

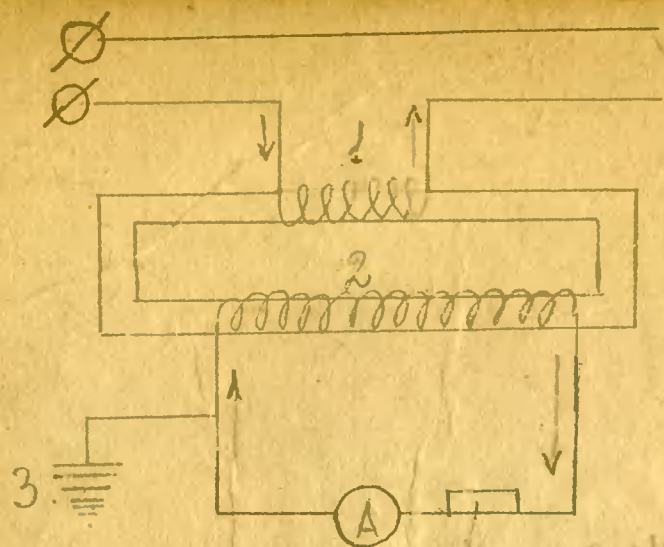
Зр. 35л

• ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ •

С.К.АНДРИЕВСКИЙ • АЛБАРТНОВСКИЙ

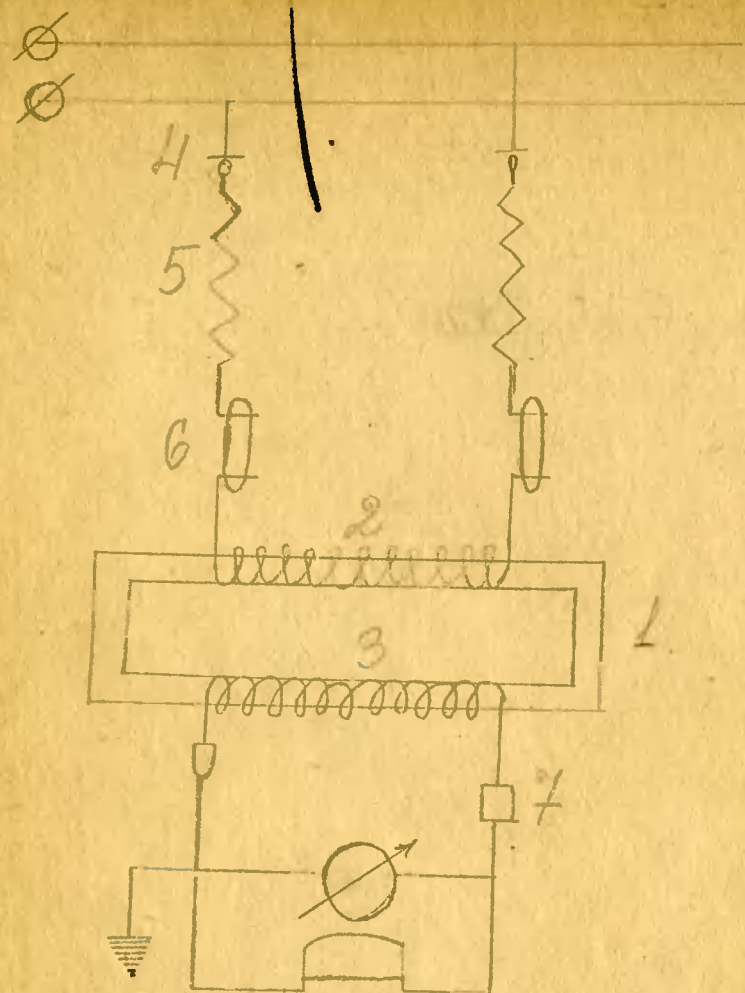
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРО- ТЕХНИКЕ

УЧПЕДГИЗ-1958



сигнальный
лампочка

вторичный амперметр



С. К. АНДРИЕВСКИЙ, А. Л. БАРТНОВСКИЙ

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ X КЛАССА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
Москва 1958

И
Д
О
Г
И

ОТ РЕДАКЦИИ

Учебное пособие «Практикум по электротехнике» составлено на основе вышедшего двумя изданиями пособия одноименного названия на украинском языке «Радянська школа», Киев, 1957).

ВВЕДЕНИЕ

Электротехника — это наука о применении электрической энергии в практических целях. Ее можно условно разделить на две части — теоретическую электротехнику, которая изучает законы и явления электричества, и прикладную электротехнику, изучающую строение и работу различных электрических устройств, генераторов, двигателей, измерительных, регулирующих и контрольных электрических приборов.

Дать определенные знания и навыки, ознакомить учащихся с техническим электрооборудованием — главная задача практикума по электротехнике.

Практикум по электротехнике предусматривает:

1. Ознакомление с устройством электроосветительной сети, проведение начальных работ по ее монтажу, установка электроосветительных приборов и сборка простых схем освещения.
2. Ознакомление и проведение практических работ с наиболее распространенными техническими электроизмерительными приборами.
3. Ознакомление с устройством и работой электрических машин постоянного тока, с генераторами переменного тока, двигателями трехфазного тока и устройством трехфазных сетей.
4. Ознакомление с устройством радиоламп, ламповых генераторов токов высокой частоты, радиоприемников и проведение радиомонтажных работ.

§ 1. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Главным условием успешного проведения той или иной практической работы является соответствующая теоретическая подготовка к ней.

Не менее важный этап подготовки — ознакомление с каждой практической работой до ее выполнения. Понятно, что перед выполнением каждой работы нужно внимательно прочитать ее описание, понять, в чем состоит цель и главная задача этой работы, четко определить порядок проведения всех ее этапов. Одновременно необходимо установить, какой теоретический материал необходимо знать для проведения этой работы.

При ознакомлении с каждой работой необходимо определить и записать:

1. Название работы. 2. Цель работы. 3. Необходимые приборы и инструменты. 4. Расчетные формулы. 5. Схематический рисунок установки и схема электрических соединений. 6. Ход выполнения работы. 7. Таблица для записи полученных величин. 8. Порядок обработки результатов работы. 9. Выводы.

При ознакомлении с содержанием работы иногда могут возникнуть некоторые вопросы по теоретическому материалу или по поводу проведения самой работы. Эти вопросы надо обязательно решить заранее, воспользовавшись дополнительной литературой, список которой дан в конце настоящей книжки.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Ознакомление с аппаратурой и инструментами. Перед тем как приступить к выполнению практической работы, необходимо проверить, все ли необходимые приборы, оборудование и инструменты, указанные в инструкции, имеются на рабочем столе.

Когда все необходимое для проведения работы есть, надо внимательно ознакомиться с устройством и действием приборов и с правилами пользования ими. Особое внимание следует обратить на номинальные, то есть допустимые рабочие величины электроизмерительных приборов (ток, напряжение, мощность) двигателей, реостатов и ламп, вычислить цену деления шкалы каждого прибора. Это необходимо для правильного выбора места включения прибора в электрическую сеть, для нахождения величины напряжения, которое надо подать в эту цепь от источника электрического тока и для определения показаний приборов.

Работа с приборами и сборка схем. Установив назначение и техническую характеристику каждого прибора, можно приступить к практической работе: разбирать отдельные приборы или двигатели, выполнять необходимые рисунки, собирать электрические схемы. Чтобы облегчить выполнение работы, лучше вначале в соответствии со схемой правильно разместить на рабочем столе все измерительные приборы и аппаратуру.

Составление схем лучше начинать с последовательных участков ее, идя по цепи от одного зажима источника тока к другому. Соединив между собой все последовательные части цепи — реостаты, потребители, амперметр и другие приборы, подключают параллельные ответвления: вольтметр, потребители и т. д.

Собранную схему нужно внимательно проверить, но нельзя подключать к источнику до тех пор, пока учитель не даст разрешения на проведение работы.

Иногда в начале работы надо разобрать и собрать какой-то прибор. Эту операцию следует проводить особенно внимательно, чтобы не повредить отдельных деталей прибора. Поэтому при раз-

борке нельзя применять слишком больших усилий, резких ударов, пользоваться недозволенным инструментом. Все детали при разборке лучше раскладывать в определенном порядке, чтобы при последующей сборке можно было легко поставить их на свое место. Процесс сборки приборов и машин производится в порядке,

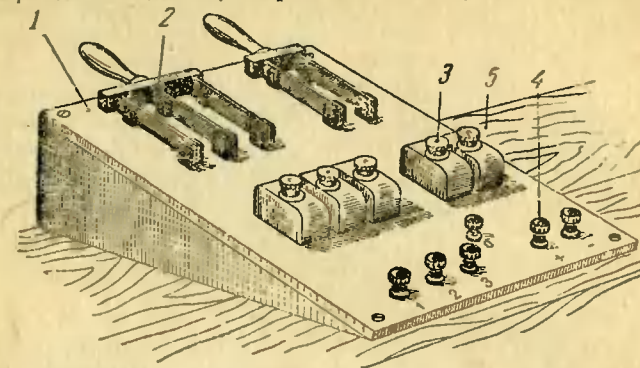


Рис. 1. Лабораторный щиток с клеммами: 1 — щиток, 2 — рубильник, 3 — предохранители, 4 — клеммы, 5 — стол.

противоположном их разборке, причем устанавливая каждую деталь на свое место, нельзя пользоваться слишком большими усилиями: ни в коем случае нельзя закручивать малые винты большими отвертками, потому что при этом можно очень легко по-

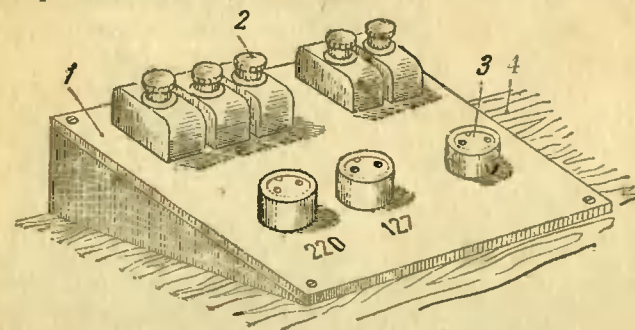


Рис. 2. Лабораторный щиток со штепсельными розетками: 1 — щиток, 2 — предохранители, 3 — штепсельные розетки, 4 — стол.

вреждать резьбу на них. Этого правила следует особенно придерживаться при сборке небольших электроизмерительных приборов.

Перед началом работы следует тщательно ознакомиться с устройством настольного или настенного щитков, с установленными на них контактами либо штепсельными розетками, научиться подключать собранные схемы к необходимым клеммам или розеткам для получения требуемого напряжения.

Чаще всего к щиткам подводятся три рабочих провода и один нулевой провод трехфазной сети, а также два провода, по которым подается к столу постоянный ток требуемого напряжения. На рисунках 1, 2, 3 показано устройство щитков.

Если надо подать к собранной схеме линейное напряжение, то концы этой схемы подключают к каким-либо двум рабочим про-

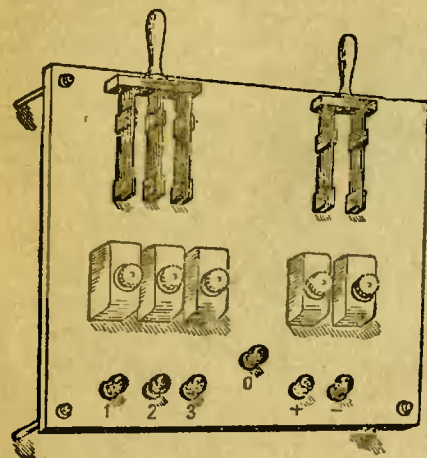


Рис. 3. Настенный лабораторный щиток.

водам трехфазной сети. В большинстве случаев величина линейного напряжения — 220 в.

Если же по условиям работы надо иметь фазное напряжение, то используют какой-нибудь рабочий и нулевой провода. Фазное напряжение в большинстве случаев равно 127 в.

Если рабочие схемы питают от штатных розеток, то чаще всего к одной из них подводится линейное напряжение — 220 в, а к другой — фазное напряжение — 127 в (рис. 2).

К настольным или настенным щиткам электрический ток подводят по специально проложенным изолированным проводам от главного распределитель-

ного щита кабинета или лаборатории.

Проведение экспериментальной части работы. Получив разрешение учителя, можно начинать экспериментальную работу, точно придерживаясь порядка выполнения ее, указанного в инструкции (описании лабораторной работы).

Перед включением рубильника все включенные в цепь реостаты надо ввести полностью, т. е. поставить их ползунки в такое положение, которое соответствует максимальному сопротивлению. Исключение из этого правила составляют регулировочные реостаты, включенные в цепь параллельного возбуждения двигателей постоянного тока: их перед включением рубильника следует полностью вывести. Это облегчает пуск двигателя в ход.

Замыкая электрическую цепь, надо смотреть не на рубильник или выключатель, а следить за включенным в цепь амперметром. Если он при этом покажет чрезмерную величину тока, нужно поскорее разомкнуть цепь. Если в это время перегорит предохранитель, повторное включение тока нельзя проводить до тех пор, пока не найдены и не устранены повреждения цепи или ошибка при сборке схемы. На повторное включение такой схемы надо снова получить разрешение учителя.

Помня, что качество экспериментальных данных определяет результаты работы, следует добиваться максимальной точности

измерений. Окончив экспериментальную часть работы, не надо спешить с разборкой схемы. Перед этим полученные результаты лучше показать учителю. Может случиться ошибка, которую при неразобранной схеме легко проверить. Если же схему уже разобрали, то придется ее собирать снова.

Если не учесть сказанного выше, то иногда приходится переделывать всю экспериментальную часть работы: ошибку в вычислениях можно выявить и исправить, а вот ошибку в экспериментальных данных нельзя выправить, но повторив самого эксперимента.

Числовые данные экспериментальной части работы следует записывать в соответствующую графу заготовленной таблицы. Особое внимание надо обращать на правильность отсчета по шкале прибора, учитывая цену каждого деления шкалы. Цену деления лучше вычислить заранее и каждый раз умножать на нее определенный отсчет, записывая в таблицу сразу окончательный результат. Точность этого результата зависит от умения правильно сделать отсчет по шкале прибора на глаз, особенно тогда, когда стрелка прибора остановилась между двумя соседними делениями. В этом случае нужно научиться делать отсчет не только с точностью до $\frac{1}{2}$ цены деления шкалы, но и более точно — до $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{5}$.

После того как практическая работа окончена и полученные результаты проверены, схему разбирают, все приборы и оборудование устанавливают на рабочем столе в таком порядке, в каком они находились до начала работы.

Выполняя практические работы по электромонтажу, следует добиваться максимальной аккуратности при прокладке проводов и установке приборов, надежности всех соединений и ответвлений и качественного изолирования оголенных мест проводки.

§ 3. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

О каждой выполненной работе в отдельной тетради составляется отчет. Все рисунки и схему в отчетах надо выполнять аккуратно, используя основные правила черчения и правила обозначения электрооборудования на схемах. Различные графики удобней строить на миллиметровой бумаге, а потом вклеивать их в тетрадь с отчетами.

В отчете прежде всего указывается дата выполнения практической работы, ее порядковый номер, название и цель. После этого в отчете следует кратко описать выполнение работы и остановиться на оценке полученных результатов: особое внимание должно быть уделено подведению итогов работы и определению основных правил наиболее рационального использования электрической аппаратуры, машин и измерительных приборов.

При составлении отчета следует помнить, что правильные результаты при вычислениях можно получить только тогда, когда известные величины определены в одной системе единиц.

Графики, показывающие изменение одной переменной величины в результате изменения какой-либо другой, чаще всего чертят в прямоугольной системе координат, с линейным отсчетом по осям, выбрав определенный масштаб для каждой величины. Величину, которую изменяли во время работы (независимая переменная величина — аргумент), откладывают по горизонтальной оси графика, а полученные значения величины, которая менялась в результате регулирования независимой величины (она называется зависимой переменной величиной — функцией), откладывают по вертикальной оси. Выставленные между осями точки необходимо для получения графика соединять между собой не ломаной прямой линией, а плавной кривой, которая проходила бы симметрично по отношению ко всем намеченным точкам.

В каждом отчете нужно привести список всей аппаратуры и измерительных приборов, указав их главные технические данные, имеющиеся на паспортах двигателей или на шкалах электроизмерительных приборов. Ниже приведен образец записи технической характеристики одного из приборов: амперметр типа ЭИ, электромагнитный, на 3 а, класс точности 1,5, для переменного тока, рабочее положение (при измерении) — вертикальное.

§ 4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Приступая к выполнению практических работ по электротехнике, надо хорошо усвоить правила внутреннего распорядка и техники безопасности на занятиях по практикуму, обязательно выполнять их самому и требовать этого от своих товарищей.

Прежде всего надо усвоить следующие правила:

собирать электрические схемы, производить в них различные переключения можно только при выключенном напряжении;

включать собранную схему можно только по разрешению учителя.

Эти правила особенно важны — нарушение их может вызвать повреждения электрического оборудования или измерительных приборов физического кабинета (лаборатории) либо стать причиной несчастных случаев.

Ниже приводятся правила по технике безопасности, которые необходимо выполнять при проведении практикума по электротехнике.

ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИКУМА ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

1. В кабинете (лаборатории) рабочее напряжение переменного тока сравнительно высокое; оно не безопасно для людей, поэтому следует быть осторожным. Напряжение свыше 70 в при определенных условиях может дать серьезное поражение.

2. Не разрешается касаться оголенных токоведущих частей схемы или проводки, которая находится под напряжением (ножкой рубильников, металлических клемм, оголенных проводников и пр.).

3. Не разрешается ученикам самостоятельно производить какие-либо переключения на главном распределительном щите.

4. Первое включение проверенной схемы нужно производить только в присутствии учителя и только при исправных предохранителях.

5. Нельзя производить какие-либо переключения в схеме, которая находится под напряжением.

6. Пользуясь ножом, шилом или другим острым инструментом, надо быть особенно внимательным и осторожным, чтобы не порезаться.

7. Нельзя работать неисправным инструментом молотком, плотно насаженным на ручку, с разбитым и выщербленным бойком, шлямбуром и зубилом с разбитым бойком и пр.

8. Нельзя проверять наличие напряжения пальцами.

9. Работать с лестниц разрешается только на высоте до 3 м от пола.

10. Производя пайку, следует остерегаться брызг расплавленного припоя и не касаться горячих мест, чтобы не получить ожогов.

11. При работе возле электрических машин надо быть особенно внимательным, следя, чтобы одежда, волосы, провода не касались вращающихся частей этих машин. Не разрешается стоять против муфт и касаться вращающихся частей машины руками.

12. Устанавливать и заменять предохранители на щитках можно только по разрешению учителя и при отключенном рубильнике на своем щитке или основном щите.

13. При всех случаях обнаружения повреждений электрического оборудования, измерительных приборов и проводов надо немедленно выключить рубильник и сообщить об этом учителю.

14. Электрическую схему следует собирать так, чтобы провода не перекрещивались, не натягивались и не скручивались петлями.

15. Приборы управления и измерительные приборы надо располагать так, чтобы было удобно передвигать их ползунки и рукоятки, наблюдать за приборами, не перегибаясь через машины и провода.

16. Надо следить, чтобы машины вращались в том направлении, которое указано на их корпусе стрелкой.

17. Следить за тем, чтобы скорость вращения электрических машин не была больше номинальной, указанной на их паспорте.

18. Если при проведении работы возникнет какое-нибудь повреждение (появится специфический запах, дым, накалятся проводники реостата или кто-нибудь попадет под напряжение), надо быстро выключить рубильник, выключатель или выдернуть штепсельную вилку на щитке. Всякая растерянность и промедление в этих случаях может усилить повреждение аппаратуры либо поражение током.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ ПО ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

§ 5. УСТРОЙСТВО КВАРТИРНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Как известно из физики, в системе трехфазного тока действует два напряжения: линейное (между двумя линейными проводами) и фазное (между линейным проводом и нулем). Чаще всего в осветительной сети линейное напряжение составляет 220 в, а фазное — 127 в.

Вдоль улиц — на опорах — подвешивают четыре провода: три линейных рабочих провода и один нулевой провод трехфазной сети. В больших городах проводка осуществляется кабелем.

К каждому зданию подходит ввод, состоящий из двух проводов — линейного и нулевого, или двух линейных. Иногда электрическую энергию подводят к зданию по кабелям, проложенным под землей.

Ввод электрической проводки в здание и распределение тока по квартирам показаны на рисунке 4. Проследим путь тока от паружной опоры к квартирам. По проводам *А*, которые протянуты в здание через две воронки, электрический ток подходит к ближайшей переходной коробке *И*. От нее по двум проводам, идущим по так называемым стоякам, ток поступает в распределительные коробки *Б*. К зажимам этих коробок и подключают концы проводов, идущих в квартиры. Оба провода ввода в квартирах подводятся к электрическим счетчикам *В*, которые устанавливаются на специальных щитках. Чаще всего где-то вблизи щитка со счетчиком ставят так называемый групповой предохранительный щиток *Г* с несколькими плавкими пробковыми предохранителями. Два провода, выходящие из счетчика, через групповой щиток ведут к распределенным на группы потребителям электрической энергии, установленным в данной квартире. Нормами предусмотрено, что максимальный ток одной группы не должен превышать 6 а. Внешний вид щитка на три группы дан на рисунке 5. Каждая такая группа имеет на щитке два предохранителя. Групповой щиток с несколькими парами предохранителей устанавливается для того, чтобы при возникновении аварий перегорали пробки только какой-то одной группы. В этом случае без тока

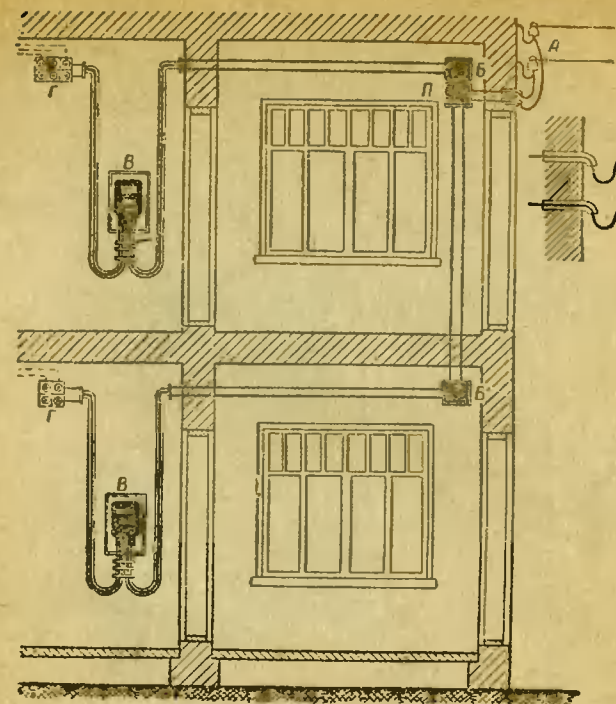


Рис. 4. Ввод в здание и распределение тока по квартирам.

останутся потребители лишь этой группы, а все остальные электроприборы данной квартиры будут продолжать работать.

Иногда, когда квартира небольшая, отдельный групповой щиток не устанавливают, а ставят одну-две пары предохранителей на том самом щитке, на котором установлен счетчик. Общий вид такого щитка изображен на рисунке 6. На этом же щитке, кроме счетчика и предохранителей, часто устанавливают рубильник или пакетный выключатель, которым замыкают или размыкают цепь электрической проводки всей квартиры.

От группового щитка к каждой группе потребителей электрической энергии прокладывают двухпроводную линию.

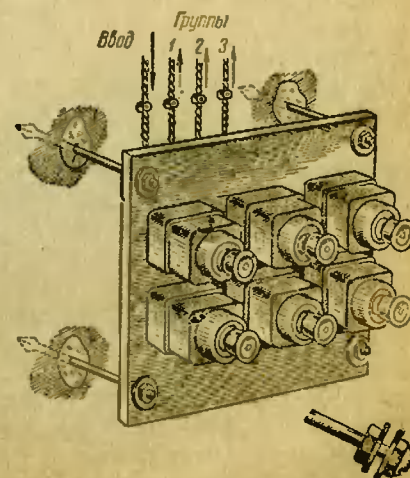


Рис. 5. Групповой осветительный щиток на три группы.

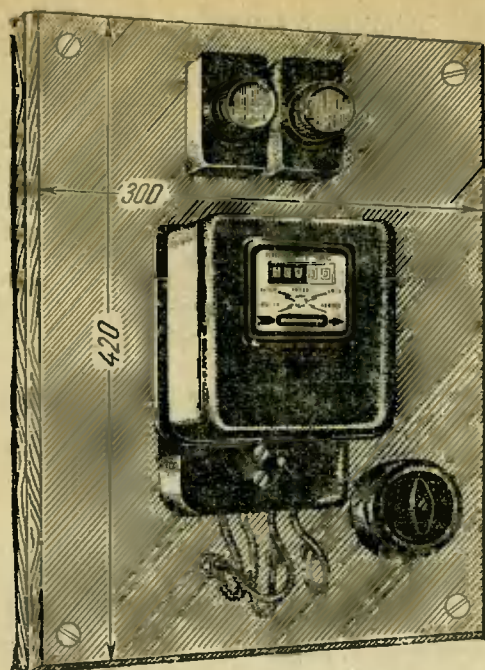


Рис. 6. Щиток для установки электрического счетчика.



Рис. 7. Схема электрической проводки в комнате.

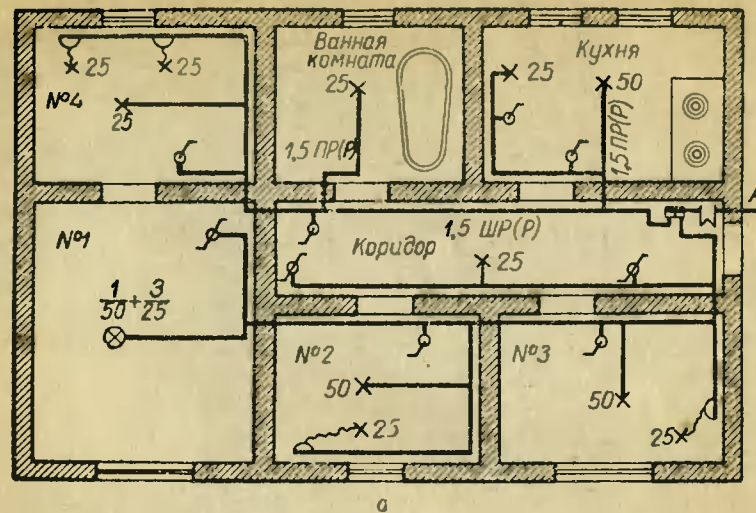


Рис. 8. Однолинейная план-схема электрической проводки в квартирах.

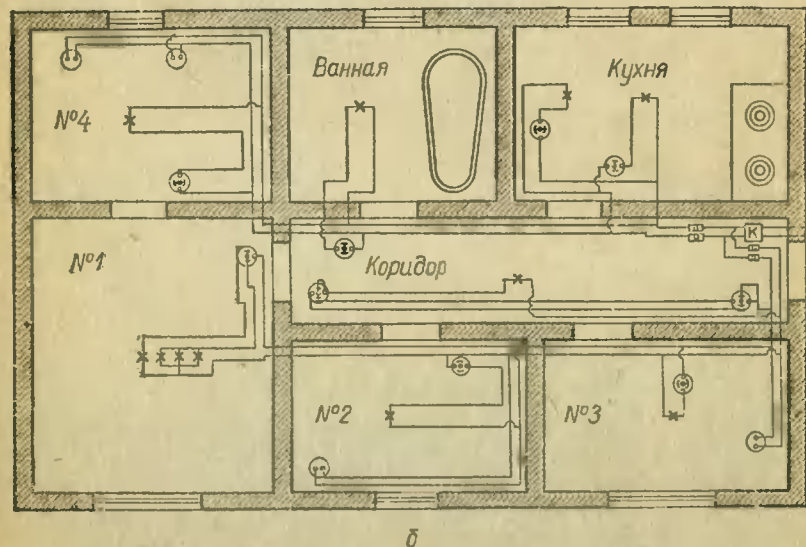


Рис. 9. Развернутая (полная) схема электрической проводки, изображенной на рисунке 8.

Пространственная схема проводки в комнате показана на рисунке 7.

При вычерчивании схем проводки в квартире иногда пользуются для удобства монтеров однолинейным изображением проводки (рис. 8). Объяснение этой схемы проводки при помощи разверну-

той (двухлинейной) схемы можно получить из рассмотрения рисунка 9.

Электрические провода прокладывают неподвижно, на изолирующих опорах: роликах, или изоляторах. При переходах проводов из одного помещения в другое их защищают резиновой полутвердой трубкой с двумя фарфоровыми или карболитовыми втулками на концах.

Все соединения и ответвления проводов должны находиться на роликах и изоляторах. Ответвлять провод со середины пролета нельзя.

§ 6. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ КВАРТИРНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Виды проводов и их обозначение. Электрическая проводка внутри закрытых помещений выполняется изолированными проводами и шнурами.

В сухих отапливаемых помещениях (жилых комнатах, прихожих и т. д.) применяют двухжильный провод ПРД с медными

жилами, которые покрыты резиновой изоляцией и хлопчатобумажной оплеткой (рис. 10, а). Каждая жила такого провода скручена из тонких проволочек, что придает ей некоторую гибкость. Иногда применяют так называемый электрический шнур ШР. Внешне он напоминает провод ПРД, поэтому проводка, выполненная проводом ПРД, тоже называется шнуровой. Однако шнур отличается от провода ПРД тем, что он очень гибкий; каждая жила его скручена из большого количества

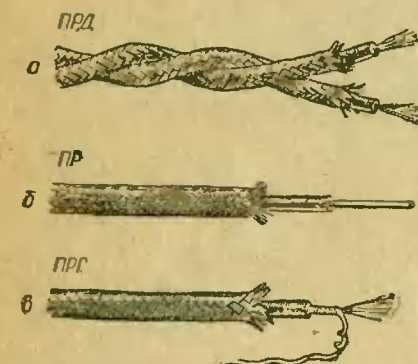


Рис. 10. Изолированные провода для внутренних электрических проводок.

топечных проволочек; применяется для подключения переносных потребителей. В последнее время для квартирной электрической проводки используют почти исключительно провод ПРД. Его выпускают с сечением жил в 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4 и 6 мм².

Для зарядки осветительной арматуры, т. е. для прокладки проводов в середине люстр, настольных ламп и других светильников, используют одножильный арматурный провод АР или двухжильный арматурный — АРД с медными жилами, покрытыми только резиновой изоляцией. Он выпускается двух сечений: 0,5 и 0,75 мм².

В помещениях, где возможно конденсирование влаги, электрическую проводку прокладывают проводом ПР или ПРГ. ПР — это одножильный провод со сплошной медной жилой, покрытой слоем резиновой изоляции, имеющий сверху оплетку из хлопчатобумажной пряжи. Пряжа пропитана специальным смолистым

веществом, защищающим провод от воздействия влаги (рис. 10, б). Провод ПРГ отличается от провода ПР только тем, что его жила не сплошная, а состоит из нескольких проволочек. (рис. 10, в.) Провода этих марок выпускают сечением от 0,75 до 400 мм². Слой резиновой изоляции на них бывает разной толщины: это зависит от того, на какое напряжение рассчитан провод. Наиболее тонкая изоляция у провода ПР — 380. Она обеспечивает надежную защиту жилы провода при напряжении, не превышающем 380 в. Провод ПР—500 с более толстым слоем резиновой изоляции — выдерживает напряжение до 500 в.

Основные правила и нормы. Все изолированные провода прокладывают неподвижно на расстоянии не меньше чем 1 см от стены, потолка и другой части здания. Чаще всего провода осветительной сети прокладывают по стенам под потолком. В случае необходимости линии проводов ведут и по потолку к установленным на нем лампам. Однако прокладывать сквозные линии через потолок не рекомендуется, так как они очень портят общий вид помещения.

Если одновременно ведут две параллельные линии проводов, расстояние между ними должно быть не меньше 35 мм. Провода прокладывают всегда параллельно потолкам, карнизам, дверным, оконным косякам и другим архитектурным линиям помещения.

Подвесные лампы крепят на потолке обычно в середине комнаты. Штепсельные розетки устанавливают возле потребителей, которые будут к ним подключаться, на высоте 0,8—1 м от пола. Выключатели ставят возле дверей слева от них на высоте 1,4—1,7 м от пола, отступив от края дверного проема на 15—20 см.

Не отступая от приведенных выше правил для экономии проводов и других материалов, следует выбирать кратчайший путь для их прокладки.

Разметка проводки. Сначала определяют, где будут установлены лампы, выключатели, штепсельные розетки и другая аппаратура, а также определяют, из какого места данная проводка будет питаться током. Потом, пользуясь шпагатом с отвесом, размечают линии прокладки проводов. Для этого шпагат слегка натягивают мелом, углем или сухой краской, натягивают вдоль линии, а потом, отведя его от стены, отпускают. Шпагат, ударившись о стенку, оставляет на ней прямой след. Вертикальные спуски размечают при помощи отвеса.

После нанесения линий проводки на них размечают места установки роликов. Сначала намечают места для конечных и узловых роликов, устанавливаемых возле ответвлений к выключателям, розеткам и лампам. При этом учитывают, что первый ролик должен отстоять от выключателя на 7 см, от ламп и розеток — на 3 см, от ввода в стену — на 5 см. Разметив места для указанных роликов, делят промежутки, которые остались между ними, на равные части по 0,7—0,8 м на стенках и 0,8—0,9 м на потолках. Таким образом находят точки для устанавливания всех промежу-

точных роликов. Производя разметку шнуровой проводки, необходимо помнить, что от качества и точности ее будет зависеть внешний вид, как самой проводки, так и помещения; поэтому данную работу надо выполнять очень точно и аккуратно, не допуская никаких перекосов и искривлений.

Крепежный и установочный материал. К крепежным и установочным материалам относятся:

Ролики фарфоровые марки РШ-4 (рис. 11), которые используются для прокладки шнуров и проводов ПРД.

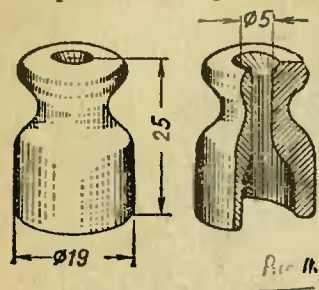


Рис. 11. Фарфоровые ролики РШ-4.

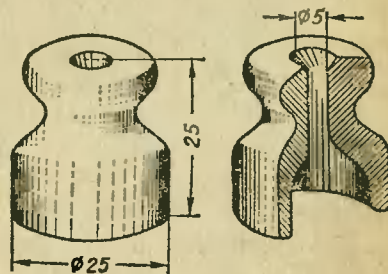


Рис. 12. Фарфоровые ролики РШ-2,5.

Ролики марки РШ-2,5 (рис. 12), на которых прокладывают провода ПР небольших сечений.

Деревянные розетки, на которых устанавливают выключатели, патроны, штепсельные розетки и прочие электро-

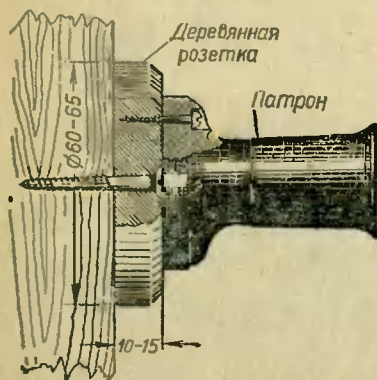


Рис. 13. Установка настенного патрона на деревянной розетке.

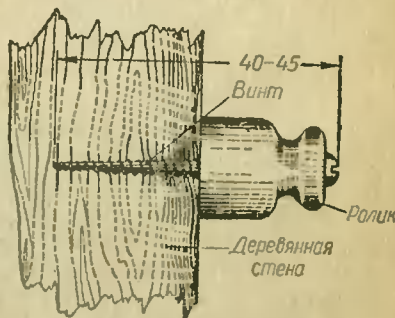


Рис. 14. Закрепление ролика на деревянной стене.

осветительные приборы. Розетки служат для изолирования этих приборов от стен и потолков (рис. 13).

Все ролики и деревянные розетки устанавливают неподвижно. Для этой цели используются разнообразные установочные и вспомогательные материалы.

Винты по дереву диаметром 4 мм, длиной 40—45 мм, с полукруглой головкой, которыми прикрепляют ролики и деревянные розетки к оштукатуренным деревянным (рис. 14) и каменным стенам. Для оштукатуренных стен используют такие же винты, но более длинные — 60—70 мм. Если стена кирпичная или каменная, то на резьбу винта накручивают спираль из мягкой железной проволоки, которую потом вмазывают в отверстие стены алебастровым раствором. Когда раствор высохнет, винт выкручивают, надевают на него ролик и снова закручивают (рис. 15).

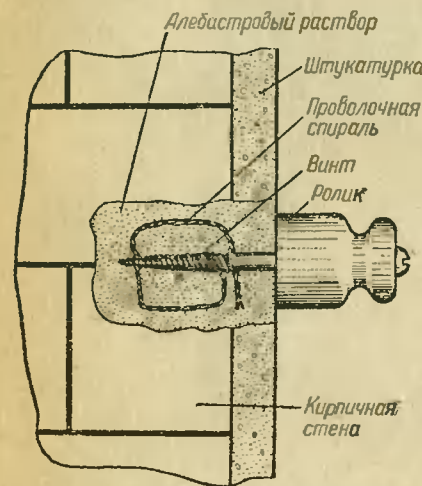


Рис. 15. Закрепление ролика на каменной стене.

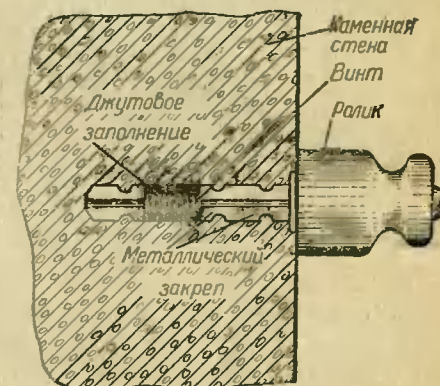


Рис. 16. Установка ролика при помощи металлического закрепа.

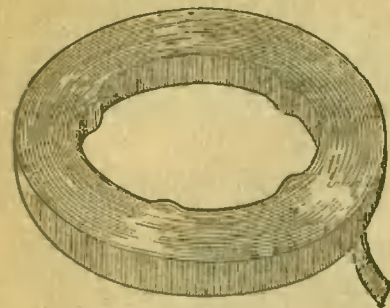
Для установки роликов в последнее время используют специальные закрепы с волокнистым заполнением. В стене просверливают отверстие соответствующего диаметра (чаще всего 5 мм), вставляют туда закрепы и закручивают в него винт с надетым роликом. Винт распирает закрепы, и он прочно держится в стене (рис. 16).

Для вмазывания винтов со спиралью, замазывания переходов провода сквозь стены и потолки используют алебастр или гипс, который разводят небольшими порциями в посуде. При этом гипс надо сыпать в воду, а не наоборот.

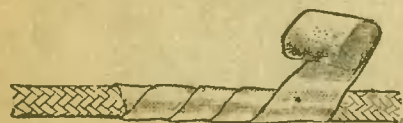
Провод ПРД привязывают к концевым и узловым роликам прочным шпагатом или тесьмой. Провод ПР привязывают мягкой вязальной проволокой диаметром 0,6—0,8 мм. Для наматывания спиралей на винты используют более толстую оцинкованную железную проволоку диаметром 1 мм.

Резиновая (эбонитовая) изоляционная полутвердая трубка применяется для защиты проводов в местах их скрещивания и переходов сквозь стены.

Для более надежного контакта соединяемых проводов все места соединения пропаявают, используя либо мягкий припой (сплав олова и свинца, который плавится при температуре около 200°), либо тиньол, температура плавления которого 70°.



а



б

Рис. 17. Изоляционная лента и ее применение.

Для восстановления нарушенной изоляции проводов используют прорезиненную эластичную изоляционную ленту (рис. 17).

Кроме упоминавшихся ранее крепежных и установочных материалов, для проведения работ по монтажу осветительной сети необходимо иметь комплект слесарных и электромонтажных инструментов, а именно: молоток, отвертку, напильник, молотерский нож, шило, шлямбур, сверла для дерева, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, шпур с отвесом и пр.

Этапы монтажа квартирной проводки. Электромонтаж, как и всякий другой производственный процесс, состоит из нескольких операций,

выполнять которые необходимо в определенной последовательности. Начинают электромонтаж с разметки. Потом в соответствующих местах устанавливают ролики и деревянные розетки. После этого проглаживают провода, производят необходимые соединения и ответвления, изолируют их и приписывают провода к роликам. Окончив все работы по прокладыванию проводов, устанавливают светильники, предохранители, выключатели, штепсельные розетки и пр. Затем зачищают концы проводов и присоединяют их к зажимам всех приборов, осветительной арматуры и щитков. Последней операцией является проверка собранной схемы освещения, включение ее в сеть и испытание в работе.

Для того чтобы правильно собирать схемы электрических проводок, нужно уметь рисовать и читать эти схемы. Всякую электрическую схему вычерчивают при помощи условных обозначений, главнейшие из которых приведены ниже в таблице. Конкретные электротехнические схемы даны в практических работах.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СХЕМАХ

Условные знаки	Значение знаков
1	Амперметр, вольтметр, ваттметр, счетчик
2	Групповой щиток на 4 двухпроводные линии, цифрой обозначена максимальная мощность в <i>вт</i>
3	Распределительный щит
4	Лампа накаливания, люстра, цифрами обозначена мощность лампы в <i>вт</i>
5	Штепсельная розетка
6	Выключатели барабанного типа: однополюсный и двухполюсный, цифрой обозначен максимальный ток
7	Переключатель барабанного типа
8	Рубильники: однополюсный, двухполюсный, трехполюсный
9	Электродвигатель, цифрой обозначена мощность
10	Провода цепи
11	Электрическое соединение проводов
12	Провод марки ПРД двухжильный сечением в 1 мм ²
13	Постоянный ток, переменный ток
14	Предохранитель, цифрой обозначен номинальный ток
15	Соединение треугольником
16	Соединение звездой

§ 7. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОМОНТАЖУ

Работа 1. Практическое ознакомление с электроосветительной арматурой

Цель работы. Изучить устройство и принцип действия электрических патронов, выключателей и переключателей, предохранителей, штепсельных розеток и вилок, научиться разбирать и собирать их.

Приборы и оборудование: 1) выключатели перекидного, поворотного и кнопочного типа, 2) переключатель любой конструкции, 3) патрон подвесной и потолочный, 4) предохранитель нормальный с пробкой, 5) штепсельная розетка с вилкой, 6) отвертки малые, шириной 4 и 8 мм.

Теоретические сведения

Ознакомимся с назначением и устройством наиболее распространенных образцов осветительной арматуры.

Рис. 18. Подвесной патрон в разобранном виде.

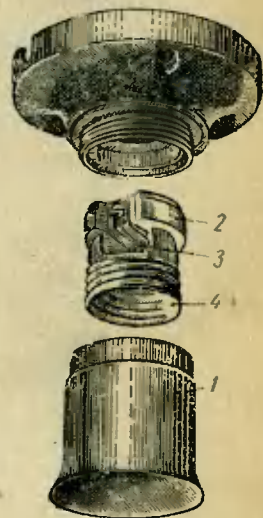
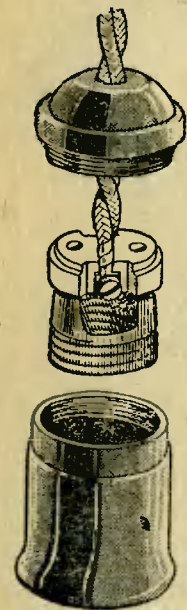


Рис. 19. Потолочный патрон в разобранном виде.

Патроны. По своей конструкции патроны делятся на подвесные (рис. 18) для подвешивания на шнуре, потолочные (прямые) для неподвижной установки на потолках (рис. 19) и стенные (косые) для прикрепления к стенам. В последнее время корпуса патронов чаще всего изготовляют из карболита — одного из видов пластмассы.

Патрон (рис. 19) состоит из боковой крышки 1, в которую с одного конца вставляют карболитовый или фарфоровый сердечник 2 с центральным токоведущим контактом 3 и металлическим цоколем 4 с резьбой. Сверху сердечник закрывается у подвесного патрона полукруглой крышкой с отверстием для провода, а у потолочного — основанием. Их соединяют с боковой крышкой патрона при помощи резьбы.

В резьбу цоколя вкручивается лампа, в которую через цоколь и центральный контакт подводится электрический ток.

Выключатели. Назначение выключателей — размыкать и замыкать электрические цепи ламп и других маломощных

потребителей электрического тока. Каждый выключатель имеет два неподвижных контакта, включенных последовательно в разрез одного из проводов сети. Концы разрезанного провода присоединяют к обоим неподвижным контактам выключателя при помощи специальных винтовых зажимов. Кроме того, в выключателях есть один подвижный контакт, который, перемещаясь, соединяет и разъединяет эти неподвижные контакты. Выключатели бывают поворотного, перекидного и кнопочного типа. У перекидного выключателя (рис. 20, а) неподвижные контакты 1 в виде двух латунных полосок введены в середину его основания 2. Подвижный контакт 3 при помощи ручки 4 и пружины 5 то прикасается к неподвижным контактам, соединяя их между собой, то отходит от них.

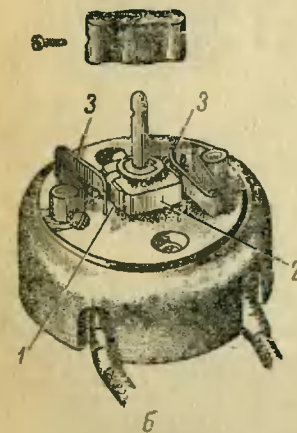
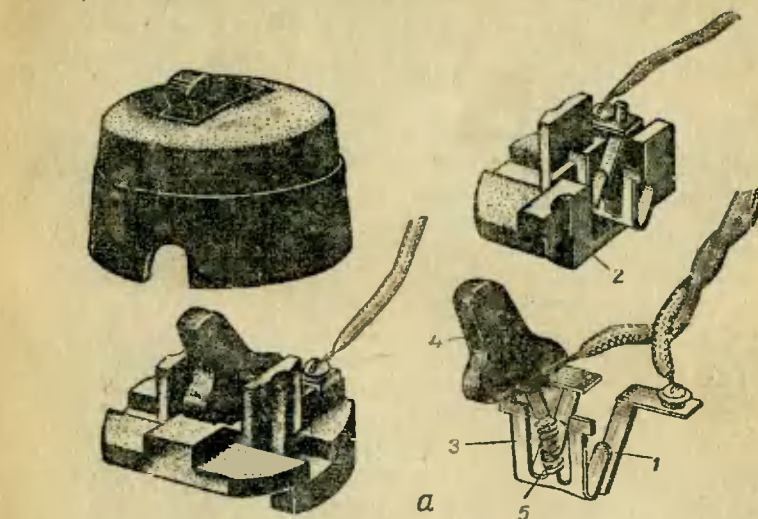


Рис. 20. а, б. Перекидной и поворотный выключатели в разобранном виде.

У поворотного выключателя (рис. 20, б) подвижный контакт 1 укреплен на барабане 2; вращаясь с ним, он замыкает и размыкает пружинящие неподвижные контакты 3.

У выключателя с двумя кнопками (рис. 20, в) подвижный контакт 5 имеет вид коромысла. При нажатии на кнопку 2 он опускается одним своим концом, заходя между неподвижными контактами. Опускаясь, часть коромысла соединяет между собой неподвижные упругие контакты 3 и 4 и замыкает электрическую цепь.

При нажатии на кнопку 2 он опускается одним своим концом, заходя между неподвижными контактами. Опускаясь, часть коромысла соединяет между собой неподвижные упругие контакты 3 и 4 и замыкает электрическую цепь.

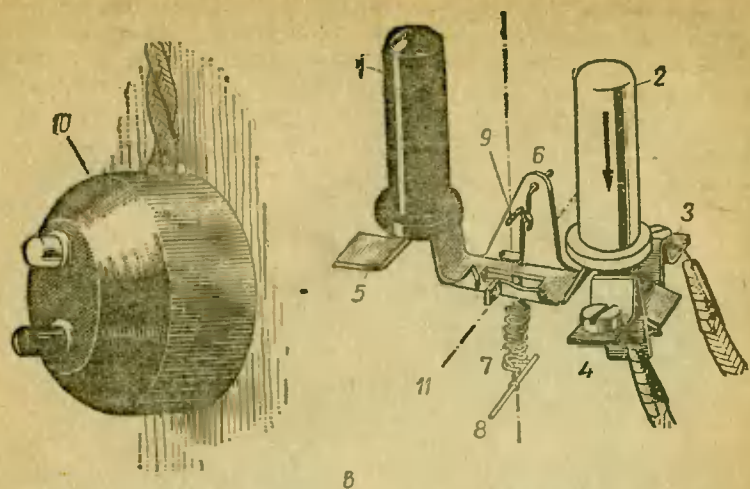


Рис. 20, в. Кнопочный выключатель в разобранном виде.

При нажатии на другую кнопку этот конец подвижного коромысла поднимается вверх, и цепь размыкается. Для более быстрого размыкания и замыкания служит пружина 7, укрепленная на осях 8 и 9 и имеющая через стойку 6 наибольшее натяжение в среднем положении. Выключатель закрыт крышкой 10.

Изолирующие детали выключателей, как и патронов, изготавливают также из карболита.



Рис. 21. Принципиальные схемы переключателей разного типа.

Устройство переключателей более сложное, но все они похожи по своей конструкции на поворотные выключатели. Отличие в том, что они имеют не два, а четыре неподвижных контакта и, кроме того, подвижный контакт у них более сложной формы, чем у выключателя (рис. 21).

Штепсельные розетки и вилки. Для включения в электрическую сеть переносных потребителей электроэнергии, например настольных ламп, нагревательных приборов, радиоприемников, телевизоров и т. д., пользуются штеп-

сельными розетками и вилками (рис. 22). Каждая розетка состоит из основания, на котором укрепляется два латунных гнезда с отверстием. С задней стороны основания к гнездам присоединяют провода сети. В конструкциях некоторых штепсельных розеток имеются плавкие предохранители, которые при возникновении повреждений, защищают электрическую проводку от чрезмерных токов. Сверху штепсельная розетка закрывается крышкой.

Для подключения потребителей электроэнергии в гнезда розетки вставляют металлические штепсельные вилки, соединенные с концами шнура, который идет к потребителю.

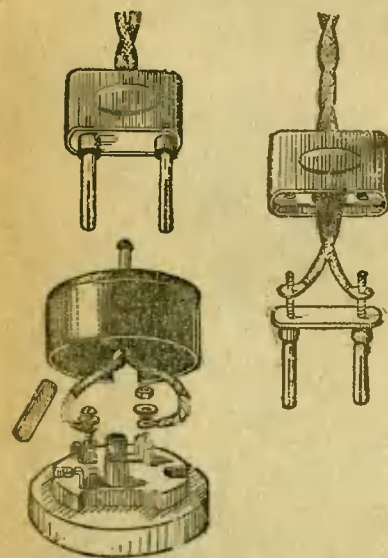


Рис. 22. Штепсельная розетка и вилка.

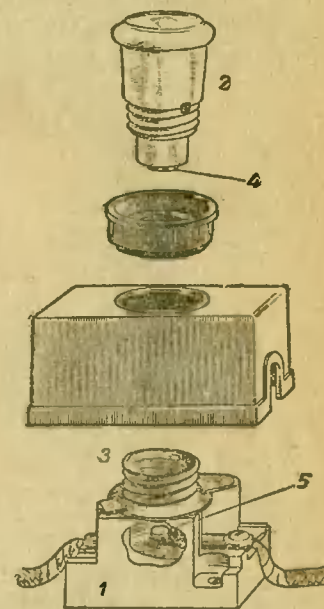


Рис. 23. Плавкий предохранитель с пробкой в разобранном виде.

Плавкие пробковые предохранители. Каждый участок электрической проводки надо защитить от возможного повреждения чрезмерным током, который вызовет перегрев проводов. Чтобы этого не случилось, в осветительной сети обязательно устанавливают пробочные предохранители. Такой предохранитель состоит из предохранительной колодки 1 (рис. 23) и пробки 2. Пробку вкручивают в цоколь 3 с резьбой. Для того чтобы корпус пробки и колодки выдерживал некоторую температуру нагрева, его изготавливают только из фарфора. Остальные же детали, и вилки чаще всего делают из карболита.

Центральный контакт пробки 4 касается контактного винта 5 предохранителя, который устанавливают на дне углубления колодки. Цоколь с резьбой, который имеется в колодке предохранителя, соединяют с одним выводным зажимом колодки, а углубленный центральный контакт 5 — с другим.

