
Обмотка независимого и последовательного возбуждения	
Обмотка параллельного возбуждения	
Статор (общее обозначение)	
Ротор короткозамкнутый	
Ротор с обмоткой, коллектором и щетками	
Электровакуумные и полупроводниковые приборы	
Баллон электронного электровакуумного прибора	 или 
Баллон ионного электровакуумного прибора	 или 

Окончание приложения

Наименование	Сбозначение на схемах
Анод электронной лампы и ионного прибора	
Катод электронной лампы и ионного прибора	
Сетка электронной лампы и ионного прибора	
Пускатель (для люминесцентных ламп)	
Лампа осветительная	
Лампа сигнальная	
Лампа газоразрядная осветительная	
Диод полупроводниковый	
Транзистор типа <i>p-n-p</i>	
Транзистор типа <i>n-p-n</i>	

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	Стр. 3
--------------------	-----------

I. Общие сведения об электроустановках и технике безопасности

1. Классификация электроустановок	5
2. Номинальное напряжение, мощность и ток	6
3. Техника электробезопасности	7
Причины электротравматизма	—
Предупреждение электротравматизма	9
Первая помощь при поражении электрическим током	10
Правила техники безопасности при работах в школьном электротехническом кабинете	11
4. Схемы электрических соединений	12

II. Электротехнические материалы, изделия и работы с ними

1. Классификация электротехнических материалов	15
2. Проводниковые материалы	16
Проводниковые металлические материалы	—
Припой	17
Электротехнический уголь	—
3. Электроизоляционные материалы	21
Свойства электроизоляционных материалов	—
Виды электроизоляционных материалов	22
4. Провода и кабели	28
Установочные провода	—
Обмоточные провода	30
Расчет проводов	—
Соединение и оконцевание проводов и кабелей	37
5. Монтаж электропроводок	42

III. Техника электрических измерений

1. Единицы электрических величин	44
2. Устройство электроизмерительных приборов	—
Основные части приборов	—
Измерительные механизмы	47

3. Условные графические обозначения на шкале	54
4. Способы измерения электрических величин	57
Общий порядок выполнения измерений	—
Измерение силы тока	60
Измерение напряжения	62
Измерение мощности	65
Измерение работы тока	67
Измерение электрического сопротивления	70
5. Авометры	74

IV. Аппаратура управления электроустановками

1. Классификация электрической аппаратуры	78
2. Неавтоматические коммутационные аппараты	—
3. Аппаратура автоматического управления	84
Реле	—
Автоматические выключатели	86
Контакты	89
Магнитные пускатели	90
4. Электрические предохранители	95
5. Монтаж и обслуживание электрической аппаратуры	98

V. Электрические машины, трансформаторы и электропривод

1. Классификация электрических машин	100
2. Краткие сведения об однофазном переменном токе	101
Основные параметры переменного тока	—
Электрическое сопротивление переменному току	104
Мощность переменного тока	107
3. Трехфазный генератор	108
4. Трехфазный асинхронный двигатель	114
Устройство асинхронного двигателя	—
Техническая характеристика трехфазных асинхронных двигателей	115
Включение в сеть трехфазных асинхронных двигателей	117
5. Машины постоянного тока	119
Устройство и виды машин постоянного тока	—
Техническая характеристика машин постоянного тока	122
6. Трансформаторы	123
Основные сведения об устройстве и действии трансформаторов	—
Виды трансформаторов	125
Расчет и сборка маломощных трансформаторов	127
Проверка трансформатора	129
7. Электрический привод	132
Виды электрического привода	—
Монтаж и обслуживание электропривода	137

VI. Элементы электроники

1. Общие сведения об электронике	138
2. Детали электронной аппаратуры	139
Резисторы	—
Конденсаторы	140

Катушки индуктивности	144
3. Электронные лампы	146
4. Полупроводниковые приборы	150
Краткие сведения о полупроводниках	—
Полупроводниковые диоды	153
Транзисторы	156
5. Газоразрядные источники света	161
6. Выпрямители	162
7. Аккумуляторы	163

VII. Элементы автоматики

1. Основные понятия об автоматах и автоматике	165
2. Элементы автоматических устройств	166
Датчики	—
Дистанционная передача сигналов	169
Усилители	171
Исполнительные органы автоматических устройств	172
3. Автоматический контроль	173
4. Автоматическое управление	174
5. Автоматическое регулирование	175

VIII. Бензоэлектрические агрегаты

1. Назначение, техническая характеристика и общее устройство бензоэлектрических и дизельных агрегатов	177
2. Двигатель бензоэлектрического агрегата	185
Принцип работы и общее устройство двигателя	—
Основные механизмы двигателя	191
Системы двигателя	203
Пуск двигателя и уход за ним	223
3. Электрическая часть бензоэлектрических агрегатов	227
Генератор агрегата	—
Распределительное устройство	230
Работа генератора	232
4. Пуск агрегата и уход за ним	237
5. Техническое обслуживание бензоэлектрических агрегатов	242
<i>Приложение. Условные графические обозначения для электрических схем</i>	<i>245</i>

Валерий Алексеевич Поляков
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Редактор *Л. А. Лисов*
Художественный редактор *Е. Н. Карасик*.
Технический редактор *М. И. Смирнова*
Корректор *Т. Н. Смирнова*

Подписано к печати с матриц 20/XI 1972 г.
84×108¹/₃₂. Типографская № 2. Печ. л. 8.
Усл. печ. л. 13,44. Уч-изд. л. 13,22. Тираж
200 тыс. экз.

Издательство «Просвещение» Государственного
комитета Совета Министров РСФСР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли
Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государствен-
ного комитета Совета Министров БССР по печат-
ти. Минск, Красная, 23. Заказ № 2041.

Отпечатано с матриц в типографии № 2 Росглав-
полиграфпрома, г. Рыбинск, ул. Чкалова, 8
Заказ 3821. Цена 25 к.

Цена 25 коп.

В. А. ПОЛЯКОВ

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