Плавкая проволока предохранителя, расплавляясь, размыкает электрическую цепь при прохождении по ней слишком большого тока. Чтобы осуществить защиту участков сети, плавкие предохранители включают в цепь последовательно. В квартирной электропроводке чаще всего используют такие предохранители, пробки которых рассчитаны на ток 4—6 или 10 а. Чтобы не было использования пробок, рассчитанных на большую величину тока в предохранителях, которые рассчитаны на меньший ток, центральный контакт колодки предохранителя изготовляют меньшей высоты. Наименьшую высоту контакта делают



Рис. 24. Относительные размеры контактов и пробок для разных предельных токов.

для пробки, рассчитанной на 4 а. Для 6-амперного предохранителя применяется контакт, высота которого больше на 2 мм, для 10-амперного — еще на 2 мм.

Та часть пробки, которая вкручивается в колодку у 4-амперного предохранителя, наибольшая, а потому при установке этой пробки в предохранитель она достанет до самого короткого контактного винта, рассчитанного на величину тока 4 а. Все другие пробки на больший ток более короткие и не достанут до этого контакта (рис. 24).

Как и на предохранителях, на всех выключателях, переключателях и штепсельных розетках указаны наибольшие допустимые (номинальные) величины токов и напряжений, на которые эти приборы рассчитаны. Перегружать перечисленные приборы чрезмерным током и увеличенным напряжением нельзя.

Выполнение работы

Разберите по очереди: патрон, поворотный, перекидной и кнопочный выключатель, переключатель, штепсельную вилку; штепсельную розетку с предохранителем и др., изко — и детально

изучите их устройство. При этом внимательно рассмотрите отдельные токоведущие части их, изолирующие корпуса и крышки. Для каждого прибора составьте список деталей, указав в нем назначение деталей, и материал, из которых они изготовлены. Схематически зарисуйте устройство каждого прибора и путь прохождения тока по нему. Пример такой зарисовки для подвесного патрона с лампой дан на рисунке 25. Определите и запишите номинальную величину токов и напряжений всех приборов.

После изучения устройства и определения всех технических данных приборов соберите и попробуйте их в работе, затем снова разберите и соберите их несколько раз (для упражнения в этих операциях).

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Назначение приборов, их условные обозначения на электрических схемах.
3. Список деталей каждого прибора.
4. Схематические рисунки каждого прибора с указанием токопрохождения.

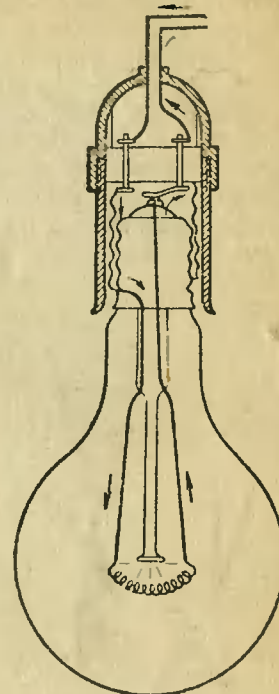


Рис. 25. Разрез патрона с лампой.

Контрольные вопросы

1. Какая арматура используется в квартирной электрической проводке?
2. Почему выключатели и предохранители включаются в электрическую цепь последовательно, а патроны и штепсельные розетки обычно параллельно?
3. Почему каждая вилка должна подходить ко всем штепсельным розеткам?
4. Какие материалы используют для изготовления деталей электроосветительной арматуры?
5. На какие наибольшие, длительно допустимые, токи нагрузки изготавливаются пробки для квартирной проводки?

Работа 2. Выполнение оконцевания, сращивания, ответвлений и пайки проводов ПРД, ПР и шнура ШР

Цель работы. Ознакомиться с устройством изолированных проводов разных марок, научиться практически производить оконцевание проводов, соединять их один с другим и подключать к осветительной арматуре.

Материалы и инструменты: 1) небольшие куски провода ПРД, ПР и ПРГ и шнура ШР, 2) патрон, штепсель-

пая розетка с вилкой, предохранитель, 3) изоляционная лента, 4) монтерский нож, 5) малая отвертка (с шириной рабочей части 4—5 мм), 6) плоскогубцы, 7) круглогубцы, 8) тисы, 9) паяльник, 10) набор принадлежностей для паяния.

Теоретические сведения

Квартирную электрическую проводку прокладывают изолированными проводами. Для того чтобы присоединить металлические жилы проводов к зажимам осветительной арматуры, их нужно оголить, т. е. снять слой изоляции и хорошо зачистить. Защищенные концы проводов надо приготовить к подключению

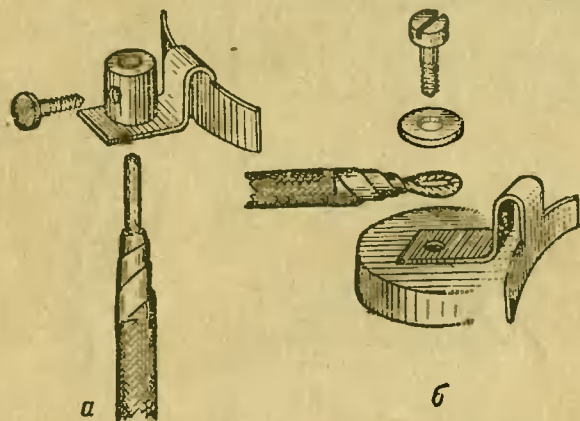


Рис. 26. Зажим электрических проводов.

под зажимы приборов. Процесс оконцевания проводов именно и состоит из всех этих операций. Понятно, что провода нужно зачищать очень аккуратно, старательно, выполняя все правила, приведенные ниже.

Контакт на конце зачищенной жилы провода выполняют в виде тычка или петельки. Выбор того или иного контакта зависит от конструкции зажима, к которому подключают провод. Если зажим электрического прибора имеет вид трубочки с боковым винтом (рис. 26, а), то провод необходимо закончить тычком. Если же зажим представляет собой винт с шайбами (рис. 26, б), то тогда на конце провода делают петельку. Оконцевание проводов производят так:

а) С конца шнура срезают слой изоляции (рис. 27, а), по длине 1,5 см (для тычка) или 2,5 см (для петельки). При этом не следует держать нож перпендикулярно к проводу, потому что в этом случае можно надрезать его металлическую жилу, которая после трех-четырех изгибаний переламывается. При снятии изоляции ножом делают такие движения, как при заточивании карандаша.

б) В зависимости от необходимости на оголенном конце шнура делают тычок или петельку (рис. 27, б). Для этого отдельные проволочки шнура зачищают до блеска и скручивают — тычок готов. Если же надо сделать петельку, то скрученную жилу при помощи круглогубцев или гвоздя, диаметр которого равен 3 мм, выгибают в кольцо, остатком провода делают вокруг жилы два-три витка, обжимают их плоскогубцами и проверяют, заходит ли зажимной винт прибора в отверстие петельки. Диаметр петелек на конце шнура, который надо присоединить к штепсельной вилке, должен быть не 3, а 4 мм. Концы шнура, который ос-

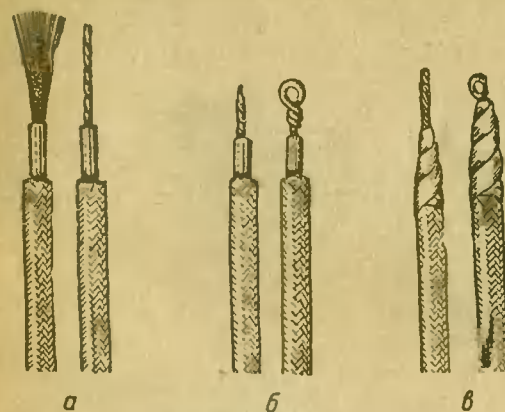


Рис. 27. Оконцевание изолированных проводов.

тался оголенным перед петелькой или тычком, изолируют лентой.

При монтаже электрической проводки часто возникает необходимость соединения проводов между собой (их сращивание). Сращивание очень ответственная операция, так как от ее качества зависит длительность и безопасность действия электрической проводки. Если срастить два провода небрежно, то место соединения их будет иметь большее сопротивление, чем соседние участки целого провода; оно начнет перегреваться и вызовет повреждение во всей проводке. Поэтому для большей надежности контакта проводов соединяют между собой не только скручиванием, но и пропаивают места соединения.

Сращивание однопроволочных и многопроволочных проводов выполняют следующим образом (рис. 28):

— накладывают один на другой зачищенные до блеска и скрученные (в случае многопроволочных проводов) концы провода или шнура;

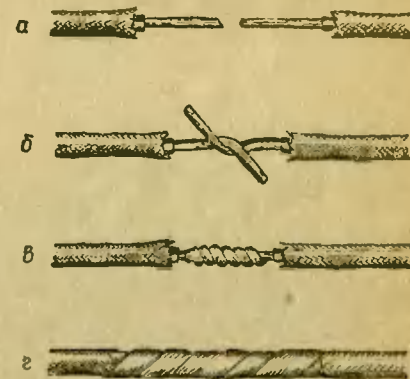


Рис. 28. Сращивание проводов и шнуров.

— один конец провода обкручивают вокруг другого 4—5 раз, плотно прижимая виток к витку, то же самое делают с другим концом провода;

— скрученные провода по всей длине тщательно пропаивают мягким припоем при помощи паяльника или ванночки с расплавленным припоем, куда погружают место соединения (для этого можно использовать тиньоль, что намного упростит процесс пайки);

— восстанавливают снятый в местах сращивания проводов слой изоляции, обматывая это место прорезиненной изоляционной лентой, при этом каждый следующий виток ленты должен перекрывать по крайней мере половину предыдущего, ленту при наложении слегка натягивают и прижимают к жиле, чтобы она плотно облегла провода. (Использовать пересохшую ленту, которая потеряла липкость, нельзя.)

Для питания потребителей электрическим током от главной линии прокладывают ответвления.

В зависимости от того, в каком направлении отходят провода и к каким приборам, ответвления бывают:

последовательное — от двух концов одного разрезанного провода, такое ответвление, например, выполняют к выключателям или предохранителям;

параллельное — от двух магистральных проводов; например, к лампам, патефонным розеткам и другим потребителям электрической энергии.

Все сращивания и ответвления проводов надо производить только на роликах и прочно к ним привязывать, тогда на месте соединения не будут действовать силы механического натяжения проводов, вследствие чего будет меньше случаев внезапного нарушения этих соединений.

Провода ответвляют так:

1. Последовательное ответвление:

— в том месте, где намечено делать ответвление, разрезают один провод шнура, идущий над роликом (рис. 29,а), осторожно снимают с обоих концов разрезанного провода слой изоляции на длине 1,5 см;

— зачищают концы присоединяемого шнура и обводят его вокруг ролика вверх — к разрезанному проводу (рис. 29,б);

— подведенный шнур скручивают с концами разрезанной жилы (рис. 29,в), размещая места соединения по обе стороны ролика, возможно дальше одно от другого, и места скручивания обжимают плоскогубцами;

— места соединения пропаивают, изолируют, шнур аккуратно обвивают вокруг ролика и прочно к нему привязывают (рис. 29,г).

2. Параллельное ответвление:

— с двух противоположных сторон ролика, от которого будет идти ответвляемый шнур, намечают места ответвления (рис. 30);

после этого снимают шнур с ролика, срезают в этих местах с обеих сторон шнура изоляцию (рис. 30,а) и зачищают оголенные медные жилы на длине в 1 см;

— заранее зачищенные концы ответвляемого шнура надежно скручивают с подготовленными жилами главной линии (рис. 30,б) и места скручивания обжимают плоскогубцами;



Рис. 29. Последовательное ответвление шнура.

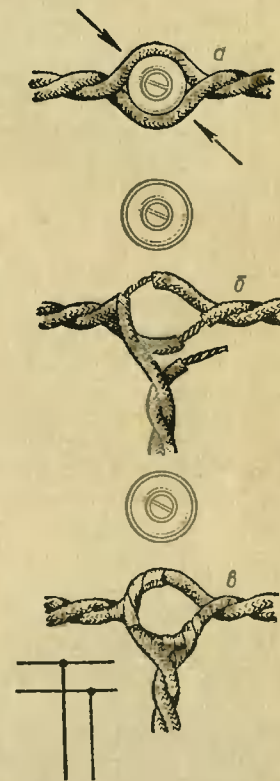


Рис. 30. Параллельное ответвление шнура.

— соединения аккуратно пропаивают и надежно изолируют, надевают шнур на ролик, размещают его симметрично и привязывают (рис. 30,в).

Выполнение работы

1. Познакомьтесь с устройством проводов ПР, ПРГ, ПРД и шнура ШР, рассмотрите их изоляцию. Срезая постепенно слой

изоляции, рассмотрите устройство многопроволочных жил провода ПРД и шнура ШР, установите различие между ними.

Вычислите сечение жил проводов, постарайтесь научиться определять стандартные сечения жил проводов на глаз.

2. Произведите оконцевание проводов тычком и петелькой с обязательным пропаиванием их и подключением к патрону, штепсельной розетке, штепсельной вилке и предохранителю.

3. Произведите сращивание нескольких однопроволочных и многопроволочных проводов с сечением до 6 мм, с пропаиванием и наложением слоя изоляционной ленты.

4. На деревянном настольном или настольном щите наденьте шнур на четыре ролика, привяжите его к двум крайним роликам, а от одного среднего сделайте параллельное ответвление. После этого сделайте от второго среднего ролика последовательное ответвление, разрезав верхнюю жилу. При этом также особое внимание надо обращать на качество соединений металлических жил, надежность их пропаивания и изолирования лентой.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Порядок выполнения и содержание операций по сращиванию и ответвлению проводов и шнуров.
3. Устройство проводов марок ПР, ПРГ, ПРД и шнуров ШР, их отличие.
4. Рисунки выполненных операций.

Контрольные вопросы

1. Какое отличие в устройстве проводов ПР, ПРГ, ПРД и шнура ШР?
2. Для чего выпускают провода с разной толщиной слоя резиновой изоляции?
3. Когда применяют оконцевание проводов тычком, а когда петелькой?
4. Почему необходимо пропаивать места соединения и ответвления проводов?
5. Какое ответвление надо выполнить, чтобы отвести провод к выключателю, к лампе, к штепсельной розетке?
6. Почему нельзя делать ответвления проводов в пролетах между роликами?

Работа 3. Монтаж упрощенной схемы проводки с патроном и выключателем

Цель работы. Научиться выполнять производственные процессы прокладывания шнуров на роликах и приобрести навыки по сборке схемы освещения с одной лампой и выключателем.

Материалы и инструменты: 1) деревянный щит длиной 1,5 м и шириной 1 м, прикрепленный к стене или

положенный на стол, 2) провод ПРД или шнур ПР сечением 1 мм²—1,5 мм²—2,5 мм², 3) патрон, 4) лампа накаливания на 127 или 220 в, 5) выключатель, 6) предохранители пробковые на 4 а—2 шт., 7) ролики РПН-4—5 шт., 8) деревянные розетки — 2 шт., 9) винты для дерева диаметром 4 мм, длиной 40 мм — 8 шт., 10) винты для дерева диаметром 3 мм, длиной 25 мм — 8 шт., 11) изоляционная лента, 12) плоскогубцы и круглогубцы, 13) монтерский нож, 14) пила, 15) отвертка малая и средняя, 16) тесьма для привязывания шнура к роликам.

Теоретические сведения

Монтируя схемы освещения, следует проследить за тем, чтобы ответвлений и соединений проводов в схемах было как можно меньше, так как именно в этих местах чаще всего возникают неполадки и аварии. В некоторых случаях схемы можно собрать вообще без ответвлений и сращиваний из целых кусков провода. К таким схемам принадлежит и схема, которую нужно смонтировать при выполнении данной практической работы. Это схема питания одной лампы с выключателем и предохранителями.

В схеме нет ни одного ответвления и сращивания проводов, благодаря чему она будет работать очень надежно. Единственный недостаток монтажа таких схем без ответвлений состоит в том, что приходится расплести и снова сплести значительной длины участки прокладываемого шнура.

Сплетаая оба провода в общий шнур, стараются придать ему такой же самый вид, какой он имел после изготовления на кабельном заводе. Для этого придерживаются таких правил:

1. На всех участках проводки сплетают шнур в одну сторону, вращая его провода по часовой стрелке.
2. Не допускают чрезмерного скручивания жил шнура. Расстояние между двумя соседними витками его должно равняться 25—30 мм.

3. Воображаемая осевая линия сплетенного шнура должна проходить через центр всех роликов, на которых он прокладывается.

4. При повороте линии прокладывания шнура на 90° необходимо обязательно расплести шнур, а после закрепления его на угловом ролике снова сплести так, чтобы шнур на этом ролике образовывал прямой угол и не имел петелек.

5. Скручиваемые жилы шнура натягиваются с одинаковой силой, в противном случае одна жила (перетянутая) будет представлять собой ось, вокруг которой спирально будет виться вторая жила.

Недостатки, получающиеся при сплетении проводов, показаны на рисунке 31.

Чтобы обеспечить надежность укрепления роликов и деревянных розеток на деревянных стенах, в намеченных точках делают

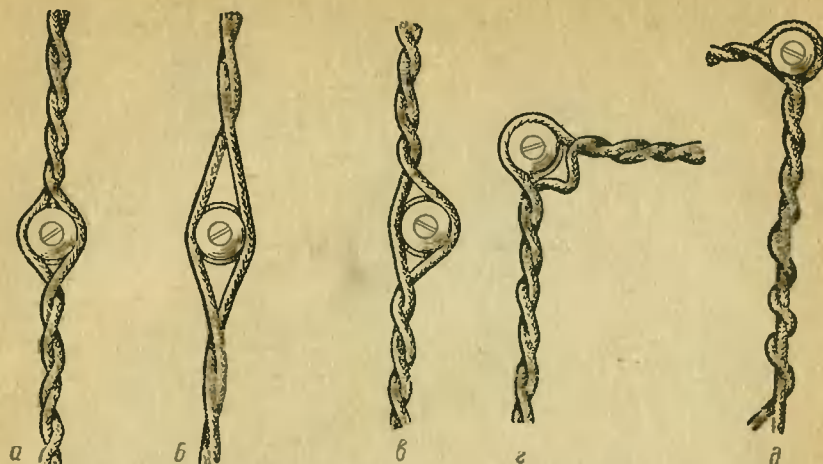
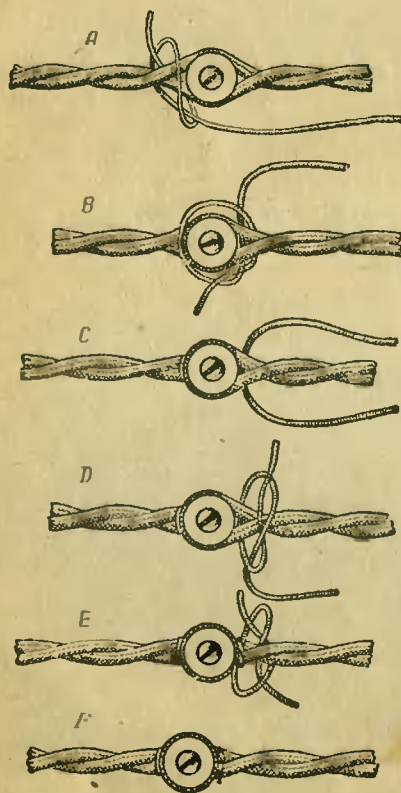


Рис. 31. Недостатки при сплетении шнура: а) — шнур сплетен в две стороны, б) шнур сплетен слабо, в) осевая линия шнура смещена, г) шнур дал петельку на повороте, д) один провод закручивается около перетянутого.



неглубокие (2—2,5 см) проколы тонким шилом, слегка поворачивая его.

Чтобы шнур не спадал с роликов, его привязывают к ним шпагатом или тесьмой. Проволоку для этой цели использовать нельзя, так как она со временем перережет изоляцию шнура и замкнет его металлические жилы. Шнур к роликам привязывают тогда, когда сделаны все ответвления, сращения и на всех участках провод сплетен. Порядок привязывания шнура к роликам показан на рисунке 32.

С одной стороны ролика, отступив от него на 0,5—0,8 см, привязывают к шнуру шпагат (рис. 32, А). Пропустив концы шпагата под шнур и выведя их на другую сторону ролика, натягивают проводку в направлении к ролику. Шпагат на ро-

← Рис. 32. Привязывание шнура к ролику.

лике под шнуром завязывают узлом (рис. 32, В). Затем переводят концы натянутого шпагата на другую сторону шнура (поверх него) и опять завязывают узлом (рис. 32, С и Д). Еще раз переводят шпагат под шнур и, завязав последний узел, лишние концы шпагата отрезают (рис. 32, Е).

Закрепив шнур на всех роликах, тщательно выпрямляют шнур по роликам, размещают его симметрично и подключают концы шнура к установленной armature. Проверив собранную схему и убедившись в ее правильности, подключают концы схемы к действующей электрической сети и проверяют работу всех приборов, включенных в схему.

Выполнение работы

1. Нарисуйте схему включения одной лампы с выключателем, предусмотрев в ней установку двух предохранителей (рис. 33).

2. Разметьте на деревянном щите линии прокладывания проводов этой схемы, места для установки роликов, предохранителей, выключателя и патрона.

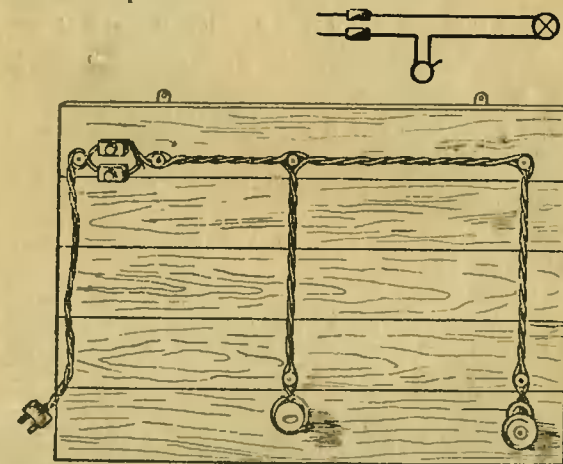


Рис. 33. Монтаж схемы включения одной лампы с выключателем на щите.

3. Установите ролики на щите, отмерьте и отрежьте необходимые куски шнура для проводки до предохранителей и за предохранителями до лампы с заходом одним проводом в выключатель. Привяжите шнур к первому ролику и проложите его до того места, где шнур нужно расцепить. Расплетите шнур и, сделав заход одним проводом в выключатель, снова скрутите его. Окончательно проверьте размещение шнура и привяжите его к роликам. Произведите зачистку концов шнура и подготовьте его для присоединения к armature.

4. Установите деревянные розетки и закрепите на них выключатель и патрон, установите предохранители.

5. Присоедините концы шнура к приборам и вилке, вставьте пробки в предохранители, закройте приборы крышками, вкрутите в патрон лампу и, поставив ручку выключателя в положение «выкл.», подайте в смонтированную схему ток, получив на это разрешение учителя.

6. Проверьте работу схемы и всех установленных приборов.

7. Разберите смонтированную схему и аккуратно сложите все инструменты на рабочем месте.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.

2. Краткое описание технических правил и норм, которые необходимо соблюдать при прокладывании шнуровой проводки.

3. Список использованных приборов и материалов с краткой технической характеристикой каждого из них.

Контрольные вопросы

1. В какой последовательности прокладывают шнуровую проводку?

2. В каких помещениях можно прокладывать шнуровую проводку?

3. Какие марки и сечения проводов применяют при монтаже квартирной электропроводки?

4. На какой высоте от пола устанавливают выключатели и штепсельные розетки?

5. Какое расстояние должно быть между двумя параллельно проложенными линиями шнуровой проводки?

6. Перечислите инструменты, которые нужны для проведения электромонтажных работ?

Работа 4. Монтаж схемы проводки электрического звонка, который питается от осветительной сети

Цель работы. Практически изучить производственные приемы прокладывания звонковой проводки. Сборка схем питания звонка и включения его при помощи кнопки.

Приборы, материалы и инструменты: 1) электрический звонок с трансформатором, 2) кнопки звонковые — 2 шт., 3) провод ПВД — 8 м или телефонный кабель марок ГРВК либо ВРГ — 4 м, 4) предохранители пробковые малые — 2 шт., 5) гвозди длиной 15—20 мм с широкой полукруглой головкой — 25 шт., 6) изоляционная лента, 7) молоток, 8) монтерский нож, 9) плоскогубцы и круглогубцы, 10) отвертка малая, 11) материалы и принадлежности для паяния.

Теоретические сведения

Электрические звонки используют в жилых и служебных помещениях для подачи звуковых сигналов. Больше всего распространены звонки, обмотка электромагнита которых рассчитана на низкое напряжение, 4—6 в. Использование низкого напряжения значительно упрощает не только устройство электрического звонка, но и всю проводку. При таком напряжении можно использовать тонкие провода с изоляцией без слоя резины и прокладывать их прямо по стене.

Для питания звонковых схем чаще всего используют небольшие понижающие трансформаторы (рис. 34). Первичная обмотка таких трансформаторов рассчитана на напряжение 127 или

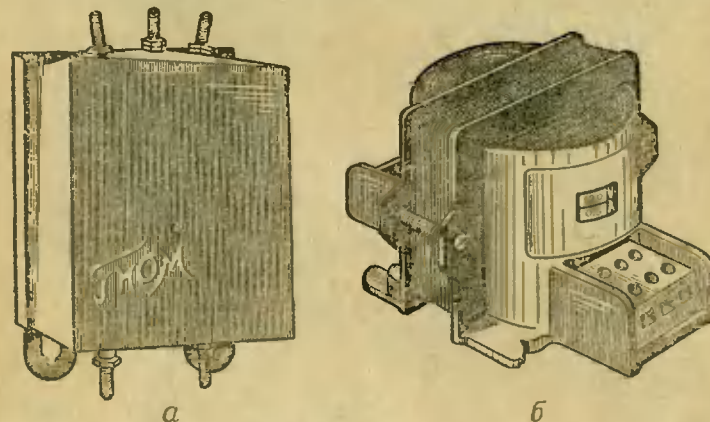


Рис 34. Звонковые трансформаторы.

220 в и включается в квартирную осветительную сеть, а от вторичной обмотки, в которой индуктируется переменный ток напряжением 4—6 в, питается обмотка электромагнита звонка.

Устройство и работа наиболее распространенного электрического звонка с прерывателем и якорьком известна из курса физики VII класса. Такой звонок пригоден для работы как на переменном, так и на постоянном токе. В последнее время некоторые распространение в быту получили звонки, конструкция которых отличается от рассмотренного ранее. Это звонок с трансформатором и прерывателем (рис. 35, а) и звонок с трансформатором без прерывателя (рис. 35, б). Второй звонок состоит из трансформатора и якорька — упругой пластинки с молоточком. При нажатии кнопки по обмоткам звонка будет проходить переменный ток. Сердечник трансформатора начнет непрерывно перемагничиваться, от чего якорек станет вибрировать. Соединенный с ним молоточек будет колебаться и ударять по чашечке звонка.

По действующим правилам сейчас запрещается включать звонок в осветительную сеть последовательно с лампой, которая

выполняет функции реостата и ограничивает в звонковой цепи величину тока. Это требование обусловлено тем, что при включе-

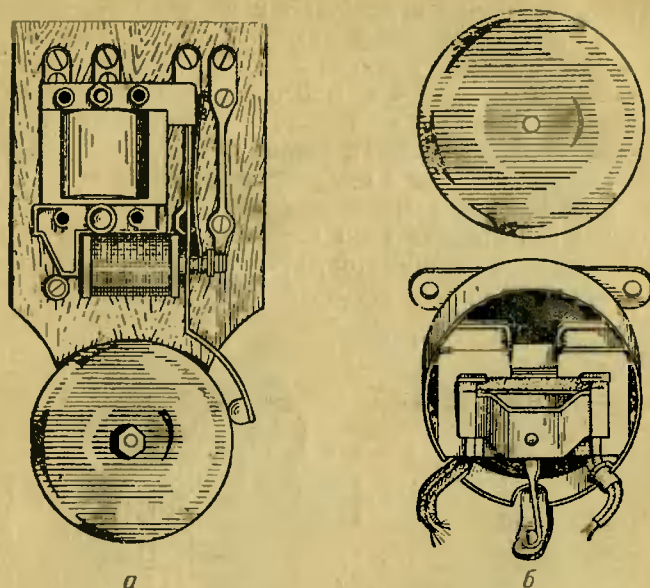


Рис. 35. Звонки переменного тока с трансформатором: а — с прерывателем, б — без прерывателя.

нии звонка непосредственно в осветительную сеть (даже через лампу) возникает необходимость более надежно изолировать провода от стен. Между тем звонковую проводку прокладывают на гвоздях, которые непосредственно забиваются в стенку. При такой прокладке почти невозможно изолировать проводку от здания, а значит, и от земли¹.

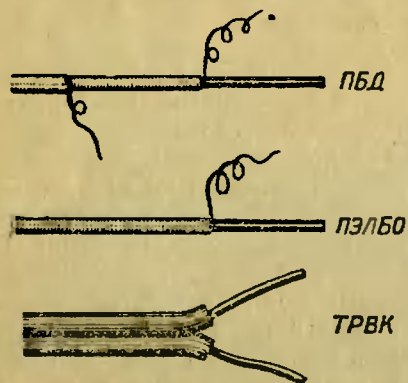


Рис. 36. Провода для прокладывания звонковой проводки.

В звонковых схемах с трансформаторами надежно изолируют только те провода, которыми первичная обмотка трансформатора включается в сеть. Для этого используют обычный шнур, прокладывая его по всем правилам, установленным для шнуровой проводки.

¹ Иногда на производстве, где нужна одновременно звуковая и световая сигнализация, такое включение применяют по правилам проводки осветительной сети.

В цепи вторичного тока, в которую включен звонок и кнопка, действует низкое напряжение, поэтому здесь используют в основном медный провод марки ПБД диаметром 0,5—0,8 мм (рис. 36), покрытый только двумя слоями изоляции из хлопчатобумажной пряжи. Такой провод иногда называют «звонковым». Можно также использовать и провод ПЭЛБО, имеющий один слой лаковой и один слой хлопчатобумажной изоляции. Еще лучше для звонковой проводки применять телефонный кабель ТРВК или провод ВРГ, обе склеенные жилы которых покрыты слоем хлорвиниловой изоляции черного, красного, белого или других цветов.

Монтаж звонковой проводки. Монтаж начинают с разметки, определив места установки звонка и кнопки. Оба провода, которые соединяют их между собой, прокладывают параллельно на расстоянии 20—25 мм один от другого.

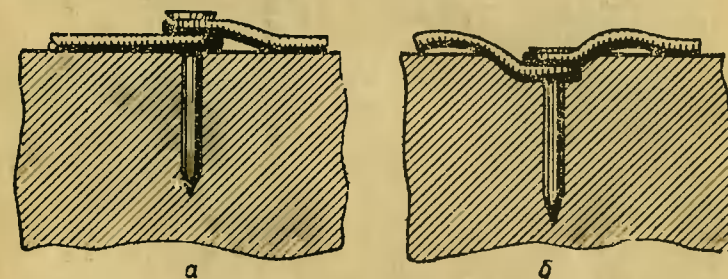


Рис. 37. Правильное (а) и неправильное (б) забивание гвоздей звонковой проводки.

Провода прикрепляют к стене обычными гвоздиками с широкой полукруглой головкой, забивая их через каждые 40—60 см. Сначала забивают гвоздик примерно до половины, потом один раз обматывают вокруг него прокладываемый провод и забивают до конца. Последние удары молотком по головке гвоздика следует наносить очень осторожно, чтобы не загнать ее в стенку (рис. 37); этим можно повредить провод или его изоляцию. Головка гвоздика должна только прижимать провод к поверхности стены. Чтобы придать проводке лучший вид, гвоздики на обеих параллельных жилах следует забивать рядом, а не в разных местах (рис. 38).

При повороте проводки на 90° провод вокруг гвоздиков обматывают так, чтобы он был с наружной стороны гвоздя (рис. 39). Одновременно надо следить за тем, чтобы параллельные провода при поворотах проводки не пересекались один с другим (рис. 40).

Кнопку устанавливают на такой же высоте, как и выключатель (1,4—1,7 м от пола). Сращивание и ответвления в звонковой проводке делают так, как показано на рисунках 41 и 42. Оголен-

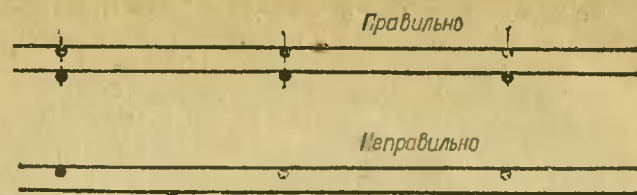


Рис. 38. Размещение гвоздиков вдоль линии звонковой проводки.



Рис. 39. Правильное (а) и неправильное (б) закрепление звонковой проводки при повороте на 90°.

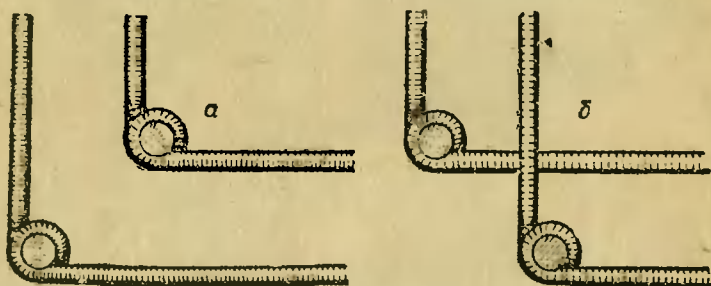


Рис. 40. Правильный и неправильный поворот к звонку под прямым углом.

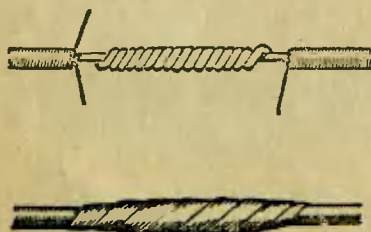


Рис. 41. Сращивание в звонковой проводке.

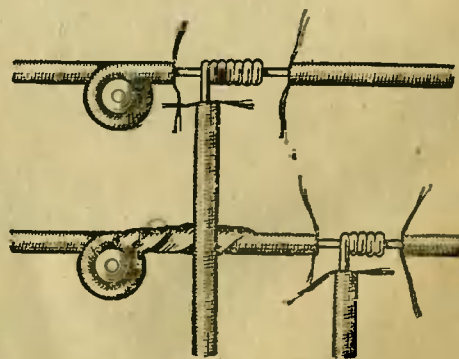


Рис. 42. Ответвления в звонковой проводке.

ные места спаивают, а потом изолируют одним слоем резиновой ленты. Места сращиваний и ответвлений должны находиться в непосредственной близости к гвоздкам, которыми и крепятся провода. Еще лучше, если гвоздики будут забиты с обеих сторон ответвлений и соединенный проводов. Двухжильный телефонный

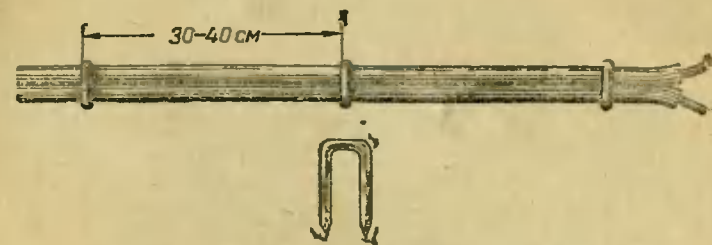


Рис. 43. Прокладка телефонного кабеля.

кабель ТРВК и провод ВРГ прикрепляют к стене скобками с заостренными ножками, которые изготовляют из стальной проволоки диаметром 1—1,5 мм. Расстояние между скобками вдоль линии 30—40 см (рис. 43).

Выполнение работы

1. Нарисуйте схему включения звонка с двух мест при помощи двух кнопок. Питание схемы — через повышающий звонковый трансформатор (рис. 44).

2. Разметьте линии прокладывания проводов схемы на деревянном щите, обозначив места установки звонка, трансформатора и двух кнопок. Ориентировочно разметьте места забивания гвоздиков.

3. Установите одну кнопку, присоедините к ней концы проводов и проложите провода от кнопки к звонку. То же самое сделайте с другой кнопкой.

4. Установите звонок и трансформатор, присоедините концы проводов, идущих от кнопок, к зажимам низковольтной обмотки трансформатора и электромагнита звонка. Установите предохранители и через них включите в сеть первичную обмотку трансформатора.

5. Проверьте работу кнопок, отрегулируйте винт прерывателя так, чтобы звонок звучал громко. Закрепите регулировочный винт контргайкой. Если конструкция звонка не имеет прерывателя, то звонок регулируют, подгибая стержень с молоточком. При этом нельзя выгибать якорек, который колеблется между полюсами электромагнита, так как от этого колебания его могут ослабнуть и звонок перестанет действовать.

Разберите смонтированную схему, вытащите забитые гвоздики, выровняйте проволоку и наведите порядок на рабочем месте.

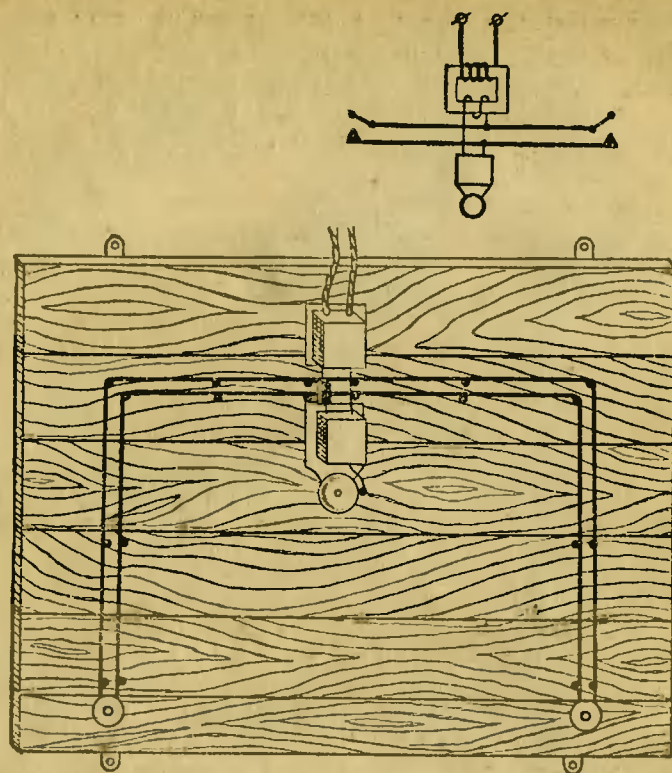


Рис. 44. Щит со звонковой проводкой

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема смонтированной проводки.
3. Список использованных приборов и материалов, их тип, марка и краткая техническая характеристика.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается звонковая проводка от осветительной?
2. На какое напряжение рассчитана звонковая проводка?
3. Какие провода используют для этой проводки?
4. Как работает электрический звонок с прерывателем и без прерывателя?
5. Для чего в схему питания звонка включают трансформатор? Как он работает?
6. Потребляет ли электрическую энергию схема питания звонка с трансформатором в то время, когда на кнопку не нажимают?

§ 8. БЫТОВЫЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Назначение бытовых электронагревательных приборов. Электрическая энергия используется в быту не только для освещения, но и для многих других целей. Наиболее распространенными бытовыми электрическими приборами после осветительных ламп являются разнообразные электронагреватели. Одни из них используют для приготовления пищи, кипячения воды, быстрого разогревания и т. д. Это электрические плитки и кипятильники. При помощи других нагревают воздух помещений, поддерживая в них нужную температуру. Это электрические печи — камин и рефлекторы. К третьей группе относятся нагревательные приборы специального назначения, например электрические медицинские грелки, электрические паяльники, утюги, электрические полотенца для сушки волос и рук после мытья и прочие приборы.

Устройство электронагревательных приборов. Каждый электронагревательный прибор состоит из нагревательного элемента, теплостойкого основания, на котором этот элемент закрепляется, и выводных контактов, при помощи которых прибор включается в электрическую сеть. Кроме того, часть приборов имеет специальные приспособления, при помощи которых тепло, образующееся в них, направляется в желательную сторону.

Нагревательные элементы чаще всего изготовляют в виде проволочных спиралей или полос из специальных проводниковых материалов с большим удельным сопротивлением. Этими материалами чаще всего являются сплавы разных металлов. Основное требование, которому они должны отвечать, — это стойкость против окисления при нагревании их до очень высоких температур, а значит, и обеспечение длительной работы. Этому требованию лучше всего соответствуют следующие сплавы.

Нихром — сплав, состоящий из 80% никеля и 20% хрома, с удельным электрическим сопротивлением $\rho = 1,1 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Фехраль — сплав, состоящий из 80% железа, 15% хрома и 5% алюминия, с удельным сопротивлением $\rho = 1,25 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Никелин — сплав 67% меди, 32% никеля и 1% марганца, с удельным сопротивлением $\rho = 0,40 - 0,44 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Нагревательные элементы, изготовленные из этих сплавов, выдерживают температуру нагрева около 1000°. Однако каждый из них при такой температуре начинает окисляться и быстро выходит из строя. Практикой доказано, что электронагревательные приборы дольше всего работают в том случае, когда максимальная рабочая температура для нихромовых нагревательных элементов не превышает 850—900°, для фехралевых — 750°, а для никелиновых — только 200°.

Если нихром и фехраль можно использовать для приборов, нагревательные элементы которых открыты и накаляются до высоких температур, то никелин для этой цели не пригоден, так как на воздухе он очень быстро окисляется. Из никелина изготовляют только нагревательные элементы кипятильников, которые при работе погружают в воду. Относительно большая теплоемкость воды обеспечивает интенсивный отвод тепла от нагревателя кипятильника, вследствие чего он не нагревается больше чем до 200°, а потому и не окисляется. Кроме того, вода прекращает доступ кислорода воздуха к нагревательному элементу.

Для того чтобы изготовить нагревательный элемент, например электрической плитки, чайника, берут кусок нихромовой или фехральной проволоки такой длины, чтобы сопротивление его обеспечивало прохождение допустимой для данного сечения проволоки величины тока. Поскольку длина такой проволоки достигает обычно нескольких метров, то для удобства закрепления ее сматывают в спираль.

Практикой установлено, что максимально допустимая плотность тока для открытых нихромовых нагревательных элементов в среднем равняется $15 \frac{a}{мм^2}$ для закрытых (помещенных в металлические трубки или керамические пластинки) — $10 \frac{a}{мм^2}$; для нихромовых кипятильников, погружаемых в воду, — $30 \frac{a}{мм^2}$.

Теплостойкие основания нагревательных приборов изготовляют из жароупорных изолирующих материалов. К ним относится шамот, который получают из огнеупорных сор-



Рис. 45. Теплоизоляционные основания нагревательных приборов из шамота.

тов глины путем обжига ее. Шамот хорошо выдерживает резкие колебания температуры и имеет высокие электроизоляционные свойства. Из шамота изготовляют керамические основания (керамику) для электроплиток, конусы для рефлекторов, стержни для электрических каминов и пр. (рис. 45).

Кроме шамота, при изготовлении теплостойких оснований используют еще в асбест — жароупорный изоляционный материал волокнистого строения, а также — слюду и микашит. Слюда — это слоистый минерал природного происхождения, выдерживающий температуру нагрева до 600°. Асбест и слюду используют в

электронагревательных приборах. Склепывая тонкие листочки слюды жидким стеклом или борной кислотой, получают толстые (выше 1 мм) пластинки микашита. Чаще всего на микашитовых пластинках закрепляют нагревательные элементы для электрических утюгов, чайников, нагревательные элементы их изготовлены из ленточного нихрома (рис. 46).

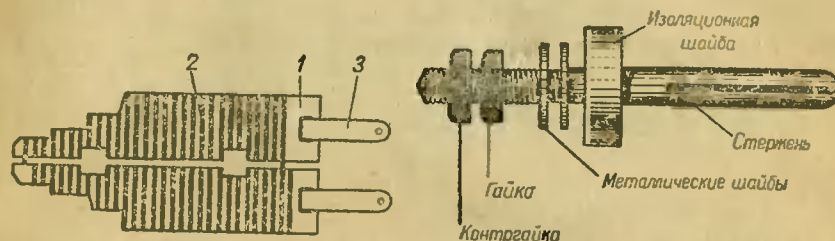


Рис. 46. Нагревательные элементы на микашитовом основании: 1 — основание из микашита, 2 — нагревательная спираль из ленточного нихрома, 3 — контактные зажимы элемента.

Рис. 47. Выводные контакты прибора.

Выводные контакты приборов. Концы проволоки нагревателя, согнутые в виде петелек, утапливают между шайбами и зажимают двумя гайками на выводных контактах приборов (рис. 47). Эти контакты чаще всего изготавливают из латуни. При установке контактов в отверстиях металлического корпуса прибора следует обращать особое внимание на надежность изоляции контакта от корпуса. Если контакты изолированы плохо, то один из них может соединиться с корпусом и весь прибор будет находиться под напряжением. Касаться корпуса такого прибора опасно. Если же и второй контакт вследствие плохой изоляции тоже соединится с корпусом — короткое замыкание неизбежно.

Для изолирования выводных контактов от корпуса прибора используют фарфоровые, микашитовые или изготовленные из другого изоляционного материала втулки, прокладки или шайбы (рис. 48).

Выводные контакты приборов изготовляют в виде сплошных или разрезанных вдоль латунных стержней, на которые одеваются фарфоровые контактные гильзы. В середине гильз имеются пружинные

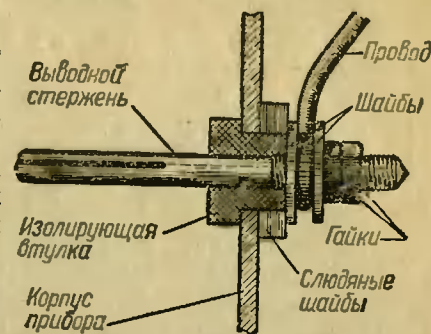


Рис. 48. Изолирование выводных контактов от металлического корпуса электроприбора.

жилящие латунные гнезда, соединенные с концами токоведущих жил соединительного шнура (рис. 49).

Стержни прибора туго заходят в латунные гнезда фарфоровых гильз. Их упругость обеспечивает надежный контакт между соединительным шнуром и нагревательным элементом прибора.

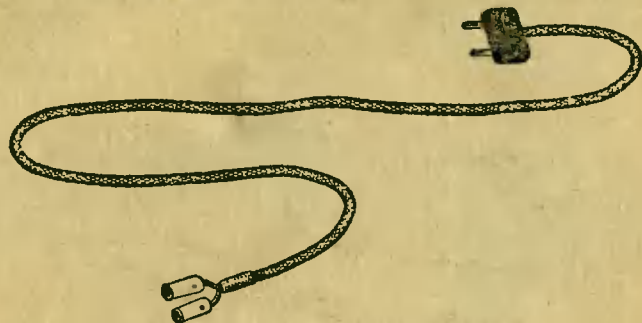


Рис. 49. Соединительный шнур.

§ 9. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С БЫТОВЫМИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Работа 5. Ремонт электрического паяльника

Цель работы. Изучить устройство и действие электрического паяльника. Приобрести практические навыки по его разборке, сборке и ремонту.

Приборы, материалы и инструменты: 1) электрический паяльник (испорченный), 2) нихромовая проволока (см. табл.) — 3,5 м, 3) лпсточки слюды, 4) асбестовый шнур, 5) штепсельная вилка, 6) плоскогубцы, круглогубцы и кусачки, 7) молоток малый, 8) монтерский нож, 9) изоляционная лента.

Теоретические сведения

При проведении различных электромонтажных радиотехнических и других работ очень часто возникает необходимость в спайке проводов, металлических деталей, мест соединений и ответвлений проводки. Для этих работ лучше всего пользоваться электрическим паяльником.

Наша электротехническая промышленность выпускает несколько типов электрических паяльников. Больше всего распространены электрические паяльники небольшой мощности — 50, 80 и 120 *вт* на разные напряжения.

Устройство паяльников. Рабочей частью медного стержня паяльников (рис. 50) является его отточенный конец — жало. Основной деталью паяльника, на которой крепятся все остальные его части, является металлическая трубка (из железа), наружный диаметр которой 8—10 или 12 мм. Во внутрен-

нее отверстие трубки с одного ее конца вставляют рабочий стержень паяльника, изготовленный из красной меди; у одних паяльников он прямой, у других — загнут в виде буквы «Г». В зависимости от того где находится место пайки, пользуются паяльником с прямым или загнутым стержнем. Возле того конца трубки, где закреплен медный стержень, устанавливают нагревательный элемент паяльника, из нихромовой проволоки, намотанной двумя слоями.

Перед тем как наматывать первый слой нагревательной спирали, стержень изолируют, обматывая его слоем слюды. После этого начинают наматывать спираль, отступив немного от отвер-

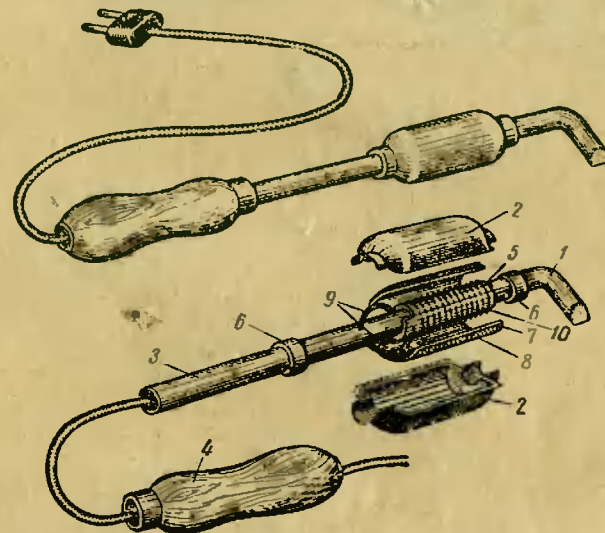


Рис. 50. Электрический паяльник и его детали: 1 — рабочий стержень, 2 — крышка кожуха, 3 — металлическая трубка, 4 — ручка, 5 — первый слой слюды, 6 — кольцо для закрепления кожуха, 7 — второй слой слюды, 8 — слой шнурового асбеста, 9 — концы соединительного шнура, покрытого асбестом, 10 — нихромовая спираль.

стей в трубке, через которые к нагревательной спирали подводятся два провода от шнура паяльника. Намотку спирали ведут в направлении к рабочему стержню паяльника. При этом виток от витка укладывают на расстояние приблизительно 1,0—1,5 мм. Потом этот слой проволоки тоже изолируют двумя пластинками слюды и продолжают наматывать спираль в обратном направлении — от рабочего стержня к ручке паяльника. Второй слой проволоки также обматывают сверху несколькими пластинками слюды.

Учитывая, что слюда плохо проводит тепло, нижний слой со (на трубке) делают тонким, а верхний, закрывающий намотан-

ную спираль, — толстым: тепло, которое будет выделяться в спирали, будет от этого направляться к стержню, а не в окружающую среду. Кроме того, намотку сверху покрывают еще двумя-тремя слоями шнурового асбеста, так как он тоже плохо проводит тепло.

Концы намотанной проволоки надежно присоединяют к двум толстым нихромовым или медным проводничкам (сечением 0,7—1 мм), изолированным сверху шнуровым асбестом. Эти выводные проводнички заходят во внутрь трубки и идут к тому ее концу, на который надета деревянная ручка. Внутри трубки, под ручкой, проводнички соединяются с концами соединительного шнура, выходящего из отверстия трубки.

Нагревательный элемент паяльника сверх асбеста закрывается кожухом: обе его крышки выштампованы из кровельного железа или жести. Их прикрепляют с обеих концов к трубке двумя кольцами, которые надевают на концы крышек кожуха.

Если включенный паяльник не греется, значит, в нем имеется повреждение. Чаще всего паяльник портится от чрезмерного перегрева, когда его на длительное время оставляют включенным и не пользуются им. При этом выделяющееся тепло почти не забирается от паяльника. От перегрева перегорают концы нихромовой спирали в местах соединения их с выводными проводничками или, что еще хуже, где-нибудь и перегорает спираль. Иногда паяльник не работает, вследствие повреждения соединительного шнура. Поэтому, начиная ремонт паяльника, надо прежде всего убедиться в исправности шнура, проверить, не оборваны ли его токоведущие жилы, а также проверить качество присоединения его концов к штепсельной вилке.

Разборка паяльника. Снимают с концов крышек кожуха металлические кольца, раскрывают обе половинки кожуха и осторожно сматывают верхний асбестовый и слюдяной слой изоляции. С наибольшей осторожностью надо снимать слюду, так как она очень хрупкая и легко ломается. После этого проверяют, насколько надежно присоединены концы проволоки нагревательного элемента к выводным проводничкам, а также убеждаются в целостности верхнего слоя обмотки. Если в каком-нибудь месте этого слоя перегорела нихромовая проволока, в этом месте сматывают один виток, прочно скручивают плоскогубцами концы перегоревшей проволоки, лишние концы отрезают и снова собирают паяльник. Если перегоревшее место находится в нижнем слое обмотки, тогда один конец нагревательной проволоки и выводной проводничок разъединяют и сматывают проволоку на деревянную палочку, открывая этим нижний слой обмотки. Устранив повреждение, снова наматывают верхний слой и собирают паяльник.

Если необходимо произвести полную замену нагревательного элемента паяльника, размеры проволоки для него (длину и диаметр) выбирают в зависимости от напряжения сети по данным таблицы.

Выбор нихромовой проволоки для паяльников

Напряжение сети (в)	Величина тока (а)	Диаметр проволоки (мм)	Сечение проволоки (мм ²)	Длина проволоки (м)	Сопротивление проволоки (ом)
220	0,33	0,098	0,00509	2,7	610
110	0,73	0,15	0,0177	2,0	150
24	3,3	0,5	0,196	1,25	7,3
12	6,7	0,85	0,567	0,9	1,8
6	13,3	1,4	1,54	0,6	0,48

Средняя мощность паяльников с нагревательными спиралями, изготовленными из проволоки, размеры которой указываются в таблице, 80 вт.

Низковольтные паяльники на 12 или 6 в очень легко изготовить самому: они не требуют усиленной изоляции, да и длина проволоки у них такая, что легко помещается в одном ряду намотки. Для такого паяльника надо иметь металлическую трубку с ручкой на конце, медный заостренный стержень и соответствующий кусок нихромовой проволоки. Покрыв стержень тонким слоем изоляции, наматывают на него проволоку, концы которой подключают к куску шнура со штепсельной вилкой. Питание такого паяльника производят от понижающего трансформатора или через реостат, включенный в осветительную сеть.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с внешним устройством электрического паяльника. Определите его мощность и рабочее напряжение по надписям, имеющимся на ручке или на крышке его кожуха. Если жало паяльника загрязнилось или затупилось, зачистите его сначала напильником, а затем наждачной шкуркой.

Проверьте правильность заправки концов шнура в штепсельную вилку и в случае необходимости отрежьте плохо заправленные концы и снова присоедините шнур к штепселям вилки.

2. Разберите паяльник, осторожно сматывайте его нагревательный проводник, найдите повреждение и устраните его.

3. Соберите паяльник и проверьте его работу, включив вилку соединительного шнура в осветительную сеть. Выполните несколько паяк при помощи отремонтированного паяльника.

Если спираль паяльника не повреждена после снятия крышек и ознакомления с внутренним устройством, соберите его, не перематывая, устранив контактную неисправность. В этом случае в течение оставшегося времени можно изготовить упрощенный низковольтный паяльник или электровыжигатель, подобрав для них соответствующую нихромовую проволоку и использовав корпус старого паяльника. Изготовленным паяльником также выполняют несколько паяк; электровыжигатель проверяют в работе.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Порядок проведения ремонта паяльника (указать характер повреждения и способ его устранения).
3. Вычисление величины тока, потребляемого паяльником, исходя из указанных на нем мощности и напряжения.
4. Упрощенный рисунок устройства паяльника, название и назначение каждой ее детали; материал, из которого она изготовляется.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы используют для изготовления деталей электрического паяльника?
2. Почему рабочий стержень паяльника изготавливают из красной меди?
3. В каких местах чаще всего возникают повреждения электрических паяльников?
4. Почему нижний слой слюдяной изоляции паяльника делают тонким, а верхний толстым?
5. Почему нельзя изготавливать нагревательную спираль паяльника из никелина?
6. Почему соседние витки нагревательного элемента паяльника нельзя наматывать вплотную друг к другу, а надо оставлять между ними просветы?

Работа 6. Ознакомление с устройством электронагревательного прибора

Цель работы. Изучить конструкцию и действие бытового электронагревательного прибора. Получить практические навыки по его разборке, определению повреждений, сборке и проверке работы.

Приборы, материалы и инструменты: 1) электронагревательный прибор ¹ (утюг, плитка, чайник), 2) новый нагревательный элемент для утюга или чайника, или новая спираль для плитки (для замены в случае необходимости), 3) новые выводные контакты прибора (для замены в случае необходимости), 4) электрический шнур (для замены старого, если в этом будет нужда) — 1,5 м, 5) штепсельная вилка, 6) вспомогательные изоляционные материалы: mica, асбест и пр., 7) плоскогубцы, круглогубцы и кусачки, 8) монтерский нож, 9) контрольная лампа (см. рис. 54), 10) изоляционная лента.

¹ Работ такого типа может быть несколько с различными электронагревательными приборами.

Теоретические сведения

Электрический утюг и чайник схожи по своему устройству. Утюг (рис. 51) состоит: из толстой чугунной подошвы 1, нагревательного элемента 3; двух mica-вых прокладок 2 и 4 для изоляции проводников элемента от металлических деталей утюга; толстой чугунной пластины 5, которой нагревательный элемент прижимается к

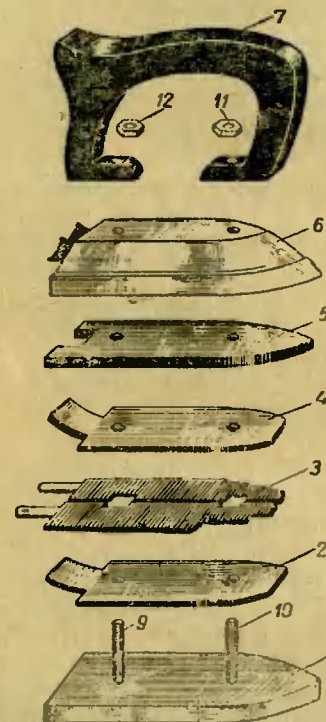


Рис. 51. Электрический утюг в разобранном виде.

подошве; металлической фасонной крышки 6; ручки 7, верхняя часть которой покрыта теплоизоляционным материалом; двух шайб и двух гаек 11 и 12, при помощи которых все детали утюга (в том числе и ручка) прикрепляются к его подошве. Для закрепления в подошву вкручены две шпильки 9 и 10 с резьбой

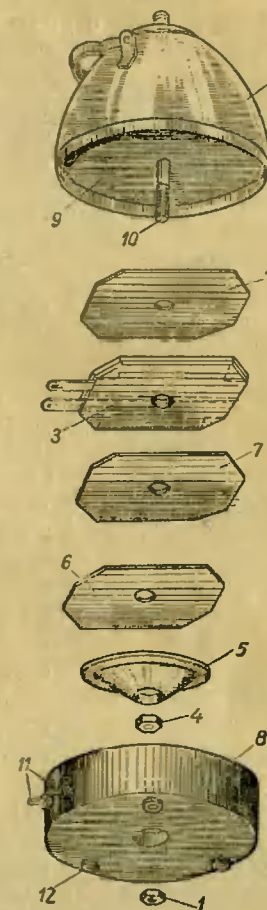


Рис. 52. Электрический чайник в разобранном виде: 1 — нижняя скрепляющая гайка, 2 — корпус чайника, 3 — нагревательный элемент, 4 — вжимная гайка, 5 — металлический диск для соединения деталей, 6 — металлическая пластина, 7 — асбестовые изолирующие прокладки, 8 — основание чайника, 9 — дно чайника, 10 — соединительный болт, 11 — выводные контакты, 12 — изоляционные подкладки — ножки.

Чайник (рис. 52) состоит из металлического корпуса, куда наливают воду. В центре корпуса снизу имеется болт 10 с резьбой, при помощи которого к дну чайника прикрепляют металлическое основание 8; между ними помещается нагревательный элемент, защищенный с двух сторон micaнитовыми прокладками 7 и прижатый к дну чайника толстым металлическим диском 5 п гайкой 4. К нижней стороне основания прикреплены три изоляционные прокладки 12, являющиеся ножками чайника.



Рис. 53. Электрическая плитка открытого типа.

Прежде чем только контакт возле стержня, то немного поднимают корпус и заново присоединяют концы нагревательного элемента к выводным стержням, прочно закручивая гайки. Если же концы обгорели настолько, что уже не достают до контактных стержней, их наращивают проволокой или полоской из такого же материала. Прижимая основание чайника к его корпусу, надо

Электрическая плитка (рис. 53) с открытым нагревательным элементом еще более проста по своей конструкции. В боковой стенке металлического корпуса ее 1, имеющего три ножки, просверлено два отверстия, в которых закрепляются выводные стержни. Стержни изолированы от корпуса, и к ним при помощи гаск присоединяются концы спирали, помещенной в пазах толстой керамической пластинки 2. Пластика устанавливается (3) в верхней части корпуса и прикрепляется к нему металлическим кольцом 4, которое своими боковыми стенками плотно одевается на корпус. Цифрой 5 на рисунке 53 отмечена собранная плитка.

В электронагревательных приборах чаще всего перегорают концы нагревательных элементов, которыми элемент присоединяется к контактным стержням. Кроме того, весьма часто в каком-либо месте перегорают проводники нагревательного элемента. Чтобы устранить это повреждение, надо разобрать электрический прибор, найти обрыв и, если можно, соединить перегоревшие проводники. Если же перегоревший нагревательный элемент отремонтировать нельзя, его заменяют новым.

Чтобы разобрать чайник, отвинчивают гайку, при помощи которой основание его прикрепляется к корпусу. Если по-

следить, чтобы эти концы, изгибаясь, не прикоснулись к корпусу или друг к другу.

Если нагревательный элемент вышел из строя, его надо разобрать, обнаружить то место, где перегорел проводник элемента, сплести один виток и произвести соединение перегоревших концов. Для этого концы зачищают до блеска, сгибают в кольцо, прикладывают один к одному и соединяют между собой заклепкой из мягкого металла. Можно также скрутить концы один с другим, обернуть тонкой латуной и плотно обжать плоскогубцами. Однако такой ремонт недолговечный, так как поврежденное место в результате увеличенного сопротивления будет все время перегреваться и обязательно снова перегорит. После двух-трех таких соединений нагревательная спираль значительно укоротится, общее сопротивление ее уменьшится, величина потребляемого тока возрастет и спираль будет перегорать все чаще и чаще. Поэтому нагревательный элемент с перегоревшей спиралью лучше сразу заменить новым.

Отремонтированный прибор снова собирают, устанавливая все его детали на прежние места. Так, например, собирая электрический утюг, сначала к его подошве прикладывают одну изоляционную пластинку из micaнита. На нее кладут нагревательный элемент так, чтобы он не касался подошвы и зачищенных в нее шпилек. После этого, не сдвигая нагревательного элемента, закрывают его второй изолирующей пластинкой, прижимают сверху чугунной балластной пластиной и шпильки закручивают гайки.

Следующая операция — присоединение концов нагревательного элемента к выводным стержням — наиболее ответственная; как показывает практика, именно в этом месте чаще всего случается повреждение вследствие непредвиденного соединения токоведущих полосок (проводников) между собой, либо с контактными стержнями, либо с корпусом. Поэтому, собирая прибор, нужно обеспечить надежную изоляцию выводных концов нагревательного элемента от окружающих его металлических деталей.

Под конец сборки закрывают утюг крышкой, одевают на шпильки ручку и сильно затягивают гайки, которыми крышка и ручка скрепляются с утюгом. Процесс сборки электрического чайника или кастрюли почти такой же.

После сборки необходимо проверить, не касается ли к корпусу какая-нибудь токоведущая деталь прибора. Для этого берут контрольную лампу, включают ее шпильку в штепсельную розетку и одним свободным оголенным проводом (рис. 54) касаются корпуса прибора, а другим — сначала прикасаются к одному выводному контакту стержню, а затем — к другому. Если при этом лампа загорится, то это указывает на наличие замыкания между одним или двумя концами нагревательного элемента и корпусом, что необходимо немедленно устранить.

После ремонта нагревательного прибора проверяют состояние соединительного шнура или изготавливают новый, если его нет.

В шнуре в результате неправильного и неаккуратного пользования может произойти обрыв токоведущей жилы, чаще всего возле штепсельной вилки или фарфоровых гильз. Если же после устранения указанных неисправностей шнур все-таки не подает ток в прибор, значит, в каком-то месте в середине переломилась токоведущая жила. Для выявления обрыва используют кон-

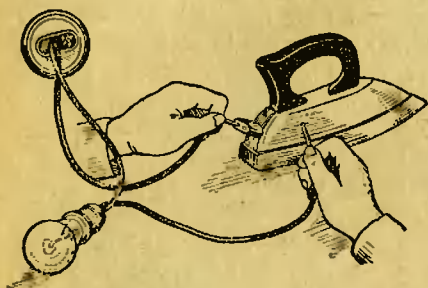


Рис. 54. Проверка электрического утюга при помощи контрольной лампы.

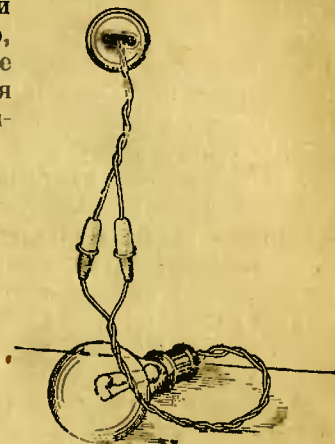


Рис. 55. Проверка шнура контрольной лампой.

трольную лампу, включая ее в сеть через этот шнур (рис. 55). Проверять по очереди каждый проводник шнура по всей его длине устанавливают, в каком из них имеется обрыв, и заменяют его либо ремонтируют. Исправив соединительный шнур, используют его для проверки работы отремонтированного прибора.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с внешним устройством электронагревательного прибора, определите его назначение. Прочитайте паспорт прибора (табличку), установите его мощность и рабочее напряжение. Проверьте, соответствует ли это напряжение, напряжению школьной электрической сети.

2. При помощи контрольной лампы проверьте состояние соединительного шнура и в случае обнаружения повреждения отремонтируйте его.

3. Включите нагревательный прибор в сеть и проверьте его работу.

4. Осторожно разберите прибор, внимательно заучите его внутреннее устройство, обращая главное внимание на конструкцию и назначение каждой детали.

5. Если будут обнаружены повреждения, исправьте нагревательный элемент или, если этого сделать нельзя, замените его новым.

6. Соберите прибор и при помощи контрольной лампы проверьте, нет ли в нем замыканий на корпусе; включите прибор в электрическую сеть и испытайте его в работе.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Порядок разборки прибора, проведения ремонта; обнаруженные повреждения и способ их устранения.
3. Упрощенный рисунок устройства нагревательного прибора.
4. Вычисление величины тока, потребляемого этим прибором, по данным, указанным на его табличке.

Контрольные вопросы

1. Перечислите детали электрической плитки.
2. Перечислите детали электрического чайника и утюга.
3. Укажите наиболее уязвимые места бытовых электронагревательных приборов.
4. Какая мощность электронагревательных приборов, имеющих у вас.
5. Что надо знать об электрической сети вашей квартиры, идя покупать бытовой прибор?
6. Что такое контрольная лампа и для чего она используется? Ее устройство.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

§ 10. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В технике для измерения различных электрических величин применяются технические электроизмерительные приборы. В зависимости от принципа действия приборы классифицируют по системам. Наиболее распространены следующие системы: 1) магнитоэлектрическая, 2) электромагнитная, 3) электродинамическая, 4) индукционная.

По степени точности измерительные приборы с непосредственным отсчетом измеряемой величины по шкале подразделяются на классы, приведенные в таблице.

Классификация измерительных приборов по степени точности (ГОСТ-1845-52)

Класс прибора	Основная погрешность
0,1	$\pm 0,1$
0,2	$\pm 0,2$
0,5	$\pm 0,5$
1,0	$\pm 1,0$
1,5	$\pm 1,5$
2,5	$\pm 2,5$
4,0	$\pm 4,0$

ся погрешностью, выраженной в процентах.

Класс прибора обозначается на шкале.

Электроизмерительные приборы. В практике электрических измерений наиболее часто применяют такие электроизмерительные приборы: 1) амперметры, предназначенные для измерения величины тока в цепи; 2) вольтметры — для измерения напряжения или разности потенциалов между двумя любыми точками электрической цепи; 3) ваттметры — для измерений мощности электрического тока; 4) электрические счетчики — для учета энергии, получаемой потребителем от электростанций; 5) омметры и измерительные мосты для измерения сопротивления.

Ошибка в показаниях прибора зависит от его класса. Например, амперметр класса 2,5, имеющий верхнюю границу показаний 5 а, может дать погрешность показаний на величины:

$$\Delta A = \pm \frac{5 \cdot 2,5}{100} = \pm 0,125 \text{ а}$$

Из таблицы видно, что класс прибора определяет-

Амперметры и вольтметры чаще всего бывают магнитоэлектрической системы — для измерения в цепях постоянного тока — или электромагнитной системы — для измерений в цепях переменного тока промышленной частоты (пятьдесят периодов в секунду или 50 гц). Измерительный механизм прибора магнитоэлектрической системы показан на рисунке 56. Он состоит из постоянного подковообразного магнита 1, к полюсам которого укреплены полюсные башмаки 2, между ними находится алюминиевая рамка с обмоткой 3. Рамка укреплена на двух полуосях 4, упирающихся в подшипники 5. В середине рамки точно по ее оси установлен стальной цилиндр 6. Поэтому между полюсными башмаками и цилиндром образуется сильное равномерное радиальнонаправленное магнитное поле. Рамка с обмоткой размещается в зазоре между башмаками и цилиндром, не касаясь их.

При прохождении тока по виткам обмотки возникает взаимодействие между магнитным полем тока и магнитным полем постоянного магнита. Вследствие этого взаимодействия образуется сила, поворачивающая рамку (возникает вращающий момент). Направление движения рамки определяется по правилу левой руки.

Подвижная система успокаивается вследствие взаимодействия постоянного магнитного поля и индукционных токов, возникающих в алюминиевом каркасе рамки при движении ее в этом магнитном поле.

Спиральные пружинки 8 создают противодействующий момент. Они же служат для подвода тока в рамку. Равновесие наступает при равенстве вращающего и противодействующего моментов, при этом указательная стрелка 7 показывает на шкале значение измеряемой величины. Для установки стрелки на 0 натяжение спиральных пружинков можно регулировать при помощи винта (корректора), выведенного на панель прибора. Винт через систему — эксцентрик, рычаг и рычаг — связан с передней спиральной

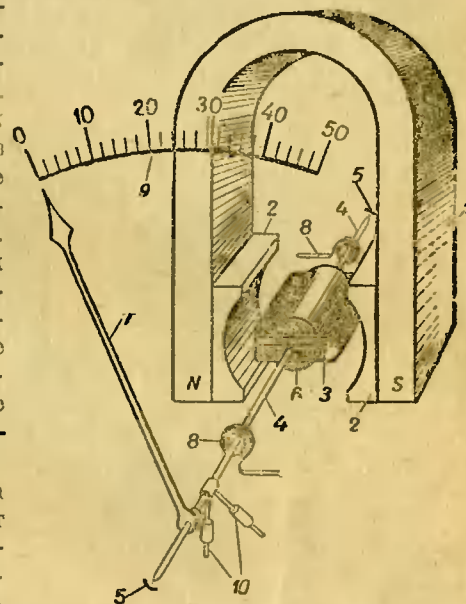


Рис. 56. Схема устройства электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы: 1 — подковообразный магнит, 2 — полюсные башмаки, 3 — алюминиевая рамка с обмоткой, 4 — полуоси, 5 — подшипники, 6 — стальной цилиндр, 7 — указательная стрелка, 8 — спиральные пружинки, 9 — шкала, 10 — уравновешивающие грузики.

пружиной. Система корректирования на рисунках не показана.

В амперметрах и вольтметрах электромагнитной системы используется действие магнитного поля тока, проходящего по неподвижной катушке на подвижный сердечник из ферромагнитного материала. В современных электроизмерительных приборах этой системы применяются плоские или круглые катушки. Схема устройства прибора с плоской катушкой приведена на рисунке 57. Неподвижная часть прибора состоит из катушки 1, в середину которой может входить плоский железный

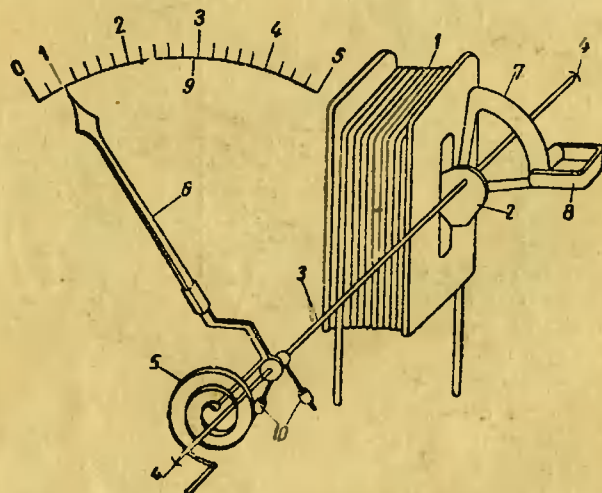


Рис. 57. Схема устройства прибора электромагнитной системы с плоской катушкой: 1 — неподвижная катушка, 2 — подвижный лепесток, 3 — ось, 4 — подпятники, 5 — спиральная пружина, 6 — указательная стрелка, 7 — алюминиевая пластинка успокоителя, 8 — магнит, 9 — шкала, 10 — уравновешивающие грузики.

лепесток 2, прикрепленный к оси 3, упирающейся в подпятники 4.

Когда по катушке проходит постоянный или переменный ток, лепесток втягивается в середину ее и ось со стрелкой 6 поворачивается. При этом закручивается спиральная пружинка 5, образуя противодействующий момент. Успокоение колебаний происходит вследствие действия магнитоиндукционного успокоителя, состоящего из алюминиевой пластинки 7 и постоянного магнита 8. При движении пластинки в поле постоянного магнита в ней возникают вихревые токи, образующие магнитное поле. Взаимодействие поля постоянного магнита с полем вихревых токов создает торможение, и колебания подвижной системы постепенно затухают — происходит успокоение.

В электромагнитном приборе другой конструкции (рис. 58) неподвижной частью служит круглая катушка 1. В середине ее укреплен железная пластинка 2. Вторая железная пластинка 3 прикреплена к оси 4, упирающейся в подпятники 5. При прохождении переменного или постоянного тока по катушке, обе пластинки намагничиваются одинаковой полярностью и отталкиваются, образуя вращающий момент. Вследствие этого подвижная часть прибора поворачивается. Противодействующий момент образуется спиральной пружинкой 6 так же, как и в предыдущем приборе.

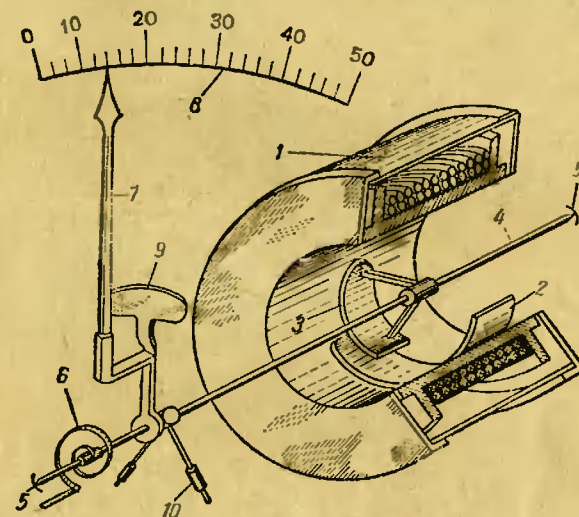


Рис. 58. Схема устройства прибора электромагнитной системы с круглой катушкой: 1 — катушка, 2 — неподвижная железная пластинка, 3 — подвижная железная пластинка, 4 — ось, 5 — подпятники, 6 — спиральная пружина, 7 — указательная стрелка, 8 — шкала, 9 — алюминиевая пластинка успокоителя, 10 — уравновешивающие грузики.

Ваттметры — это приборы электродинамической системы. Они применяются для измерения мощности электрического тока. Принцип их действия основан на взаимодействии, возникающем между двумя проводниками при прохождении по ним электрического тока. Схема устройства ваттметра приведена на рисунке 59. Неподвижной частью прибора является катушка 1 из небольшого количества витков толстого изолированного провода. В середине ее укреплен на оси 3 подвижная катушка 2 из большого количества витков тоненького изолированного провода. Ось упирается в подпятники 4. Концы обмотки подвижной катушки соединены со спиральными пружинками. Они являются одновременно выводными проводниками и приспособлениями для

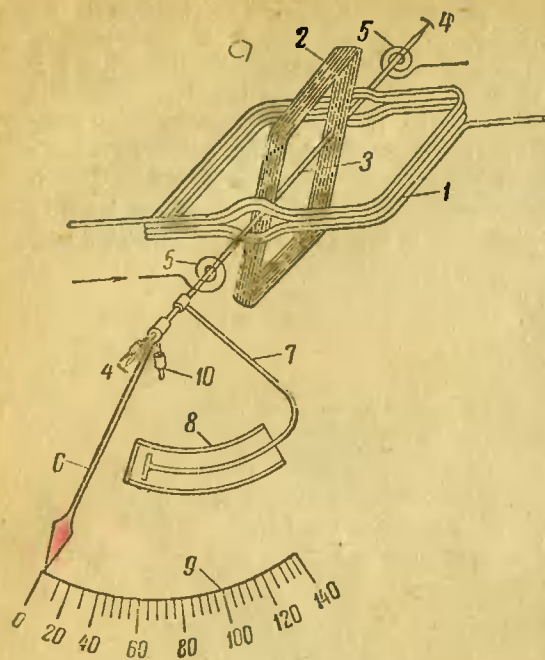


Рис. 59. Схема устройства измерительного прибора электродинамической системы: 1 — неподвижная катушка из толстой проволоки, 2 — подвижная катушка из тонкого провода, 3 — ось, 4 — подпятники, 5 — спиральные пружины, 6 — указательная стрелка, 7 — рычажок успокоителя, 8 — воздушный успокоитель, 9 — шкала, 10 — уравновешивающие грузики.

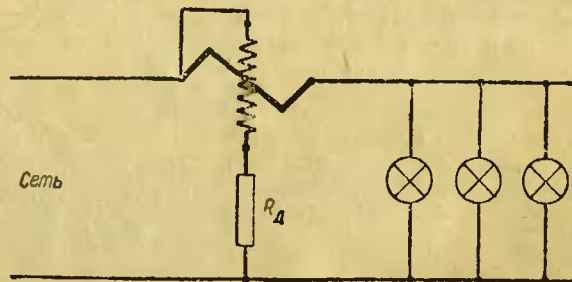


Рис. 60. Схема измерительного прибора электродинамической системы.

¹ Из сказанного следует, что электродинамические приборы при некотором изменении во включении могут использоваться, как амперметры и вольтметры.

создания противодействующего момента. К оси прикреплена указательная стрелка 6 и рычажок воздушного успокоителя 7. При измерении мощности электрического тока неподвижная катушка включается последовательно в цепь нагрузки. Через нее проходит ток J_1 , потребляемый нагрузкой. Подвижная катушка присоединяется через добавочное сопротивление параллельно цепи нагрузки (потребителя), как показано на рисунке 60. Через нее проходит ток J_2 , величина которого пропорциональна напряжению, подведенному к цепи. Вследствие взаимодействия токов, протекающих по катушкам, возникает вращающий момент, пропорциональный измеряемой мощности электрического тока в цепи, равной произведению $I U^1$.

Приборы электродинамической системы обладают высокой точностью и пригодны для измерения в цепях постоянного и переменного токов. Шкала у них неравномерная. Они боятся перегрузок током больше номинального значения, на который рассчитан прибор. На показания приборов влияют внешние магнитные поля, от которых защищаются экранами или специальной конструкцией измерительного механизма.

Индукционный счетчик электрической энергии. Схема устройства однофазного индукционного счет-

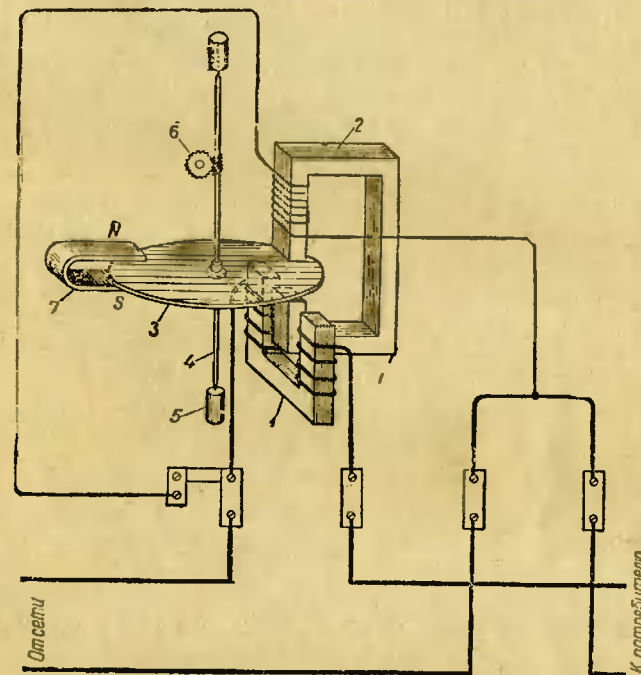


Рис. 61. Схема устройства однофазного индукционного счетчика электрической энергии: 1 — последовательный электромагнит, 2 — параллельный электромагнит, 3 — алюминиевый диск, 4 — ось, 5 — подпятники, 6 — червячная передача к счетному механизму, 7 — постоянный магнит.

чика для измерения энергии переменного тока показана на рисунке 61. Он состоит из двух неподвижных электромагнитов 1 и 2, включаемых в сеть последовательно и параллельно. Подвижной частью является алюминиевый диск 3, расположенный между полюсами электромагнитов и укрепленный на вертикальной оси 4. Концы оси упираются в подпятники 5. Весь рабочий ток потребителя проходит через катушку электромагнита 1. Электромагнит 2 включается в цепь подобно включению вольтметра. Поэтому ток, проходящий по его обмотке, пропорционален напряжению цепи потребителя.

При включении счетчика в цепь потребителя переменные токи, проходящие по катушкам электромагнитов, образуют переменные магнитные потоки, пронизывающие алюминиевый диск 3. Вследствие этого в диске индуцируются вихревые токи. Взаимодействие магнитного поля этих токов с магнитными потоками электромагнитов приводит во вращение алюминиевый диск. Вращение диска передается счетному механизму через систему червячной передачи и шестеренок 6.

Диск счетчика, вращаясь, пересекает магнитный поток постоянного магнита 7. При этом в диске возникнут другие вихревые токи. Магнитное поле этих токов, взаимодействуя с магнитным полем постоянного магнита, тормозит вращение диска. В первый момент работы счетчика его диск вращается с нарастающей скоростью; растет также и сила, тормозящая диск. Когда сила торможения (противодействующий момент) будет равна силе, вращающей диск (вращающий момент), скорость вращения будет постоянной и пропорциональной мощности электрического тока, проходящего через счетчик. Эта мощность, умноженная на время, и течение которого вращается диск счетчика, дает величину работы или энергии электрического тока, проходящего через счетчик при данном напряжении.

Схемы включения электроизмерительных приборов в электрическую цепь приводятся в описаниях практических работ.

§ 11. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ШКАЛАХ ПРИБОРОВ И ПРИБОРОВ В СХЕМАХ

Основные технические характеристики электроизмерительных приборов каждой системы приводятся на шкале. Эти условные обозначения, а также обозначения приборов даны в таблице.

Таблица основных условных обозначений на шкалах измерительных приборов и приборов в схемах

Условное обозначение	Объяснение условного обозначения
	Прибор магнитоэлектрической системы с механической противодействующей силой
	То же, с магнитным экраном
	Прибор электромагнитной системы с механической противодействующей силой
	То же, с магнитным экраном

Условное обозначение	Объяснение условного обозначения
	Прибор электродинамической системы с механической противодействующей силой
	То же, с магнитным экраном
	Прибор индукционной системы без механической противодействующей силы (счетчик электрической энергии)
	Прибор тепловой системы
	Класс точности прибора. Цифра в кружочке — обозначение класса
	Прибор, пригодный для измерений в цепях постоянного тока
	Прибор, пригодный для измерений в цепях переменного тока
	Прибор, пригодный для измерений в цепях постоянного и переменного тока
	Вертикальная установка прибора при измерении
	Горизонтальная установка прибора при измерении
	Наклонное положение прибора при измерении (под углом 60°)
	Изоляция прибора испытана напряжением 2000 в
	Амперметр в схеме электрической цепи
	Вольтметр в схеме электрической цепи
	Ваттметр в схеме электрической цепи
	Счетчик электрической энергии

Если есть дополнительные приспособления (шунты, отдельные добавочные сопротивления), на шкале прибора делают надпись: «с наружным шунтом» или «с отдельным добавочным сопротивлением».

§ 12. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Работа 7. Изучение устройства электроизмерительных приборов

Цель работы. Практически изучить устройство и действие технических амперметров и вольтметров электромагнитной и магнитоэлектрической систем. Научиться выполнять простейшие измерения тока и напряжения.

Приборы и оборудование: 1) технические измерительные приборы магнитоэлектрической системы (вольтметр со шкалой 0—15 в и амперметр со шкалой 0—5 а), 2) технические измерительные приборы электромагнитной системы (вольтметр и амперметр с такими же шкалами, как у предыдущих приборов), 3) разобранные приборы различных систем или учебный щит, 4) два ламповых или проволочных реостата на ток до 5 а, 5) выпрямитель газотронный (школьный) или его заменяющий источник, 6) трансформатор школьный (127 или 220×12 в), 7) соединительные проводники, 8) отвертка.

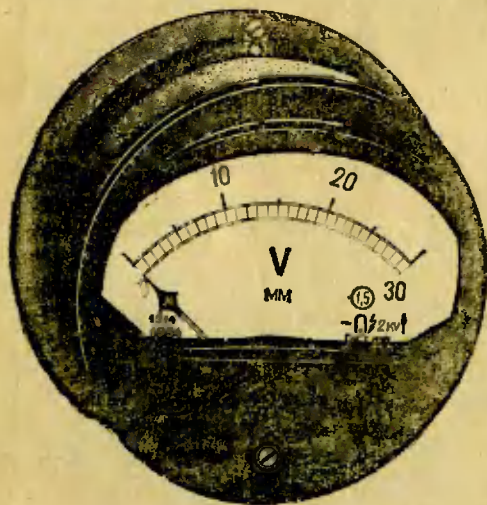


Рис. 62. Электроизмерительный прибор в круглом металлическом корпусе.

ных сведений о приборе без рассмотрения его паспорта или подробного описания.

В соответствии с требованиями ГОСТ 1845-52 на шкале прибора должны быть такие данные: 1) условное обозначение типа

Теоретические сведения

Технические электроизмерительные приборы монтируют в круглых металлических (рис. 62) или в прямоугольных кожухах из пластмассы (рис. 63). На шкалу приборов наносят наиболее важные их технические характеристики (рис. 64). Это необходимо для получения основ-

прибора и год его выпуска, 2) заводской номер, 3) товарный знак, 4) обозначение рода измеряемой величины (вольтметр — V, амперметр — A), 5) класс точности и номер ГОСТа, 6) условное обозначение измеряемого тока (переменный или постоянный),



Рис. 63. Электроизмерительный прибор в прямоугольном корпусе из пластмассы.

7) система прибора, 8) условное обозначение нормального положения прибора при измерении (если это необходимо), 9) величина испытательного напряжения изоляции.

Электроизмерительные приборы для измерения величины тока (амперметры и миллиамперметры) включают в цепь только последовательно с потребителем.

Чтобы включение этих приборов не изменяло величину тока в цепи, их внутреннее сопротивление должно быть значительно меньше сопротивления потребителей.

Приборы для измерения напряжения — вольтметры (милливольтметры, киловольтметры) — включают в цепь только параллельно потребителям или участкам со-

противлений, на которых измеряют напряжение. Для того чтобы подключение вольтметра не изменяло бы измеряемого напряжения, внутреннее сопротивление прибора должно быть значительно большим по сравнению с сопротивлением потребителя или участка цепи, на котором производят измерение напряжения.

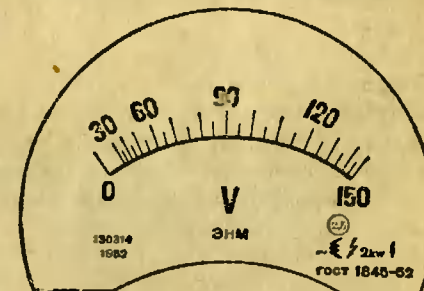


Рис. 64. Шкала технического электроизмерительного прибора.

Описание схемы измерений

Принципиальная схема измерений приведена на рисунке 65. Ламповые реостаты R_1 и R_2 соединены последовательно с амперметром и через предохранители присоединены к рубильнику P . К другим зажимам рубильника подключают провода, идущие от источника тока (выпрямителя или понижающей обмотки школьного трансформатора).

Если схема собрана для постоянного тока, измерения производят магнитоэлектрическими измерительными приборами¹. Ам-

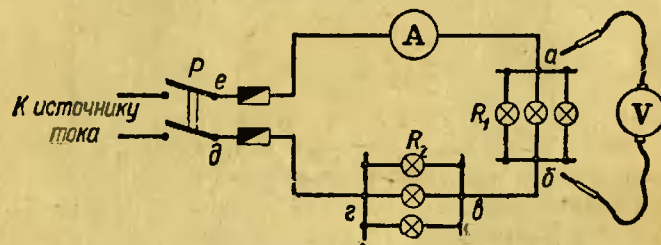


Рис. 65. Схема включений приборов для измерений.

перметр включают в один из проводов цепи (последовательно), а к вольтметру присоединяют проводники со щупами, для того чтобы можно было измерять напряжение на любом участке цепи. Ток для питания аппаратуры берут от выпрямителя.

Такой же схемой пользуются для измерений переменного тока, но в цепь включают приборы электромагнитной системы. При этом схему подключают к понижающей обмотке школьного трансформатора.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с устройством электроизмерительных приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем, представленных в разобранном виде или на учебном щите. Изучите путем осмотра устройство каждой отдельной детали и определите ее место и назначение в электроизмерительном приборе.

2. Зарисуйте в тетради схемы устройства приборов каждой системы, обозначив название деталей.

3. Ознакомьтесь с техническими электроизмерительными приборами, необходимыми для измерений и путем внешнего осмотра определите: 1) систему прибора, 2) характеристику шкалы (равномерная или неравномерная), 3) цену деления, 4) назначение прибора (для измерения какого рода тока — постоянного или переменного — прибор используется), 5) какие электрические величины можно измерять этим прибором (ток или напряжение),

¹ Можно измерить и электромагнитными приборами, но они дают малую точность.

6) границы возможных измерений, 7) класс точности, 8) необходимое положение прибора при измерениях, 9) номер прибора и год выпуска.

Данные о каждом приборе запишите в тетрадь в виде таблицы.

Технические характеристики электроизмерительных приборов

№ пп	Система прибора	Шкала	Цена деления шкалы	Для измерения какого рода тока	Какие величины измеряет прибор	Границы возможных измерений	Класс точности прибора	Положение прибора при измерениях	Год выпуска прибора

4. Ознакомившись с приборами, составьте электрическую цепь по схеме, приведенной на рисунке 65, для измерения на постоянном токе и покажите ее учителю.

5. Получив разрешение учителя, произведите необходимые измерения. Для этого в каждом ламповом реостате оставьте 2—3 лампы. Стрелки измерительных приборов, поворачивая отверткой винты корректоров, установите на 0. Рубильником включите в цепь ток от выходных зажимов выпрямителя.

6. Запишите показания амперметра. Подключаясь щупами вольтметра к точкам а и б, в и г, а и г, измерьте напряжение на этих участках. Результаты измерений запишите в тетрадь.

7. Увеличьте нагрузку, включив еще несколько ламп в каждый из реостатов (количество ламп в каждом реостате должно быть разным). Повторите все измерения, указанные в пункте 6.

8. Закончив измерения на постоянном токе, выключите рубильник и замените в цепи приборы. Вместо приборов магнитоэлектрической системы включите приборы электромагнитной системы. Присоедините к зажимам рубильника источник переменного тока — вторичную обмотку трансформатора — и произведите те же измерения, как выполнялось на постоянном токе.

9. Закончив все измерения, выключите рубильник и трансформатор. Разберите схему и разложите приборы на рабочем столе в том порядке, в каком они были в начале работы.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схемы приборов и краткое описание их.
3. Схема включения приборов и краткое описание ее.
4. Результаты измерений и выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие основные сведения о приборе даются на его шкале?
2. Какие успокоители применены в рассмотренных вами приборах?
3. Как выполняется установка стрелки на 0?
4. Какими приборами можно измерять постоянный ток и какими — переменный?
5. Какие существуют конструкции электроизмерительных приборов в зависимости от способа их монтажа?
6. Как включается амперметр в измеряемую цепь и чем это объясняется?
7. Как включают в цепь вольтметр? Почему?

Работа 8. Проверка технического амперметра или вольтметра

Цель работы. Научиться составлять электрические цепи с включением электроизмерительных приборов и проверять электроизмерительные приборы путем сравнения с точными приборами более высокого класса.

Приборы и оборудование: 1) технический амперметр или вольтметр, 2) образцовый (точный) амперметр или точный вольтметр с теми же шкалами, что и технические приборы, 3) ламповый реостат, 4) ползунковый реостат на сопротивление « » ом и ток « » а (определяет учитель), 5) потенциометр ползунковый с сопротивлением 500 ом, на ток от 0,3 до 1,0 а, 6) двухполюсный рубильник с предохранителями, смонтированный на небольшой подставке с выводными зажимами, 7) выпрямитель для проверки приборов магнитоэлектрической (можно и электромагнитной) системы или лабораторный автотрансформатор ЛАТР-1 для проверки приборов электромагнитной системы, 8) соединительные провода.

Теоретические сведения

Во всех электроизмерительных приборах в процессе их работы со временем изнашиваются керны осей, подшипники и другие детали. Поэтому правильность показаний электроизмерительных приборов постепенно, а иногда внезапно нарушается. Дальнейшее пользование таким прибором приводит к недопустимым ошибкам. Поэтому электроизмерительные приборы периодически проверяются путем сравнения их показаний с показаниями точных (образцовых или эталонных) приборов.

Эталонные приборы должны быть более высокого класса, чем проверяемые приборы. Обычно в качестве эталонных приборов берут приборы с классом точности 0,2 или 0,5.

Погрешность в показаниях проверяемого (испытываемого) прибора не должна превышать определенной величины, зависящей

от степени точности прибора. Погрешности различают абсолютные и относительные.

Абсолютная погрешность ΔA определяется как разность между величиной показания проверяемого прибора A_n и действительным значением измеряемой величины A_d . За действительное значение принимаются показания образцового прибора

$$\Delta A = A_n - A_d.$$

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, является поправкой δA ; $\delta A = -\Delta A$.

Для того чтобы судить о степени точности испытываемого прибора, необходимо знать относительную приведенную погрешность γ_n (греческая буква «гамма»). Она вычисляется, как отношение абсолютной погрешности ΔA к номинальному значению испытываемого прибора A_n и выражается в процентах:

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

Прибором можно пользоваться, если величина наибольшей относительной приведенной погрешности будет равна или меньше класса точности, проверяемого прибора.

Описание схемы измерения

Вся аппаратура для проверки технического амперметра, включая эталонный амперметр, соединяется между собой по схеме, приведенной на рисунке 66.

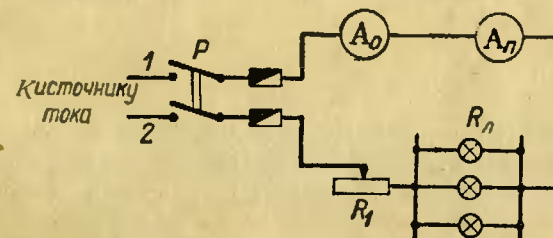


Рис. 66. Схема для проверки технического амперметра.

Необходимая величина тока в цепи устанавливается двумя реостатами.

Ламповый реостат служит для установки величины тока в цепи, близкой к необходимой, а ползунковый — для точной регулировки.

При проверке технического вольтметра соединение выполняется по схеме, приведенной на рисунке 67. Потенциометр R_1 служит для грубой установки напряжения.

Ползунковый реостат R_2 предназначается для точной регулировки напряжения.

Провода от источника тока подключаются к точкам 1 и 2 схем через предохранители.

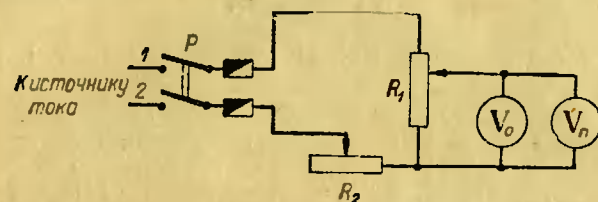


Рис. 67. Схема для проверки технического вольтметра.

Выполнение работы

1. Работа выполняется по одному из вариантов, указанному учителем: проверка технического амперметра или проверка технического вольтметра.

Получив задание и приборы, ознакомьтесь с их данными: пределами измерений, цепой деления, классом точности прибора, сопротивлениями реостатов и потенциометра, величиной тока, на который они рассчитаны. Определите соответствие с данными источника тока.

2. Проведите соединения приборов в соответствии со схемой. Проверьте установку стрелок прибора на нуль.

3. Собрав схему, покажите ее для проверки учителю. Получив его разрешение, произведите проверку прибора.

4. При проверке технического амперметра по схеме, приведенной на рисунке 66, сначала введите полностью сопротивление реостата R_1 , а в ламповом реостате вверните одну лампу малой мощности.

5. Включите рубильник P и увеличивайте ток ввертыванием ламп до тех пор, пока стрелка испытуемого прибора не приблизится к первому основному делению шкалы, например к 1. Подрегулируйте ток в цепи реостатом так, чтобы стрелка установилась точно на этом делении.

6. В таком же порядке произведите установку стрелки испытуемого прибора на всех последующих основных делениях шкалы (ва 2, 3, 4, 5). Нагрузку увеличивайте по возможности плавно, без скачков. Дойдя до номинального значения верхней границы измерений, уменьшите постепенно ток, устанавливая стрелку на основных делениях в обратном порядке (от номинального значения к нулю 5, 4, 3, 2, 1 и 0).

7. Показания приборов запишите в таблицу наблюдений.

Таблица наблюдений при проверке технического амперметра

№ наблюдений	Показания проверяемого прибора	Показания эталонного прибора					Погрешность (Поправка)		
		при увеличении тока		При уменьшении тока		Среднее значение	Абсолютная ΔA	Относительная γ	$\delta A = -\Delta A$
		Ток a	Число делений	Ток a	Число делений				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8. Вычислите среднее значение показаний эталонного прибора как среднее арифметическое между показаниями при увеличении и при уменьшении тока на одних и тех же делениях испытуемого прибора. После этого вычислите абсолютную погрешность, относительную приведенную погрешность и поправку для испытуемого прибора. Результаты также запишите в таблицу.

9. На основании данных таблицы постройте график поправок к амперметру. Примерный вид графика представлен на рисунке 68. По наибольшему значению относительной приведенной погрешности сделайте заключение о соответствии испытуемого прибора классу, указанному на его шкале.

При проверке вольтметра необходимо составить аналогичную таблицу и график.

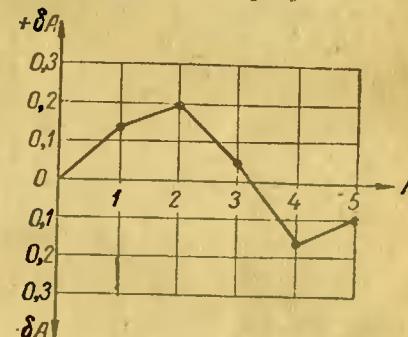


Рис. 68. Примерный график поправок к техническому амперметру.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема включения приборов для проверки.
3. Таблица результатов измерений.
4. График поправок.
5. Выводы о соответствии проверяемого прибора классу, указанному на его шкале.

Контрольные вопросы

1. Для чего проверяют показания технических электроизмерительных приборов?
2. Как включаются для проверки амперметры и вольтметры?

3. Какие виды погрешностей определяют у электроизмерительных приборов?

4. Как проверяются технический амперметр или вольтметр?

5. Как находят абсолютную и приведенную относительную погрешность?

6. Что такое поправка?

7. Как определяется соответствие технического электроизмерительного прибора классу, обозначенному на его шкале?

Работа 9. Сборка простейшего универсального измерительного прибора. Подбор шунтов и добавочных сопротивлений

Цель работы. Ознакомиться с элементарными расчетами шунтов и добавочных сопротивлений. Собрать простейший универсальный электроизмерительный прибор, подобрать к нему шунт и добавочное сопротивление.

Приборы и оборудование: 1) универсальный демонстрационный гальванометр (школьный), 2) переключатель на два положения, 3) шунт (величину определяют по расчету), 4) добавочное сопротивление (величину определяют по расчету), 5) ламповый реостат на ток до 1 а¹, 6) соединительные проводники, 7) газотронный выпрямитель (школьный) с напряжением 24 в на ток 6 а¹.

Теоретические сведения

Универсальные измерительные приборы, применяющиеся для технических измерений, дают возможность измерять ток, напряжение и сопротивление. Для каждого рода измерений производится соответствующее включение приборов при помощи переключателя, зажимов или гнезд. Такие приборы называются авометрами (измерение тока в а, напряжения в в, сопротивления в ом).

Простейший универсальный прибор для измерения тока и напряжения состоит из гальванометра, шунта и добавочного сопротивления, величину сопротивления шунта определяют по такой формуле:

$$R_{ш} = \frac{R_n}{P - 1},$$

где $R_{ш}$ — сопротивление шунта в ом, R_n — сопротивление прибора в ом, P — шунтирующий множитель. Его находят, как отношение наибольшего тока J , который необходимо измерять шунтирующим прибором к номинальному значению тока измерительного прибора J_n (без шунта): $P = \frac{J}{J_n}$

Например, необходимо вычислить сопротивление шунта к прибору с внутренним сопротивлением $R_n = 20$ ом и номиналь-

ным током $J_n = 10$ ма, для того чтобы можно было измерять этим прибором ток до 1 а. Находим шунтирующий множитель:

$$P = \frac{J}{J_n} = \frac{1}{0,01} = 100.$$

Подставим это значение в расчетную формулу шунта, находим величину его сопротивления:

$$R_{ш} = \frac{R_n}{P - 1} = \frac{20}{100} = 0,22 \text{ ом}$$

Конструкции шунтов приведены на рисунке 69. Они изготовляются из манганиновой проволоки или из манганина в виде ленты или стержня.

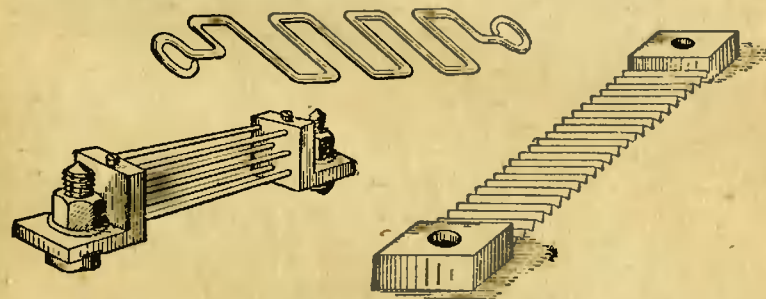


Рис. 69. Разные виды шунтов.

Величину добавочного сопротивления определяют по формуле:

$$R_d = R_n (P_n - 1);$$

где R_d — величина добавочного сопротивления в ом, R_n — величина внутреннего сопротивления прибора в ом, P_n — множитель расширения предела измерения прибора по напряжению. Он равен отношению величины напряжения U , которую должен измерять вольтметр, к величине номинального значения напряжения прибора U_n :

$$P_n = \frac{U}{U_n}$$

Например, необходимо рассчитать величину добавочного сопротивления для прибора с данными, приведенными выше. Прибор должен измерять напряжение до 10 в. По номинальному току $J_n = 10$ ма и его внутреннему сопротивлению $R_n = 20$ ом находим номинальное напряжение прибора:

$$U_n = J_n \cdot R_n = 0,01 \cdot 20 = 0,2 \text{ в.}$$

Затем определяем множитель P_n :

$$P_n = \frac{U}{U_n} = \frac{10}{0,2} = 50.$$

¹ Источник питания, его выходные данные и данные лампового реостата могут быть изменены.

По этим данным рассчитываем величину добавочного сопротивления:

$$R_d = R_n (P_n - 1) = 20 (50 - 1) = 980 \text{ ом.}$$

Добавочные сопротивления наматываются из манганиновой изолированной проволоки на каркас из изолирующего материала.

Конструкции добавочных сопротивлений показаны на рисунке 70.

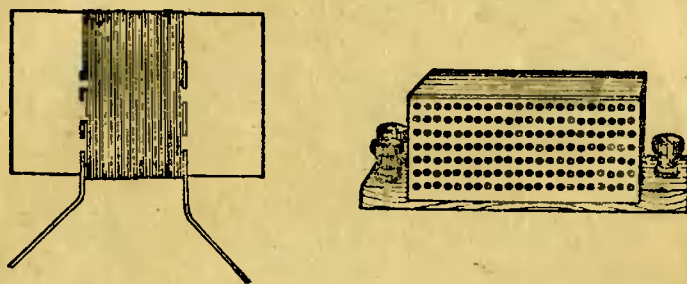


Рис. 70. Добавочные сопротивления.

Описание схемы простейшего универсального измерительного прибора

Схема простейшего универсального измерительного прибора приведена на рисунке 71. Один из зажимов измерительного механизма присоединяется к шунту $R_{ш}$, подключенному к общему зажиму универсального прибора 0. Второй зажим измерительного механизма соединен с ползунком переключателя Π , имеющего два контакта. Контакт 1 подключается к свободному концу шунта $R_{ш}$ и одновременно к зажиму А универсального прибора. Между вторым контактом переключателя 2 и вторым зажимом V универсального прибора включается добавочное сопротивление R_d .

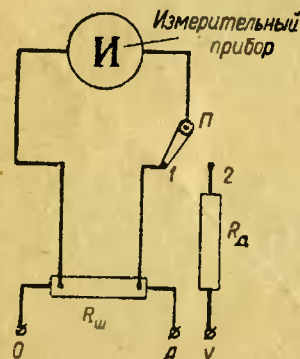


Рис. 71. Схема простейшего универсального измерительного прибора.

Для измерения тока универсальный прибор включается в измеряемую цепь при помощи зажимов 0 — А. Переключатель Π устанавливается на контакт 1. При измерении напряжения измеряемая цепь присоединяется к зажимам 0 — V, а переключатель устанавливается на контакт 2.

Выполнение работы

1. Детально ознакомьтесь со схемой простейшего универсального измерительного прибора (рис. 71) для измерений тока и

напряжения. Получив от учителя измерительный механизм, выясните его электрические данные: ток полного отклонения стрелки J_n (номинальный ток), внутреннее сопротивление прибора R_n или его номинальное напряжение U_n .

2. По этим данным рассчитайте величину сопротивления шунта к измерительному механизму для измерений тока $J=1$ а и величину добавочного сопротивления для измерений напряжений до $U=10$ в.

3. По результатам вычислений подберите из имеющихся в физическом кабинете шунт и добавочное сопротивление. Соберите простейший универсальный измерительный прибор по схеме, приведенной на рисунке 71, и покажите собранную схему для проверки учителю.

4. Получив разрешение, сделайте несколько измерений тока и напряжения в цепи, составленной из двух ламповых реостатов и источника питания.

5. Проверьте правильность показаний универсального измерительного прибора. Проверку произведите по номинальной отметке на шкале прибора. Схема включений и методика измерений такие же, как при проверке технических измерительных приборов (см. работу 8), но только проверяется одно крайнее показание прибора. Если окажется, что шунт или добавочное сопротивление подобраны неправильно, определите, в какую сторону допущена ошибка. Когда стрелка не доходит до номинального деления по сравнению с контрольным прибором, значит, сопротивление шунта мало (при включении амперметром) или добавочное сопротивление велико (при включении вольтметром). При переходе стрелки за номинальное деление сопротивление шунта велико или добавочное сопротивление мало. Во всех случаях необходимо изменить величину сопротивления шунта или добавочного сопротивления до полного совпадения показаний испытуемого и контрольного прибора.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема простейшего универсального измерительного прибора.
3. Расчет шунта и добавочного сопротивления.
4. Краткая характеристика прибора, выводы о возможности его использования.

Контрольные вопросы

1. Какой измерительный прибор называют универсальным?
2. Как включается шунт и добавочное сопротивление в универсальном измерительном приборе относительно его измерительного механизма?
3. Для чего присоединяют шунт к измерительному прибору?

4. Для чего присоединяют добавочное сопротивление к измерительному прибору?

5. Как проверить правильность показаний прибора с шунтом и с добавочным сопротивлением?

Работа 10. Измерение электрических сопротивлений омметром

Цель работы. Изучить устройство омметра и научиться измерять сопротивления этим прибором.

Приборы и оборудование: 1) омметр типа М-471 (или М-57), 2) сопротивления разных величин, применяющиеся в радиоаппаратуре (или подобные им другие) — 6 шт., 3) соединительные проводники.

Теоретические сведения

Для технических измерений сопротивлений, не требующих большой точности, применяются омметры. Эти приборы дают возможность определить величину измеряемого сопротивления непосредственным отсчетом по шкале подобно приборам, измеряющим ток.

Принцип действия омметра можно понять, рассмотрев схему, приведенную на рисунке 72. Измеряемое сопротивление R_x включено в цепь источника тока B последовательно с магнитоэлектрическим прибором $И$ обладающим сопротивлением R_n . При замыкании ключа K стрелка прибора отклонится на всю шкалу. В этом месте на шкале ставят 0, так как неизвестное сопротивление $R_x = 0$ (ключом K сопротивление замкнuto). Если же ключ K разомкнуть и к зажимам 1—2 не подключить сопротивления R_x , тока в цепи не будет и стрелка

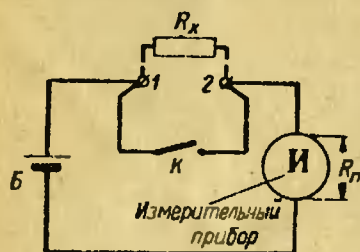


Рис. 72. Схема омметра.

прибора будет находиться в своем начальном положении. Здесь же на шкале будет отметка «бесконечность» — ∞ (R_x бесконечно большое — обрыв цепи).

Значит, различным значениям сопротивления R_x , подключаемого к зажимам 1—2, соответствуют различные углы отклонения стрелки прибора. Подключая эталонные сопротивления к зажимам 1—2, шкалу прибора можно проградуировать при постоянном напряжении источника тока B непосредственно в омах.

Описание устройства прибора

Омметр для технических измерений типа М-471 показан на рисунке 73. Это двухпредельный измерительный прибор с зеркальной шкалой. Промышленностью выпускаются омметры М-471 для

различных пределов измерений: 10/1000 ом; 100/10000 ом; 1000/100000 ом и 100000/10 мгом. Измерительный механизм омметра И (рис. 74) соединен последовательно с добавочным сопротивлением r_d (около 6 ом). В схеме прибора имеется еще одно добавочное сопротивление r (240 ом), включенное последовательно к источнику тока.

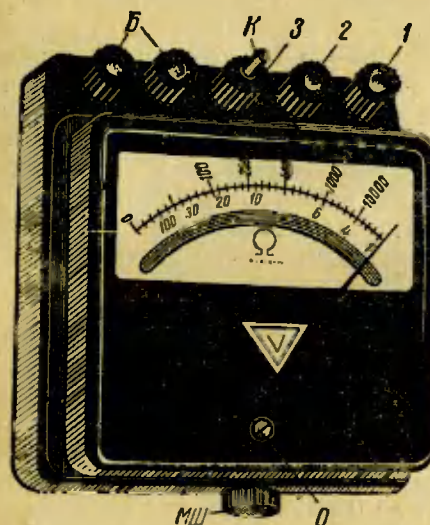


Рис. 73. Внешний вид омметра М-471: 1, 2, 3 — зажимы для включения измеряемых сопротивлений, K — кнопка, B — зажимы для включения батарейки, МШ — ручка магнитного шунта, 0 — винт для установки стрелки прибора на нуль.

Для установки стрелки прибора на 0 по нижней шкале пользуются корректором, имеющимся на верхней крышке корпуса прибора. Для установки 0 по верхней шкале, имеется магнитный шунт, управляемый рукояткой МШ, и установка нуля производится при нажатой кнопке K . Верхние и нижние шкалы являются обратными друг другу.

Прибор питается от одного сухого элемента (уменьшенного размера), вложенного внутрь с тыловой стороны и закрытого пластинкой из гетинакса. Если элемент израсходуется, то прибор можно питать от одного сухого элемента любого типа, присоединенного к зажимам B .

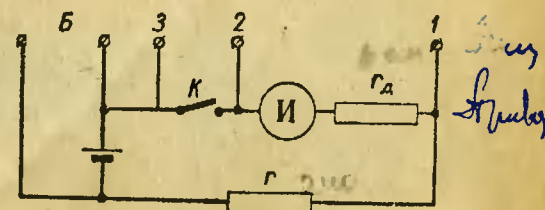


Рис. 74. Схема омметра типа М-471: И — измерительный механизм, r_d и r — сопротивления, K — кнопка, 1, 2, 3 и B — зажимы.

Инструкция пользования прибором написана на тыльной стенке (снизу прибора).

Другой омметр типа М-57 (рис. 75) более простой. Он предназначен для измерения сопротивлений в пределах от 10 до 5000 ом. Его схема подобна приведенной на рисунке 72. Кнопка *K* у прибора отсутствует. Стрелка устанавливается на ∞ корректором, а на 0 — рукояткой магнитного шунта. Источником тока служит батарейка от карманного фонарика, помещенная под крышкой в нижней части прибора. Для подключения измеряемых сопротивлений установлены два зажима в верхней части корпуса прибора. Прибор очень прост в обращении.



Рис 75. Омметр типа М-57: 1, 2 — зажимы для включения измеряемых сопротивлений, 3 — корректор для установки стрелки.

1. Перед началом измерений установите стрелку прибора (омметра типа М-471) на 0 по нижней шкале, вращая осторожно корректор отверткой. Потом, нажав кнопку *K*, поворотом рукоятки магнитного шунта *M* установите стрелку на 0 по верхней шкале (или что то же самое, на ∞ по нижней шкале).

2. Присоедините неизвестное сопротивление к зажимам 1—2, нажмите кнопку *K* и произведите отсчет показаний по нижней шкале прибора. Если при этом стрелка прибора уйдет влево и остановится между ∞ и последней цифрой шкалы, значит, сопротивление больше возможного предела измерения шкалы и его надо измерять, подключив к зажимам 2—3. Если же при подключении неизвестного сопротивления к зажимам 2—3 стрелка прибора остановится между 0 и первой отметкой шкалы — сопротивление мало и его надо измерять, подключая к зажимам 1—2. Измеряемые сопротивления пронумеруйте и величины их запишите в тетрадь.

3. Омметр типа М-57 перед началом измерений отрегулируйте. Для этого, поворачивая отверткой корректор, установите стрелку прибора по шкале на ∞ . Замкните проволочкой накоротко зажимы 1 и 2, и, вращая рукоятку магнитного шунта, находящуюся с тыльной стороны прибора, установите стрелку на 0 шкалы. После этого измерьте несколько сопротивлений. Пронумеруйте их и данные запишите в тетрадь.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схемы омметров.
3. Краткое описание пользования прибором.
4. Таблица результатов измерений.

Контрольные вопросы

1. Каким типом прибора измерялись сопротивления в практической работе?
2. Как регулируют прибор перед измерением?
3. На какие пределы измерений рассчитан прибор?
4. Какой источник тока используется для питания прибора?
5. Как определяют, к каким зажимам подключать сопротивления в приборе М-471?

Работа 11. Сборка простейшего омметра

Цель работы. Самостоятельно собрать простейший прибор для измерения сопротивлений и произвести несколько измерений.

Приборы и оборудование: 1) деревянная досочка для укрепления прибора и других деталей, 2) прибор магнитоэлектрической системы (миллиамперметр на номинальный ток 10 ма), 3) зажимы — 2 шт., 4) батарейка карманного фонарика, 5) набор различных радиосопротивлений, 6) маленькие гвозди и куски монтажных проводников, 7) электропаяльник, олово и канифоль.

Теоретические сведения

Принцип работы простейшего омметра описан в теоретической части предыдущей работы. Для изготовления такого прибора необходим измерительный механизм магнитоэлектрической системы. Его выбирают в зависимости от величин тех сопротивлений, которые желательно измерять омметром. Наибольшую величину измеряемого сопротивления с достаточной для практики точностью можно определить по формуле:

$$R_{\text{макс}} = 10 \frac{U}{J_{\text{н}}}$$

где $R_{\text{макс}}$ — наибольшая величина измеряемого сопротивления в тысячах ом, U — напряжение батарейки омметра в в, $J_{\text{н}}$ — номинальный ток прибора в ма.

Наименьшая величина измеряемого сопротивления $R_{\text{мин}}$ равна $0,01 R_{\text{макс}}$ (в тысячах ом).

Описание схемы простейшего омметра

Схема омметра приложена на рисунке 76. В ней последовательно соединены: миллиамперметр mA , добавочное сопротивление R_d и батарейка карманного фонарика B . Эта цепь заканчивается за-

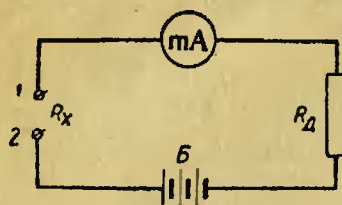


Рис. 76. Схема простейшего омметра.

симости от этого и определяются возможные границы величин измеряемых сопротивлений.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с данными электроизмерительного прибора, который предназначен для простейшего омметра.
2. По данным прибора и батареи найдите границы возможных измерений сопротивлений.
3. На деревянной дощечке укрепите миллиамперметр, зажимы к батарейку и сделайте необходимые соединения, оставив свободными концы проводов для включения дополнительного сопротивления.
4. Замкните зажимы 1 и 2 накоротко и, подобрав дополнительное сопротивление R_x , разомкните их. Дополнительное сопротивление нужно припаять к концам проводов. Собранный схему покажите для проверки учителю и после этого проградуируйте омметр.
5. Чтобы проградуировать собранный омметр, к зажимам 1 и 2 по очереди присоединяют известные сопротивления. Показания приборов, полученные при подключении каждого сопротивления, запишите в таблицу.

Таблица для градуировки омметра

[illegible]

Согласно этой таблице изготовьте бумажную шкалу с делениями в омах и в соответствии со шкалой миллиамперметра совместите две шкалы, не закрывая делений в *ма*.

6. Измерьте несколько неизвестных сопротивлений и по составленной таблице или шкале найдите их величину в *ом*.

Таблицу для градуировки омметра можно считать правильной, если напряжение батареек при последующих измерениях остается постоянным. Для проверки перед измерениями следует замкнуть коротко зажимы 1 и 2 и проверить О омметра по отклонению стрелки на всю шкалу.

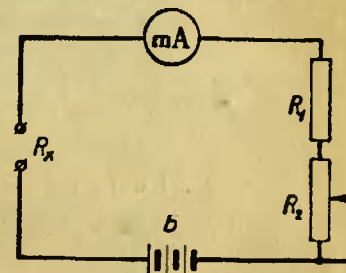


Рис. 77. Схема простейшего омметра с регулировкой нуля.

Омметр можно собрать по схеме, несколько отличающейся от рассматриваемой тем, что есть регулировка стрелки на 0, дополнительное сопротивление разделено на два сопротивления: R_1 и R_2 (рис. 77). Одно из них переменное. Его величина должна быть не более 10% от общей величины добавочного сопротивления: $R_d = R_1 + R_2$. В начале работы омметра вводят все сопротивление. По мере расходования энергии батарейки постепенно выводят переменное сопротивление, проверяя каждый раз положение стрелки на 0 при закороченных зажимах прибора.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема прибора; расчет, подтверждающий выбор электроизмерительного механизма.
3. Краткая инструкция пользования прибором.
4. Градуированная таблица и изготовленная шкала.

Контрольные вопросы

1. Какой измерительный прибор лучше взять для омметра?
2. Как включается этот прибор в схеме омметра?
3. На основании каких данных выбирают прибор для сборки простейшего омметра?
4. Как выбрать источник тока для омметра?
5. Как проверяют О омметра?
6. Каков порядок измерения простейшим омметром?
7. От чего зависят границы возможных измерений сопротивлений простейшим омметром?

Работа 12. Измерение сопротивлений измерительным мостом¹

Цель работы. Ознакомиться с устройством технического измерительного моста для измерения сопротивлений. Произвести измерения величины нескольких различных сопротивлений, пользуясь измерительным мостом.

Приборы и оборудование: 1) измерительный мост с реохордом, 2) батарейка для карманного фонарика, 3) измеряемые сопротивления (проволочные реостаты, катушки электрических звонков, обмотки трансформаторов, различные сопротивления, применяющиеся при монтаже радиоаппаратуры) 4), соединительные проводники.

Теоретические сведения

Принципиальная схема измерительного моста (рис. 78) представляет замкнутый четырехугольник, состоящий из сопротивлений:

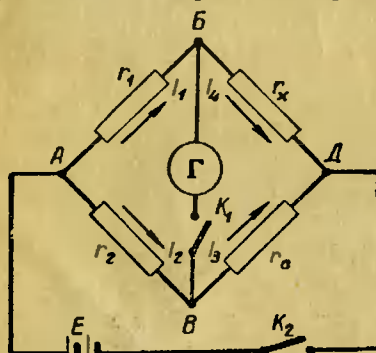


Рис. 78. Принципиальная схема измерительного моста.

лений: r_1, r_2, r_3 и r_x .

В одну из диагоналей включен гальванометр G , в другую — батарея E . Сопротивления, входящие в схему, называются плечами моста. Их можно подобрать так, что потенциалы в точках $Б$ и $В$ будут равны. В этом случае тока в цепи гальванометра не будет. Такое состояние схемы называют равновесием моста, а процесс подбора сопротивлений — уравниванием или балансировкой моста.

При равновесии падения напряжений от точки $А$ до точек $Б$ и $В$ равны между собой. Также

равны падения напряжений от точек $Б$ и $В$ до точки $Д$. Это записывается так: $U_{AB} = U_{AV}$ и $U_{BD} = U_{VD}$

Падения напряжения на плечах моста можно выразить, как произведения соответствующих токов и сопротивлений плеч моста:

$$U_{AB} = J_1 r_1; U_{AV} = J_2 r_2; U_{BD} = J_3 r_3; U_{VD} = J_4 r_x.$$

Подставив значения падений напряжений в равенства, написанные выше, получим:

$$J_1 r_1 = J_2 r_2; J_3 r_3 = J_4 r_x.$$

Поделим одно равенство на другое:

$$\frac{J_1 r_1}{J_3 r_3} = \frac{J_2 r_2}{J_4 r_x}.$$

¹ Работа 12 является дополнительной.

При равновесии схемы ток в гальванометре отсутствует, значит, существует равенство токов:

$$J_1 = J_3 \text{ и } J_2 = J_4.$$

Произведя сокращения токов в предыдущем равенстве, получим:

$$\frac{r_1}{r_3} = \frac{r_2}{r_x} \text{ или } \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_x}, \text{ откуда } r_x = r_3 \frac{r_2}{r_1}.$$

Следовательно, уравнив мост, можно вычислить неизвестное сопротивление r_x .

Измерение сопротивления с помощью моста дает ответ с очень большой точностью, что необходимо при научных исследованиях.

Сопротивление r_0 называют «эталонным», или плечом «сравнения».

Отношение $\frac{r_1}{r_2}$ носит название отношения балансных плеч моста.

Описание устройства прибора

Наиболее распространенным измерительным мостом является малый мост типа ММВ (рис. 79). Это технический переносный прибор, предназначенный для измерений сопротивлений в пределах

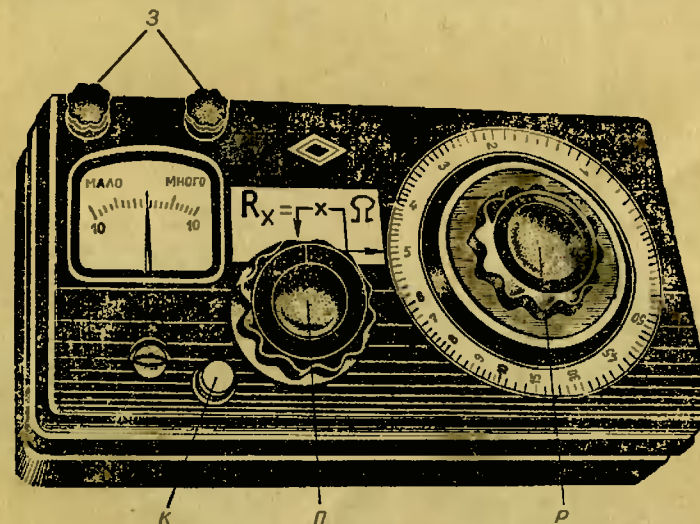


Рис. 79. Малый измерительный мост типа ММВ.

от 0,05 до 50 000 ом. Его принципиальная схема изображена на рисунке 80. Для подключения измеряемого сопротивления R_x на лицевой панели моста имеются два зажима 3. Балансные плечи моста r_1 и r_2 образуются реохордом и добавочными сопротивлениями r'_1 и r'_2 . Ползунок реохорда управляется ручкой P , на

которой нанесены деления отношения сопротивлений балансных плеч моста.

Сравнительное сопротивление r_0 состоит из пяти сопротивлений: 0,5 ом; 4,5 ом; 45 ом; 450 ом и 4500 ом. Они могут включаться в схему переключателем Π . Для включения гальванометра в цепь на лицевой панели прибора установлена кнопка K . Источником питания моста служит батарейка карманного фонаря типа КБС-0,35. Она

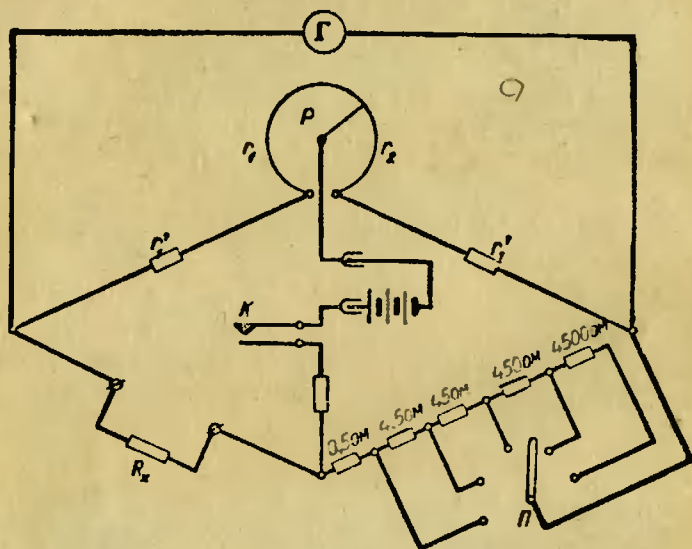


Рис. 80. Схема измерительного моста ММВ.

вкладывается под крышку «Б», расположенную с нижней стороны прибора. При установке батареи необходимо соблюдать полярность, обозначенную на контактах для подключения батарейки. Прибор смонтирован в пластмассовом корпусе. Внутри размещены: гальванометр, реохрд, сравнительные и добавочные сопротивления, батарейка; снаружи: зажимы, рукоятки реохрда P и переключателя Π , кнопка K , смотровое окошко гальванометра и шлиц для установки стрелки на 0 шкалы.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с устройством измерительного моста и инструкцией к нему. Запишите технические данные моста: пределы возможных измерений, величины сопротивлений плеча «сравнения», данные источника питания, данные гальванометра.

2. Измеряемое сопротивление подключите к зажимам моста. Переключатель Π установите в положение одного из возможных пределов измерений, в каком находится примерно предполагаемое значение измеряемого сопротивления.

3. Рукоятку реохрда установите на отметку «5» (вблизи средней точки шкалы).

4. Нажмите кнопку K и наблюдайте за стрелкой гальванометра. Если она резко отклоняется в одну из сторон, это значит, что положение переключателя Π выбрано неправильно. Его нужно изменить в соответствии с тем, в какую сторону от 0 отклонится стрелка гальванометра. На шкале имеются надписи: «мало», «много». Если стрелка гальванометра отклоняется в сторону «мало», надо увеличить сопротивление в «сравнительном» плече переключателем Π . Если — в сторону «много», то сопротивление следует уменьшить.

5. Для достижения окончательной балансировки моста медленно вращайте рукоятку P реохрда.

6. Добившись равновесия схемы, когда стрелка гальванометра остановится на 0, прочтите результат измерений. Он равен произведению цифр, обозначенных на рукоятках переключателя Π и реохрда P , находящихся при равновесии моста против указательных стрелок.

7. Процесс балансировки мостов других типов такой же, как и у моста ММВ. Отличительной особенностью некоторых других мостов является то, что при балансировке приходится подбирать не отношение плеч, а величину сопротивления сравнительного плеча. Отношение «балансных» плеч устанавливается в начале и в процессе измерений не меняется.

Измерьте поочередно еще несколько сопротивлений, выполнив все указания пунктов 2, 3, 4, 5, 6.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема измерительного моста.
3. Краткая характеристика прибора.
4. Описание последовательности действий при производстве измерений мостом.

Контрольные вопросы

1. Какие величины сопротивлений можно измерять при помощи измерительного моста, применявшегося в практической работе?
2. Из каких деталей состоит измерительный мост?
3. Как производится подготовка измерительного моста для измерения?
4. В чем заключается процесс балансировки измерительного моста при измерении сопротивлений?
5. Как устанавливается в данной конструкции моста отношение балансных плеч?
6. Как выполнено плечо «сравнения» r_0 в конструкции моста, примененного в практической работе?

7. Какие данные источника питания измерительного моста?
 8. Какой прибор применен в схеме измерительного моста для определения равновесия схемы?
 9. Как производится определение величины сопротивления, измеренного мостом?

Работа 13. Измерение мощности электрического тока

Цель работы. Ознакомиться с устройством ваттметра. Научиться включать приборы в цепь и производить измерения мощности электрического тока амперметром, вольтметром и ваттметром.

Приборы и оборудование: 1) амперметр электромагнитной или электромагнитной системы со шкалой 0—5 а, 2) вольтметр такой же системы со шкалой 0—30 в, 3) ваттметр электродинамической системы типа АСТ-Д, 4) ламповый реостат с набором ламп мощностью по 25 вт, 5) рубильник с предохранителями, смонтированными на дощечке с выводными зажимами, 6) источник питания, 7) соединительные проводники.

Теоретические сведения

Измерение мощности, потребляемой нагрузкой, можно производить прямым и косвенным методом. При косвенном методе амперметром измеряют величину тока I , потребляемого нагрузкой, а вольтметром — напряжение U на зажимах нагрузки (потребителя). Мощность определяется перемножением результатов показаний приборов: $P = IU$ (вт).

Этот способ измерения мощности пригоден и для цепи переменного тока, если нагрузкой — потребителем энергии являются лампы накаливания.

В технических измерениях с целью простоты и удобства мощность измеряют прямым методом по отсчету одним прибором — ваттметром электродинамической системы.

Как известно, показания приборов электродинамической системы в значительной степени зависят от влияния внешних магнитных полей, что необходимо учитывать при измерениях. Для устранения этого недостатка в некоторых

типах современных электродинамических приборов применяют астатический измерительный механизм электродинамической системы (рис. 81). Он состоит из двух неподвижных и двух подвижных катушек. Токи в неподвижных катушках протекают в противоположных направлениях. Так же в противоположные стороны направлены токи в подвижных катушках. При включении прибора в цепь возникают усилия F и F_1 , действующие на подвижные катушки. Эти усилия (пара сил) поворачивают ось прибора в одном направлении (показанном на рисунке стрелкой). Если под действием внешнего магнитного поля увеличивается усилие F_1 , действующее на одну из катушек, то под влиянием этого же самого поля уменьшится усилие F , действующее на вторую катушку.

Ваттметры с такими измерительными механизмами получили широкое распространение в практике.

Описание прибора и схемы измерений

В данной работе применяется электродинамический ваттметр типа АСТ-Д с астатическим измерительным механизмом (рис. 82).

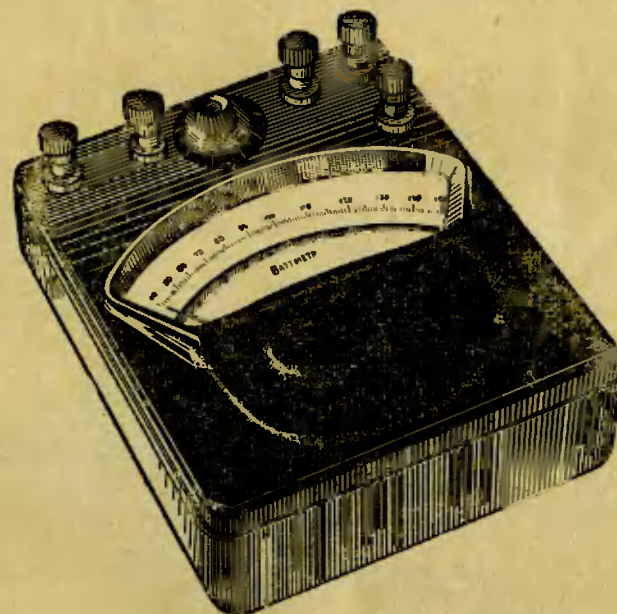


Рис. 82. Переносный ваттметр типа АСТ-Д.

Он пригоден для измерений в цепях постоянного и переменного тока с частотой 50 гц. Границы измерений: по току 5 а — по напряжению 150 в. На верхней крышке прибора размещены пять зажимов

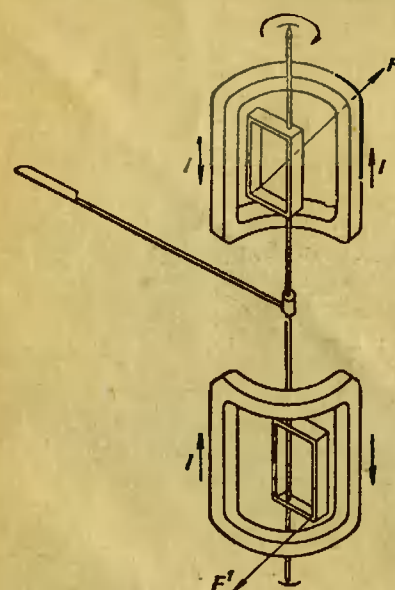


Рис. 81. Схема устройства астатического измерительного механизма электродинамической системы.

мов: два из них соединены с токовой катушкой (один обозначен * I, другой цифрой 5), другие два зажима соединены с катушкой напряжения и обозначены буквой * U и цифрой 150. Пятый зажим используется для включения прибора на напряжение 30 в. Принципиальная схема включения ваттметра в цепь изображена на рисунке 83.

К зажимам, обозначенным звездочкой, присоединяют проводник, идущий от сети (от генератора тока). Они называются генераторными зажимами прибора. Другой провод сети подводят к зажиму

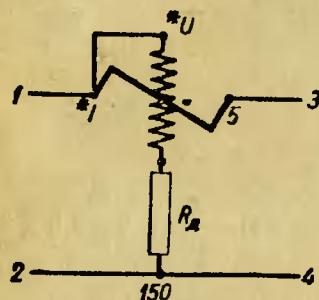


Рис. 83. Схема включения обмоток ваттметра.

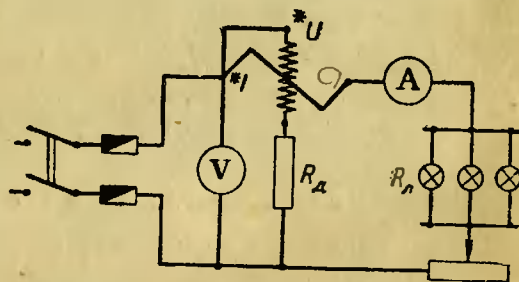


Рис. 84. Схема включения приборов при проверке ваттметра.

с обозначением 150. От зажимов с обозначением 5 и 150, провода подаются к нагрузке (потребителю).

Для измерения мощности и проверки показаний ваттметра в данной практической работе приборы соединяются по схеме, приведенной на рисунке 84.

Зажимы ваттметра * I и * U через предохранитель соединяют с первым выходным контактом рубильника. Зажим с цифрой 5 соединяют с амперметром. Второй зажим амперметра соединяют с ламповым реостатом (потребителем). От второго зажима лампового реостата провод подводят к зажиму ползунка проволочного реостата, второй зажим которого соединяют через предохранитель со вторым выходным контактом рубильника. Зажим ваттметра (150) присоединяют к зажиму проволочного реостата, соединенного с рубильником. Вольтметр присоединяют к контактам предохранителей.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с приборами, предоставленными для данной работы. Осмотрите ваттметр и найдите на нем зажимы для включения, о которых указано в описании прибора. Определите тип и класс ваттметра.

Найдите цену деления шкалы каждого из приборов и определите способ включения приборов в цепь. Цена деления шкалы ваттметра определяется по формуле: $C = \frac{U_n I_n}{n}$ вт на деление, где n —

целое число делений всей шкалы, U_n и I_n — номинальное напряжение и ток ваттметра.

2. Соедините приборы по схеме, приведенной на рисунке 84. Если амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы, то для питания схемы должен быть применен постоянный ток. При наличии электромагнитных приборов схему можно питать от переменного тока.

Собравшую схему покажите учителю и, получив разрешение на включение тока, произведите необходимые измерения. Работа заключается в проверке показаний ваттметра путем сравнения их с показаниями амперметра и вольтметра.

3. Введите сопротивление реостата. В ламповом реостате вверните одну лампу. Включите рубильник и, наблюдая за показаниями ваттметра, постепенно уменьшайте сопротивление реостата R , пока стрелка станет на первой цифровой отметке шкалы.

4. Показания приборов запишите в таблицу наблюдений.

Таблица наблюдений проверки ваттметра

№ пп	Показания проверяемого ваттметра	Показания приборов			Абсолютная погрешность $\Delta P = P_1 - P$	Поправка $\delta P = -\Delta P$	Примечание
		I	U	$P_1 = IU$			
	вт	а	в	вт	вт	вт	

5. Вверните в ламповый реостат еще одну лампу и при помощи проволочного реостата подберите ток в цепи так, чтобы стрелка ваттметра остановилась на следующем оцифрованном делении шкалы. Так произведите ряд последовательных измерений до номинального показания ваттметра. Результаты всех измерений запишите в таблицу.

6. Вычислите абсолютную погрешность. Запишите значения поправок в таблицу.

7. По результатам измерений и произведенных вычислений постройте график поправок. При этом по вертикали отложите величину поправки δP с учетом ее знака, а по горизонтали — величину мощностей, указанных цифровыми отметками на шкале ваттметра.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема включения приборов для измерений.
3. Схема верхней крышки ваттметра с зажимами для включения прибора и их обозначение.
4. Таблица результатов измерений и график поправок.
5. Выводы о точности ваттметра.

Контрольные вопросы

1. Сколько зажимов расположено на верхней крышке электродинамического ваттметра и какое их назначение?
2. Как включается ваттметр в цепь для измерения мощности?
3. Как обозначены генераторные зажимы ваттметра?
4. Как определяют цену деления шкалы ваттметра?
5. Как определяют измеренную мощность по шкале ваттметра?
6. Какие измерения производятся при проверке ваттметра?

Примечание. Если в работе применяется ваттметр другого типа, последовательность выполнения работы остается такой же.

Работа 14. Включение и проверка счетчика электрической энергии

Цель работы. Изучить устройство и работу индукционного однофазного счетчика электрической энергии. Научиться включать и проверять счетчик.

Приборы и оборудование: 1) индукционный однофазный счетчик электрической энергии на ток 5 или 10 а и напряжение, соответствующее номинальному напряжению сети, 2) амперметр электромагнитной системы со шкалой 0—5 а, 3) вольтметр электромагнитной системы со шкалой, соответствующей номинальному напряжению сети, 4) ламповый реостат на величину тока, равную 125% номинального тока счетчика (6,5 а или 12,5 а), 5) проволочный ползунковый реостат 15 ом на такой же ток, 6) песочные часы на 3 минуты или часы с секундной стрелкой, 7) двухполюсный рубильник, укрепленный на деревянной дощечке, с выводными зажимами, 8) соединительные проводники.

Теоретические сведения

Энергию переменного тока, потребляемую электроустановками, измеряют счетчиками электрической энергии индукционной системы. Внешний вид и внутреннее устройство счетчика показаны на рисунке 85. Внутри корпуса прибора укреплены: электромагнит с последовательно включаемой обмоткой из небольшого количества витков толстой изолированной медной проволоки (14—15 витков), параллельно включаемый электромагнит с большим количеством витков тонко изолированной медной проволоки (8000—10000 витков). В нижней части, вне корпуса счетчика, имеется коробка с четырьмя зажимами. Эти зажимы наполовину входят внутрь корпуса, где соединяются с обмотками электромагнитов. Зажимы 1 и 2 соединены с обмоткой последовательно включаемого электромагнита (токовая обмотка). Зажимы 3 и 4 соединены между собой накоротко. К ним подключен один конец обмотки параллельно включаемого электромагнита, а второй конец

этой же обмотки присоединен к зажиму 1. При помощи указанных зажимов счетчик включается в сеть (зажимы 1, 3) и соединяется с потребителем электрической энергии (зажимы 2, 4). Подключения производятся снаружи в зажимной коробке.

Подвижной частью счетчика служит алюминиевый диск, укрепленный на оси и расположенный между полюсами электромагнитов.

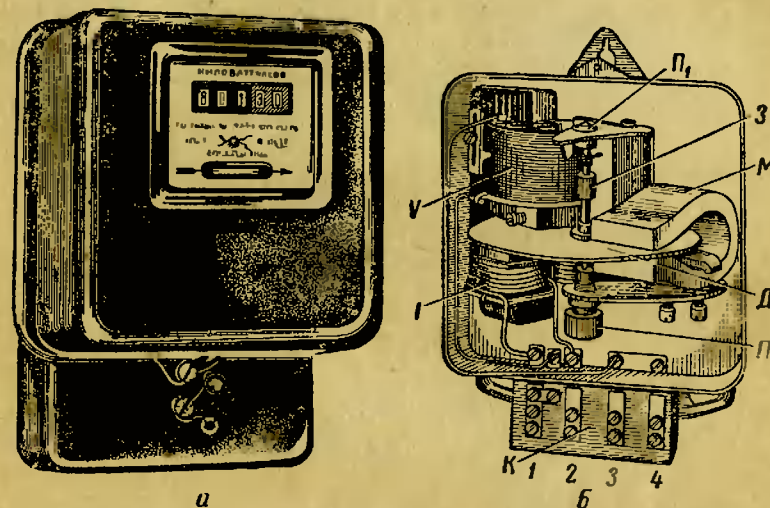


Рис. 85. Счетчик электрической энергии: а — внешний вид, б — внутреннее устройство: 1 — последовательно включенный электромагнит, V — параллельно включенный электромагнит, Д — алюминиевый диск, П₁ и П₂ — подпятники, 3 — шестеренчатая передача движения на счетный механизм, К — коробка включений, М — постоянный магнит.

Вращающий момент, приводящий во вращение диск счетчика, пропорционален мощности тока, проходящего через счетчик. Если диск будет вращаться в течение некоторого времени t , то энергия, потребляемая нагрузкой и проходящая через счетчик, определится как произведение мощности P на время t :

$$W = Pt \text{ вт.сек}$$

За это время диск сделает n оборотов. Следовательно, израсходованная энергия пропорциональна числу оборотов диска. Поэтому количеством оборотов диска можно измерять величину электрической энергии. Число ваттсекунд электрической энергии, регистрируемое счетным механизмом, приходящееся на 1 оборот диска, называется номинальной постоянной счетчика K_n . Ее определяют по данным, обозначенным на счетчике, где написано, что на 1 киловатт-час приходится 2500 оборотов диска. По этим данным вычисляют номинальную постоянную счетчика. 1 квт-час

составляет $1000 \text{ вт} \cdot 60 \cdot 60 \text{ сек.}$, поэтому $K_n = \frac{1000 \cdot 3600}{2500} = 1400 \text{ втсек}$ на 1 оборот диска.

Счетчик электрической энергии, как и всякий электроизмерительный прибор, обладает погрешностью, поэтому действительно израсходованная электрическая энергия будет отличаться от показанной счетчиком. Величина действительно израсходованной энергии в цепи, приходящейся на 1 оборот диска, называется действительной постоянной счетчика K . Ее так же определяют в ватт-секундах на 1 оборот диска:

$$K = \frac{U \cdot I \cdot t}{n},$$

где: U — напряжение сети в в, I — ток в а, t — время в сек, n — количество оборотов за время t сек.

Зная номинальную K_n и действительную K постоянные счетчика, можно определить относительную погрешность его γ_n по следующей формуле:

$$\gamma_n = \frac{K_n - K}{K} \cdot 100 (\%)$$

Погрешность счетчика согласно техническим условиям не должна превышать 2,5%. Ее определяют при проверке счетчика, и, если погрешность превышает 2,5%, счетчик необходимо отрегулировать.

Описание схемы для проверки счетчика

Для проверки счетчик электрической энергии включают по схеме, приведенной на рисунке 86. Сеть переменного тока под-

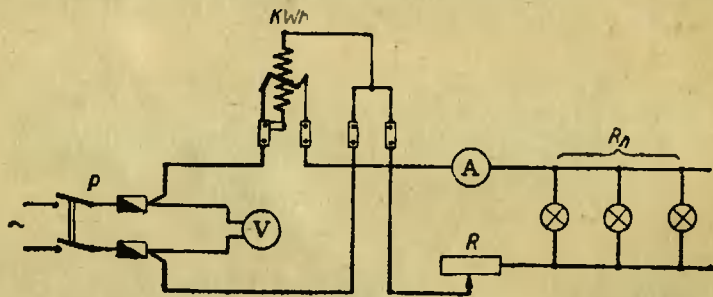


Рис. 86. Схема для проверки счетчика электрической энергии переменного тока.

водят к входным зажимам двухполюсного рубильника. К его выходным зажимам, через предохранители присоединяют цепь потребителя. Вольтметр включают параллельно этой цепи. К зажиму 1 счетчика (в коробке подключений) присоединяют «фазный» провод сети. От зажима 2 провод идет к амперметру, а от него — к лам-

повому реостату R_1 . Второй провод от лампового реостата присоединяют к регулировочному проволочному реостату R . Второй его зажим соединяют с зажимом 4 счетчика. Провод от зажима 3 счетчика соединяют со вторым («нулевым») проводом сети, куда присоединен один из проводов, идущий от вольтметра.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с устройством счетчика электрической энергии. Запишите его технические данные. Откройте крышку коробки подключений и найдите зажимы, соединенные с обмотками (последовательной и параллельной) электромагнитов.

2. Ознакомьтесь с приборами и схемой их включения. Соберите схему по рисунку 86. Подключая провода к счетчику, соблюдайте порядок включения «фазного» провода. Для того чтобы определить, какой из двух проводов сети «фазный», можно воспользоваться обычной лампой накаливания с патроном и куском шнура. Один конец шнура, идущий от патрона с лампочкой, соедините с заземлением (водопроводная труба), а другим — по очереди касайтесь проводов сети. Лампа ярко вспыхивает при соединении с «фазным» проводом. Если же коснуться нулевого провода, лампа может едва накаливаться или совсем не накаливаться.

Соберите схему и покажите ее для проверки учителю и, получив его разрешение, приступайте к выполнению работы.

3. Включите счетчик без нагрузки. При этом диск не должен вращаться, или же он может медленно вращаться до тех пор, пока в контрольном окошечке покажется красная отметка на диске. Если же диск будет вращаться без остановки, значит, счетчик обладает «самоходом» и для эксплуатации непригоден.

4. Если самоход отсутствует, определите действительную постоянную счетчика K при различных нагрузках. Для этого включите рубильник P . При помощи лампового (грубо) и проволочного (точно) реостатов установите по амперметру нагрузку, равную 2,5% от номинальной для данного счетчика. При этой нагрузке сосчитайте количество оборотов диска за 3 минуты по красной отметке на диске. Сделайте подобные наблюдения при нагрузках, равных 50, 75, 100% номинального значения тока счетчика. Нагрузку вводите плавно, без скачков. Показания приборов (амперметра и вольтметра) при каждой нагрузке и количество оборотов диска N за время $t = 3 \text{ мин. (180 сек)}$ запишите в таблицу наблюдений.

№ пп	Нагрузка в % от номинальной	Наблюдаемые величины				Вычисляемые величины				Примечание
		U	I	t	n	$P=U \cdot I$	K	K_n	$\gamma_n = \frac{K_n - K}{K} \cdot 100$	
		в	а	сек	оборот	вт	вт сек оборот	вт сек оборот	%	

Закончив измерения, отключите измеряемую цепь от электросети.

5. На основании произведенных измерений и наблюдений вычислите P , K , K_n и γ_n для каждой нагрузки. Результаты запишите в таблицу.

По данным наблюдений и вычислений сделайте вывод о пригодности счетчика для работы и запишите его в таблицу (графа «Примечание»).

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема включения приборов.
3. Таблица наблюдений и вычислений.
4. Вывод об исправности и пригодности счетчика для работы.

Контрольные вопросы

1. Как устроен индукционный счетчик электрической энергии?
2. К какому зажиму присоединяют «фазный» провод и почему?
3. Как определяют «фазный» провод сети?
4. Как необходимо включать счетчик электрической энергии для проверки?
5. Какие приборы необходимы для проверки счетчика и как их включают в цепь?
6. Как определяют «самоход» счетчика?
7. Почему при наличии «самохода» счетчик непригоден для работы?
8. Как определяют номинальную постоянную счетчика?
9. Как проверяют счетчик?

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК

§ 13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Подавляющее большинство электрических машин, используемых современной техникой, — это машины трехфазного или однофазного переменного тока. Они намного проще и надежнее по своей конструкции, чем электрические машины постоянного тока; на эксплуатацию и уход за машинами переменного тока требуется меньше времени, внимания и материальных затрат.

В некоторых отраслях народного хозяйства до сих пор используются машины постоянного тока, так как в ряде случаев они имеют преимущества по сравнению с машинами переменного тока. Рассмотрим эти преимущества.

Это прежде всего возможность широкого и плавного регулирования числа оборотов двигателей постоянного тока и возможность автоматического снижения оборотов при резком увеличении нагрузки на двигатель (это предохраняет механизмы, приводимые в движение этими двигателями, от быстрого срабатывания и поломки). Кроме того, важно, что некоторые двигатели постоянного тока развивают очень большой вращающий момент и могут легко сдвигать с места большие массы, преодолевая не только их вес, но и силы инерции, возникающие в начальный момент движения.

Этими особенностями двигатели переменного тока не обладают. Поэтому все механизмы электрической тяги (трамвай, троллейбусы, поезда метро, электропоезда) приводятся в движение двигателями постоянного тока. Постоянный ток используется в большинстве подъемных механизмов, в электрооборудовании автомобилей, тракторов, самолетов.

Следовательно, наряду с более широким применением переменного тока в некоторых отраслях техники, особенно в транспорте, в основном используется постоянный ток.

П а с п о р т м а ш и н ы . Каждая электрическая машина имеет табличку (паспорт), на которой указываются все необходимые для ее правильного использования рабочие величины: напряжение, мощность в киловаттах, величина тока, число оборотов в

минуту, коэффициент полезного действия, вес и т. д. Кроме того, на паспорте указывается тип машины, номер и завод-изготовитель.

Так, из таблички, изображенной на рисунке 87, видно, что машина, которую изготовил московский завод «Динамо» имени С. М. Кирова (тип машины ПН-10), представляет собой двигатель постоянного тока мощностью 4,1 квт. Номинальное рабочее на-

МЭП Завод „Динамо“ им. Кирова Москва 1950 г. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА			
Гост	184-47	Зав. №	3703901
Тип	ПН-10	Кат. №	ПН10БВ
кВт	4,1	ПВ%	25
Ампер	49	Вольт	110
об/мин	1450	Возбужд.	паралл.
шунт. обм.	110	V	Вес
			185

Рис. 87. Табличка машины ПН-10.

пряжение — 110 в, номинальное (рабочее) число оборотов в минуту — 1450, номинальный рабочий ток — 49 а. Кроме того, на табличке указано, что этот двигатель с параллельным возбуждением (см. об этом дальше).

Ознакомление с каждой новой машиной надо начинать с детального изучения ее паспорта. Только определив номинальные напряжения, ток, мощность и число оборотов машины, можно установить правильный режим ее работы.

§ 14. ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Устройство генераторов. Действие электрического генератора, как известно из физики, основывается на явлении электромагнитной индукции — на возникновении электродвижущей силы в контуре проводника при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур. Поэтому основными частями генератора постоянного тока являются станина (индуктор), создающий магнитное поле, и якорь с размещенными в нем проводниками, которые при вращении пересекают магнитный поток.

Между полюсами индуктора (рис. 88) помещается якорь, ось его вращается в подшипниках, запрессованных в боковые крышки машины. Несколькими болтами эти крышки крепятся к корпусу. Вдоль боковой цилиндрической поверхности якоря проходят пазы, куда закладываются витки обмотки якоря. Обмотку выполняют медным проводом, изолированным хлопчатобумажной пряжей. Выводы отдельных секций этой обмотки припаивают к пластинам

электрического коллектора, установленного на одном из концов вала якоря.

Для соединения подвижной обмотки якоря с неподвижными проводами внешней электрической цепи создают между ними скользя-

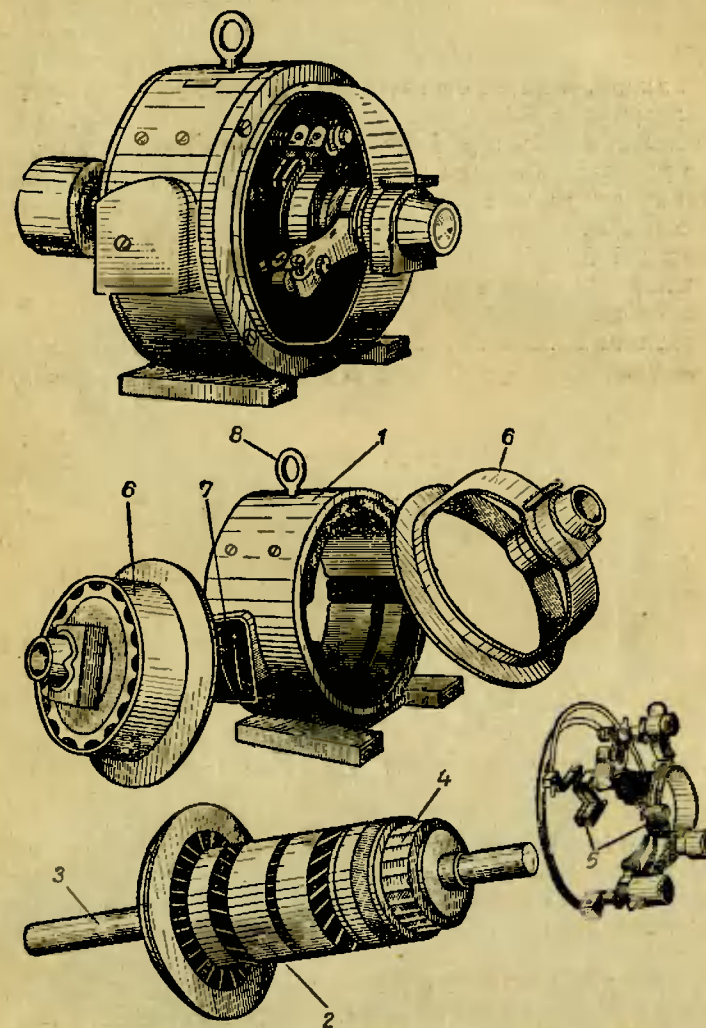


Рис. 88. Машина постоянного тока и ее части: 1 — станина индуктора, 2 — якорь, 3 — вал якоря, 4 — коллектор, 5 — траверза со щеткодержателями, 6 — боковые крышки, 7 — выходные зажимы, 8 — кольцо для транспортировки машины.

щий контакт. Для этого на коллектор, который непрерывно вращается, накладывают неподвижные щетки, изготовленные из меди, графита, прессованного угля или из смеси этих материалов.

Щетки (рис. 89) вставляются в металлические щеткодержатели (рис. 90), где прижимаются к коллектору стальной пружиной. Тем самым обеспечивается надежный контакт с внешней электрической цепью.

Поскольку металлический сердечник якоря, вращаясь в магнитном поле, пересекает магнитный поток, то в нем тоже индуцируются токи, называемые вихревыми токами. Эти токи вызывают нагрев якоря, и на их образование зря расходуется определенная часть энергии.

Чтобы повысить коэффициент полезного действия генератора, нужно уменьшить потери энергии на вихревые токи, изготовляя сердечник якоря, а также и сердечники катушек индуктора не сплошными, а из отдельных тонких штампованных пластин электро-технической стали. Пластинки изолируют одна от другой слоем лака или тонкой бумагой. Наличие отдельных пластин, а не

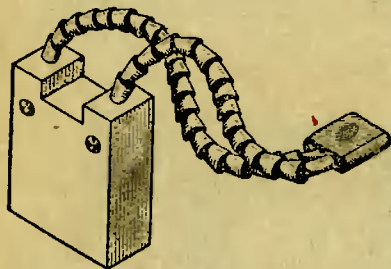


Рис. 89. Щетка электрической машины.

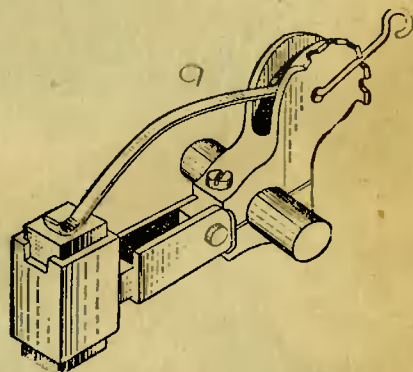


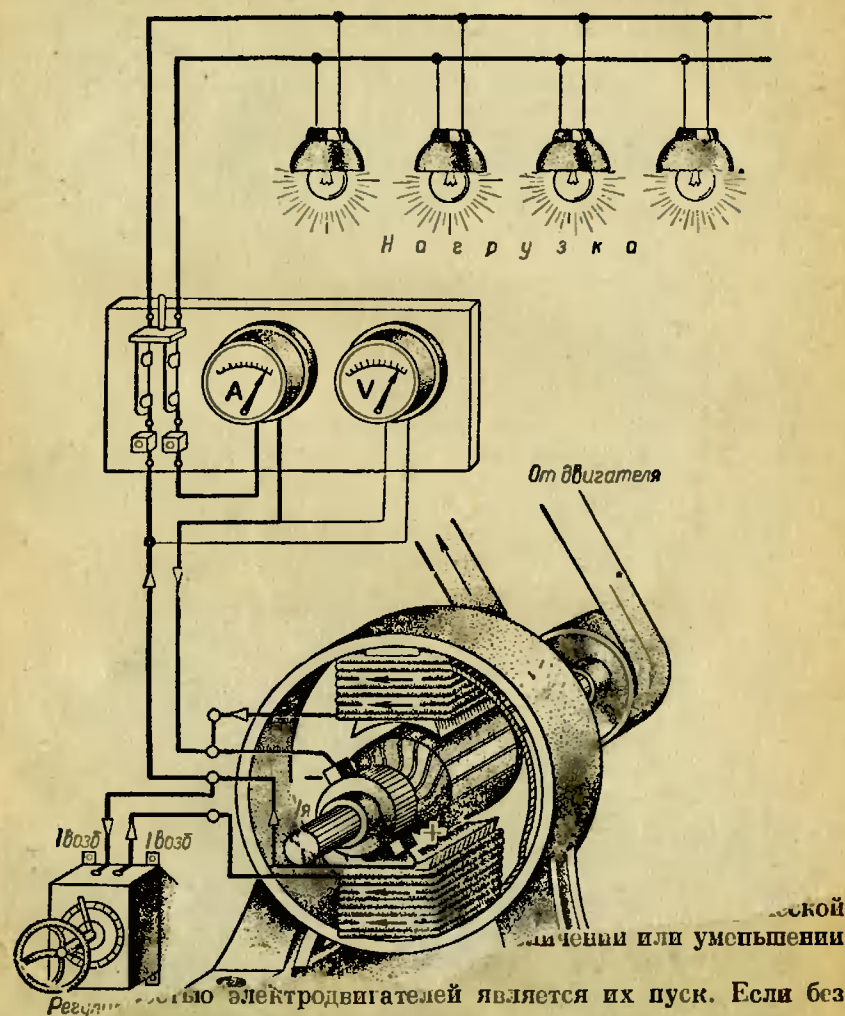
Рис. 90. Щеткодержатель со щеткой.

сплошного металла значительно затрудняет прохождение вихревых токов, и величина их уменьшается. Электротехническая сталь содержит кремний, который увеличивает электрическое сопротивление стали, что также ослабляет вихревые токи. Такой способ уменьшения вихревых токов применяется не только при изготовлении генераторов постоянного тока, но и для других электрических машин и аппаратов: сердечники всех трансформаторов, электромагнитных приборов, двигателей переменного тока тоже изготовляют из отдельных листов тонкой электротехнической стали.

Возбуждение генераторов. Для того чтобы в генераторе создавать постоянный сильный магнитный поток, по обмоткам возбуждения индуктора надо пропускать постоянный, достаточно сильный ток. В большинстве генераторов обмотки возбуждения питаются током, который индуцируется в обмотке якоря; такие машины называются генераторами с самовозбуждением.

Для самовозбуждения генератора обмотку индуктора надо присоединить к щеткам, т. е. к выводам обмотки якоря. По способу

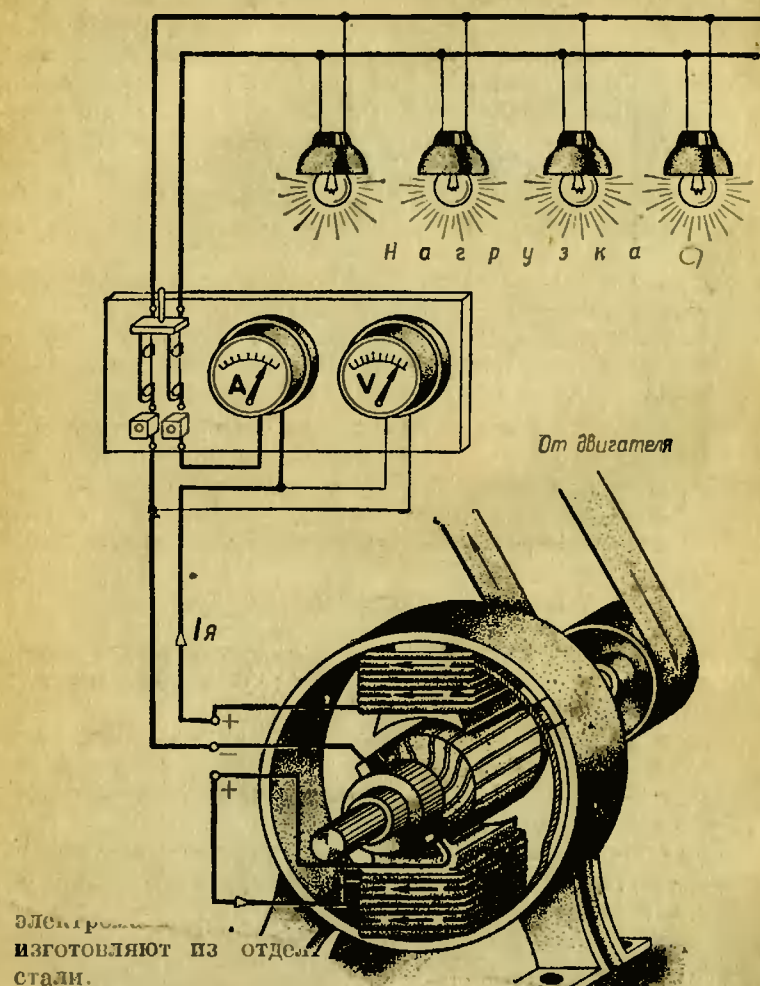
присоединения этих обмоток различают: а) генераторы с параллельным возбуждением (шунтовые генераторы), где обе обмотки соединены параллельно (рис. 91), б) генераторы с последовательным возбуждением (сериесные генераторы), где обмотки соединя-



...ской
...лиции или уменьшении
...ностью электродвигателей является их пуск. Если без
ре включить в сеть постоянного тока двигатель значитель-
ности, то это почти равносильно короткому замыканию и
ет большой пусковой ток. Наличие значительного сопротив-
ления якоря при работе двигателя объясняется тем, что провод-
ники якоря пересекают магнитное поле индуктора и в них индук-

¹ При изменении тока нагрузки во всех типах генераторов постоянного тока число оборотов принимается постоянным (номинальным).

В зависимости от вида возбуждения генераторы обладают неодинаковыми свойствами. Так, например, генераторы с последовательным возбуждением, где весь индуцируемый в якоре ток проходит по толстым обмоткам возбуждения, работают только



Возбуждение генераторов. Для генератора создавать постоянный сильный магнитный обмоткам возбуждения индуктора надо пропускать по достаточно сильный ток. В большинстве генераторов обмотка возбуждения питается током, который индуцируется в обмотке якоря; такие машины называются генераторами с самовозбуждением.

Для самовозбуждения генератора обмотку индуктора надо присоединить к щеткам, т. е. к выводам обмотки якоря. По способу

Резкие колебания выходного напряжения в зависимости от нагрузки являются очень серьезным недостатком электрических машин постоянного тока с последовательным возбуждением, поэтому в качестве генераторов на практике они почти не используются.

Этих недостатков не имеет генератор с параллельным возбуждением. В тонкую обмотку возбуждения отдельно отводится ток $I_{\text{возб.}}$, поэтому генератор работает и при разомкнутой внешней цепи. Если ток нагрузки растет, то ток возбуждения, а значит, и выходное напряжение генератора несколько уменьшается. У шунтовых генераторов эти колебания напряжения относительно небольшие. Включая в цепь возбуждения регулировочный реостат и изменяя им величину $I_{\text{возб.}}$ так, чтобы она оставалась почти постоянной, можно поддерживать неизменным и напряжение генератора.

Поэтому из всех других генераторов постоянного тока шунтовые распространены больше всего.

Если в генераторе сделать две обмотки возбуждения, одну из которых (толстую) подключить последовательно к якору, а вторую (тонкую) — параллельно, то при изменении нагрузки на генератор вследствие взаимно противоположного действия этих обмоток магнитный поток, а значит, и напряжение генератора будут оставаться постоянными, и поэтому, когда нужно иметь неизменное напряжение при значительных колебаниях токов нагрузки, пользуются компаундным генератором постоянного тока¹.

§ 15. ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Всякий генератор постоянного тока может работать и в качестве двигателя, т. е. преобразовывать электрическую энергию в механическую (принцип обратимости).

Двигатели постоянного тока, как и генераторы, бывают серийные, шунтовые и компаундные, т. е. с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением. Упрощенные схемы этих двигателей даны на рисунке 93.

При изменении механической нагрузки все электрические двигатели в соответствии с законом сохранения энергии определенным образом изменяют потребляемое количество электрической энергии. Это изменение выражается в увеличении или уменьшении тока, поступающего в двигатель.

Особенностью электродвигателей является их пуск. Если без реостата включить в сеть постоянного тока двигатель значительной мощности, то это почти равносильно короткому замыканию и вызовет большой пусковой ток. Наличие значительного сопротивления якоря при работе двигателя объясняется тем, что проводники якоря пересекают магнитное поле индуктора и в них индук-

¹ При изменении тока нагрузки во всех типах генераторов постоянного тока число оборотов принимается постоянным (номинальным).

тируется электродвижущая сила. В соответствии с законом Ленца она направлена против действия напряжения сети и почти все напряжение сети компенсирует. Эта эдс называется противоэлектродвижущей силой. В самом якоре двигателя вследствие возникновения противоэлектродвижущей силы действует напряжение всего лишь в несколько вольт.

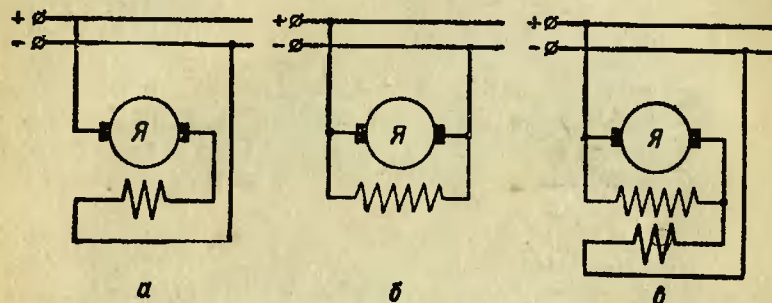


Рис. 93. Упрощенные схемы двигателей постоянного тока: а — с последовательным возбуждением, б — с параллельным возбуждением, в — со смешанным возбуждением.

В момент пуска двигателя якорь неподвижен. В нем противоэлектродвижущая сила не индуцируется, и вследствие очень малого сопротивления обмотки якоря пусковой ток достигает недопустимо большой величины. Чтобы предупредить это, в цепь двигателей постоянного тока значительной мощности последовательно с обмоткой якоря на время пуска включают пусковой реостат (рис. 94). К моменту пуска реостат вводят полностью; с увеличением числа оборотов якоря реостат постепенно выводят, так как он становится ненужным и будет давать излишние потери.

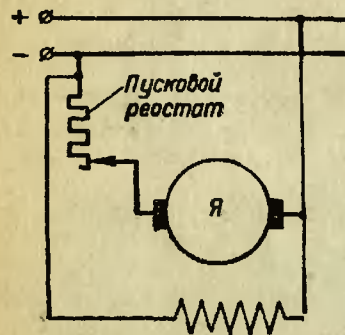


Рис. 94. Схема пуска двигателя при помощи пускового реостата.

Число оборотов якоря двигателя постоянного тока изменяют путем изменения величины тока в обмотке возбуждения. От этого меняется магнитный поток и скорость вращения якоря.

Для того чтобы якорь двигателя постоянного тока начал вращаться в обратном направлении, нужно изменить направление тока в одной из двух обмоток — в обмотке якоря или в обмотке возбуждения (рис. 95, 96). Тогда вследствие изменения направления магнитного потока между полюсами или направления тока в обмотке якоря изменится направление его вращения. Изменение направления вращения называется реверсированием.

В электрических машинах во время работы часть энергии теряется, переходя в тепло. Потери энергии в машинах постоянного тока можно разбить на три вида:

1. Потери энергии на преодоление остаточного магнетизма при непрерывных перемагничиваниях сердечника (потери на гистерезис) и потери на индуцируемые вихревые токи.

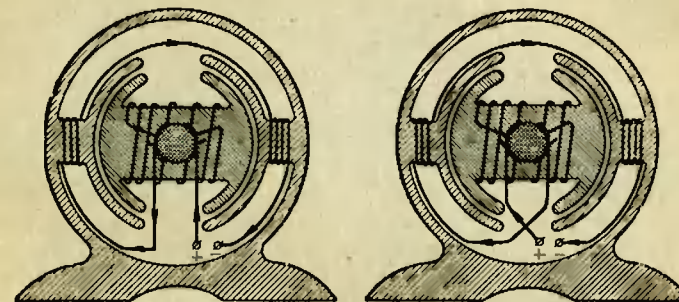


Рис. 95. Изменение направления вращения двигателя с последовательным возбуждением.

2. Потери энергии на преодоление омического сопротивления меди на нагревание обмоток якоря и индуктора.

3. Потери энергии на трение (в подшипниках, трение вращающихся частей о воздух и щеток по коллектору).

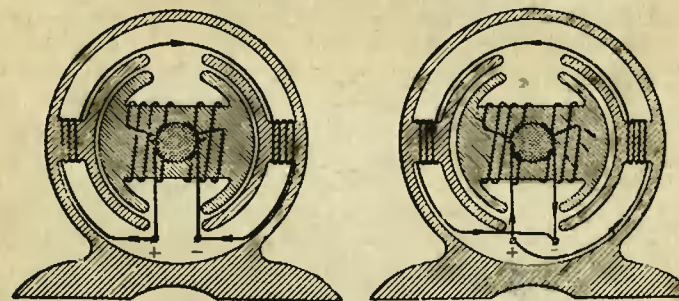


Рис. 96. Изменение направления вращения двигателя с параллельным возбуждением.

Если к мощности, отдаваемой двигателем, прибавить мощность, идущую на покрытие всех потерь, то можно определить мощность, потребляемую этим двигателем. Очевидно, чем меньше величина потерь, тем выше эффективность работы двигателя. Она выражается коэффициентом полезного действия — отношением полезной мощности P_2 , отданной двигателем, к полной мощности P_1 , которую он потребляет при работе:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 (\%)$$

При холостом ходе к.п.д. двигателя равен нулю. При увеличении нагрузки он быстро растет, достигая наибольшего значения при нагрузке, равной 75—90% номинальной мощности двигателя. В зависимости от мощности двигателей коэффициент полезного действия их колеблется в пределах от 70 до 90%, причем больше к.п.д. имеют более мощные машины.

§ 16. ДВИГАТЕЛЬ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ (СЕРИЕСНЫМ)

У двигателей с последовательным возбуждением обмотка якоря соединена с обмоткой возбуждения последовательно, что и обуславливает характерные особенности этого двигателя. Так, например, увеличение механической нагрузки приводит к увеличению тока, потребляемого якорем, и к значительному увеличению вращающего момента двигателя. Объясняется это тем, что возросший ток якоря, проходя по обмоткам индуктора двигателя, усиливает его магнитное поле, поэтому значительно возрастают силы взаимодействия между магнитным полем и током в обмотке якоря. Вследствие этого вращающий момент двигателя увеличивается. Серийный двигатель постоянного тока очень хорошо работает при увеличении (в определенных пределах) нагрузки, причем число оборотов его якоря при этом уменьшается. Поэтому различные транспортные машины, снабженные серийным двигателем, трогаются с места при полной нагрузке очень плавно и без рывков, легко преодолевая возникающие силы инерции, подъемы и т. д. У этих двигателей большой пусковой вращающий момент, а потому они широко используются в электрической тяге.

Двигатели с последовательным возбуждением имеют существенный недостаток: при значительном уменьшении нагрузки число оборотов якоря вследствие ослабления магнитного потока, а значит, и уменьшения величины противоэлектродвижущей силы значительно возрастает двигатель идет «в разнос», что может привести к аварии. Об этом нужно помнить и не запускать серийные двигатели «вхолостую», т. е. без нагрузки.

§ 17. ДВИГАТЕЛЬ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ (ШУНТОВОЙ)

У шунтового двигателя обмотка возбуждения и обмотка якоря подключены параллельно к источнику тока. Поскольку сопротивление обмотки возбуждения и напряжение источника при работе двигателя почти не изменяется, величина тока в обмотке возбуждения, а значит, и магнитный поток в двигателе остаются почти неизменными. Это обеспечивает на все время работы двигателя индуктирование неизменной противоэлектродвижущей силы и практически постоянное число оборотов его якоря даже при значительных колебаниях механической нагрузки на двигатель (ток через обмотку якоря будет изменяться пропорционально нагрузке).

Основным преимуществом шунтового двигателя является легкость плавного регулирования его оборотов в широких пределах.

Для этого достаточно включить последовательно в обмотку возбуждения регулировочный реостат (рис. 97) и изменять им величину тока возбуждения. При этом следует помнить, что при введении реостата сопротивление цепи возбуждения будет увеличиваться, ток в ней и магнитный поток двигателя будет уменьшаться и в якоре станет индуктироваться меньшая противоэлектродвижущая сила. От уменьшения ее ток в якоре возрастет и скорость его вращения увеличится. Наоборот, при уменьшении сопротивления реостата число оборотов двигателя уменьшается.

К моменту пуска шунтового двигателя регулировочный реостат надо полностью вывести, а пусковой — ввести.

Если разомкнуть цепь возбуждения шунтового двигателя во время его работы, то магнитный поток двигателя резко уменьшится до потока остаточного магнетизма. Вследствие этого противоэлектродвижущая сила в якоре почти исчезнет, на обмотку якоря начнет действовать полное напряжение сети, от чего значительно возрастет (до опасной величины) ток в якоре и, если мала нагрузка, число оборотов. Поэтому при работе шунтовых двигателей надо внимательно следить за исправностью цепи возбуждения, особенно за контактами в регулировочном реостате.

Другим недостатком шунтовых двигателей является малый вращающий момент во время пуска, и поэтому во время запуска нельзя давать полную нагрузку.

Некоторые недостатки, свойственные как серийным, так и шунтовым двигателям, устранены у компаундного двигателя постоянного тока. Однако схема этого двигателя довольно сложная, что затрудняет управление его работой и удорожает изготовление.

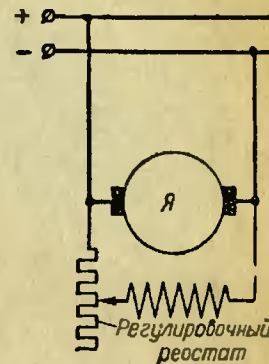


Рис. 97. Схема регулирования оборотов шунтового двигателя при помощи реостата.

§ 18. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Как известно из курса физики, переменным током называется такой ток, который непрерывно меняет свою величину и свое направление. В современной энергетике сильных токов применяются периодические синусоидальные переменные токи. Объясняется это тем, что такие токи легче всего вырабатывать (для этого достаточно вращать с постоянной скоростью замкнутые проводники в равномерном магнитном поле), они легко преобразуются и обладают рядом других достоинств. Генераторы переменного тока в отличие от генераторов постоянного тока вместо коллектора на валу имеют два сплошных металлических кольца. К этим коль-

цам припаяны концы обмоток якоря, а к поверхности колец прижаты щетки, отводящие переменный ток во внешнюю цепь.

При вращении якоря такого генератора в его обмотке в каждый момент индуктируется синусоидальная э.д.с. (мгновенное значение, e). Она характеризуется четырьмя величинами: периодом T , частотой f , амплитудой E и фазой φ (рис. 98). Смысл этих величин нужно хорошо представлять.

Впервые переменный ток использовал выдающийся русский электротехник П. Н. Яблочков для питания изобретенных им угольных свечей. Изучая применение переменного тока в технике, русский инженер-электротехник М. О. Доливо-Добровольский в конце прошлого столетия разработал системы трехфазного тока и

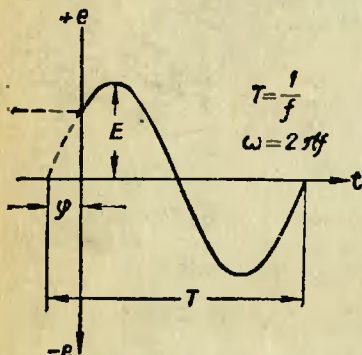


Рис. 98. Периодический синусоидальный ток.

осуществил на практике передачу трехфазного переменного тока на значительное расстояние (175 км).

Трехфазной системой переменного тока называется связанная система из трех электрических цепей переменного тока, электродвижущие силы которых имеют одинаковые амплитуду и частоту, но сдвинуты по фазе на $\frac{1}{3}$ периода одна от другой ($\varphi = 120^\circ$).

Однофазный и трехфазный ток вырабатывается в генераторах переменного тока с определенной схемой соединения статорных обмоток, определенным числом по-

люсов и заданной постоянной скоростью вращения магнитного ротора для получения промышленной частоты в 50 гц (синхронные генераторы).

Трехфазный переменный ток теперь очень распространен, так как трехфазная система обеспечивает более экономичную передачу и использование электрической энергии.

Отметим основные преимущества трехфазной системы перед однофазной:

- 1) экономия в проводах на 35% при строительстве линий электропередачи одинаковых мощностей;
- 2) трехфазный генератор на 25—30% дешевле, чем однофазный генератор равной мощности;
- 3) трехфазная система дает возможность иметь в каждом месте установки потребителей два различных по величине напряжения;
- 4) конструкция двигателей трехфазного тока значительно проще однофазных. Это упрощение достигнуто потому, что трехфазный ток, проходя по статорным обмоткам двигателя создает в нем вращающееся магнитное поле, за которым стремится следовать набранный из металлических пластин ротор.

§ 19. ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Рассмотрим, как образуется вращающееся магнитное поле в двигателе трехфазного тока. Неподвижная часть двигателя — статор имеет три фазные обмотки I, II и III, смещенные на 120° одна относительно другой (рис. 99). Если эти обмотки включить в сеть трехфазного тока, то по ним будут проходить токи, взаимные изменения которых изображены на рисунке 100 тремя синусоидами. Токи i_1 , i_2 и i_3 будут создавать магнитные поля, которые, складываясь, образуют результирующее магнитное поле двигателя. Определим направление этого поля для нескольких моментов времени, например для t_1 , t_2 , t_3 и t_4 (рис. 100).

Для каждого момента времени нанесем на рисунке направление токов в фазных обмотках и магнитные силовые линии образуемого ими поля. За положительное направление тока примем движение его от начала к концу обмотки, а за отрицательное, наоборот, — от конца к началу.

Обозначив крестиками и точками направление этих токов на изображении обмотки статора, пользуясь правилом бу-

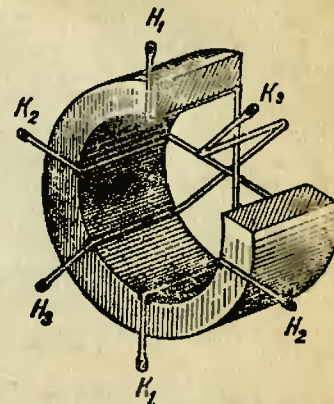


Рис. 99. Схема обмоток статора двигателя трехфазного тока.

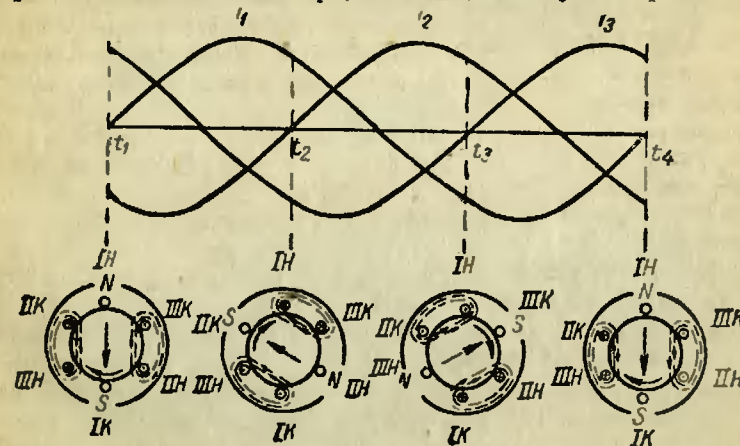


Рис. 100. Схема создания вращающегося магнитного поля в статоре двигателя.

равчика, магнитные силовые линии этих токов. В результате обнаружим, что в начальный момент времени t_1 суммарное результирующее магнитное поле внутри статора направлено вертикально — сверху вниз.

В момент времени t_1 ток в обмотке II уже будет равен нулю. В обмотке I он положительный, а в обмотке III отрицательный. Построив и для этого момента времени по установленным выше правилам магнитные поля этих токов нетрудно убедиться, что направление результирующего магнитного поля повернулось на 120° . Если выполнить аналогичные построения для моментов времени t_2 и t_3 и рассмотреть всю схему в целом, то можно увидеть, что полюса N и S результирующего магнитного поля непрерывно перемещаются по поверхности статора, т. е. в статоре создается вращающееся магнитное поле, причем за один период переменного тока это поле совершает один оборот.

Наличие вращающегося магнитного поля можно обнаружить, если обмотку статора включить в трехфазную сеть и вставить вместо ротора металлический цилиндр на ось, предварительно немного его раскрутив. Цилиндр, увлекаемый магнитным полем, также начинает вращаться.

§ 20. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОДНОФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Кроме трехфазных двигателей, некоторое распространение (особенно в быту) получили и однофазные двигатели переменного тока. Основными частями их является статор и ротор, имеющий такое же устройство, как в трехфазном двигателе.

В пазы статора однофазного двигателя укладывают обмотку, распределенную равномерно по окружности. Переменный ток, проходя по такой обмотке, образует в двигателе не вращающееся магнитное поле, а только пульсирующее, направление которого дважды за период меняется на обратное. Такое поле не может сдвинуть ротор двигателя с места. Если же при помощи внешней механической силы привести ротор во вращение, то тогда он будет подхвачен этим полем и начнет вращаться.

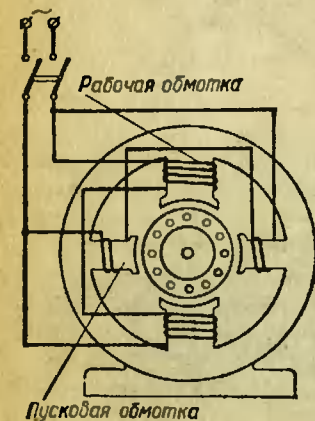


Рис. 101. Схема размещения обмоток однофазного асинхронного двигателя.

изображено на рисунке 101.

Как известно, каждая обмотка, кроме активного сопротивления, обладает еще и определенным индуктивным со-

противлением — индуктивностью, обуславливающей сдвиг фаз между напряжением и током, проходящим по обмотке. При этом сдвиг фаз тем больший, чем больше индуктивность обмотки.

Этим воспользовались для создания вращающегося магнитного поля в однофазных двигателях. Одну его обмотку (рабочую) изготовляют с большим числом витков, поэтому она имеет большую индуктивность и сдвиг фаз между напряжением и током, превышающий 45° . Число витков пусковой обмотки значительно меньше числа витков рабочей обмотки, поэтому индуктивность ее, а значит, и сдвиг фаз между напряжением и током в ней очень мал.

При питании обеих обмоток параллельно от одной фазы переменного тока в пусковой обмотке максимум напряжения насту-

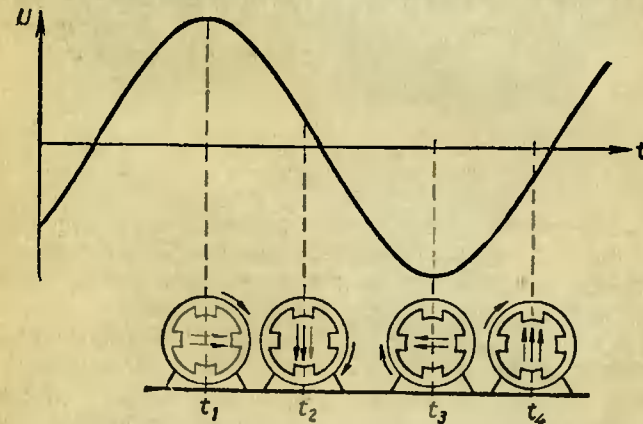


Рис. 102. Возникновение вращающегося магнитного поля в обмотке статора однофазного двигателя переменного тока.

пает почти одновременно с максимумом тока, тогда как в рабочей обмотке ток в эти моменты лишь нарастает, достигая своего максимума только через $1/4$ часть периода (45°). Если учесть, что эти обмотки размещены не рядом, а на определенном расстоянии по окружности статора, то станет ясным, что максимальное магнитное поле сначала возникает между полюсами с пусковой обмоткой, а потом (через определенную часть периода) — между полюсами с рабочей обмоткой. Вследствие этого имеем вращение поля по окружности статора (рис. 102), магнитное поле, пересекая обмотки ротора, заставит его также вращаться. Это дает возможность пускать однофазный двигатель без предварительного раскручивания внешней силой.

В статорах однофазных асинхронных двигателей (рис. 103) при техническом изготовлении проводники обеих обмоток помещают не на полюсах, а вкладывают в продольные пазы внутренней поверхности его на соответствующем расстоянии один от других. При таком размещении в сплошном кольцевом статоре соз-

дается определенное четное количество полюсов, вызывающих вращающееся магнитное поле.

Применяют и другие способы создания в статоре однофазных двигателей вращающегося магнитного поля, но все они основываются на использовании явления сдвига фаз.

Скорость вращения ротора однофазного двигателя зависит главным образом от частоты переменного тока, которым питается

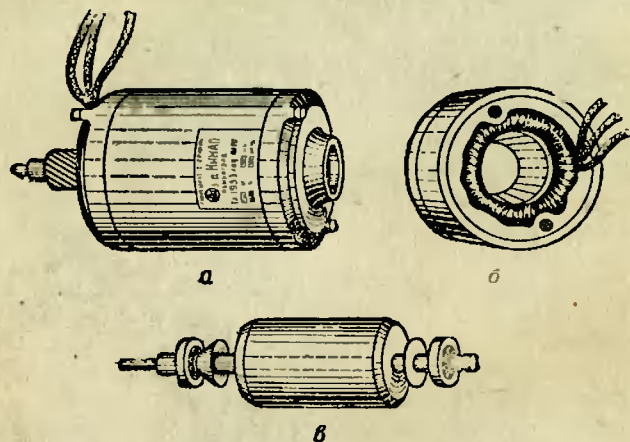


Рис. 103. Однофазный асинхронный двигатель: а — общий вид, б — статор, в — ротор.

двигатель и числа полюсов, эта скорость немного меняется при изменении нагрузки двигателя.

Однофазные асинхронные двигатели изготавливают в основном небольших мощностей; в промышленности они применяются сравнительно редко, так как имеют низкий к.п.д. и стоят дороже, нежели трехфазные двигатели равной мощности.

Их используют для кивопередвижек, электрического привода швейных и стиральных машин и для некоторых других бытовых электромеханических приборов.

§ 21. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Устройство двигателя. Трехфазные асинхронные двигатели состоят из двух основных частей: неподвижной части — статора и подвижной части — ротора. Статоры всех типов асинхронных двигателей по принципу устройства почти не отличаются, тогда как между их роторами есть значительное отличие.

Статор асинхронного двигателя (рис. 104) состоит из станины (корпуса), в середине которого вставлен сердечник в виде пустотелого стального цилиндра с пазами. В них закладывают трехфазные обмотки статора, изготовленные из изолированного

провода. Шесть концов обмотки статора (по два от каждой фазы «начало» и «конец») выводят на клеммный щиток двигателя.

Ротор какого-либо типа асинхронного двигателя состоит из сердечника, плотно насаженного на вал, и обмотки.

Обмотка короткозамкнутого ротора состоит из толстых изолированных медных стержней, уложенных в его пазы. Концы этих стержней, выступающие из пазов по обеим сторонам ротора, замыкают между собой накоротку толстыми медными кольцами. Именно поэтому такая обмотка называется короткозамкнутой. Иногда ее называют еще «беличьим колесом». Ротор с обмотками подобного типа изображен на рисунке 105, а и б.

В последнее время для упрощения технологии производства асинхронных двигателей стержни и замыкающие кольца короткозамкнутой обмотки изготавливают из алюминия, который в жидком состоянии заливают в форму с сердечником ротора. В форме возле колец оставляют дополнительно узкие щели. Алюминий заполняет их и вследствие этого с обеих сторон ротора, кроме колец, образуются небольшие лопасти вентиляторов (рис. 105, в). Наличие их обеспечивает надежное охлаждение двигателя при вращении ротора.

Кольца и стержни алюминиевой обмотки хорошо проводят индуктируемый ток и одновременно скрепляют стальные диски, из которых составлен сердечник ротора.

Обмотка фазного ротора подобна обмотке статора двигателя. Она тоже состоит из трехфазных обмоток; три конца этих обмоток соединяются на роторе в одну точку, а три другие конца присоединяют к трем контактными кольцам. Эти кольца закреплены на валу ротора и изолированы как между собой, так и от вала (рис. 106), двигатели такого вида получили также название двигателей с контактными кольцами.

Перед пуском двигателя в ход к кольцам ротора прижимают угольные щетки, соединенные с пусковым трехсекционным ротором — по одной секции на каждую фазу обмотки ротора.

Общий вид асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором приведен на рисунке 107, а двигателя с фазным ротором — на рисунке 108. С правой стороны этого двигателя видно кольца и рукоятку приспособления, которым поднимают и опускают щетки¹.

¹ Для удобства эксплуатации щетки включают только на момент запуска, затем их поднимают и контактные кольца замыкают.

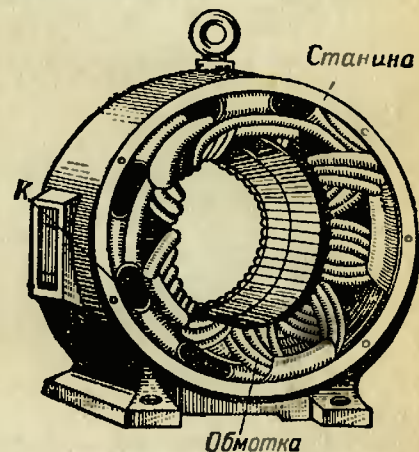
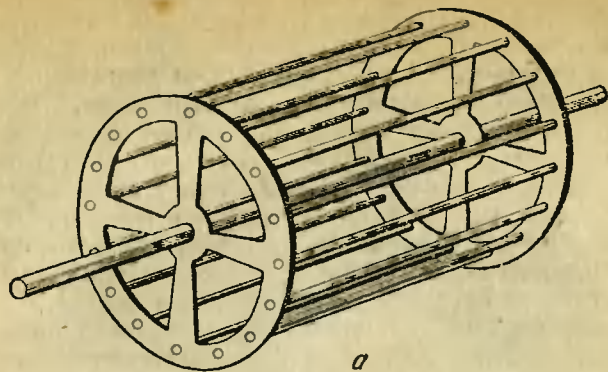
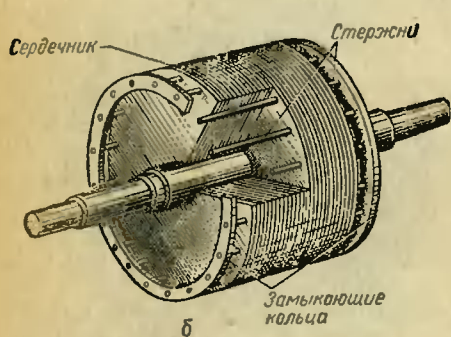


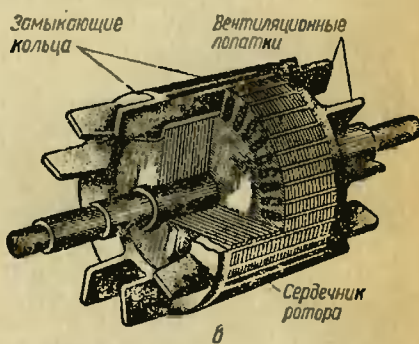
Рис. 104. Статор асинхронного двигателя трехфазного тока.



а



б



в

Рис. 105. Ротор с короткозамкнутой обмоткой: а — «белячье колесо», б — ротор с медной обмоткой, в — алюминиевая обмотка ротора с вентиляторами.

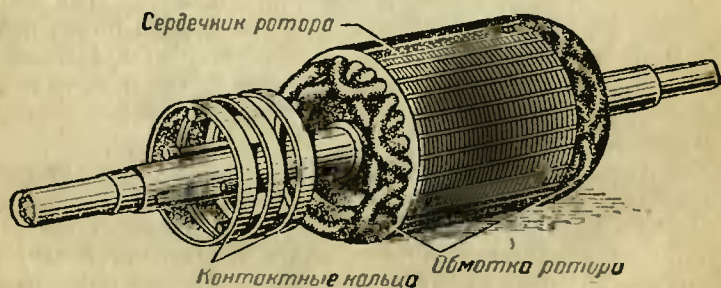


Рис. 106. Ротор с фазной обмоткой.

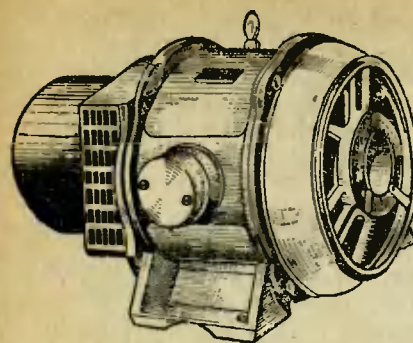


Рис. 107. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

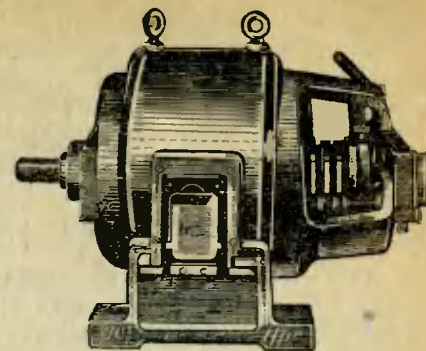


Рис. 108. Асинхронный двигатель с фазным ротором.

Принцип действия двигателя. Как уже указывалось, при прохождении трехфазного тока по обмотке статора в двигателе создается вращающееся магнитное поле, пересекающее обмотку ротора и индуцирующие в ней токи, которые обуславливают вращение ротора.

Магнитное поле статора (рис. 109), как показано стрелками, вращается по часовой стрелке и пересекает обмотку ротора. Нетрудно понять, что можно было бы получить тот же самый эффект, если бы поле было неподвижным, а проводники ротора вращались в обратном направлении — против часовой стрелки. Воспользовавшись этим, можно по правилу правой руки установить направление токов, индуцированных в проводниках обмотки ротора. В верхней половине обмотки токи движутся к нам ($\odot$), а в нижней — от нас ($\otimes$).

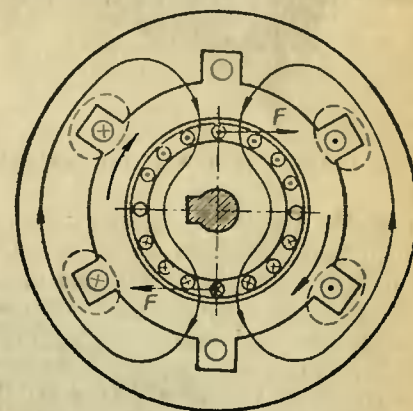


Рис. 109. Принцип действия асинхронного двигателя.

Как известно, на каждый проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует выталкивающая сила F , направление которой определяется по правилу левой руки. Если применить это правило к проводникам ротора, то можно увидеть, что на верхние проводники действует сила, направленная вправо, а на нижние — влево; т. е. на ротор действует пара сил. Она создает вращающий момент, от которого ротор вращается по часовой стрелке в ту же сторону, в которую вращается и магнитное поле статора.

Скорость вращения ротора не может стать равной скорости вращения магнитного поля статора. Если бы это произошло, то вращающееся поле статора перестало бы пересекать ротор, токи в его обмотке исчезли и ротор остановился бы. Значит, ротор при своем вращении всегда должен отставать от вращения магнитного поля статора, т. е. вращаться асинхронно — не в такт с полем. Поэтому такие двигатели и получили название асинхронных.

§ 22. КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Косинус φ ($\cos \varphi$). Из курса физики известно, что индуктивность в цепи переменного тока создает добавочное сопротивление. Причиной этого является возникновение в цепи переменного тока электродвижущей силы самоиндукции, которая противодействует изменениям тока. Вследствие этого противодействия в момент, когда переменное напряжение сети достигает максимума (ампли-

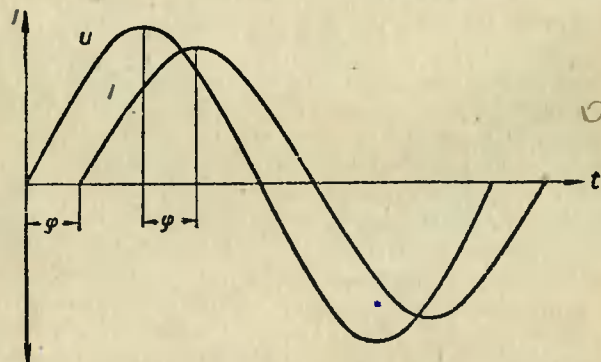


Рис. 110. Сдвиг фаз между напряжением и током.

тудного значения), ток не успевает дойти до своего максимального значения, которого бы он достиг, если бы не было самоиндукции. Значит, максимумы тока не совпадают с максимумами напряжения, а отстают от них на некоторый промежуток. В электротехнике такое явление называют сдвигом фаз между напряжением и током (рис. 110).

Величина сдвига фаз измеряется частями периода и определяется величиной φ , выраженной в угловых градусах. Чем больше индуктивность в цепи переменного тока, тем сдвиг фаз больше. Наличие сдвига фаз между напряжением и током в индуктивных потребителях значительно ухудшает эффективность их работы, делает невозможным использование всей потребляемой ими мощности на полезное действие. По теории переменного тока эффективность действия индуктивных потребителей переменного тока пропорциональна коэффициенту мощности, который равен косинусу угла сдвига фаз φ ($\cos \varphi$) между напряжением и током.

Эта величина — косинус φ — является очень важным показателем работы каждого индуктивного потребителя. Она показывает, какая часть всей потребляемой энергии преобразуется в этом потребителе на полезное действие.

Двигатели переменного тока являются индуктивными потребителями. Поэтому на паспорте каждого из них, кроме величины рабочего напряжения U и потребляемого тока I , указан коэффициент мощности — косинус φ ($\cos \varphi$). Поэтому полезную, или активную, мощность двигателя вычисляют по формуле:

$$P = UI \cos \varphi$$

Повышение коэффициента мощности ($\cos \varphi$) электрических установок является одной из важных народнохозяйственных проблем. При огромных масштабах электрификации СССР даже небольшое повышение $\cos \varphi$ дает экономии многих миллионов киловатт-часов электрической энергии. Повышение $\cos \varphi$ равноценно строительству новых электростанций.

Способы повышения косинуса φ двигателей

1. В меру повышения нагрузки двигателя переменного тока косинус φ повышается. Поэтому каждый работающий двигатель надо по возможности нагружать до его номинальной мощности.

2. При работе двигателя без нагрузки косинус φ его значительно понижается — до 0,1—0,3 (вместо 0,75—0,85); поэтому нельзя допускать, чтобы двигатель длительное время работал вхолостую. На время отсутствия нагрузки его лучше выключать.

3. Опытом установлено, что емкость, включенная в цепь переменного тока, дает сдвиг по фазе, противоположный индуктивности; поэтому сдвиг фаз, возникающий между переменными напряжением и током в индуктивных потребителях, можно компенсировать при помощи конденсаторов, имеющих значительную емкость. Для этой цели конденсаторы подключают параллельно к обмоткам статора асинхронного двигателя. Кроме того, на всех современных электрических подстанциях устанавливают батареи статических конденсаторов, которые подключают к токопроводящим шинам подстанции для повышения косинуса φ всей электрической сети.

§ 23. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформаторы — это электрические приборы, которые используют для изменения величин переменного напряжения и переменного электрического тока.

С повышением напряжения в силовых трансформаторах (рис. 111) пропорционально снижается величина тока, что широко используется при передаче электрической энергии на большие расстояния, так как уменьшение величины передаваемого тока значительно уменьшает потерю энергии в линиях и дает возможность применять провода значительно меньших сечений.

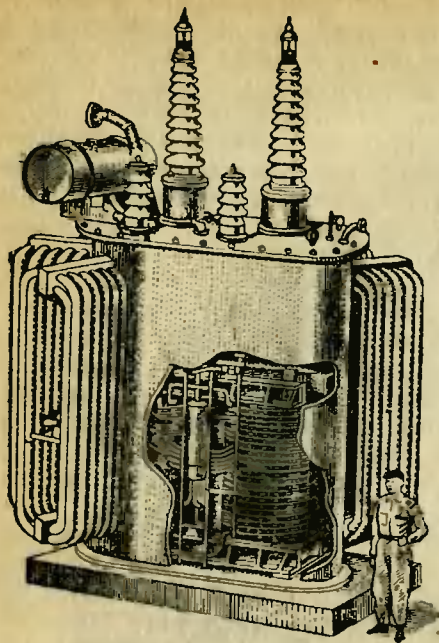


Рис. 111. Однофазный силовой трансформатор большой мощности.

ричную сеть. Автотрансформаторы имеют специальный переключатель или подвижный контакт, при помощи которого регулируется напряжение, поступающее к потребителю. Мощность большинства автотрансформаторов небольшая. Ими можно регулировать напряжение в пределах от 0 до 125—140% от подведенного. На рисунке 113 показан лаборатор-

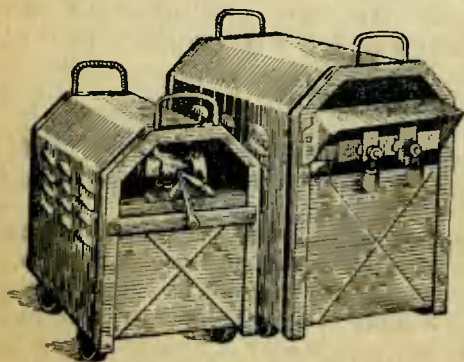


Рис. 112. Сварочные трансформаторы.

В ряде случаев возникает необходимость в уменьшении рабочего напряжения переменного тока. Например, электросварочные работы производятся при напряжении, не превышающем 50—60 в. Для получения такого напряжения применяют понижающие сварочные трансформаторы (рис. 112). Понижение напряжения здесь необходимо потому, что от этого имеем увеличение величины тока, а для сварки, как известно, нужны токи значительной величины.

Большое распространение в быту и лабораторной практике получили так называемые автотрансформаторы, т. е. такие трансформаторы, на сердечнике которых имеется только одна обмотка. К этой обмотке присоединяют одновременно и первичную и вто-

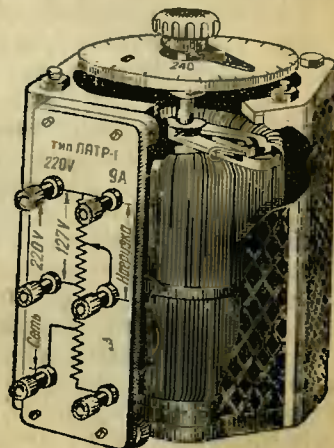


Рис. 113. Лабораторный автотрансформатор.

рый автотрансформатор. Чаще всего лабораторные автотрансформаторы используют для получения нужных напряжений в лабораториях и поддержания постоянства напряжения при питании радиоприемников и телевизоров, в то время когда напряжение в сети меняется.

В электрическом оборудовании электростанций и трансформаторных подстанций действуют высокие напряжения и проходят большие токи. Измерение этих напряжений и токов — дело сложное и опасное. Для выполнения этих измерений используют измерительные трансформаторы напряжения (рис. 115) и измерительные трансформаторы тока (рис. 114)

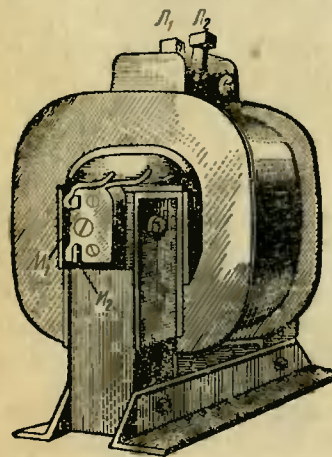


Рис. 114. Измерительный трансформатор тока: L_1 и L_2 — выводы первичной обмотки, I_1 и I_2 — выводы вторичной (измерительной) обмотки.

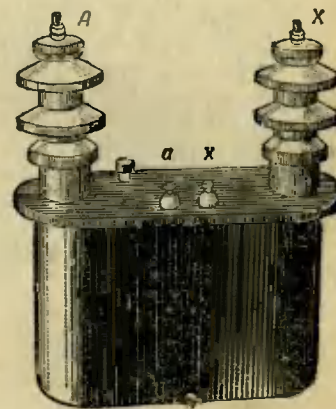


Рис. 115. Измерительный трансформатор напряжения: A и X — выводы обмотки высокого напряжения, a и x — выводы обмотки низкого напряжения.

Назначения их — понижать величину тока и напряжения для удобства и безопасности при измерениях. Измерив величину тока или напряжения во вторичной обмотке трансформатора, умножают ее на коэффициент трансформации данного трансформатора и таким образом определяют ток или напряжение на главных шинах подстанций или на зажимах генератора.

Силовые трансформаторы небольшой мощности используют для питания радиоприемников переменными токами. Такой трансформатор имеет несколько вторичных обмоток с различным числом витков (рис. 116), что дает возможность получать разные необходимые напряжения.

В школьных физических кабинетах довольно часто пользуются разборным учебным трансформатором (рис. 117). Он состоит из разборного железного сердечника и набора катушек, обмотка кото-

рых рассчитана на различные напряжения (220 в, 120 в, 24 в, 12 в и 6 в).

У всех трансформаторов различают вторичное и первичное напряжение. Если вторичное напряжение меньше первичного, то трансформатор является понижающим, если больше — повышающим.

В соответствии с этим первичной называется та обмотка, которая питается электроэнергией. Вторичную же обмотку соединяют с потребителями, питающимися током от этого трансформатора. По системе переменного тока трансформаторы разделяют на однофазные (с двумя основными обмотками) и трехфазные (с шестью

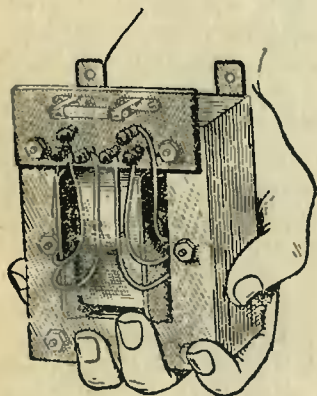


Рис. 116. Радиотрансформатор небольшой мощности.

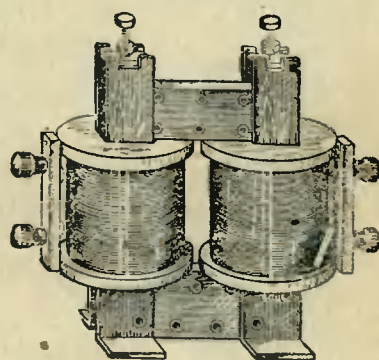


Рис. 117. Разборный трансформатор школьного типа.

основными обмотками). Для повышения надежности изоляции обмоток и улучшения условий их охлаждения обмотки мощных трансформаторов погружают в бак с маслом. Такие трансформаторы называются трансформаторами с масляным охлаждением. Менее мощные трансформаторы охлаждаются окружающим воздухом.

Полную мощность трансформатора в отличие от активной мощности электрических двигателей нагревательных приборов и ламп измеряют не в *вт* и *квт*, а в вольт-амперах (*ва*) или киловольт-амперах (*ква*) (где учитывается $\cos \varphi$).

Закачивая рассмотрение трансформаторов, необходимо отметить, что к.п.д. их вследствие отсутствия подвижных частей (а значит и потерь на трение) и небольших потерь на вихревые токи довольно высокий: 95—98%. У мощных силовых трансформаторов он достигает 99%, у автотрансформаторов 99,5%.

§ 24. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК»

Работа 15. Разборка и сборка электрического двигателя постоянного тока и включение его в электрическую цепь

Цель работы. Изучить устройство и действие двигателя постоянного тока, научиться разбирать и собирать небольшие двигатели, собирать электрическую схему их включения, осуществлять пуск.

Приборы и оборудование: 1) электрический двигатель постоянного тока (можно использовать автомобильный стартер), 2) источник постоянного тока соответствующего напряжения (двигатель-генератор или аккумуляторная батарея), 3) однополюсный рубильник, 4) реостат ползунковый на 10а, 10—30 ом, 5) отвертки (средняя и большая), 6) небольшой разводной гаечный ключ, 7) молоток, 8) соединительные провода.

Теоретические сведения

Автомобильные электрические стартеры — это низковольтные двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. Они используются для запуска автомобильных моторов.

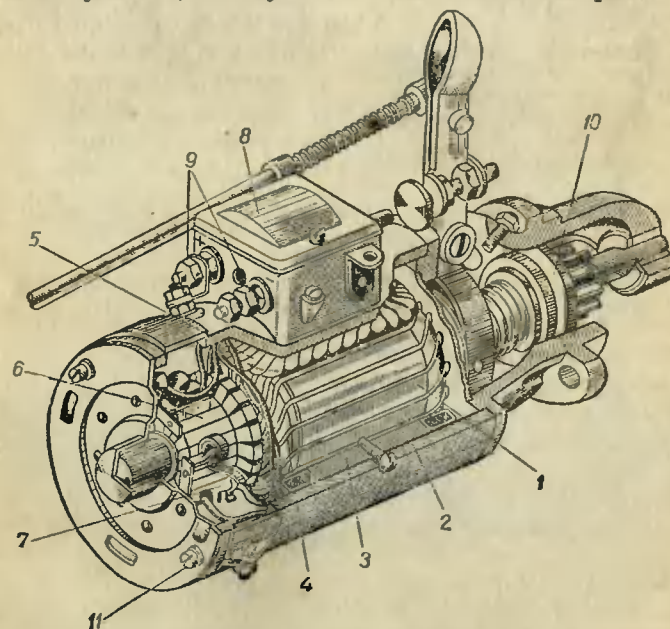


Рис. 118. Автомобильный стартер в разрезе.

Стартер — это небольшой двигатель цилиндрической формы. Внутри (рис. 118) на валу вращается якорь 1 с обмоткой 4. К внеш-

пему цилиндрическому корпусу 2 стартера винтами прикрепляются четыре полюсных накопечника 3 с обмотками возбуждения 5, намотанными толстым проводом и соединенными последовательно

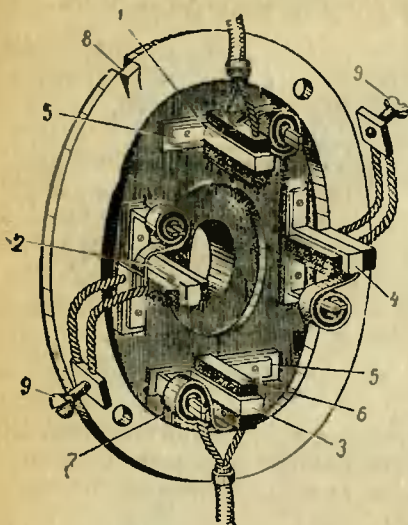


Рис. 119. Крышка стартера со щеткодержателями: 1, 2, 3 и 4 — щеткодержатели, 5 — изоляционные пластинки для изоляции щеткодержателей от крышки, 6 — щетки, 7 — нажимные пружины щеток, 8 — установочный выступ, 9 — винты для соединения щеток с массой.

Чтобы разобрать стартер, надо снять одну его крышку, на внутренней стороне которой установлены щетки (рис. 119). Для этого

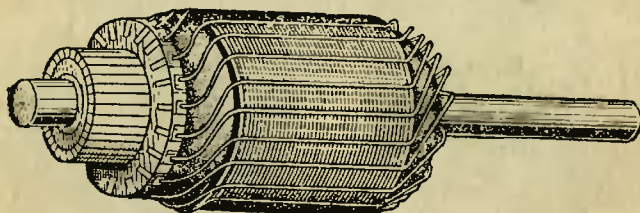


Рис. 120. Якорь стартера.

откручивают два винта 11 (рис. 118), которыми крышка прикрепляется к корпусу, вынимают щетки из щеткодержателей, отде-

¹ Вместо аккумуляторной батареи можно питать двигатель от выпрямителя или достаточно мощного мотор-генератора.

ляют (пользуясь отверткой) крышку от корпуса и осторожно снимают ее с вала. Потом, взявшись за вал, вынимают якорь стартера (рис. 120) из корпуса (рис. 121).

В корпусе стартера со стороны коллектора имеются отверстия (рис. 121), через которые можно наблюдать за работой стартера, за состоянием его щеток и коллектора, регулировать их работу и производить текущий ремонт.

Собирают стартер в обратной последовательности по отношению к разборке. При этом следует помнить, что установочный выступ крышки (см. рис. 119) должен попасть в специальное углубление, имеющееся на боковой поверхности корпуса. Это обеспечит установку крышки в прежнее место.

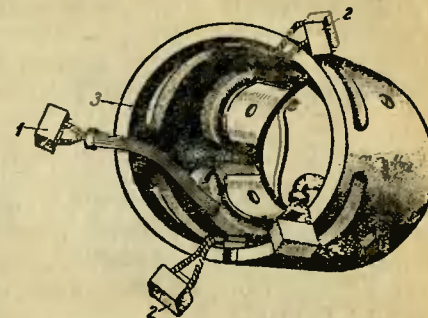


Рис. 121. Корпус стартера.

Установив крышку в закрепленные на ней щеткодержатели, вставляют щетки и прижимают их к коллектору пружинами, следя за тем, чтобы каждая щетка правильно попала в свой щеткодержатель.

Описание электрической схемы работы

Схема питания стартера изображена на рисунке 122. Как видно из этой схемы, минус аккумуляторной батареи соединяют последовательно с рубильником и реостатом. Вторую клемму реостата

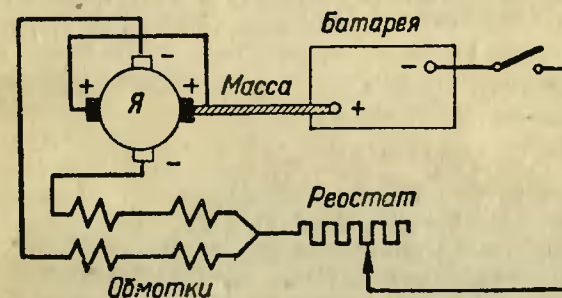


Рис. 122. Схема питания электрического стартера.

соединяют с той клеммой стартера, которая соединена с двумя обмотками его полюсов. Другие концы этих обмоток присоединены к двум отрицательным щеткам. Эти щетки легко найти, помня, что они изолированы от «массы».

После этого, убедившись, что положительные щетки соединены с корпусом (массой), корпус стартера соединяют с плюсом

аккумуляторной батареи, разомкнув перед этим рубильник в цепи. Проверив схему, ставят ползунок реостата на максимальное сопротивление, замыкают рубильник, осторожно выводят реостат и следят за работой стартера. Если обороты якоря значительно увеличатся, следует немедленно выключить рубильник.

Можно изменить направление вращения якоря, соединив отрицательные щетки якоря с плюсом батареи, а положительные — с обмоткой возбуждения. Для этого надо произвести довольно сложные переключения выводов щеток стартера.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с внешним устройством стартера или другого двигателя постоянного тока. Определите название и назначение всех наружных его деталей.

2. Постепенно разберите двигатель, осторожно отделяя одну часть от другой.

3. Рассмотрите устройство каждой детали двигателя, выясните ее назначение и определите материалы, из каких она изготовлена.

4. Проверьте качество шлифовки рабочей поверхности щеток к коллектору и состояние поверхности самого коллектора. В случае загрязнения тщательно протрите их тряпкой, слегка смоченной в бензине.

5. Соберите двигатель в обратном, по сравнению с разборкой, порядке.

6. Соберите электрическую схему питания двигателя постоянным током.

7. Несколько раз пустите двигатель в ход, внимательно наблюдая за взаимодействием его отдельных частей во время работы.

8. Если есть возможность, произведите необходимые переключения в схеме и измените направление вращения якоря двигателя.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание основных этапов работы.
3. Перечень деталей двигателя, их назначение.
4. Электрическая схема питания двигателя.
5. Выводы по основным свойствам серийного двигателя, его достоинства и недостатки.

Контрольные вопросы

1. В каких отраслях техники широко используются серийные двигатели?

2. Из каких основных частей состоит всякая электрическая машина постоянного тока?

3. Какие преимущества и недостатки двигателей постоянного тока по сравнению с двигателями трехфазного переменного тока?

4. Каково назначение коллектора у двигателей постоянного тока?

5. Из каких материалов изготовляют основные детали этих двигателей?

6. Что надо сделать, чтобы изменить направление вращения якоря двигателя?

7. Как регулируют число оборотов двигателя постоянного тока?

8. Каково назначение автомобильного стартера? От какого источника он питается?

Работа 16. Разборка и сборка автомобильного генератора постоянного тока и его испытание

Цель работы. Изучить устройство генератора постоянного тока, научиться разбирать, собирать его и испытывать в работе.

Приборы и оборудование: 1) генератор постоянного тока автомобиля или трактора (на 6 или 12 в), 2) устройство для вращения генератора (ручной редуктор), 3) ламповый реостат на 6 или 12 в (для нагрузки), 4) проволочный реостат с большим сопротивлением (для цепи возбуждения), 5) амперметр магнитоэлектрический на 10—15 а (с нулем посередине шкалы), 6) вольтметр магнитоэлектрический на 8—15 в, 7) батарея аккумуляторов на 6 или 12 в, 8) реле обратного тока (из электрооборудования автомобиля), 9) однопольный рубильник, 10) отвертка средняя и большая, 11) молоток, 12) соединительные провода.

Теоретические сведения

Включенное электрооборудование автомобиля потребляет электрическую энергию в тех или иных количествах почти все время, а потому обеспечивать его током могут только два отличных по своему характеру работы источника тока, а именно — генератор и батарея аккумуляторов.

Так, например, при движении автомобиля со средней скоростью наиболее распространенные электрические генераторы на автомобилях М-20 «Победа» дают ток в 18 а. Если автомобиль движется днем, когда светят лишь специальные сигналы, лампы которых потребляют ток в 3 а, то остальной ток генератора (15 а) идет на зарядку аккумуляторов.

Если же автомобиль движется ночью и при этом включены почти все осветительные лампы, величина потребляемого тока возрастает до 21 а и, очевидно, что тока генератора уже недостаточно. Эту недостачу покрывает батарея аккумуляторов. Электрический генератор при движении автомобиля работает непрерывно.

Рассмотрим устройство автомобильного генератора (рис. 123). Это генератор с параллельным возбуждением.

Его вращающаяся часть — якорь состоит из стального вала 1, сердечника 2, обмотки якоря 3 и коллектора 4. Сердечник набран из отдельных пластинок 5, штампованных из электротехнической

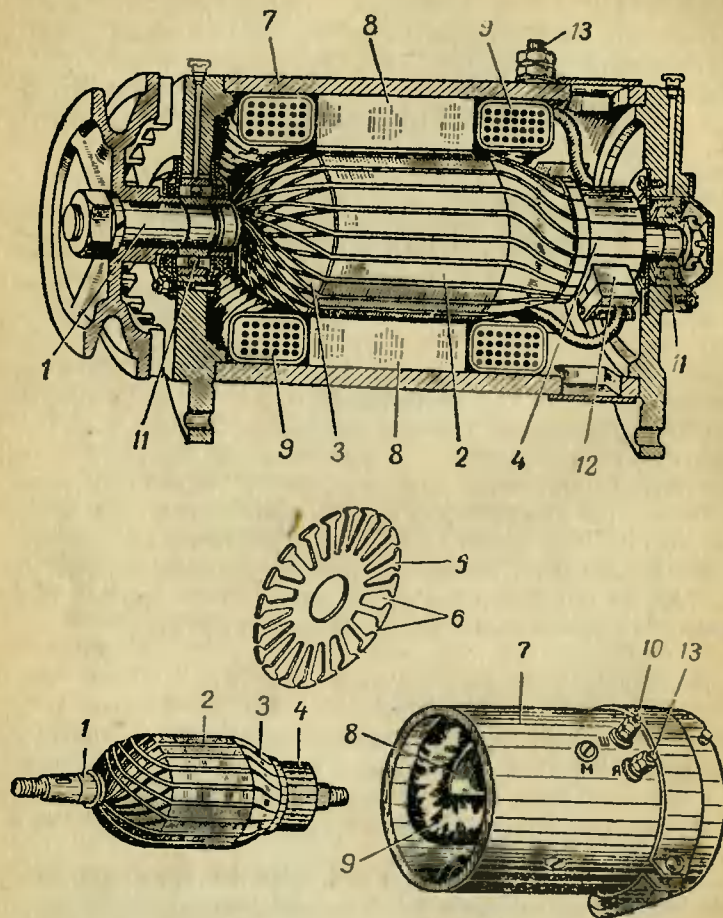


Рис. 123. Автомобильный генератор в разрезе и его детали.

стали, имеет по своей цилиндрической поверхности глубокие полузакрытые пазы 6. В них размещаются секции обмотки, каждая из которых состоит из нескольких витков медной проволоки ПЭЛВО диаметром 1,2—1,5 мм. Концы каждой секции припаяны к коллекторным пластинкам.

Неподвижной частью генератора является цилиндрический корпус 7 с двумя полюсными наконечниками 8. На электромагнитах размещена параллельная (шунтовая) обмотка возбуждения 9,

которая намотана тонким медным проводом с эмалевой изоляцией. Обе половины этой обмотки намотаны в одном направлении и соединены между собой последовательно. Один свободный конец обмотки возбуждения соединен с массой, а второй — с зажимом 10, который устанавливают на корпусе генератора и изолируют от корпуса.

В боковые крышки генератора запрессованы шарикоподшипники 11, в которых вращается якорь. Щетки 12 снимают с якоря ток и отводят его во внешнюю сеть электрооборудования автомобиля. Положительная щетка соединена с массой, а провод, соединенный с отрицательной щеткой, подключен к изолированному зажиму 13 на корпусе генератора.

У некоторых генераторов старой конструкции, кроме двух главных щеток, есть еще и третья — добавочная регулировочная щетка, размещенная на коллекторе немного сбоку; она соединена с обмоткой возбуждения. В современных генераторах вместо добавочной щетки устанавливают другие регулировочные устройства — специальные реле, на работе которых мы детально останавливаться не будем. Рассмотрим лишь действие реле обратного тока, без которого невозможна нормальная работа всего электрооборудования автомобиля.

Генератор и батарея аккумуляторов соединены между собой все время. Когда генератор работает, он заряжает батарею. А когда он прекращает свою работу, то превращается в потребителя и ток от батареи пойдет по его обмотке. Имея небольшое сопротивление, обмотки генератора замкнут аккумуляторы «накоротко», быстро их разрядят и сами, нагреваясь, перегорят. Поэтому, когда напряжение генератора во время работы автомобильного двигателя становится меньше напряжения батареи, их нужно отключать один от другого. Для этого и устанавливают реле обратного тока — электромагнитный прибор с подвижным и неподвижным контактами (рис. 124 и 125).

Это реле содержит следующие детали: ярмо 1, изолированное от массы; сердечник 2; шунтовая обмотка 3 из провода малого сечения; последовательная обмотка 4 из толстого провода; якорь 5 с подвижным контактом 6 и пружиной 7; стойка в виде скобы с неподвижным контактом 8.

Обе обмотки реле размещены на центральном стержне сердечника и при прохождении по ним тока намагничивают его.

Тонкая шунтовая обмотка реле 3 подключена параллельно якорю генератора: один ее конец соединен с массой, т.е. с положительным полюсом генератора, а второй — с последовательной обмоткой реле 4 и через нее с отрицательным полюсом генератора.

Толстая последовательная обмотка реле 4 является продолжением внешней цепи генератора. Второй конец ее через контакты реле, его якорь и ярмо соединен с тем зажимом этого реле, от которого отходит ток к потребителям и к батарее аккумуляторов.

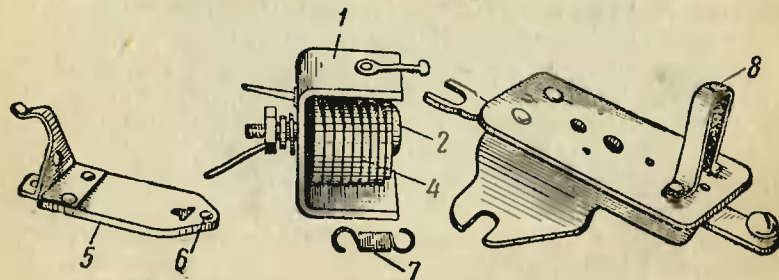
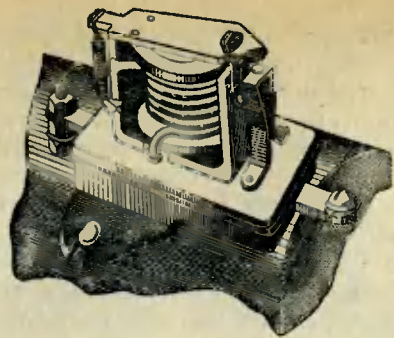


Рис. 124. Реле обратного тока и его детали.

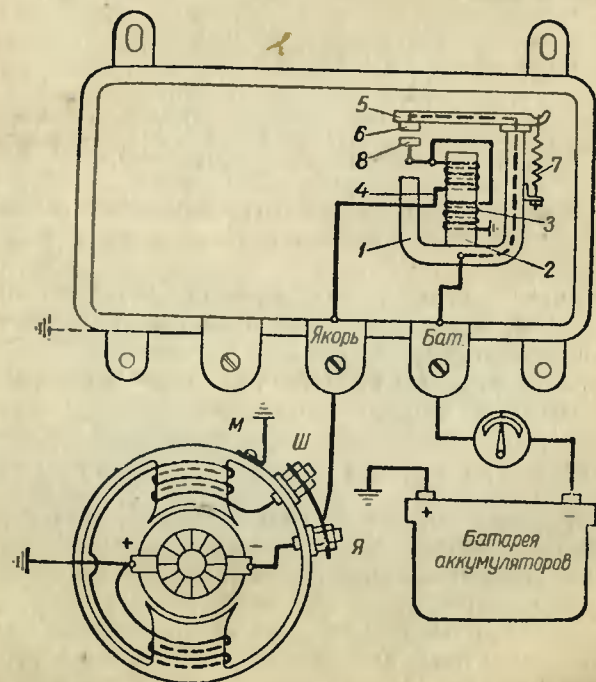


Рис. 125. Схема электрических соединений реле обратного тока.

На малых оборотах двигателя (до 650 об/мин.) контакты реле остаются разомкнутыми. Хотя шунтовая обмотка реле и питается в это время током от генератора, однако невысокое напряжение его при малых оборотах не обеспечивает прохождения по этой обмотке такого тока, от которого сердечник памагнитился бы и замкнул контакты реле. Число витков и сечение провода этой обмотки подобраны так, чтобы только в тот момент, когда напряжение генератора достигнет 6,5 в (или 13 в), т. е. станет больше, чем напряжение батареи, сердечник достаточно памагнитится и, преодолевая противодействие пружины 7, притянет якорь реле и замкнет контакты. С этого момента генератор начнет отдавать ток во внешнюю цепь (рис. 126) и одновременно будет заряжать аккумулятор.

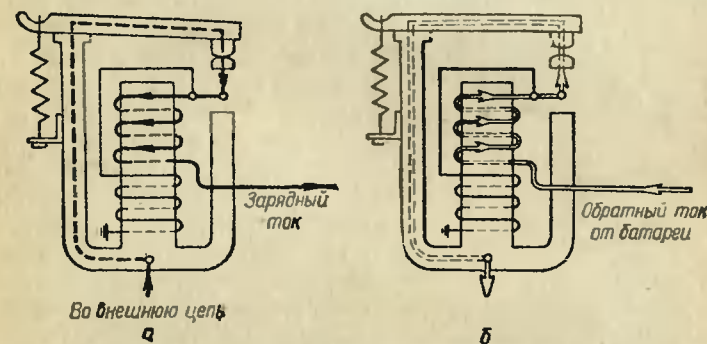


Рис. 126. Работа реле обратного тока: а — когда напряжение генератора выше, чем напряжение батареи, б — когда напряжение генератора ниже, чем напряжение батареи.

Если же число оборотов генератора начнет уменьшаться и напряжение его станет ниже, чем напряжение батареи, то в первый момент ток батареи потечет в генератор, как в потребитель, и по последовательной обмотке реле пройдет ток обратного направления. От этого сердечник размагнитится, пружина 7 оттянет якорь реле и разомкнет его контакты.

В автомобилях на одной панели с реле обратного тока устанавливают еще два реле, которые регулируют работу генератора.

Описание электрической схемы работы

Схему для испытания генератора (рис. 127) начинают собирать с последовательной цепи главного тока. Для этого одну клемму Я, которая имеется на корпусе генератора, соединяют толстым проводом с той клеммой реле, которая тоже обозначена буквой Я. Это начало последовательной обмотки реле. Вторую клемму этой обмотки реле соединяют через лампы на «массу», а через однополюсный рубильник и амперметр — с отрицательной клеммой батареи аккумулятора. Положительную щетку генератора, ко-

нец шунтовой обмотки реле, положительную клемму батареи надо соединить с массой, т. е. с корпусом самого генератора. Собрав и проверив последовательную цепь, параллельно щеткам генератора включают вольтметр (на рис. 127 не указан). При включенном рубильнике начинает вращаться якорь генератора, контакты реле еще разомкнуты и ток с положительной щетки через массу поступает только в шунтовую обмотку реле и в обмотки возбуждения генератора. От тока возбуждения усиливается магнитное поле генератора, вследствие чего возрастает его напряже-

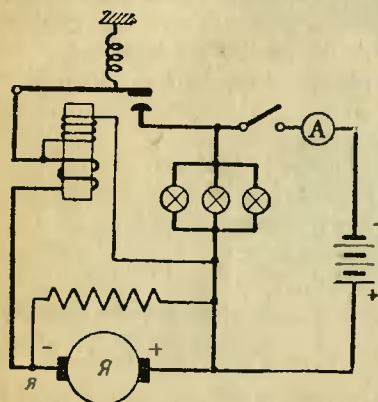


Рис. 127. Схема испытания автомобильного генератора.

дает на зарядку аккумуляторов¹.

Если после этого постепенно уменьшать число оборотов якоря генератора, то напряжение начнет уменьшаться и наступит такой момент, когда аккумулятор будет питать и лампы и обмотки генератора. Стрелка амперметра перейдет в прежнее положение. В этот момент по последовательной обмотке реле пройдет ток в обратном направлении, сердечник размагнитится и отпустит подвижный контакт. Генератор начнет работать вхолостую.

Остановив генератор, размыкают рубильник, чтобы напрасно не разряжалась батарея аккумулятора.

Выполнение работы

1. Разберите генератор, ознакомьтесь с его табличкой, устройством всех деталей и их назначением.
2. Изучите устройство реле обратного тока.
3. Соберите генератор; вращая якорь от руки, проверьте правильность сборки.

¹ Если имеется амперметр, 0 которого расположен слева, необходимо изменить направление тока в нем, т. е. воспользоваться переключателем.

4. Соедините вал генератора и редуктора резиновой трубкой, которая служит в качестве муфты.

5. Соберите электрическую схему испытания генератора.

6. Перед тем как включать вольтметр к щеткам генератора, измерьте и запишите напряжение батареи аккумуляторов U_0 .

7. До того как начнет вращаться генератор, замкните рубильник, измерьте и запишите ток I_d , потребляемый лампами.

8. Вращая редуктором генератор по часовой стрелке (если смотреть со стороны привода), постепенно увеличивайте число оборотов его якоря. Следите за вольтметром и определите напряжение U_1 , при котором замыкаются контакты реле обратного тока.

9. Постепенно уменьшая число оборотов, определите напряжение U_2 , при котором контакты реле размыкаются и генератор прекращает подачу тока во внешнюю цепь.

10. Несколько раз увеличивайте и уменьшайте число оборотов якоря, наблюдая за работой схемы. После окончания работы схему разберите и приведите в порядок рабочее место.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы. Перечень основных этапов работы.
2. Список деталей генератора, реле обратного тока и их назначение.
3. Схемы: а) прохождения тока при работе генератора и разомкнутых контактах реле, б) при замкнутых контактах реле и в) при остановке генератора.
4. Паспортные данные генератора.
5. Величины: U_0 , U_1 , U_2 , I_d . Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение автомобильного генератора? Чем его устройство отличается от устройства стартера?
2. Как работает реле обратного тока? Почему дано такое название?
3. Какова номинальная мощность и напряжение использованного в работе генератора?
4. Какие электроизмерительные приборы использовались в работе?
5. Для чего в работе пользуются амперметром с нулем посередине шкалы?
6. Почему одна щетка генератора соединена с его корпусом?
7. Какую клемму вольтметра (положительную или отрицательную) надо присоединять к корпусу генератора?

Работа 17. Определение мощности и к.п.д. двигателя постоянного тока

Цель работы. Изучить конструкцию двигателя постоянного тока. Научиться собирать электрическую схему включения

двигателя, управлять режимом его работы, определять механическую мощность и коэффициент полезного действия (к.п.д.).

Приборы и оборудование: 1) двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением на 0,3—0,5 кВт, на подставке, 2) источник питания на номинальное напряжение двигателя, 3) пусковой реостат ползункового типа на 20—30 ом, 5 а, 4) регулировочный реостат ползункового типа на 180—240 ом, 1 а, амперметр постоянного тока на 10 а, 5) амперметр постоянного тока на 1 а, 6) вольтметр постоянного тока на напряжение источника, 7) секундомер и счетчик оборотов или тахометр, 8) динамометр школьный на 5 кг, 9) гири по 1 кг 5—8 шт., 10) ленточный тормоз, 11) соединительные провода.

Теоретические сведения

Как известно, к.п.д. двигателя вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

где P_1 — потребляемая мощность
и P_2 — полезная мощность

Мощность P_1 , потребляемую двигателем постоянного тока, легко вычислить по показаниям амперметра и вольтметра, так как

$$P_1 = UI \text{ вт}$$

Чтобы определить механическую мощность P_2 , отдаваемую двигателем, применяют ленточный тормоз: на конце вала двигателя

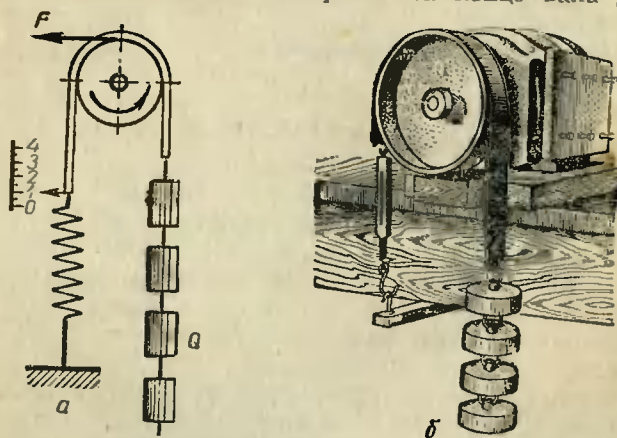


Рис. 128. Схема устройства для нагрузки двигателя (а) и его общий вид (б).

устанавливают шкив, на него накладывают ремень и нагружают двигатель гирями, которые подвешивают к свободному концу ремня. Второй конец ремня через пружинный динамометр (рис. 128) прикрепляют к столу или к специальной планке. Пока двигатель не вращается, шкив действует как неподвижный блок, ко-

торый только изменяет направление силы, и показания динамометра q равны весу гирь Q . Если включить двигатель в сеть и обеспечить вращение его шкива в направлении, указанном на рисунке, то между ремнем и поверхностью шкива в каждой точке их соприкосновения возникнут силы трения. Вследствие действия этих сил конец ремня с гирями Q немного поднимется вверх и показания динамометра q уменьшатся. Разностью $Q - q$ будет определяться суммарная сила трения F (в кг), действующая на ремень:

$$F = Q - q \text{ кг}$$

Все составляющие силы трения, которые возникают на шкиве, отстоят от его оси на расстояние, равное радиусу шкива. Поэтому, умножив суммарную силу трения на радиус шкива, вычисляют вращающий момент двигателя, который он развивает в это время:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \text{ кгм},$$

где D — диаметр шкива в м.

Зная величину момента M и угловую скорость вращения двигателя ω , по известной из механики формуле $P_2 = 9,81 M \omega$ вт вычислим механическую мощность двигателя, развиваемую им в данный момент.

Коэффициент 9,81 введен в формулу для того, чтобы результат вычисления был не в $\frac{\text{кгм}}{\text{сек}}$, а в ваттах (вт). Это облегчит сравнение величины механической мощности P_2 с электрической мощностью P_1 .

Величину угловой скорости устанавливают по измеренному числу оборотов двигателя n в минуту путем подстановки его в формулу:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{1}{\text{сек}}$$

Число оборотов двигателя в минуту n определяют при помощи счетчика оборотов и секундомера или, что еще лучше, специальным прибором — тахометром.

По первому способу число оборотов определяют так: соединив вал счетчика оборотов с валом двигателя, при помощи секундомера измеряют время, за которое двигатель совершит какое-то определенное число оборотов (100, 200 или 300). После этого нетрудно вычислить, сколько оборотов делает двигатель в минуту. Так, например, если 250 оборотов двигатель совершил за 10 секунд, то скорость его вращения:

$$n = \frac{250}{10} \cdot 60 = 1500 \text{ об/мин.}$$

При этом способе тратится много времени и поэтому он недостаточно удобен, особенно тогда, когда во время работы необходимо

несколько раз определять скорость вращения двигателя. В этом случае лучше пользоваться тахометром со стрелкой (рис. 129).

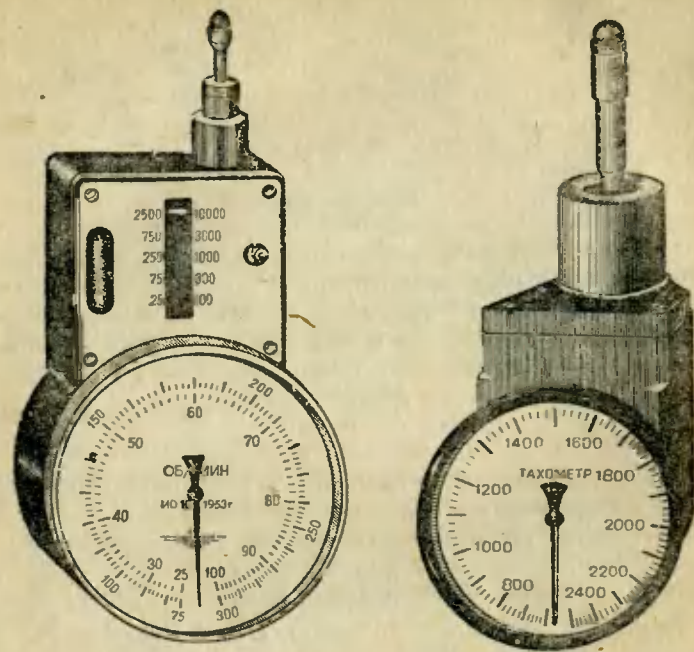


Рис. 129. Тахометры.

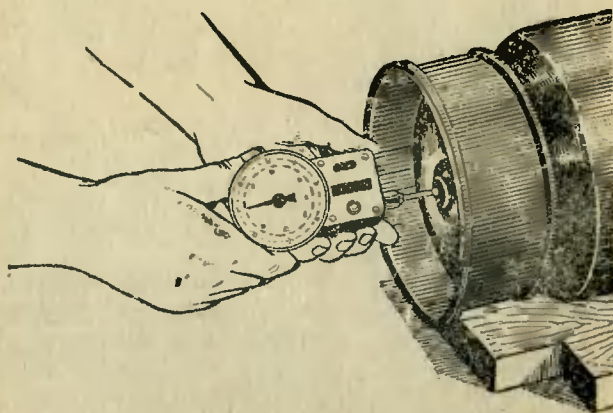


Рис. 130. Пользование тахометром.

Чтобы определить скорость вращения двигателя, тахометр надо поставить так, чтобы ось его совпадала с осью вала двигателя, и резиновый наконечник вала тахометра слегка прижать к конусному отверстию, выточенному в центре торца вала (рис. 130).

Стрелка тахометра покажет скорость вращения двигателя (в оборотах в минуту).

Изменяя несколько раз величину нагрузки Q и вычисляя в каждом из этих случаев полезную мощность двигателя P_2 и потребляемую им мощность P_1 , можно определить коэффициент полезного действия η . Проанализировав полученные значения к.п.д., нетрудно установить, как целесообразнее всего нагружать данный двигатель, чтобы он работал с наивысшим к.п.д., т. е. наиболее экономично.

Величина к.п.д. будет всегда меньше единицы, так как часть потребляемой двигателем энергии расходуется на покрытие потерь при его работе и затраченная на это энергия преобразуется в тепло, нагревающее детали двигателя.

По измеренным при исследовании величинам можно установить, как изменяется скорость вращения двигателя, потребляемая им мощность и ток при постепенном увеличении нагрузки, и построить графики, которые будут наглядно показывать зависимость между этими величинами.

Это даст возможность, не перегружая двигатель, выбрать целесообразный режим его работы, который соответствовал бы нормальным условиям эксплуатации. Такое правильное с технической точки зрения использование двигателя намного увеличивает срок его работы без ремонта.

Электрическая схема

Электрическая схема питания током исследуемого двигателя приведена на рисунке 131. Схему начинают собирать с последовательной цепи, тока через якорь. В эту цепь включают обмотку якоря двигателя $Я$, амперметр A_1 и пусковой реостат $ПР$. Параллельно присоединяют цепь возбуждения двигателя, в которую входит сама обмотка возбуждения $ОВ$, амперметр A_2 и регулировочный реостат $РР$. Параллельно к обмотке якоря подключают вольтметр V .

Чтобы выполнить процесс пуска двигателя, в первый же момент между его полюсами необходимо создать максимальный магнитный поток. Поэтому оба проводника, идущие от цепи обмотки возбуждения, следует соединять непосредственно с зажимами сети — перед пусковым реостатом. Кроме того, на время пуска регулировочный реостат полностью выводится. Ток в обмотке возбуждения, а значит, и магнитное поле будут тогда максимальны.

Запуская двигатель, ползунок пускового реостата выводят, перемещают постепенно до конца. Если вывести не весь реостат,

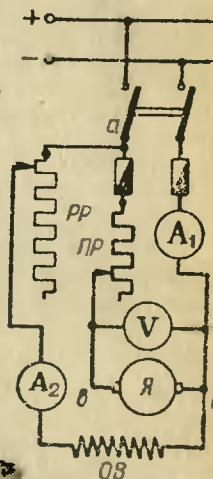


Рис. 131. Схема питания двигателя постоянным током: $ОВ$ — обмотка возбуждения, $ПР$ — пусковой реостат, $РР$ — регулировочный реостат.

а оставить в цепи двигателя хотя бы несколько его последних витков, то они быстро перегреются, перегорят и реостат будет испорчен.

Выполнение работы

1. Изучите устройство двигателя в целом и отдельные его детали.
2. Проверьте плотность прилегания щеток к коллектору, в случае необходимости притрите рабочую поверхность щеток к коллектору мелкой стеклянной бумагой (рис. 132).

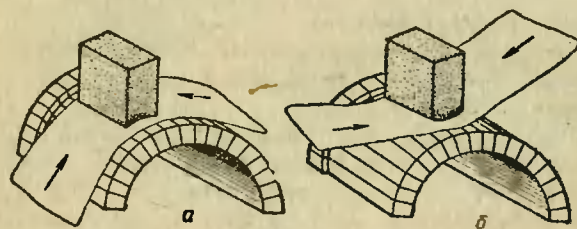


Рис. 132. Притирание щеток к коллектору стеклянной бумагой: а — правильное, б — неправильное

3. Выполните электрический монтаж питания двигателя.
4. Произведите пробный пуск, регулирование числа оборотов и изменение направления вращения двигателя.
5. Полностью выведите регулировочный реостат; увеличивая постепенно при помощи ленточного тормоза и гирь Q нагрузку двигателя, определяйте каждый раз потребляемый ток I , напряжение U , число оборотов n , показания динамометра q и все эти данные запишите в таблицу.

Нагрузка	Данные наблюдения				Результаты вычислений					
	I а	U в	n об/мин	q кГ	P_1 кВт	F_1 кГ	$M_{кр}$ кГм	$\frac{\omega}{\omega_n}$	P_2 кВт	η
0 (холодный ход)										
1 кГ										
2 кГ										
3 кГ										
4 кГ										
5 кГ										
6 кГ										

Измерьте диаметр рабочей части шкива двигателя (в мм).

6. Уменьшая постепенно ток возбуждения путем постепенного ввода регулировочного реостата PP , измеряйте каждый раз воз-

растающее число оборотов двигателя. Полученные данные запишите в следующую таблицу:

I возб.									
n об/мин									

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Краткое содержание выполнения отдельных этапов работы.
3. Таблица измерений и вычислений.
4. Графики:
 - а) зависимости к.п.д. η от мощности двигателя P_2 ; $\eta = f(P_2)$;
 - б) числа оборотов n от мощности двигателя P_2 ; $n = f(P_2)$;
 - в) потребляемого тока I от мощности двигателя P_2 ; $I = f(P_2)$;
5. График зависимости числа оборотов двигателя от тока его возбуждения; $n = f(I_{\text{возб.}})$.
6. Выводы из графиков о наиболее эффективной нагрузке двигателя, при которой к.п.д. его наивысший; величина потребляемого тока I при этой нагрузке двигателя и число его оборотов n .

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом полезного действия двигателя? Как он вычисляется?
2. В каком положении должны находиться ползунки реостатов в момент пуска двигателя? Каков порядок пуска двигателя?
3. Для чего используется ленточный тормоз?
4. Для какой цели при проведении работы надо измерять диаметр шкива двигателя?
5. Как изменяется к.п.д. двигателей постоянного тока при изменениях их нагрузки?
6. Почему при уменьшении тока возбуждения число оборотов двигателя возрастает?
7. Куда расходуется энергия, потребляемая двигателем при работе его «вхолостую» — без нагрузки?

Работа 18. Разборка и сборка двигателя однофазного тока и включение его в электросеть

Цель работы. Изучить устройство электродвигателя однофазного тока, научиться разбирать и собирать его, а также выполнять электрическую схему питания двигателя и пускать его в ход.

Приборы и оборудование. 1) асинхронный двигатель однофазного тока на 127 в или 220 в, 2) однополюсный ру-

билыник, 3) двухполюсный рубильник, 4) реостат (на 2а, 40—50 ом) или автотрансформатор (ЛАТР-1) для регулирования напряжения, 5) вольтметр переменного тока, рассчитанный на напряжение сети, 6) амперметр переменного тока на 3а, 7) счетчик оборотов и секундомер (или тахометр), 8) ремень и грузы для нагрузки двигателя, 9) отвертки (средняя и малая), 10) небольшой разводной гаечный ключ, 11) соединительные провода.

Теоретические сведения

Однофазные двигатели переменного тока изготовляют преимущественно небольшой мощности (100—300 *вт*) и рассчитывают на напряжение в 127 или 220 *в*, поэтому их можно включать непосредственно в осветительную сеть.

Перед тем как подключать двигатель к сети, нужно определить по данным его паспорта (таблички) рабочее напряжение и проверить, отвечает ли оно напряжению сети, от проводов которой будут питать двигатель током.

Если сеть трехфазная, то следует установить, какое ее напряжение — фазное или линейное — соответствует рабочему напряжению двигателя. Как известно, в СССР наиболее распространены трехфазные низковольтные сети с напряжением 220/127 *в*, где 220 *в* — линейное напряжение, а 127 *в* — фазное.

Если двигатель рассчитан на напряжение 220 *в*, то два вывода его следует присоединить к двум линейным проводам сети.

Тогда на него будет действовать линейное напряжение в 220 *в*. Если же рабочее напряжение двигателя составляет 127 *в*, то один выводной провод его подключают к одному из трех линейных проводов сети, а второй — к нулевому проводу.

У двигателей без пусковых обмоток направление вращения зависит только от того, в какую сторону его раскрутили от руки в момент пуска. Если же двигатель имеет пусковую обмотку, то для изменения направления его вращения надо поменять местами два выводных провода этой обмотки.

Чтобы ознакомиться с внутренним устройством этого двигателя, его разбирают. Для этого сначала снимают одну из боковых крышек двигателя и вынимают его ротор. Если на один из концов вала двигателя насажен шкив, то снимают крышку, которая находится с той же стороны, что и шкив. Для того чтобы снять крышку, надо открутить три или четыре винта, прикрепляющих ее к корпусу двигателя.

Электрическая схема

Для исследования технических свойств двигателя его включают в сеть, собрав соответствующую схему. Перед сборкой схемы следует определить, как осуществляется пуск этого двигателя — от руки или при помощи пусковой обмотки. Если двигатель не

имеет специального устройства для автоматического отключения пусковой обмотки после начала работы двигателя, то в цепи обмотки ставят однополюсный рубильник — для ее замыкания.

Возможные схемы включения двигателей при проведении этой работы изображены на рисунке 133 (1 — для двигателя без пусковой обмотки, 2 — для двигателя с пусковой обмоткой).

Для регулирования напряжения в схемы включены реостаты (или автотрансформаторы), а для измерения напряжения и потребляемого тока — вольтметр и амперметр.

Как обычно, монтаж начинают выполнять с последовательной части, в которую входят рубильник, реостат, рабочая обмотка статора двигателя и амперметр. После этого к собранной части схемы присоединяют параллельно цепь пусковой обмотки и вольтметр.

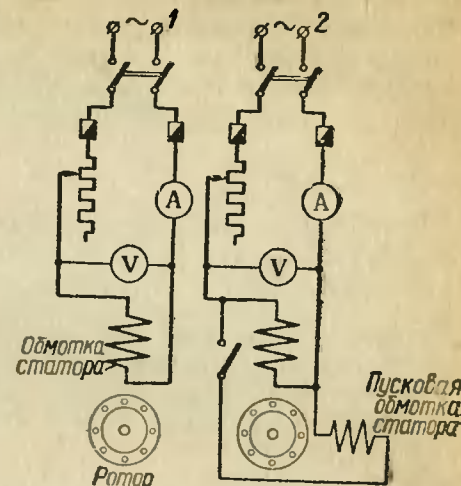


Рис. 133. Схемы для проведения работы по исследованию однофазного двигателя переменного тока.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с паспортом двигателя и установите его рабочее напряжение и номинальный рабочий ток.
2. Разберите двигатель, изучите устройство и назначение всех его деталей.
3. Установите паличие пусковой обмотки.
4. Соберите двигатель; вращая якорь от руки, проверьте правильность сборки.
5. Соберите электрическую схему испытания двигателя в работе.
6. Произведите пробный пуск двигателя вхолостую (без нагрузки). Измерьте и запишите число оборотов двигателя.
7. Измените направление вращения двигателя.
8. Наложите на шкив двигателя тормозной ремень. Нагрузите работающий двигатель гирьками так, чтобы он потреблял номинальную величину тока. Направление вращения двигателя при нагрузке надо выбрать такое, чтобы силы трения, возникающие на шкиве, действовали против сил тяжести грузов.
9. Измерьте число оборотов двигателя при номинальном напряжении сети. Уменьшите несколько раз реостатом напряжение согласно таблице и измерьте число оборотов двигателя.

Результаты исследований запишите в таблицу.

Таблица наблюдения за работой двигателя

Напряжение U % от номинального	100%		90%	80%	70%	60%	50%	
	холо- стой хол	с на- груз- кой						
Напряжение U в в								
Потребляемый ток I в а								
Число оборотов n в об/мин								0 (оста- новка)

10. Постепенно понижая напряжение, определите ту его величину, при которой двигатель останавливается.

В момент остановки быстро отключите двигатель от сети.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Краткий перечень проведенных этапов работы.
3. Электрическая схема работы и таблица записи показаний.
4. Графики изменения числа оборотов двигателя и потребляемого им тока при постепенном уменьшении рабочего напряжения ($n=f(U)$; $I=f(U)$), построенные по данным таблицы на миллиметровой бумаге.
5. Паспортные данные изученного двигателя и выводы.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия однофазных асинхронных двигателей.
2. Какие есть способы пуска в ход однофазных асинхронных двигателей?
3. При помощи чего в однофазных двигателях создают вращающееся магнитное поле?
4. Что надо сделать, чтобы изменить направление вращения однофазного двигателя?
5. Как влияет изменение напряжения на число оборотов однофазного двигателя?
6. Где на практике применяют однофазные асинхронные двигатели?

Работа 19. Включение лампы в сеть трехфазного тока

Цель работы. Изучить систему сети трехфазного тока, научиться определять соотношения между фазами, линейными напряжениями и токами, соединение потребителей звездой и треугольником.

Приборы и оборудование: 1) ламповые реостаты на 2—3 лампы — 3 шт. (или один трехфазный реостат), 2) лампы накаливания на 220 в, 40—100 вт — 6 или 9 шт., 3) вольтметр переменного тока на 250 в, 4) амперметр переменного тока на 3а, 5) однополюсный рубильник, 6) доска с четырьмя контактами (рис. 140), 7) контактный нож (рис. 141), 8) два проводника с щупами на концах, 9) соединительные провода.

Теоретические сведения

В трехфазной сети применяются соединения звездой и треугольником.

Если обмотки генератора и проводники потребителя трехфазного тока соединены так, что одни их выводы (концы) объединены в нулевую точку, а другие (начала) присоединяются к линейным проводам, то такое соединение называют звездой (рис. 134). Услов-

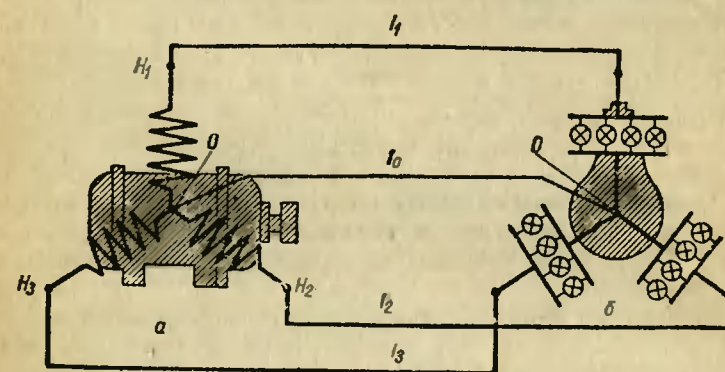


Рис. 134. Соединение обмоток генератора и потребителей звездой.

но принято, что по трем линейным проводам этой системы к потребителям подходят рабочие токи I_1 , I_2 и I_3 . По нулевому проводу к генератору возвращается назад ток I_0 .

Из теории трехфазного тока известно, что при одинаковой нагрузке всех трех фаз ток в нулевом проводе равен нулю и этот провод становится ненужным.

В системе трехфазного тока действуют два различных напряжения:

- а) линейное напряжение $U_{\text{л}}$, действующее между любыми двумя линейными проводами;
- б) фазное напряжение $U_{\text{ф}}$, действующее между любым линейным и нулевым проводами.

При наличии нулевого провода фазное напряжение на зажимах потребителей в 1,73 раза меньше, чем линейное:

$$U_{\text{ф}} = 1,73 U_{\text{л}}$$

Если же система трехпроводная (без нулевого провода), то такое соотношение между напряжениями сохраняется только при равномерной нагрузке всех трех фаз системы, когда в каждую фазу включены потребители одинаковой мощности.

Когда же нет нулевого провода и при этом три потребителя разной мощности соединены звездой (рис. 135), то каждый потребитель будет находиться под неодинаковым фазным напряжением.

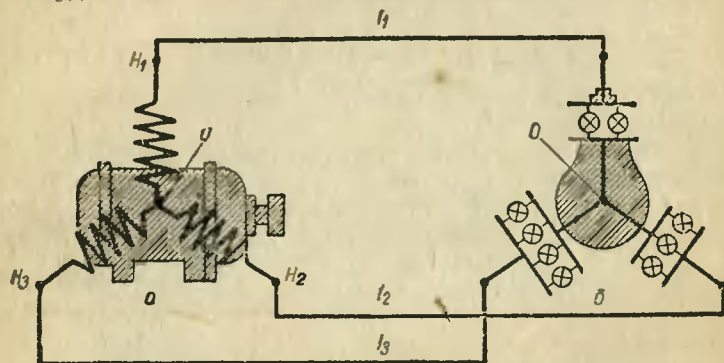


Рис. 135. Трехпроводная система трехфазного тока при неравномерной нагрузке.

На потребителе с наибольшей мощностью, а значит, с наименьшим сопротивлением, будет действовать уменьшенное фазное напряжение. Наоборот, потребитель, мощность которого наименьшая, а сопротивление наибольшее, будет находиться под действием значительно увеличенного фазного напряжения. Если этот потребитель на такое напряжение не рассчитан, от перегрузки он быстро выйдет из строя.

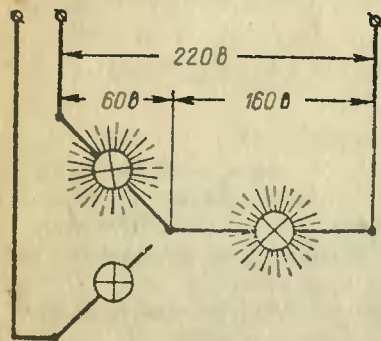


Рис. 136. Объяснение неравномерного распределения фазных напряжений между потребителями неодинаковой мощности.

Объяснить это можно так. Разомкнем условно одну из фаз неравномерно нагруженной звезды (рис. 136). Тогда на оставшиеся включенными две фазы будет действовать линейное напряжение сети. Потребители этих двух фаз соединены последовательно, и напряжение распределится между ними не поровну, а пропорционально величинам их сопротивлений. Значит, на потребителе, имеющем большее сопротивление, будет действовать соответственно

увеличенная часть напряжения, хотя мощность его меньшая. Рассматривая распределение напряжений на двух других фазах, также можно убедиться в наличии неравномерного их распреде-

ления. Из этого объяснения видно, что соединение звездой похоже на последовательное соединение потребителей. Вот почему для питания потребителей, мощность которых неодинакова, используется четырехпроводная система трехфазного тока, в которой наличие нулевого провода уравнивает фазные напряжения на всех потребителях. Примером сети с неравномерной нагрузкой фаз является осветительная сеть трехфазного тока, а потому для питания ламп освещения и бытовых приборов используют четырехпроводную систему. Каждый из потребителей присоединяют к одному из линейных проводов и обязательно к нулевому проводу.

Для питания соединенных звездой трехфазных двигателей и трансформаторов, равномерно нагружающих все три фазы сети, подводят лишь три линейных провода.

Если потребители (проводники) трехфазного тока соединены один с другим так, что конец первой фазы соединяется с началом второй, конец второй — с началом третьей, а конец третьей — с началом первой и к местам этих соединений подведены линейные провода сети, то такое соединение называется соединением треугольником (рис. 137).

При этом соединении каждая из трех фаз потребителя присоединена своими выводными проводами к двум линейным проводам и сети, поэтому на каждой фазе потребителя, соединенного треугольником, действует линейное напряжение:

$$U_{\phi\Delta} = U_{л\Delta}$$

Величины всех трех линейных напряжений, действующих в сети, почти не изменяются, а потому при соединении треугольником потребители во всех трех фазах независимо от нагрузки (одинаковой или разной) падают под одинаковыми линейными напряжениями и работают на полную мощность.

В этом отношении соединение треугольником в некоторой мере похоже на параллельное соединение потребителей.

При соединении треугольником каждый линейный провод подключен к двум фазам потребителя. Ток, проходящий по линейному проводу, называют линейным током $I_{л\Delta}$, а токи в фазах потребителя называют фазными токами $I_{\phi\Delta}$.

При равномерной нагрузке всех трех фаз треугольника линейные токи в 1,73 раза больше фазных токов:

$$I_{л\Delta} = 1,73 I_{\phi\Delta},$$

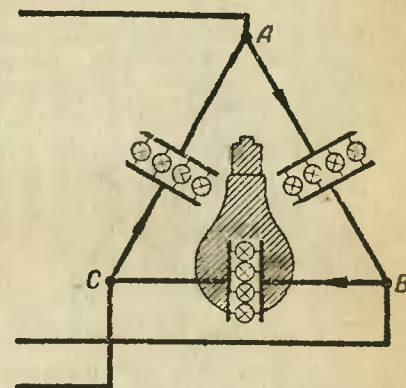


Рис. 137. Соединение потребителей треугольником.

тогда как при соединении звездой, где к каждому линейному проводу подключается провод лишь одной фазы потребителя (а не двух, как при треугольнике), линейные токи равны фазным:

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}}$$

На практике схемы соединений потребителей звездой или треугольником собирают так, как показано на рисунке 138.

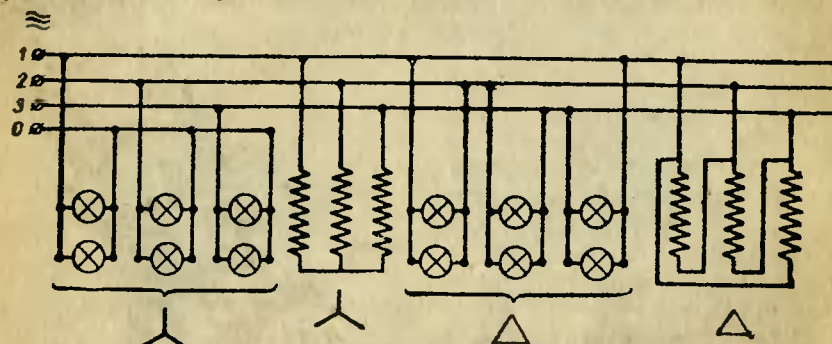


Рис. 138. Практические схемы соединения потребителей звездой и треугольником.

Описание электрических схем

Для выполнения работы необходимо собрать две схемы соединения ламп — звездой и треугольником.

Для схем можно использовать как три отдельных ламповых реостата, так и один трехсекционный (рис. 139). Реостат трехсекционной конструкции более выгоден тем, что занимает на рабочем столе меньше места. Кроме того, лампы при указанной конструкции направлены в сторону и поэтому не ослепляют глаза при измерении напряжений и токов.

Чтобы можно было измерять ток в трех линейных проводах и нулевом проводе одним амперметром, удобно пользоваться доской с четырьмя упругими контактами (рис. 140). В каждый из проводов схемы амперметр включают последовательно при помощи упругих контактов и контактного ножа с двумя проводниками (рис. 141).

Схема соединения ламп звездой с использованием этих устройств изображена на рисунке 142.

В нулевой провод включают однополюсный рубильник (на рис. 142 не указан). Это делают для того, чтобы иметь возможность при разных нагрузках наблюдать, замыкая и размыкая рубильник, работу схемы с нулевым проводом и без него ¹.

¹ Вместо однополюсного рубильника можно воспользоваться упругими контактами, вставляя для размыкания изоляционную пластинку.

Линейные и фазные напряжения измеряют кратковременным подключением вольтметра к соответствующим упругим контактам при помощи двух проводников со щупами на концах.

Так, для измерения линейного напряжения $U_{\text{л1-2}}$ этими щупами осторожно ка-

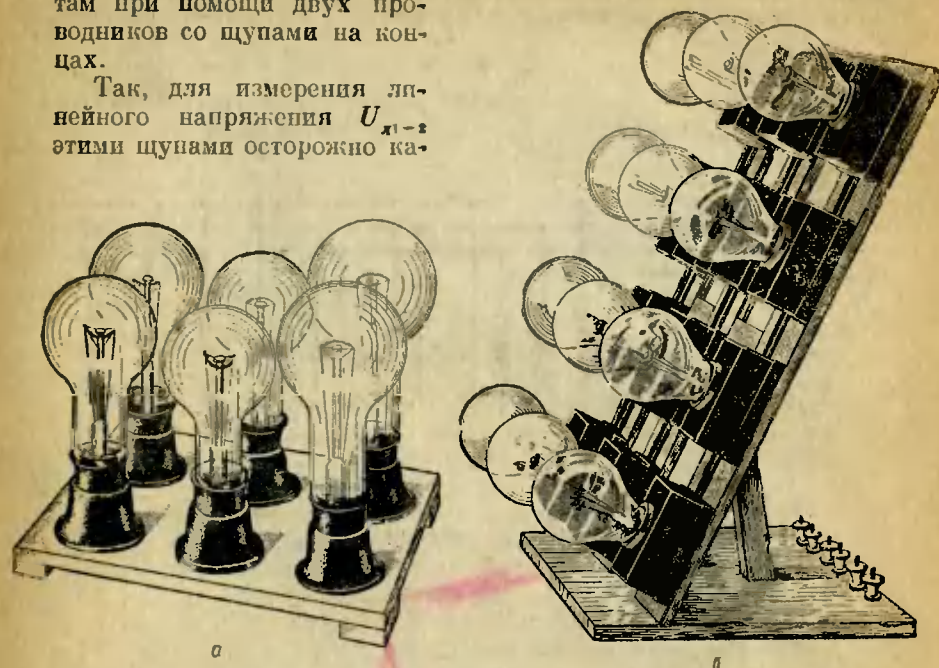


Рис. 139. Ламповые реостаты: одинарный и трехсекционный.

саются зажимов, к которым присоединены первый и второй линейные провода.

Чтобы измерить фазное напряжение, например на третьей фазе $U_{\text{ф3}}$, этими самыми щупами касаются зажимов третьего линейного и нулевого проводов, и т. д.

Собирая схему, особое внимание уделяют правильному соединению концевых зажимов трех ламповых реостатов для создания нулевой точки. Один из этих зажимов соединяют с нулевым проводом, который подходит к клеммной доске.

На рисунке 143 показана схема соединений ламп

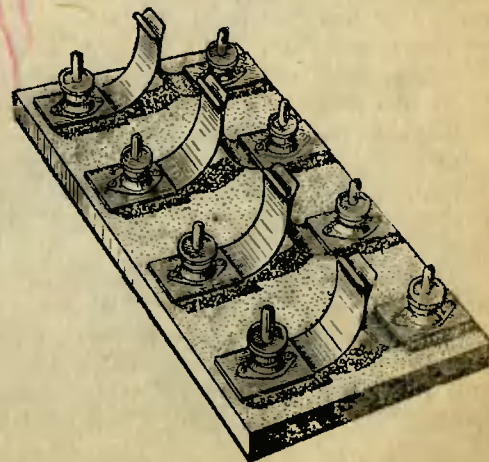


Рис. 140. Доска с четырьмя упругими контактами.

треугольником. В этой схеме тоже используют доску с четырьмя упругими контактами, чтобы можно было измерять два линейных и два фазных тока.

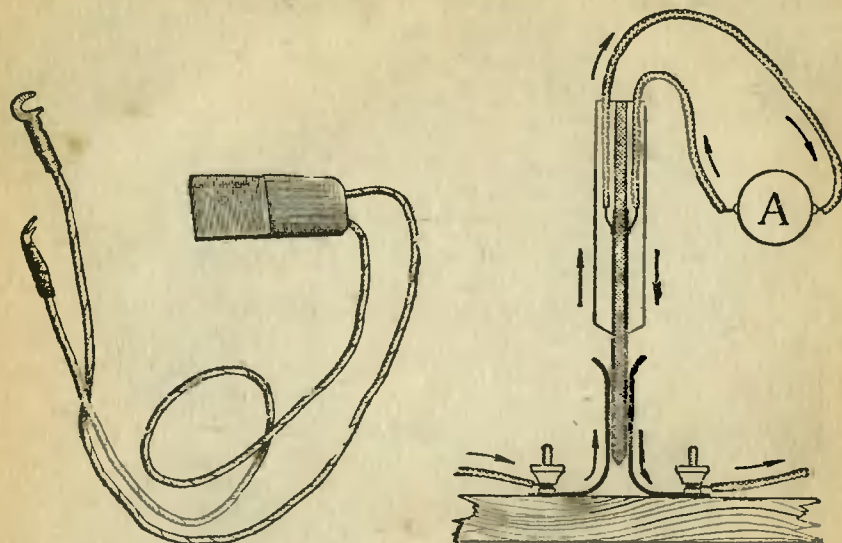


Рис. 141. Контактный нож и пользование им.

Наиболее сложным в данной схеме является соединение клемм контактной доски с тремя ламповыми реостатами, включенными

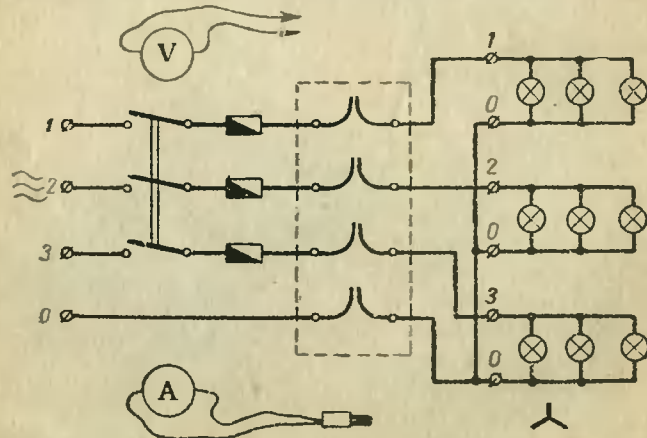


Рис. 142. Схема соединения ламповых реостатов звездой.

на треугольник. Для проверки правильности этой части схемы надо проследить, чтобы выводы первого реостата были соединены с ли-

нейными проводами 1 и 2, второго реостата — с проводами 2 и 3, третьего — с проводами 3 и 1.

Нулевой провод в этой схеме не используется.

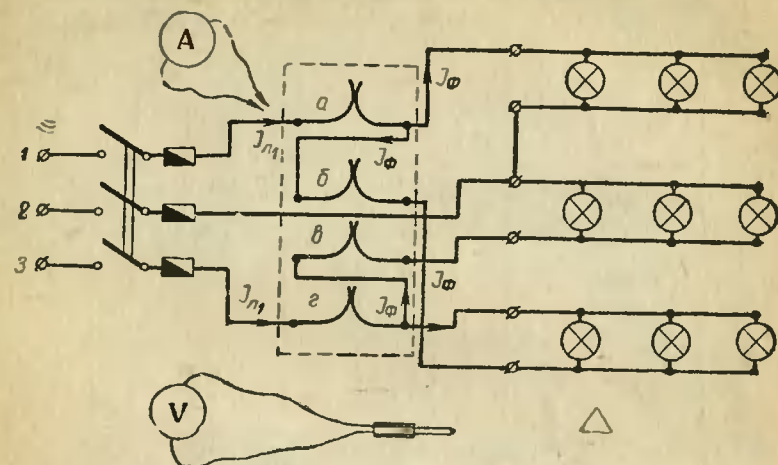


Рис. 143. Схема соединения ламповых реостатов треугольником.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с электрическими приборами и оборудованием, запишите основные технические данные измерительных приборов и ламп.

2. Соберите схему (рис. 142) соединения ламповых реостатов звездой.

3. Равномерно нагрузите все три фазы, включив в каждом реостате одинаковое количество ламп, и измерьте: линейные напряжения U_{1-2} , U_{2-3} , U_{3-1} ; фазные напряжения U_1 , U_2 , U_3 ; токи в трех линейных и нулевом проводах I_1 , I_2 , I_3 , I_0 при включенном нулевом проводе и без него.

4. Нагрузите фазы неравномерно, включив в каждом реостате разное количество ламп, и произведите измерения всех указанных выше напряжений и токов при наличии нулевого провода и без него. Измеренные величины запишите в таблицу «Соединения звездой» (см. стр. 144).

Выясните роль нулевого провода при неравномерной нагрузке фаз, соединенных звездой.

5. Соберите схему (рис. 143) соединения ламповых реостатов треугольником.

6. При равномерной нагрузке фаз измерьте: напряжения на реостатах (линейные) U_{1-2} , U_{2-3} , U_{3-1} , линейные токи I_1 и I_2 , фазные токи I_2 и I_3 .

7. Такие же измерения произведите при неравномерной нагрузке фаз.

Соединения звездой

Нагрузка фаз		Линейные напряжения			Фазные напряжения			Токи			
		U_{1-2}	U_{2-3}	U_{3-1}	U_1	U_2	U_3	I_1	I_2	I_3	I_0
Равномерная	С нулевым проводом										
	Без него										
Неравномерная	С нулевым проводом										
	Без него										

Все измеренные величины запишите в таблицу.

Соединения треугольником

Нагрузка фаз		Линейные напряжения			Линейные токи		Фазные токи	
		U_{1-2}	U_{2-3}	U_{3-1}	I_1	I_2	I_3	I_0
Равномерная								
Неравномерная								

8. Дополнительно можно исследовать напряжения и токи в проводах с лампами, соединенными звездой или треугольником, при наличии следующих явлений:

- обрыве одного линейного провода;
- полной разгрузке одной фазы потребителей (выкрутив все лампы этой фазы);
- полной разгрузке двух фаз (выкрутив лампы двух фаз).

Содержание отчета о работе

- Название и цель работы.
- Краткий перечень отдельных этапов работы.
- Схемы соединения звездой и треугольником.
- Таблицы результатов измерений.
- Выводы о влиянии неравномерной нагрузки и обрыва линейного провода на режим ламп в различных случаях.

Контрольные вопросы

- Как соединяют три потребителя звездой?
- Как соединяют три потребителя треугольником?
- Какова роль нулевого провода при неравномерной нагрузке фаз?
- Что вызывает неравномерность нагрузки фаз, соединенных звездой, при отсутствии нулевого провода?
- Почему в практике нулевой провод всегда меньшего сечения, чем линейные?
- Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении трех потребителей одинаковой мощности звездой?
- Как изменятся эти соотношения при переключении потребителей на треугольник?
- Какие изменения в работе ламп вызывает обрыв одного линейного провода при соединении ламп звездой и треугольником?

Работа 20. Разборка, сборка и включение асинхронного двигателя трехфазного тока

Цель работы. Изучить устройство асинхронного короткозамкнутого двигателя трехфазного тока; научиться разбирать, собирать его и пускать в ход.

Приборы и оборудование: 1) асинхронный короткозамкнутый двигатель трехфазного тока на 220/380 в мощностью 0,3—0,5 кВт, 2) амперметр переменного тока на 20 а, 3) перекидной трехполюсный рубильник, 4) контрольная лампа, 5) вольтметр переменного тока на 250 в, 6) стальной шарик диаметром 6—8 мм, 7) отвертки (средняя и большая), 8) небольшой разводной гаечный ключ, 9) молоток, 10) деревянные прокладки, 11) соединительные провода.

Теоретические сведения

Все короткозамкнутые асинхронные двигатели в момент пуска кратковременно потребляют очень большой ток — в 5—6 раз больший, чем их номинальный рабочий ток, указанный на паспорте двигателя. Объясняется это тем, что в момент включения рубильника, когда ротор двигателя еще неподвижен, его короткозамкнутая обмотка многократно пересекается вращающимся магнитным полем статора. В этой обмотке ротора индуцируется большая э.д.с., которая и создает в короткозамкнутой обмотке, имеющей ничтожное сопротивление, значительный ток. Возникшие в роторе токи будут взаимодействовать с вращающимся магнитным полем и вызовут вращение ротора, причем ротор будет стремиться догнать вращающееся магнитное поле. Догон не может быть выполнен, так как токи ротора при догоне уменьшаются.

С некоторым приближением работа асинхронного двигателя подобна работе трансформатора. Первичной обмоткой здесь являются обмотки статора, а вторичной — обмотка ротора. Уподобление двигателя трансформатору помогает уяснить, почему обмотки статора двигателя в момент пуска потребляют значительно возросшую величину тока. Как известно из курса физики, при увеличении тока во вторичной обмотке трансформатора возрастает ток, потребляемый его первичной обмоткой. Поэтому вследствие значительного возрастания тока в роторе в момент пуска двигателя увеличивается ток и в обмотке его статора.

Большой пусковой ток нежелателен как для двигателя, так и для сети, от которой двигатель питается. От чрезмерных токов

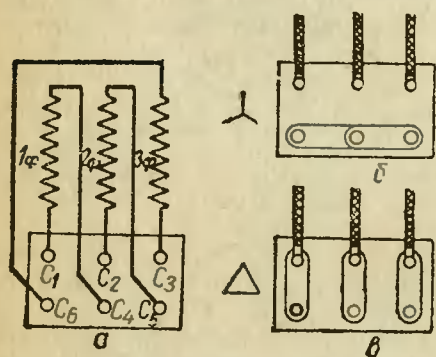


Рис. 144. Присоединение обмоток статора трехфазного двигателя к зажимам выводного щитка: C_1, C_2, C_3 — начальные выводы фазных обмоток, C_4, C_5, C_6 — конечные выводы, а — схема подключения обмоток к щитку, б — соединение обмоток звездой, в — соединение обмоток треугольником.

На щитке трехфазного двигателя имеется шесть зажимов. К ним присоединяют три начальных и три конечных провода от трех фаз обмоток статора так, чтобы зажимы концов каждой фазы находились не против зажимов начала, а были смещены в сторону на один зажим (рис. 144, а). Это делают для удобства переключения двигателя со звезды на треугольник, который осуществляют простым переводом трех металлических планок-перемычек из горизонтального положения (рис. 144, б) в вертикальное (рис. 144, в). Такое переключение необходимо, например, для присоединения того же самого двигателя как к трехфазной сети с напряжением 380/220 в, так и к сети с напряжением 220/127 в.

Для этого каждую фазу обмотки статора двигателя рассчитывают чаще всего на рабочее напряжение 220 в, общее для обеих сетей. При питании двигателя от сети 380/220 в обмотки двигателя соединяют звездой. Тогда к каждой из обмоток будет подведено

фазное напряжение этой сети, а именно — 220 в. Наоборот, к сети с напряжением 220/127 в двигатель пересоединяют на треугольник. Тогда каждая его обмотка будет включена между двумя линейными проводами сети и получит уже линейное напряжение, которое в этой сети равно тем же 220 в.

Для уменьшения тока в момент пуска двигателя можно понизить напряжение, подаваемое к обмоткам его статора. Для этого на время пуска двигателя указанные обмотки соединяют звездой (т. е. на фазное напряжение), а после того как ротор начнет вращаться, переключают обмотки на треугольник — под увеличенное в 1,73 раза линейное напряжение. Быстрое переключение обмоток осуществляют перекидным рубильником или специальным барабанным переключателем. Ясно, что такой способ облегчения пуска можно применять только для тех двигателей, обмотки которых при нормальной работе соединены треугольником.

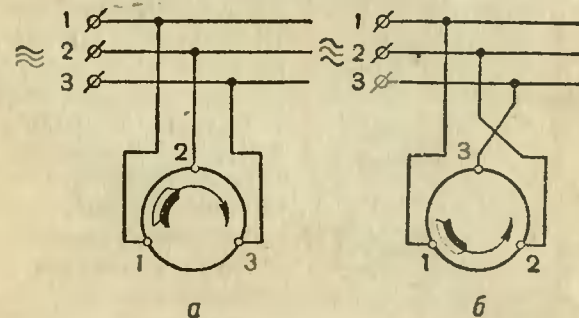


Рис. 145. Изменение направления вращения асинхронного двигателя.

Одновременно следует отметить, что асинхронные двигатели небольших мощностей (до 3—6 кВт), у которых пусковой ток сравнительно невелик, включаются в сеть непосредственно — без всяких вспомогательных устройств¹.

Направление вращения ротора асинхронного двигателя зависит от направления движения вращающегося магнитного поля статора. Чтобы изменить направление движения этого магнитного поля (отчего изменится и направление вращения ротора), нужно поменять местами два каких-нибудь линейных провода, которые подходят к обмотке статора двигателя.

На рисунке 145 схематически изображен способ изменения направления вращения трехфазного асинхронного двигателя. Обратный ход (реверсирование) двигателя достигается перестановкой двух линейных проводов на клеммной доске двигателя.

Когда имеется необходимость в частых изменениях направления вращения двигателя (например, в токарных станках при на-

¹ Сейчас включают без вспомогательных устройств короткозамкнутые двигатели мощностью до 100 кВт.

резании резьбы и пр.), устанавливают специальный барабанный переключатель или реверсивный магнитный пускатель с тремя кнопками: «Вперед», «Стоп» и «Назад».

В начале работы исследуемый двигатель разбирают и собирают. Порядок разборки и сборки этого двигателя такой же, как и однофазного.

Разобрав двигатель, можно проверить наличие в его статоре вращающегося магнитного поля. Для этого в середину статора помещают небольшой металлический шарик, а обмотки статора соединяют между собой звездой и присоединяют к сети трехфазного тока.

Вращающееся магнитное поле, возникающее при этом, намагничивает шарик, подхватывает его и начинает вращать за собой.

Иногда для большего эффекта шарик следует немного подтолкнуть, чтобы он начал вращаться. Проводя эту проверку, нельзя на длительное время оставлять обмотку статора подключенной к сети. Из-за отсутствия ротора в сердечнике статора не возникает противодействующее магнитное поле, ток в обмотке статора превышает допустимую величину и обмотка быстро перегревается.

Описание электрической схемы

Для подключения асинхронного двигателя трехфазного тока к сети собирают электрическую схему его пуска переключением обмотки статора со звезды на треугольник (рис. 146).

Для измерения тока, потребляемого этим двигателем, в один из линейных проводов схемы включают амперметр.

В момент пуска перекидной рубильник переводят в правое положение (см. рис. 146). Правые губки его, соединенные

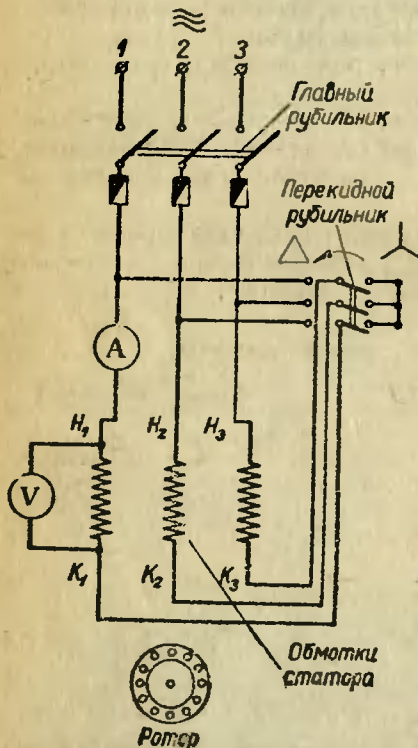


Рис. 146. Схема пуска асинхронного двигателя переключением обмоток со звезды на треугольник.

между собой, создают нулевую точку и обмотка статора вследствие этого соединяется звездой.

Левое положение контактных ножей перекидного рубильника соответствует соединению обмоток на треугольник.

Выполнение работы

1. Измерьте и запишите линейное и фазное напряжение сети.
2. Ознакомьтесь с паспортом двигателя, установите его рабочее напряжение и схему соединения при питании от трехфазной сети школьной лаборатории, а также номинальный (рабочий) ток и число оборотов.
3. Разберите двигатель, сняв его боковые крышки легкими ударами молотка по ободку крышки через деревянную прокладку. Удары наносит, обходя крышку по окружности.
4. Детально познакомьтесь с устройством всех частей двигателя, установите назначение каждой из них и при помощи шарика проверьте наличие вращающегося магнитного поля в статоре.
5. Внимательно соберите двигатель и проверьте правильность его сборки (ротор должен свободно вращаться от руки).
6. Соберите схему пуска двигателя переключением его со звезды на треугольник (рис. 146).
7. Пустите двигатель в ход, соединив его обмотки треугольником. Определите по наибольшему отклонению стрелки амперметра пусковой ток $I_{\text{пуск}}$ и напряжение $U_{\text{фд}}$ на одной из фаз обмоток статора.
8. Пустите двигатель в ход, соединив его обмотки звездой. Установите величину пускового тока $I_{\text{пуск}}$ и напряжения $U_{\text{фд}}$ в этом случае. Измеренные величины запишите в таблицу.

Таблица наблюдений за работой двигателя

Рабочая схема соединения обмоток двигателя	Данные наблюдений			Результаты вычислений	
	номинальный ток $I_{\text{ном}}$ а (по паспорту)	пусковой ток $I_{\text{пуск}}$ а (по амперметру)	фазное напряжение $U_{\text{ср}}$ в	отношение токов $\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$	отношение напряжений $\frac{U_{\text{фд}}}{U_{\text{ф1}}}$
Δ					
Y					

9. Несколько раз пустите двигатель в ход, переключая его обмотки со звезды на треугольник.

10. Измените направление вращения ротора двигателя на противоположное.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Перечень всех надписей, имеющихся на паспорте двигателя, и объяснение их значений.

3. Краткий перечень этапов работы.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений.
5. Схемы соединения обмоток статора двигателя звездой и треугольником и схема пуска двигателя переключением его обмоток со звезды на треугольник.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия асинхронного двигателя трехфазного тока.
2. Каким способом изготовлен короткозамкнутый ротор двигателя, который использовался в данной работе?
3. Почему в момент пуска асинхронный короткозамкнутый двигатель потребляет ток, значительно превышающий величину его номинального тока?
4. Как изменить направление вращения трехфазного асинхронного двигателя?
5. Когда двигатели трехфазного тока при подключении к сети соединяют звездой и когда — треугольником?
6. В каком порядке размещены на щитке двигателя выводные концы обмоток статора?
7. Для чего во время пуска некоторых асинхронных двигателей их обмотки соединяют сначала звездой, а потом треугольником?
8. Почему шарик в середине статора двигателя, подключенного к сети, начинает вращаться?

Работа 21. Определение мощности и к. п. д. асинхронного двигателя трехфазного тока

Цель работы. Изучить работу асинхронного короткозамкнутого двигателя при изменении нагрузки; научиться включать его в сеть, управлять работой и определять механическую мощность, коэффициент полезного действия и $\cos \varphi$.

Приборы и оборудование: 1) асинхронный короткозамкнутый двигатель трехфазного тока на 220 в мощностью 0,5—0,8 кВт, 2) ваттметр переменного тока на 750 Вт, 3) амперметр переменного тока на 3 А, 4) вольтметр переменного тока на 250 В, 5) секундомер и счетчик оборотов или тахометр, 6) динамометр школьный на 5 мН, 7) грузы по 1 мН — 5—6 шт., 8) ленточный тормоз для нагрузки двигателя, 9) соединительные провода.

Теоретические сведения

Число оборотов n_2 ротора асинхронного двигателя в минуту немного меньше числа оборотов n_1 вращающегося магнитного поля статора. Это отставание ротора (по числу оборотов) характеризуют величиной $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$, называемой скольжением двигателя.

Скорость вращения поля статора не может быть любой. Она зависит от частоты промышленного переменного тока (в СССР, как известно, она составляет 50 периодов в секунду) и от числа полюсов вращающегося магнитного поля, которое создается обмоткой статора; при этом число полюсов поля может быть только парным (2, 4, 6 и т. д.).

В связи с этими ограничениями практически возможно изготовлять асинхронные двигатели с любой скоростью вращения. Существуют двигатели только с определенными числами оборотов в минуту, а именно:

Число оборотов магнитного поля статора (в минуту)	n_1	3000	1500	1000	750	600	и т. д.
Число оборотов ротора в минуту (примерное)	n_2	2850	1440	960	720	580	и т. д.

Изменение числа оборотов может производиться скачками при изменении числа полюсов (переключением обмоток статора).

Если, например, на паспорте асинхронного двигателя указано, что он совершает 960 об/мин, значит, магнитное поле статора вращается со скоростью 1000 об/мин.

При работе трехфазного асинхронного двигателя теряется энергия: на намагничивание его сердечников и возникающие в них вихревые токи (потери в стали), на нагревание обмоток двигателя проходящим током (потери в меди) и на трение. Электрическая энергия, затрачиваемая на все эти виды потерь, преобразуется в тепло, которое рассеивается в окружающее пространство.

При увеличении нагрузки двигателя в его обмотки должно поступать большее количество электрической энергии. Рассмотрим этот вопрос на примере.

Асинхронный двигатель вращает шпиндель токарного станка, резец которого снимает стружку с обрабатываемой детали. Если число оборотов ротора двигателя не меняется, то это значит, что вращающий момент двигателя уравнивает момент сопротивления токарного станка. Резцу пришлось снимать более толстую стружку, при этом момент сопротивления со стороны станка увеличился. Двигатель, имеющий еще предыдущий момент вращения, несколько уменьшит свои обороты. Ротор двигателя, замедляя свое вращение, будет чаще пересекаться вращающимся магнитным полем статора. В обмотке ротора начнет индуцироваться больший ток. Двигатель при увеличенном токе ротора, который взаимодействует с полем статора, создаст увеличенный момент вращения двигателя и будет достигнуто равновесие с возросшим моментом сопротивления со стороны станка. Увеличение тока в роторе при росте нагрузки на двигатель приведет к соответствующему возра-

станции тока в статоре, а значит, и электрическая энергия, потребляемая обмотками статора двигателя, увеличится. При уменьшении нагрузки и снижении числа оборотов ротора произойдут обратные процессы.

Вследствие изменения числа оборотов двигателя, происходящего в результате изменения механической нагрузки, соответственно меняется и электрическая энергия, потребляемая двигателем.

Каждой нагрузке двигателя соответствует определенное число оборотов его ротора n_2 , или, иначе говоря, с увеличением нагрузки увеличивается скольжение двигателя S , и наоборот. При большой перегрузке в двигателе увеличение S и сильное снижение оборотов n_2 вызовут очень большой ток, но при магнитном насыщении это не даст усиления магнитного поля статора и двигатель остановится. Если его быстро не выключить, то обмотки статора сгорят.

К.п.д. двигателя определяется по формуле

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

где P_2 — механическая полезная мощность, P_1 — потребляемая электрическая мощность.

При разных нагрузках к.п.д. двигателя имеет неодинаковую величину.

В данной практической работе производится исследование изменений; к.п.д. η ; числа оборотов ротора n_2 ; вращающего момента $M_{вр}$ асинхронного двигателя при изменениях механической нагрузки (мощности P_2).

Одновременно при выполнении работы вычисляется величина коэффициента мощности ($\cos \varphi$) двигателя при различных нагрузках и определяется нагрузка, при которой $\cos \varphi$ двигателя максимальный. Для вычисления $\cos \varphi$ используют формулу мощности трехфазного асинхронного двигателя:

$$P_1 = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi,$$

откуда

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{3U_{\phi} I_{\phi}}$$

Величину механической мощности двигателя P_2 определяют при помощи ленточного тормоза, динамометра и тахометра таким же образом, как и при выполнении предыдущих работ.

Для измерения электрической мощности трехфазного двигателя P_1 пользуются одним ваттметром, при помощи которого измеряют мощность одной фазы. Учитывая, что все три фазные обмотки статора двигателя одинаковы и потребляют равные мощности, можно легко вычислить общую мощность двигателя P_1 , утривав измеренную ваттметром мощность одной фазы.

Описание электрической схемы

Перед сборкой схемы необходимо решить, как будут соединяться обмотки статора двигателя — звездой или треугольником — исходя из рабочего напряжения двигателя и напряжения сети. Так, например, если в школе напряжение трехфазной сети 220/127 в, а рабочее напряжение двигателя 220 в, то его обмотки следует соединить треугольником. Может, однако, случиться, что

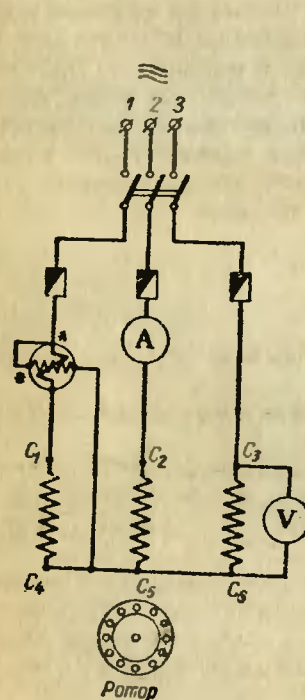


Рис. 147. Схема подключения к сети трехфазного двигателя, соединенного звездой.

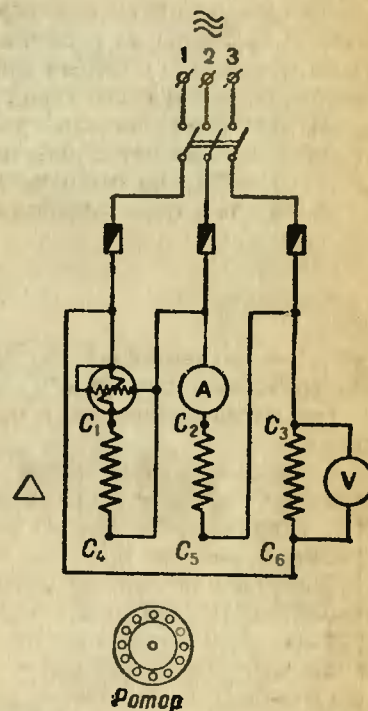


Рис. 148. Схема подключения к сети трехфазного двигателя, соединенного треугольником.

небольшой диаметр шкива и малая ширина ремня не дадут возможности достаточно нагрузить двигатель. В этом случае обмотки двигателя нужно переключить на звезду. Мощность его уменьшится в три раза и тогда можно будет осуществить нагрузку двигателя.

На рисунке 147 дана схема питания трехфазного двигателя, обмотки которого соединены звездой, а на рисунке 148 — схема питания трехфазного двигателя, соединенного треугольником. В обоих случаях ваттметр включен так, чтобы по его последовательной обмотке проходил ток одной фазы двигателя, а к концам параллельной обмотки было подведено напряжение, действующее на этой фазе. При таком включении ваттметр будет измерять мощ-

ность лишь одной фазы двигателя P_{ϕ} . Для вычисления $\cos \varphi$ двигателя в схему включают еще амперметр и вольтметр для измерения фазного тока и фазового напряжения.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с паспортом двигателя, измерьте линейное напряжение сети.

2. Соберите электрическую схему питания двигателя, обращая особое внимание на правильность включения wattметра.

3. Проведите пробный пуск двигателя и проверьте соответствие направления его вращения положению ленты тормоза.

4. Пустите двигатель вхолостую и измерьте его мощность P_{ϕ} , фазное напряжение U_{ϕ} , фазный ток I_{ϕ} и число оборотов ротора n_2 .

5. Постепенно нагружая двигатель при помощи грузов Q , измерьте все перечисленные величины при каждом изменении нагрузки (грузов взять 5—6).

Все измеренные величины, а также общий вес грузов Q и показания динамометра q запишите в таблицу.

Таблица измерений и вычислений

1. Данные измерений

Нагрузка Q кг	Показание динамометра q кг	Фазное напряжение U_{ϕ} в	Фазный ток I_{ϕ} а	Мощность одной фазы P_{ϕ} вт	Число оборотов ротора n_2 об/мин
Холостой ход 1 кг 2 кг 3 кг					

2. Результаты вычислений

Сила трения F кг	Вращающий момент $M_{вр}$ кгм	Угловая скорость ω 1/сек	Механическая мощность P_2 вт	К. п. д. η	$\cos \varphi$
Холостой ход					

6. Измерьте диаметр рабочей части шкива двигателя.

Содержание отчета о работе

- Наименование и цель работы.
- Краткий перечень отдельных этапов работы.
- Таблица с результатами измерений и вычислений.
- Графики зависимости (на миллиметровой бумаге):
 - к.п.д. η от механической мощности двигателя P_2 : $\eta = f(P_2)$;
 - вращающего момента $M_{вр}$ от механической мощности двигателя P_2 : $M_{вр} = f(P_2)$.
- Выводы о величине наиболее эффективной нагрузки двигателя, при которой его к.п.д. и $\cos \varphi$ наибольшие, о вращающем моменте двигателя и числе его оборотов при этой нагрузке (подсчитать скольжение двигателя).

Контрольные вопросы

- Как в двигателях трехфазного тока создается вращающееся магнитное поле статора?
- Почему при увеличении механической нагрузки двигатель начинает потреблять больше электрической энергии?
- Как по данным паспорта двигателя установить скорость вращения вращающегося магнитного поля его статора? Чему она равна в том двигателе, которым пользовались в данной работе?
- Можно ли в практике встретить асинхронный двигатель с номинальным числом оборотов 1100 об/мин, 2000 об/мин?
- Что называется холостым ходом двигателя? Чему равен к.п.д. двигателя при работе его вхолостую?
- Какие бывают потери энергии при работе двигателя?
- Что показывает коэффициент мощности двигателя $\cos \varphi$? Как он вычисляется?
- Что такое вращающий момент асинхронного двигателя? Как он изменяется при изменениях нагрузки двигателя?

Работа 22. Включение трансформатора в сеть и определение к. п. д. при различных нагрузках

Цель работы. Изучить устройство и работу трансформатора. Собрать схему включения трансформатора, включить его в сеть и определить к.п.д.

Приборы и оборудование: 1) однофазный понижающий трансформатор 220/36 в или 127/24 в мощностью 0,2—0,4 кВа, 2) амперметр переменного тока на 3 а, 3) амперметр переменного тока на 10 а, 4) вольтметр переменного тока на 250 в, 5) вольтметр переменного тока на 50 в (или на 30 в), 6) реостат на 4 а, 40 ом, 7) реостат на 10 а, 10 ом, 8) однополюсный рубильник, 9) соединительные провода.

Теоретические сведения

Всякий однофазный трансформатор имеет сердечник, состоящий из тонких пластин электрической стали, на стержнях которого размещены две изолированные обмотки — более высокого напряжения ($ВН$) и более низкого напряжения ($НН$). Одну из обмоток трансформатора — первичную — подключают к сети переменного тока. Ко вторичной обмотке присоединяют потребители электрической энергии, рассчитанных на напряжение, которое дает эта обмотка трансформатора.

Если включить в сеть первичную обмотку трансформатора, а цепь вторичной обмотки разомкнуть, то трансформатор будет работать вхолостую.

Измерив величину напряжения на концах первичной обмотки U_1 и величину напряжения на концах вторичной обмотки U_2 , можно вычислить коэффициент трансформации трансформатора K :

$$K = \frac{U_1}{U_2}$$

Напряжение каждой обмотки пропорционально числу ее витков W , поэтому:

$$K = \frac{W_1}{W_2}$$

При работе вхолостую электрическая энергия, поступающая в трансформатор, расходуется только на намагничивание его сердечника и на вихревые токи «потери в стали». Незначительный ток, потребляемый при этом первичной обмоткой трансформатора, называется током холостого хода. Величина этого тока составляет 3,5—10% от тока при полной нагрузке трансформатора.

Потери же энергии, происходящие в трансформаторе при его работе под нагрузкой, распределяются на «потери в стали» и «потери в меди» (на нагревание проводов обмоток). Величина потерь в стали с увеличением нагрузки трансформатора почти не изменяется; значительно возрастают лишь потери в меди, так как по обмоткам проходят увеличенные токи. Однако с увеличением мощности трансформатора потеря составляет все меньшую и меньшую часть этой мощности. Поэтому при увеличении нагрузки к.п.д. трансформатора возрастает.

Вообще потери энергии в трансформаторе малы. Поэтому трансформатор принадлежит к числу самых совершенных преобразователей энергии, так как к.п.д. мощных трансформаторов высокий — 95%—99%.

Поскольку трансформатор не может увеличить величину мощности энергии, поступающей в его обмотки, в этих обмотках одновременно с изменением напряжения изменяется обратно величина тока. Таким образом, трансформатор несколько похож на рычаг, в котором на большем плече (напряжение) действует меньшая сила (ток), а на меньшем плече — большая.

Об этом необходимо помнить при сборке схемы трансформатора, чтобы правильно разместить приборы для измерений токов и напряжений в обеих его обмотках.

Если мощность $U_2 I_2$, отдаваемая вторичной обмоткой трансформатора, разделить на мощность $U_1 I_1$, поступающую в его первичную обмотку, можно вычислить к.п.д. трансформатора. При этом для точных и правильных (с точки зрения законов электротехники) измерений мощности следует использовать ваттметры. Однако в школьных условиях можно допустить некоторую неточность и вычислить мощность каждой обмотки трансформатора при помощи амперметра и вольтметра, перемножая их показания:

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

Нагружать вторичную обмотку трансформатора можно при помощи проволочных или ламповых реостатов. Так как напряжение вторичной обмотки довольно низкое, токи в ней будут весьма значительны по величине. В данной лабораторной работе нужно нагружать эту обмотку токами в 2, 4, 6, 8 и 10 а.

Если нет реостата, рассчитанного на 10 а и имеющего значительное сопротивление, величину тока по вторичной обмотке трансформатора можно регулировать при помощи двух реостатов, включенных последовательно. Один из них может быть рассчитан на небольшой ток (3—4 а), но должен иметь достаточно большое сопротивление. Второй реостат (на 10 а) может быть с сопротивлением всего в несколько ом. Для увеличения тока во вторичной обмотке сначала выводят реостат, рассчитанный на меньшую величину тока. Выведя его совсем и устранив этим возможность перегрева его возросшим током, начинают уменьшать сопротивление цепи вторичной обмотки трансформатора другим реостатом. Его витки изготовлены из толстой проволоки и пропускают значительный ток, не перегреваясь.

Если проволочных реостатов нет, вторичную обмотку трансформатора нагружают при помощи нескольких ламп, рабочее напряжение которых равно или немного превышает вторичное напряжение трансформатора. Количество ламп зависит от их мощности: их должно быть столько, чтобы можно было обеспечить регулирование вторичного тока трансформатора в пределах от 2 до 10 а.

Описание электрической схемы

Концы первичной обмотки трансформатора присоединяют к двум соответствующим зажимам сети трехфазного тока (рис. 149). В цепь этой обмотки последовательно включают амперметр, а к ее концам присоединяют вольтметр.

Цепь вторичной обмотки состоит из последовательно соединенных амперметра, одноплюсного рубильника и двух реостатов. Кроме того, к зажимам обмотки также присоединяют вольтметр. Одиноплосным рубильником размыкают цепь вторичной обмотки для исследования работы трансформатора вхолостую.



Рис. 149. Схема включения однофазного трансформатора в сеть.

Выполнение работы

1. Изучите устройство трансформатора, ознакомьтесь с его паспортом, установите номинальные напряжения и токи обеих его обмоток.
2. Исходя из этих данных установите, какие измерительные приборы следует включить в цепь первичной, а какие — в цепь вторичной обмотки трансформатора.
3. Выполните электрический монтаж согласно схеме.
4. Разомкните рубильник в цепи вторичной обмотки, подключите первичную обмотку трансформатора к сети и запишите показания измерительных приборов при работе трансформатора в холостую.
5. Поставьте ползунки реостатов на максимальное сопротивление, замкните вторичную цепь трансформатора и постепенно (четыре-пять раз) увеличивайте ток в этой цепи, доведя его в конце до 10 а. При каждой нагрузке измерьте величину тока и напряжения обеих обмоток. Показания приборов запишите в таблицу.

Таблица измерений и вычислений

Вторичная обмотка трансформатора				Первичная обмотка трансформатора			
данные наблюдения		результаты вычислений		данные наблюдений		результаты вычислений	к. п. д. η
ток нагрузки I_2 а	напряжение U_2 в	мощность $U_2 I_2$ в а	сопротивлен. реостатов $R_{ом}$	ток, потребляемый I_1 а	напряжение U_1 в	мощность $U_1 I_1$ в а	
0 (холостой ход)							
2 а							
4 а							
6 а							
8 а							
10 а							

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Краткий перечень этапов работы.
3. Электрическая схема работы.
4. Таблица результатов измерений и вычислений.
5. График (на миллиметровой бумаге) изменения к.п.д. трансформатора при изменениях его нагрузки $\eta = f(I_2)$
6. Выводы. Наиболее эффективная нагрузка трансформатора, при которой он работает с максимальным к.п.д.

Контрольные вопросы

1. На каком физическом явлении основано действие трансформатора?
2. Что показывает коэффициент трансформации?
3. Какую обмотку трансформатора называют первичной, а какую — вторичной?
4. Можно ли, зная сечение провода обмоток, указать, в какой из них действует более высокое напряжение, а в какой — более низкое?
5. Из чего и как изготавливается сердечник трансформатора?
6. Что называется холостым ходом трансформатора?
7. Какие происходят потери мощности в трансформаторе во время его работы?
8. Какие типы трансформаторов вы знаете? Где они используются?
9. Как используются трансформаторы при передаче электрической энергии на большое расстояние?
10. Какое различие между трансформатором и автотрансформатором?

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

РАДИОСВЯЗЬ

§ 25. ИЗОБРЕТЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ РАДИО

Ежегодно 7 мая наша страна отмечает День радио. В этот день в 1895 г. выдающийся русский физик Александр Степанович Попов выступил с докладом на заседании Русского физико-химического общества и продемонстрировал созданный им первый в мире радиоприемник. Свой доклад он закончил словами: «Могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстоянии при помощи быстрых электрических колебаний». Так было сделано открытие мирового значения, послужившее началом целой отрасли радиотехнических наук.

Настойчивая и упорная работа изобретателя над совершенствованием нового способа связи привела его к целому ряду технических открытий.

А. С. Попов первый в мире осуществил передачу сигналов по радио, доказал возможность практического применения радиосвязи, применил антенну и заземление. Открытие А. С. Поповым явления отражения и затенения радиоволн послужило основой радиолокации и радионавигации. А. С. Поповым создана новая наука — радиоизмерения.

Великая Октябрьская социалистическая революция создала мощную основу для развития и расцвета отечественной радиотехники, занявшей ведущее место в мировой науке.

Советские ученые, инженеры и техники по призыву партии и правительства обогащают науку и технику новыми открытиями и техническими усовершенствованиями в области радио. В настоящее время в нашей стране действуют свыше шестнадцати миллионов радиовещательных точек, прочно вошло в жизнь телевидение. Построен ряд линий радиосвязей, соединивших пункты, удаленные друг от друга на тысячи километров. Радио проникло во многие отрасли науки, техники и народного хозяйства.

Достижения радиотехники используются в устройстве сложных электронных счетных машин.

При помощи радио изучаются богатства земных недр и составные атмосферы. Радиосредства используются в медицине и сельском хозяйстве. Радиоприборы и различные радиооборудования находят широкое применение при исследованиях в области атомной энергии и строения вещества.

Радио применяется для определения местоположения объектов, удаленных на большие расстояния (радиолокация). Большое распространение получили радионавигация и радиопогедезия. Радио в развитии человечества является мощным средством научно-технического прогресса, развития культуры и воспитания широких масс.

§ 26. ПРИНЦИП РАДИОСВЯЗИ

Для радиосвязи используются колебания высокой частоты от 100 000 герц и выше до нескольких тысяч мегагерц, которые вырабатываются ламповыми генераторами, расположенными на передающей станции и соединенными с передающей антенной. На

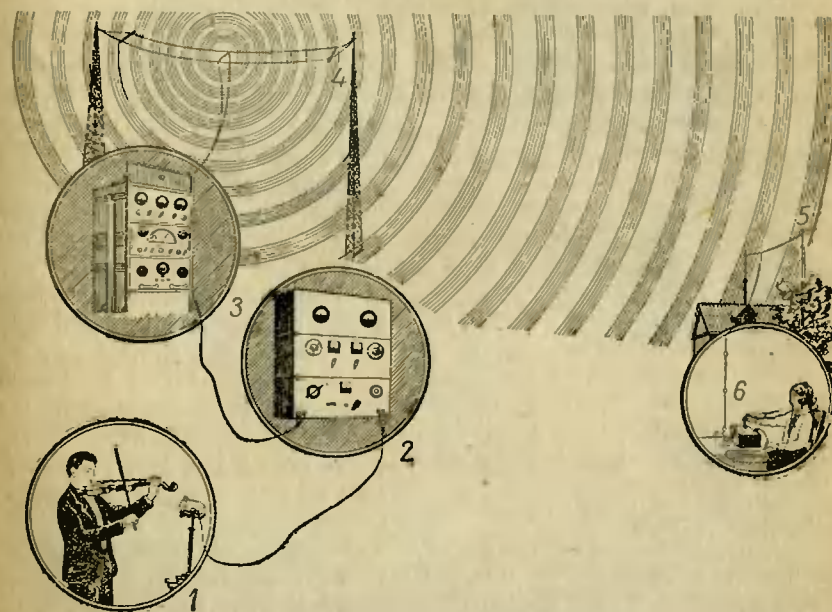


Рис. 150. Радиовещательный тракт: 1 — микрофон в студии, 2 — ламповый усилитель низкой частоты, 3 — ламповый генератор токов высокой частоты, 4 — передающая антенна, 5 — приемная антенна, 6 — радиоприемник.

радиовещательных станциях передатчик имеет большую мощность (рис. 150). Микрофон установлен в студии и соединен с ламповым усилителем, находящимся в аппаратной, расположенной рядом со студией. Усилитель усиливает слабо токи низкой (звуковой) частоты, образованные в цепи микрофона. Усиленные токи по проводам передаются на радиостанцию, где они в пере-

датчике воздействуют на высокую частоту и изменяют обычно амплитуду колебаний по закону низкой частоты. Это изменение называют модуляцией, и, следовательно, в антенну поступают модулированные колебания высокой частоты. В пространстве, окружающем антенну, создаются электромагнитные волны (радиоволны), распространяющиеся со скоростью 300 000 км в секунду. Встречая на пути приемную антенну, электромагнитные волны возбуждают в ней э.д.с. такой же частоты и с той же модуляцией, что и на передающей станции. Эта э.д.с. из антенны поступает в приемник, где создает высокочастотные модулированные колебания в цепях радиоприемника. В приемнике из модулированных колебаний высокой частоты специальным выпрямителем-детектором выделяется ток низкой частоты, который в телефоне преобразуется в звук, воспринимаемый ухом. Путь прохождения радиотелефонной передачи от микрофона передающей станции до телефона радиослушателя называют радиовещательным трактом. При двухсторонней радиосвязи каждый корреспондент имеет радиостанцию, состоящую из передатчика и приемника.

§ 27. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РАДИОДЕТАЛЕЙ НА СХЕМАХ

Для изучения устройства радиоаппаратуры пользуются схемами. Схема дает возможность ясно представить себе принцип работы радиоприемника или другого аппарата, а также быстро и правильно осуществить монтаж его или произвести ремонт.

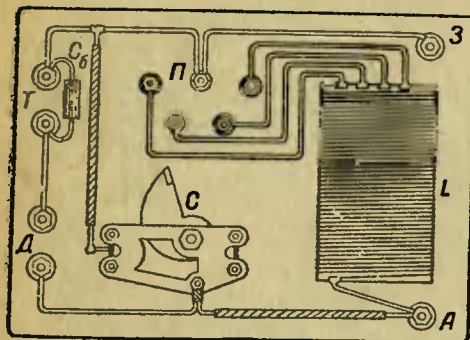


Рис. 151. Монтажная схема детекторного радиоприемника.

В радиотехнике применяют два типа схем: принципиальные и монтажные. На принципиальной схеме (рис. 153) условно изображают все детали прибора и электрические соединения между ними независимо от расположения деталей в конструкции прибора. Принципиальная схема необходима для рассмотрения принципа действия радиоприемника и выяснения роли, выполняемой каждой деталью. Ею также пользуются при проверочном соединении аппаратуры.

Для того чтобы научиться читать схемы, необходимо знать условные обозначения радиодеталей. Они являются общими для всех и узаконены соответствующими стандартами. Радидетали и их условные обозначения приведены на рисунке 152.

Только хорошо изучив обозначения, можно читать и понимать различные радиосхемы.

условное обозначение	название	вид детали	условное обозначение	название	вид детали
	Экранированный провод соединен с корпусом			Антенна	
	Выключатель одноклавишный			Земля	
	Выключатель двойной			Соединение проводов	
	Переключатель ползунковый				

Рис. 152а. Радидетали и их условные обозначения на схемах.

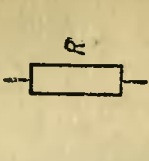
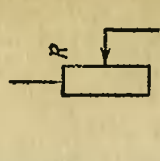
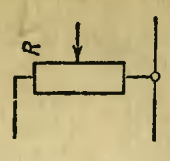
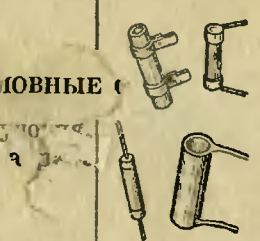
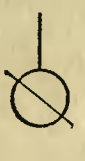
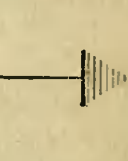
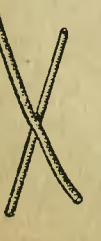
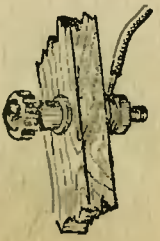
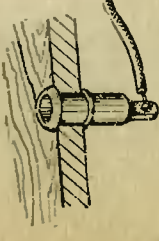
				
Предохранитель	Лампочка	Сопротивления	Переменные сопротивления	Потенциометр
				
				
Перекрещивание проводов без соединения	Зажим	Штепсельное гнездо	Соединение с корпусом (землей)	
				

Рис. 152б.

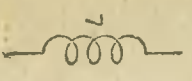
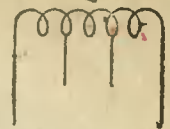
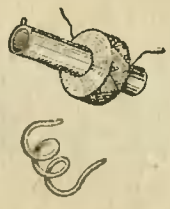
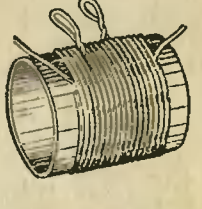
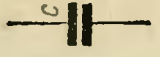
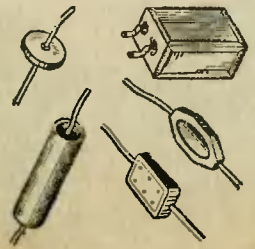
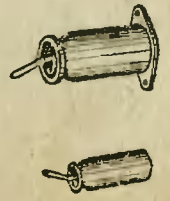
	
Условное обозначение	Катушки
	
Вид детали	Катушка с выводами
	
Условное обозначение	Конденсаторы
	
Вид детали	Электролитические конденсаторы

Рис. 152а.

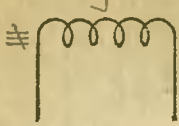
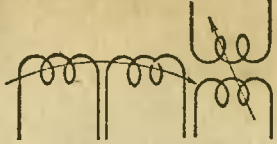
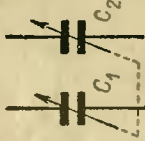
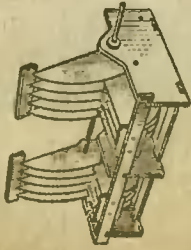
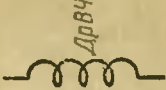
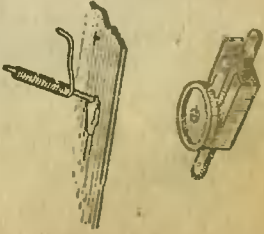
			Катушка с сердечником	
			Индуктивная связь между катушками	
			Дроссель высокой частоты	

Рис. 152а.

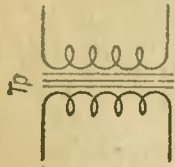
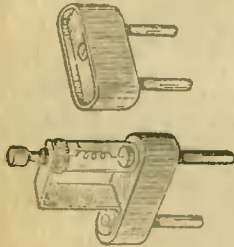
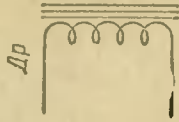
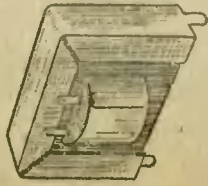
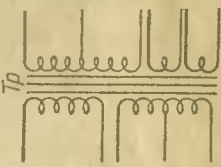
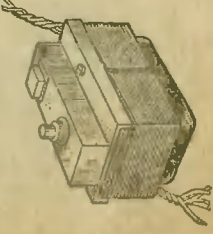
			Детекторы	
			Телефонные наушники	
			Громко- говоритель	

Рис. 152б.

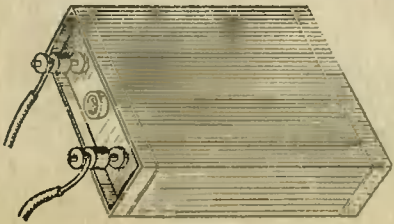
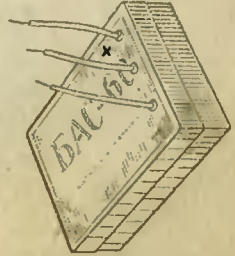
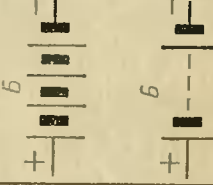
Вид детали	Название	Условное обозначение	Вид детали	Название	Условное обозначение
	Гальванический элемент (аккумулятор)			Динамик	
	Батарея элементов (аккумулятор)			Звукоусилитель (адаптер)	

Рис. 152а.

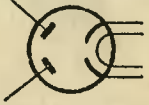
Вид детали	Название	Условное обозначение	Вид детали	Название	Условное обозначение
	Триод с прямым накалом			Пентод с подогревным катодом	
	Двойной диод или двуханодный кенотрон с раздельными катодами			Пальчиковый пентод с прямым накалом	

Рис. 152б.

На монтажной схеме (рис. 151) изображают в натуральную величину или в масштабе все детали приемника, их взаимное расположение и показывают провода, соединяющие отдельные детали.

§ 28. АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Для излучения и приема электромагнитных волн применяют открытый колебательный контур, который называют антенной. В практическом выполнении наиболее часто антенна состоит из

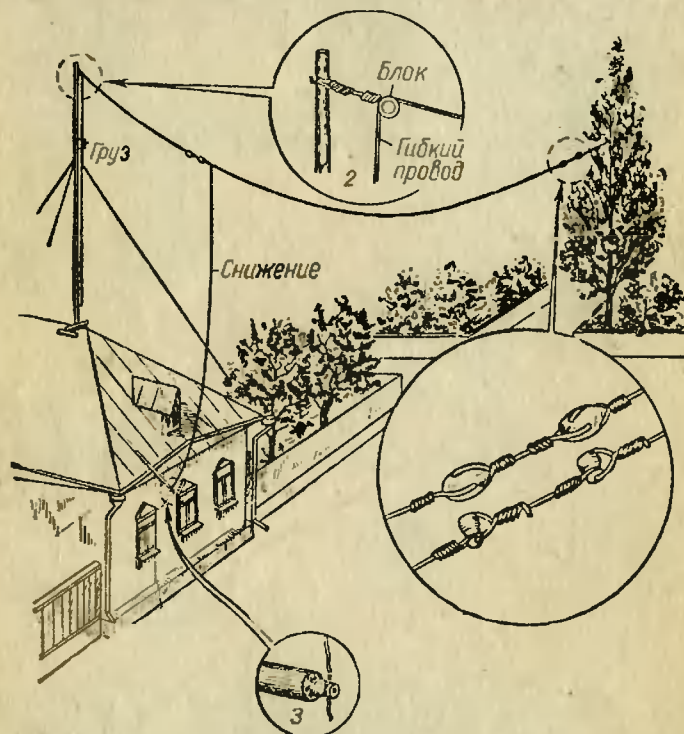


Рис. 154. Устройство и детали антенны.

провода, подвешенного на высоких мачтах, хорошо изолированного от точек подвеса и соединенного с передающей или приемной аппаратурой проводом, называемым снижением (рис. 154). Другой частью открытого контура является противовес — сеть проводов, изолированных от земли и подвешенных под антенной на столбах. Противовес применяют на передающих радиостанциях и в передвижных радиостанциях. В приемных радиостанциях противовес заменяют соединением с землей — заземлением. Им служит любой металлический предмет — заземлитель, зарытый в землю (рис. 155). Для этого выбирается ближайшее место с наиболее влажной почвой. К заземлителю принашивается провод, который

вводится в помещение через отверстие в нижней части рамы окна. В городах для заземления используются трубы водопровода. К ним присоединяют заземляющий провод при помощи муфты

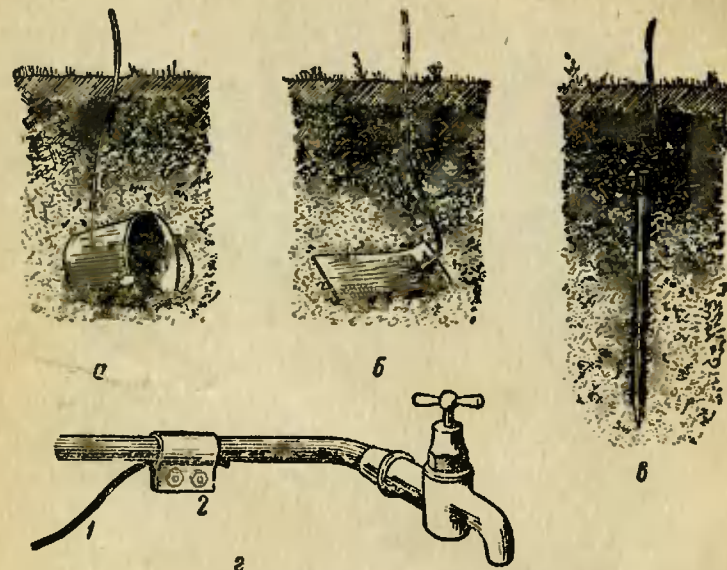


Рис. 155. Заземления: а — металлическое ведро, б — металлический лист, в — металлическая труба, г — присоединение к водопроводной трубе: 1 — провод, 2 — латунная муфта.

с болтиком (рис. 155 г). Заземление присоединяют к корпусу приемника. На коротких волнах (см. дальше) можно заземлением не пользоваться (достаточно массы корпуса).

§ 29. ГРОВОЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ

В антенном проводе, находящемся на открытом воздухе, могут накапливаться значительные количества электричества под воздействием грозы, снегопада, сухого ветра с пылью и других подобных явлений. Электрические заряды могут повредить радиоприемник и представляют опасность для людей. Поэтому, когда приемник не работает, а особенно при приближении грозы, антенну нужно заземлять, т. е. соединить с заземлением. Для этого при вводе в помещение снижения от антенны и провода от заземления устанавливается «грозовой переключатель» (рис. 156). Провода, соединяющие переключатель с радиоприемником, укрепляются на фарфоровых роликах.

В грозовом переключателе имеется искровой промежуток, предназначенный для отвода в землю зарядов атмосферного электричества, скопляющихся на антенне при соединении ее с прием-

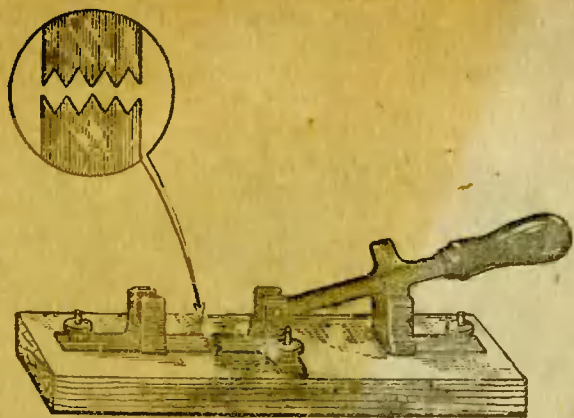


Рис. 156. Грозовой переключатель.

пиком. Схема подключения проводов к грозовому переключателю приведена на рисунке 157.

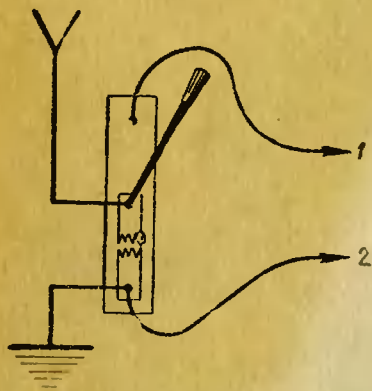


Рис. 157. Схема подключения проводов к грозовому переключателю: 1 — провод к вилке приемника «Антенна», 2 — провод к вилке приемника «Земля».

§ 30. ДЕТЕКТОРНЫЙ РАДИОПРИЕМНИК

Самым простым по устройству является детекторный радиоприемник. Его принципиальная схема приведена на рисунке 158. Он состоит из приемного контура: катушки индуктивности L и конденсатора переменной емкости C . С контуром связана детекторная цепь. В нее входит детектор D и телефон T . К телефону параллельно присоединен конденсатор C_6 постоянной емкости.

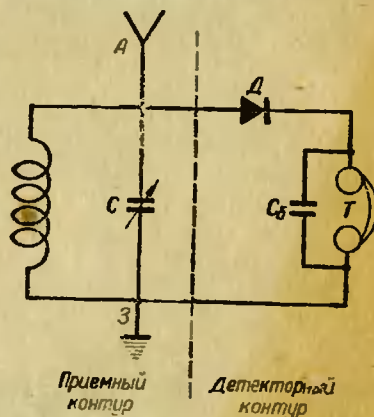


Рис. 158. Схема детекторного радиоприемника.

Антенна и земля подключены к приемному контуру.

Под действием электромагнитного поля передающих радиостанций в антенне возбуждаются токи высокой частоты. Они попадают в приемный контур.

Для выделения передачи одной радиостанции из передач всех действующих одновременно радиостанций приемный контур необходимо настроить в резонанс на частоту нужной радиостанции. Как известно, частота колебаний в контуре зависит от индуктивности L и емкости C и может быть подсчитана по формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где L в генри; C в фарадах, тогда f в герцах.

Настройку в резонанс на требуемую радиостанцию можно производить, изменяя величину индуктивности катушки L или емкости конденсатора C .

При резонансе напряжение сигнала требуемой радиостанции, выделенное на колебательном контуре (рис. 159), создаст

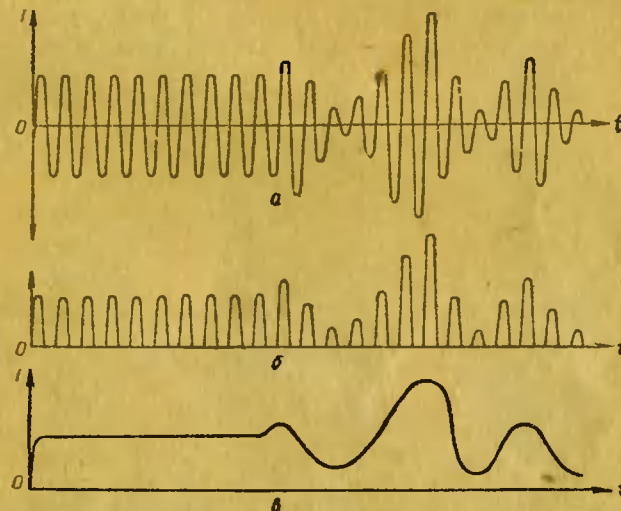


Рис. 159. Графики изменений тока в цепях детекторного радиоприемника: а — в колебательном контуре, б — после детектора, в — в телефоне.

ток в детекторной цепи. Детектор обладает односторонней проводимостью, поэтому ток в цепи будет протекать импульсами в одном направлении (рис. 159, б).

При приеме модулированных колебаний импульсы будут различны по величине. Эти пульсации тока в детекторной цепи можно рассматривать как состоящие из двух слагающих: колебаний высокой частоты и колебаний низкой частоты. Отделение слагающей низкой частоты от слагающей высокой частоты происходит

в телефоне T и блокировочном конденсаторе C_6 . Составляющая тока высокой частоты замыкается через блокировочный конденсатор C_6 , представляющий для этого тока небольшое сопротивление по сравнению с большим индуктивным сопротивлением обмотки электромагнитов телефона. Составляющая тока низкой частоты проходит по обмотке электромагнитов телефона, так как конденсатор C_6 представляет для нее очень большое сопротивление. Под действием этого тока низкой (звуковой) частоты колеблется мембрана телефона и воспроизводит те же звуки, что воздействовали на микрофон передающей радиостанции.

Работа детекторного радиоприемника осуществляется за счет энергии электромагнитных волн передающих станций. Эти радиоприемники не нуждаются в источниках тока, но дальность приема мала.

§ 31. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

Свое развитие радиотехника получила после появления электронных ламп, когда стало возможным создание ламповых усилителей и генераторов.

В электронных лампах используется электронный поток, излучаемый раскаленным катодом. Воздействуя на этот поток

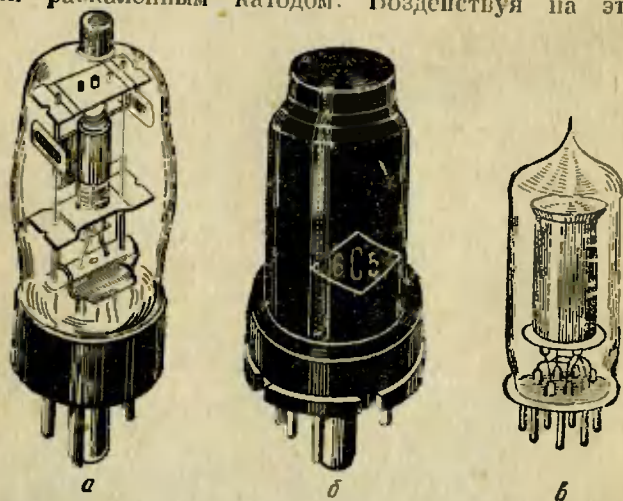


Рис. 160. Современные электронные лампы: а — в стеклянном баллоне, б — в металлическом баллоне, в — пальчиковая лампа.

различными электрическими полями, можно осуществить выпрямление, усиление, генерирование переменных токов высокой и низкой частоты и ряд других процессов.

Электронные лампы подразделяются по количеству электродов и по конструктивному оформлению.

Современные электронные лампы (рис. 160) бывают в стеклянных или металлических баллонах и в зависимости от этого

называются стеклянными или металлическими. Внутри баллона создан высокий вакуум до 10^{-8} мм ртутного столба. Электроды укреплены на стеклянной ножке. Выводы от них пропущены через нижнюю часть лампы — цоколь (рис. 161) и припаяны к выводным контактным штырькам. Выводные штырьки расположены на цоколе симметрично по кругу. Чаще применяется октальный (восемьштырьковый) цоколь, часть штырьков может быть при этом пустой или совсем отсутствовать. Включают лампу при помощи специальной ламповой панели. Для того чтобы при вставлении лампы в панельку штырьки попали в соответствующие гнезда, в центре цоколя имеется направляющий ключ, а в панельке соответствующее отверстие (рис. 162).

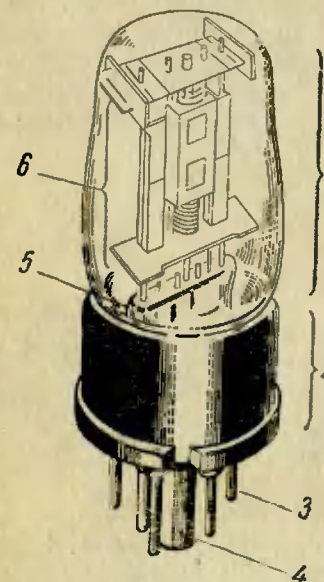


Рис. 161. Детали электронной лампы: 1 — баллон, 2 — цоколь, 3 — выводной контактный штырек, 4 — направляющий ключ, 5 — стеклянная ножка, 6 — электроды.



Рис. 162. Панелька для электронной лампы в схеме прибора: 1 — гнезда под контактные штырьки, 2 — отверстие для направляющего ключа, 3 — отверстия для крепежных болтиков.

Выводы пропущены через нижнее стеклянное основание. Расположение выводных штырьков на цоколе ламп показано на рисунке 163.

Электронные лампы различают также и по устройству катода. Если нить накала является катодом, то такие лампы называются лампами прямого накала. У другого типа ламп катод, излучающий электроны, изолирован от нити накала, которая служит только для разогрева катода, а в создании электронного потока не участвует. Такие лампы называют лампами с косвенным накалом (или с подогревным катодом).

Наиболее простыми по устройству являются двухэлектродные лампы (диоды и кенотроны) и трехэлектродные лампы —

триоды. Двухэлектродные лампы обладают односторонней проводимостью и применяются для выпрямления токов низкой и высокой частоты (выпрямители и детекторы). Введение в лампу третьего электрода управляющей сетки (между катодом и анодом) позволило получить триоды, которые обладают усилительными свойствами и поэтому используются для усиления колебаний и для получения (генерирования) колебаний высокой частоты. При использовании триодов в цепях высокой частоты был выявлен недостаток — на работу лампы вредно сказывается емкость, существующая между анодом и управляющей сеткой. Для устранения этого недостатка в лампу ввели дополнительную экранирующую сетку, поместив ее между управляющей сеткой и анодом. Такая лампа называется четырехэлектродной (экранированной) лампой — тетродом (рис. 164). Так как у тетрода экранирующая сетка довольно густая и расположена между анодом и управляющей сеткой, то вредное действие анода на управляющую сетку уменьшено и тем лучше усилительное действие лампы. Поэтому тетрод лучше триода по усилительным свойствам. Однако тетрод обладает большим недостатком. На экранирующую сетку тетрода подается положительное напряжение величиной 0,5—0,7 от анодного напряжения. Поэтому электроны, подлетая к экранирующей сетке, получают дополнительное ускорение и, пролетая сетку с большей скоростью, летят к

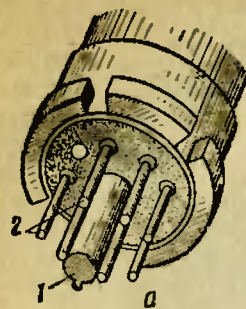


Рис. 163. Размещение выводных контактных штырьков на цоколе металлических и стеклянных ламп (а) и пальчиковых (б): 1 — управляющий ключ, 2 — выводные контактные штырьки.

аноду. Ударяясь об анод, они выбивают из него электроны, называемые вторичными. Часть из них, обладая достаточной скоростью, не возвращается на анод и попадает на экранирующую сетку, отчего уменьшается анодный ток. Это явление называется динаatronным эффектом и отрицательно сказывается на работе лампы. Для устранения динаatronного эффекта в лампу между анодом и экранирующей сеткой вводится еще одна негустая сетка, соединенная с катодом внутри лампы или снаружи. Эта сетка называется антидинаatronной и, обладая отрицательным потенциалом относительно анода, отталкивает вторичные электроны

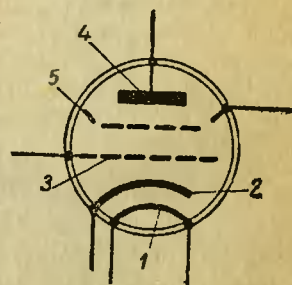


Рис. 164. Схема четырехэлектродной лампы: 1 — нить накала, 2 — катод, 3 — управляющая сетка, 4 — анод, 5 — экранирующая сетка.

обратно на анод. Такая лампа (рис. 165) называется пятиэлектродной или пентодом.

Пентоды обладают очень хорошими усилительными свойствами и широко используются для усиления высоких и низких частот.

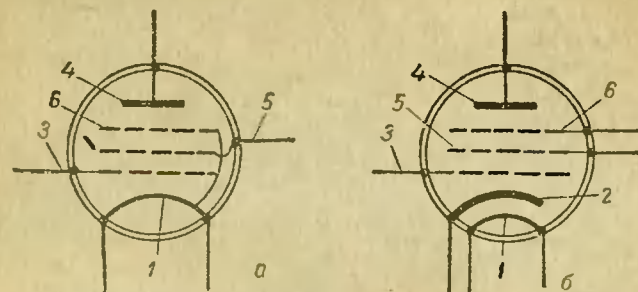


Рис. 165. Схема пятиэлектродной лампы — пентода: а — прямого накала, б — подогревного; 1 — нить накала, 2 — катод, 3 — управляющая сетка, 4 — анод, 5 — экранирующая сетка, 6 — проволочная сетка.

Динаatronный эффект еще устраняют специальной конструкцией в тетроре витков сеток, которые формируют электронные лучи, возвращающие вторичные электроны на анод.

Эти лампы получили название лучевых тетродов.

§ 32. КЕНОТРОННЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Для преобразования переменного тока в постоянный ток в радиотехнике широко используются двухэлектродные лампы — кенотроны. Они включаются по однопериодной или двухполупериодной схемам. Обычно при выпрямлении приходится изменять напряжение, поэтому в выпрямительных устройствах, кроме кенотропа, применяются силовые трансформаторы.

Однополупериодная схема выпрямления приведена на рисунке 166.

В схеме применен трансформатор T_p , имеющий три обмотки. Первичная обмотка I предназначена для включения в сеть переменного тока. Вторичных обмоток в трансформаторе две: одна с малым количеством витков III; вторая — обмотка II имеет большое количество витков и является повышающей.

При включении первичной обмотки в сеть переменного тока во вторичных обмотках индуцируется э.д.с. и, если цепь замкнута,

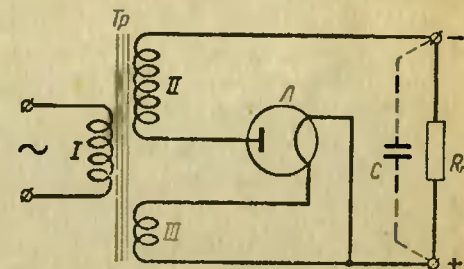


Рис. 166. Схема однопериодного выпрямления.

возникает ток. Ток, возникающий в цепи III обмотки, питает нить накала кенотрона. Э.д.с. повышающей обмотки II подается на анод кенотрона и на сопротивление нагрузки. В течение первого полупериода к аноду будет приложен + этой э.д.с., при этом ток в анодной цепи пойдет через кенотрон, сопротивление нагрузки и обмотку II трансформатора.

За время второго полупериода к аноду будет приложен — э.д.с., и тока в цепи не будет в силу односторонней проводимости кенотрона. Следовательно, через нагрузку ток будет проходить

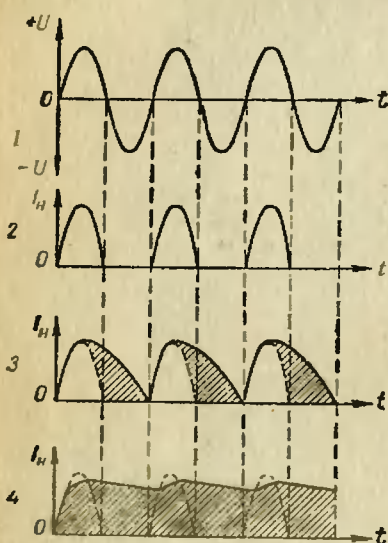


Рис. 167. Графики процесса однополупериодного выпрямления: 1 — переменное напряжение на аноде, 2 — пульсирующий ток в цепи нагрузки, 3 — пульсирующий ток в цепи нагрузки с включенным конденсатором, 4 — ток в цепи при включенном фильтре.

еще большему сглаживанию пульсаций. За дросселем параллельно нагрузке включается еще один конденсатор (рис. 168), имеющий такое же назначение, как и первый.

Дроссель Др с конденсаторами C_1 и C_2 , включенными по схеме, приведенной на рисунке 168, называется фильтром. В схеме осуществляется однополупериодное кенотронное выпрямление (с фильтром).

Двухполупериодная схема выпрямителя (рис. 169) отличается от однополупериодной схемы тем, что в ней применен двуханодный кенотрон, а вторичная обмотка трансформатора имеет вывод от середины. Когда на верхнем конце обмотки индуцированная э.д.с. будет положительной, то на нижнем конце она от-

рицательна. При этом ток пройдет через анод 1, на катод и через нагрузку R_n возвратится к середине вторичной обмотки, т. е.

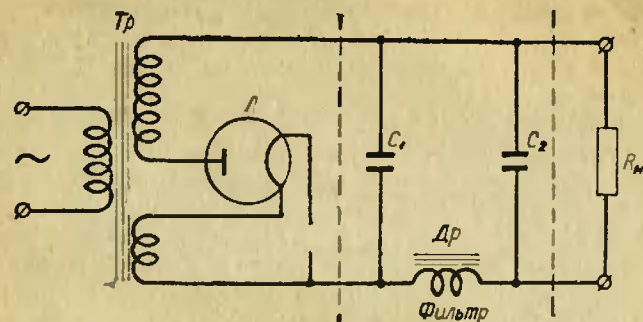


Рис. 168. Схема однополупериодного выпрямителя с фильтром.

в течение первого полупериода будет работать одна половина вторичной обмотки (II'). В течение второго полупериода полярность изменится. На нижний анод 2 будет подача положительная э.д.с., на верхний — отрицательная. Ток

пройдет через анод 2, на катод, далее через нагрузку R_n и возвратится к середине вторичной обмотки. Теперь будет работать вторая половина обмотки (II''). Следовательно, через нагрузку будут проходить импульсы тока в течение обоих полупериодов (рис. 170, 4). Если включить на выходе фильтр, то сглаживание будет лучше, чем в схеме однополупериодного выпрямления (рис. 170, 5).

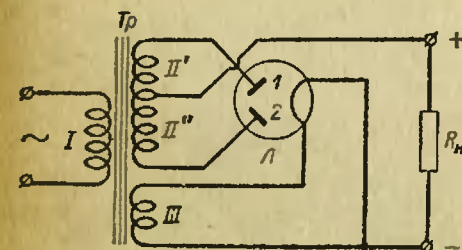


Рис. 169. Схема двухполупериодного выпрямления.

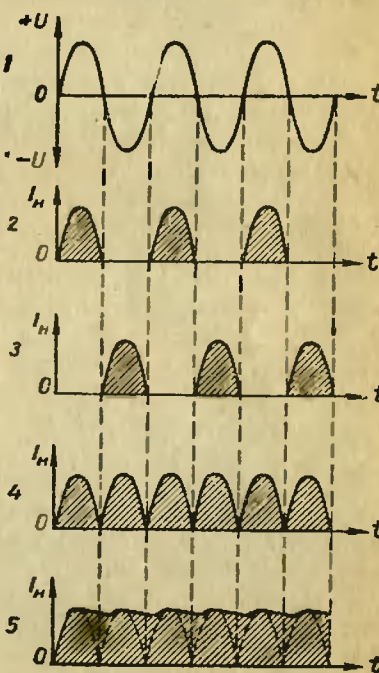


Рис. 170. График процесса двухполупериодного выпрямления: 1 — изменение напряжения, поданного на анод лампы, 2 — ток через первый анод, 3 — ток через второй анод, 4 — пульсирующий ток в цепи нагрузки, 5 — ток через нагрузку при включенном фильтре.

Для получения одинакового напряжения при выпрямлении вторичная обмотка должна быть в два раза больше по количеству витков, чем в схеме однополупериодного выпрямления.

§ 33. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Триод широко используется для усиления напряжений низкой и высокой частоты¹. Рассмотрим применение триода в усилителях низкой частоты. Простейшая схема такого усилителя приведена на рисунке 171. К управляющей сетке триода подводится переменное напряжение, изменения которого необходимо усилить. В анодную цепь включается нагрузка, условно показанная как сопротивление R_a . С нагрузки можно получить усиленное напряжение. (Если напряжение

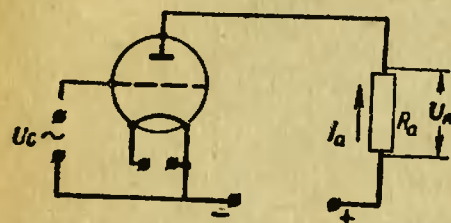


Рис. 171. Схема усилителя низкой частоты с трехэлектродной электронной лампой.

хотят еще усилить, то его снимают с анода лампы и подают на сетку следующей лампы.)

Триод с нагрузкой, где происходит усиление, называют усилительным каскадом.

При включенных источниках питания, когда на сетку еще не подается переменное напряжение, в анодной цепи устанавливается неизменный анодный ток (рис. 172, б). На сопротивлении нагрузки возникает падение напряжения U (рис. 172, в), постоянное по величине и направлению. В анодную цепь подана энергия от источника анодного тока. Если на управляющую сетку подается переменное напряжение (рис. 172, а), то при его увеличении анодный ток возрастает, а при уменьшении —

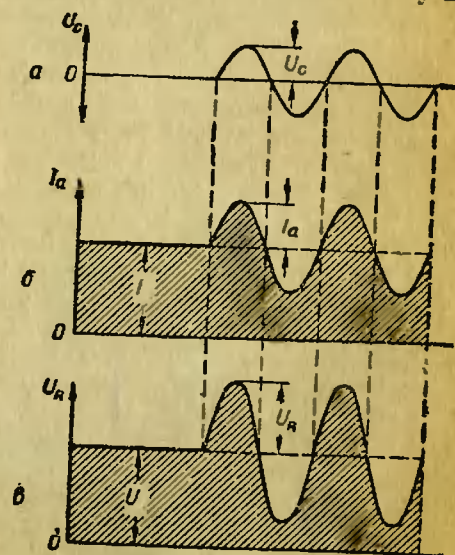


Рис. 172. Графики процесса усиления: а — переменное напряжение на управляющей сетке, б — ток в анодной цепи, в — напряжение на сопротивлении, включенном в анодную цепь.

уменьшается (рис. 272, б). Возникают пульсации анодного тока, повторяющие изменение напряжения на сетке, в результате будет пульсировать напряжение на нагрузке: $U_R = I_a R_a$ (рис. 172, в). Если величина нагрузочного сопротивления R_a будет достаточно большой, то амплитуда переменного напряжения на нем (обозначенная U_R) будет значительно больше амплитуды напряжения, подведенного к управляющей сетке лампы. Это отношение характеризует усилительное действие каскада и называется коэффициентом усиления каскада K .

Рассмотрим цифровой пример. На сетку подано переменное напряжение с амплитудой $U_c = 0,5$ в. Под действием этого напряжения появились пульсации анодного тока с амплитудой $I_a = 1$ ма. При величине нагрузочного сопротивления $R_a = 10\,000$ ом амплитуда напряжения U_R будет:

$$U_R = I_a \cdot R_a = 0,001 \cdot 10\,000 = 10 \text{ в},$$

значит, усиление получилось в 20 раз:

$$K = \frac{U_R}{U_c} = \frac{10}{0,5} = 20.$$

Энергия для усиления была получена от источника питания, затраты же энергии управляющего напряжения ничтожны.

§ 34. ЛАМПОВЫЙ ГЕНЕРАТОР С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

В современной радиотехнике электронные лампы имеют широкое применение в ламповых генераторах, предназначенных для получения колебаний высокой частоты.

Ламповый генератор состоит из колебательного контура элементов связи и электронной лампы. Для работы генератора необходимы источники питания.

Колебательный контур предназначен для создания электрических колебаний. Энергия в контур подается от анодного источника питания. Электронная лампа управляет подачей энергии в контур и поддерживает колебания в контуре.

Простейшая схема лампового генератора приведена на рисунке 173. Генераторной лампой служит триод, в анодную цепь которого включен колебательный контур, состоящий из индуктивности L и емкости C . Для того чтобы возникающие в контуре электрические колебания были бы незатухающими, применена катушка обратной связи L_{cb} , включенная в цепь управляющей сетки лампы. Она индуктивно связана с катушкой колебательного контура L .

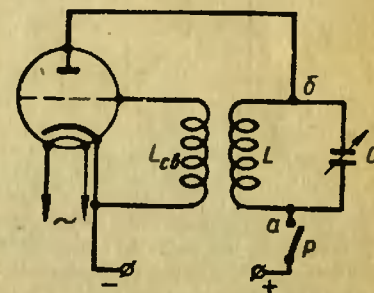


Рис. 173. Схема лампового генератора с триодом.

¹ В усилителях высокой частоты лучшие результаты дают пентоды, которые и получили там широкое применение.

Рассмотрим процесс работы лампового генератора с самовозбуждением. Если включить анодное напряжение при нагретом катоде, то через лампу пойдет ток и почти все напряжение источника будет приложено к конденсатору C контура и индуктивности L . Конденсатор C зарядится, и когда анодный ток примет установившееся значение, в контуре возникнут собственные колебания с частотой, определяемой величинами L и C . Напряжение на конденсаторе и тока в контуре даны на рисунке 174, а и б, они сдвинуты по фазе на 90° , т. е. ток максимален, когда напряжение минимально. Эти колебания будут затухать.

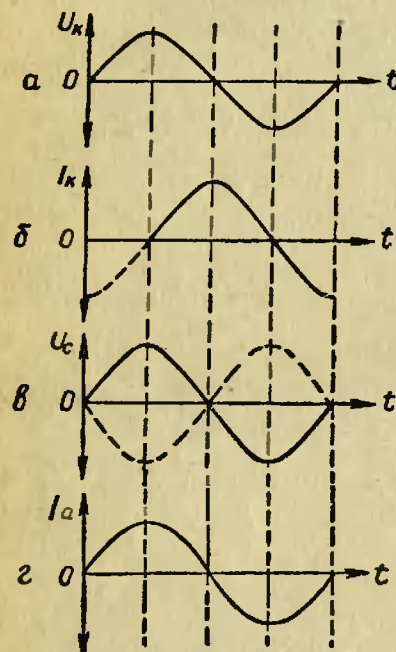


Рис. 174. Графики процессов, происходящих в ламповом генераторе: а — переменное напряжение на обкладках конденсатора колебательного контура, б — колебательный ток в контуре, в — переменное напряжение на управляющей сетке лампы, г — колебание анодного тока.

Обратная связь через катушку $L_{св}$ должна иметь достаточную величину (т. е. катушки должны находиться достаточно близко). Должно быть выполнено правильное соотношение фаз колебаний, что достигается соответствующим включением концов катушки $L_{св}$. На практике при отсутствии возбуждения генератора переключают концы катушки обратной связи. Если концы

Чтобы поддерживать колебания и сделать их незатухающими, применена катушка обратной связи $L_{св}$, электрически связанная с индуктивностью контура L .

Колебательный ток I_k , проходя по катушке контура, индуктирует э.д.с. в катушке обратной связи $L_{св}$.

Наибольшее значение индуктированная э.д.с. имеет в момент резких изменений тока тогда, когда колебательный ток проходит через нулевое значение. Под действием этой э.д.с. на сетке лампы создается переменное напряжение U_c , изменяющееся так же, как изменяется э.д.с. в катушке $L_{св}$ (рис. 174, в).

Изменение напряжения на сетке вызовет колебания анодного тока (рис. 174, г). Положительный полупериод сеточного напряжения $U_{мс}$ создаст увеличение анодного тока I_a и напряжения на контуре, подзарядая конденсатор C . Благодаря этому компенсируются потери энергии в контуре и колебания в контуре будут незатухающими. Для получения незатухающих колебаний должны быть выполнены условия самовозбужде-

катушки включены наоборот (рис. 174, график в, пунктирная кривая), то колебания анодного тока будут приглушаться и генератор не будет генерировать.

§ 35. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО РАДИОСВЯЗИ

Работа 23. Сборка и испытание детекторного радиоприемника

Цель работы. Изучить устройство деталей детекторного радиоприемника. Собрать из готовых деталей детекторный радиоприемник и испытать его в работе.

Приборы, оборудование и инструменты: 1) катушка индуктивности с выводами, 2) конденсатор переменной емкости (от 18 до 500 пф), 3) панелька с гнездами для детектора, 4) детектор кристаллический, 5) панелька с гнездами для телефона, 6) блокировочный конденсатор емкостью 1200—1500 пф, 7) телефоны электромагнитные высокоомные, 8) плоскогубцы, отвертка, паяльник, 9) соединительные проводники, 10) антенна и заземление.

Теоретические сведения

Детекторный радиоприемник рассчитан на прием радиостанций, работающих в диапазоне длин волн от 200 до 2000 м, что соответствует частотам от 1500 до 150 кГц. Зависимость между длиной волны и частотой тока выражается формулой:

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где λ — длина волны в м, c — скорость распространения электромагнитных волн, выраженная в м/сек (300 000 000 м/сек), f — частота тока в Гц.

Пользуясь этой формулой, можно найти любое значение частоты диапазона в зависимости от известной длины волны.

Детекторный радиоприемник, как и всякий другой, характеризуется двумя основными показателями: чувствительностью и избирательностью.

Чувствительность — это способность приемника принимать слабые сигналы. Чем выше чувствительность радиоприемника, тем более слабые сигналы он принимает и, следовательно, может принимать большее количество радиостанций.

Избирательностью называют способность приемника выделять сигналы нужной радиостанции без помех со стороны других радиостанций.

Детекторные радиоприемники обладают невысокой чувствительностью. На них можно принимать мощные радиостанции на расстоянии 600—800 км, при хорошей антенне и хорошем заземлении. Избирательность приемников также невысока вследствие

простоты схемы. Однако детекторные радиоприемники имеют широкое применение благодаря тому, что они просты по устройству, не требуют источников питания и несложны в обслуживании.

Описание схемы детекторного радиоприемника

Приемный контур детекторного радиоприемника (рис. 175) состоит из катушки L и конденсатора C . Величина индуктивности катушки для приема средних волн должна быть приблизительно равной 200 мкГн, а для приема длинных волн — 2500 мкГн. Поэтому применяют секционированную катушку с отводами и подбирают необходимую индуктивность, включая меньшее или боль-

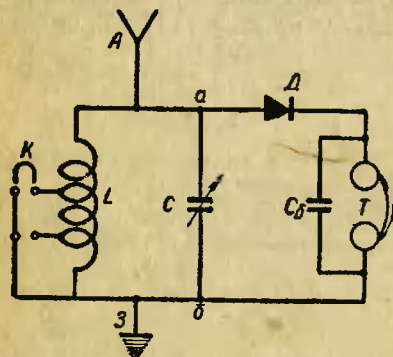


Рис. 175. Схема соединения деталей в детекторном радиоприемнике.

шее количество витков. Катушку можно применить цилиндрическую однослойной намотки или любого другого типа многослойной намотки (рис. 176). Величину индуктивности наиболее распространенных однослойных цилиндрических катушек вычисляют по формуле:

$$L = \frac{Dn^2}{1000 \frac{l}{D} + 440},$$

где L — индуктивность в мкГн, D — диаметр катушки в мм, l — длина намотки в мм, n — число витков катушки.

Конденсатор приемного контура должен быть переменной емкости (рис. 177) от 50 до 450 пф или 500 пф. К приемному контуру в точках a и b присоединена детекторная цепь. В нее входит

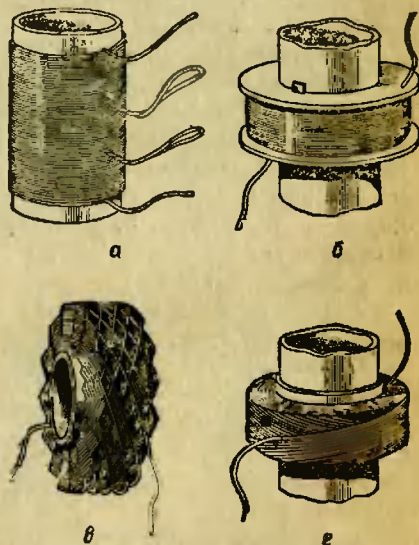


Рис. 176. Катушки индуктивности: a — цилиндрическая однослойная с выводами, b — цилиндрическая многослойная, $в$ — соловая, $г$ — многослойная «Универсал».

детектор D , состоящий из металлической пружинки — острья и полупроводника, между которыми существует соединение — контакт. В настоящее время распространены кремниевые детекторы ДК (рис. 178, a), вмонтированные в штепсельную вилку, и купроксные (рис. 178, $б$) с постоянной чувствительной точкой. Выпускаются также германиевые полупроводниковые детекторы типа ДГ-Ц1 и ДГ-Ц2 (рис. 178, $в$). Сохранились также еще галеновые детекторы прежних выпусков (рис. 178, $г$). В них применен кристалл галена (свинцовый блеск), вмонтированный в чашечку, и стальная спиральная пружина с острием, касающаяся кристалла.

В детекторную цепь включают также электромагнитные телефоны — наушники (рис. 179). Электрическое сопротивление каждого наушника-телефона 750—2000 ом. Лучше применять наушники с большим сопротивлением, так как они обладают большей чувствительностью. Иногда применяют пьезоэлектрические телефоны (рис. 180).

В них вместо электромагнитов используются две тонкие пластинки из кристаллов сегнетовой соли — пьезоэлемент. Под действием переменного электрического тока пьезоэлемент колеблется с частотой этого тока. Колебания передаются мембране, преобразовывающей их в звук.

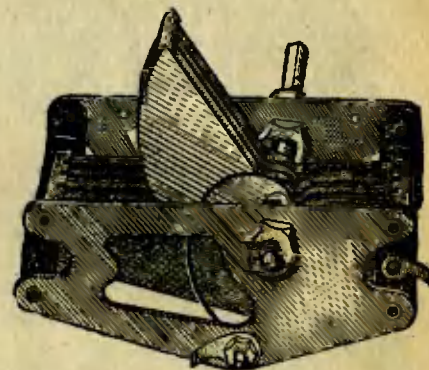


Рис. 177. Конденсатор переменной емкости.

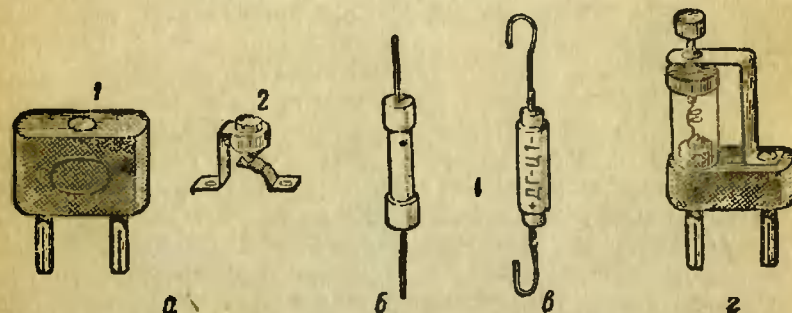


Рис. 178. Детекторы: a — кремниевый типа ДК, $б$ — купроксный, $в$ — германиевый типа ДГ-Ц1, $г$ — галеновый.

При наличии электромагнитных телефонов, параллельно к ним подключают блокировочный конденсатор постоянной емкости от 1500 до 5000 пф. Если же применяют телефоны с пьезоэлементами, представляющими конденсатор постоянной емкости, то

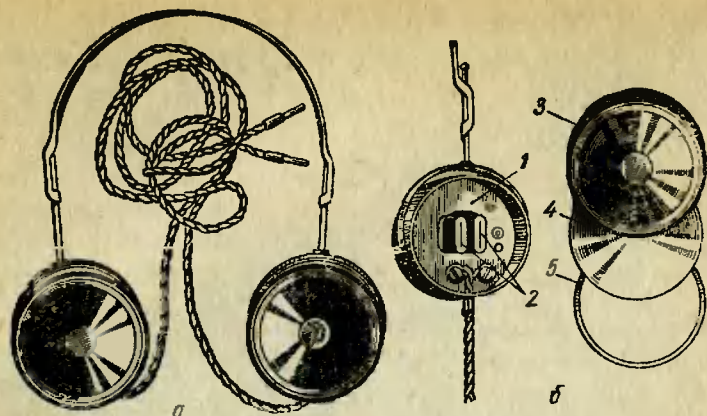


Рис. 179. Электромагнитные телефоны: а — внешний вид, б — внутреннее устройство: 1 — постоянный магнит, 2 — полюсные накладки с катушками, 3 — крышка с слуховым отверстием, 4 — мембрана, 5 — прокладочное кольцо.

вместо блокпроводного конденсатора присоединяют сопротивление в 100 ком.

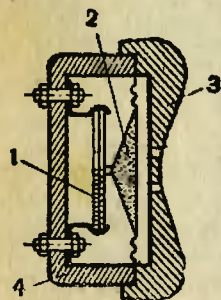


Рис. 180. Устройство пьезоэлектрического телефона: 1 — пьезоэлемент, 2 — мембрана, 3 — крышка, 4 — корпус.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь путем осмотра с деталями детекторного радиоприемника, предоставленными для работы. Определите тип намотки катушки и при однослойной намотке вычислите величину ее индуктивности.

Данные деталей и результаты расчета запишите в тетрадь.

2. Нарисуйте принципиальную схему детекторного радиоприемника (рис. 175). По этой схеме соберите из готовых деталей радиоприемник. Проверьте правильность сборки.

3. Присоедините антенну и землю к приемному контуру. Вставьте в соответствующие гнезда детектор и включите телефонные наушники. Затем наденьте наушники, удобно приспособив их к ушам.

4. Если применен детектор, не имеющий постоянной чувствительной точки (галеновый или самодельный), то отыщите чувствительную точку, переставляя острие спиральки по кристаллу до получения ясного шороха или звука в телефоне.

5. Осторожно поворачивайте ручку конденсатора переменной емкости до получения наиболее громкого звука в телефоне. Настроив приемный контур в резонанс на принимаемую радиостанцию, попробуйте отыскать более чувствительную точку и получить более громкий прием. После этого, поворачивая ручку

конденсатора дальше, настройтесь на какую-либо другую радиостанцию.

6. При применении детектора с постоянной чувствительной точкой (типов ДК, купроксного или ДГ-Ц1) приступайте сразу же к настройке приемного контура без отыскания чувствительной точки.

В детекторах типа ДК со временем теряется чувствительная точка. Для возобновления ее поверните отверткой головку винта, расположенного в углублении штепсельной вилки (рис. 178, 1) до такого положения, при котором будет услышана работа принимаемой радиостанции.

7. Работу следует выполнять в часы действия радиостанции местного вещания.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема собранного радиоприемника.
3. Краткое описание назначения деталей.
4. Краткий перечень этапов выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение имеет приемный контур в детекторном радиоприемнике?
2. Как производится настройка детекторного радиоприемника?
3. Как устроена катушка детекторного радиоприемника и от чего зависит ее индуктивность?
4. Для чего в детекторном приемнике применен конденсатор переменной емкости и как он устроен?
5. Какой тип детектора был применен в практической работе и как находилась чувствительная точка?
6. Какой тип телефонных трубок применялся в работе?

Работа 24. Снятие характеристик электронной лампы

Цель работы. Изучить устройство трехэлектродной электронной лампы, снять ее характеристики и определить параметры.

Приборы и оборудование. 1) трехэлектродная лампа (6С5С, 6С2С, 6Н8С и т. п.), 2) ламповая панель с выводными зажимами, 3) миллиамперметры магнитоэлектрической системы со шкалой 0—50 ма (в цепи анода), со шкалой 0—10 ма (в цепи сетки), 4) вольтметры такой же системы; один со шкалой 0—300 в (в цепи анода), другой со шкалой 0—30 в (в цепи сетки), 5) вольтметр электромагнитной системы со шкалой 0—15 в (в цепи накала), 6) реостат накала 15—20 ом, 0,5 а, 7) двухполюсный переключатель (в цепи сетки), 8) потенциометры; в цепи анода 2500—3000 ом, 0, 15 а, в цепи сетки 1500—2000 ом, 0,15 а, 9) источники питания; по аноду с э.д.с. 150—300 в, по накалу ~ 6,3 в, сеточное напряжение 20—30 в, соединительные проводники.

При изучении работы и применении электронных ламп большое значение имеют их характеристики и параметры.

Характеристикой лампы называют график, выражающий зависимость анодного тока лампы I_a от сеточного напряжения U_c или от анодного напряжения U_a (при номинальном напряжении накала).

Характеристики записываются математически: $I_a = f(U_c)$ при $U_a = \text{const}$, или $I_a = f(U_a)$ при $U_c = \text{const}$. Первая из них выражает зависимость анодного тока от сеточного напряжения при постоянных напряжениях анода и накала. Эта характеристика называется сеточной характеристикой анодного тока лампы. Вто-

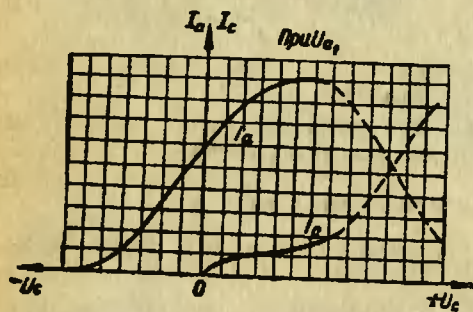


Рис. 181. Сеточные характеристики анодного и сеточного токов трехэлектродной лампы.

торая характеристика выражает зависимость анодного тока от анодного напряжения при постоянных напряжениях сетки и накала. Эту характеристику называют анодной характеристикой анодного тока лампы. Если изменять ступенями анодное напряжение, то можно получить несколько сеточных характеристик, а если изменить ступенями сеточное напряжение, то получим несколько анодных характеристик. Несколько сеточных или анодных характеристик на одном графике называются семейством характеристик лампы.

На рисунке 181 показаны сеточные характеристики анодного I_a и сеточного I_c токов трехэлектродной лампы (триода). Из рассмотрения этого графика следует, что при больших отрицательных напряжениях на сетке отсутствует ток в анодной цепи. Это происходит потому, что отрицательно заряженная сетка отталкивает электроны, вылетающие с катода, и не пропускает их на анод. По мере увеличения потенциала сетки (уменьшения отрицательного напряжения на сетке) появляется анодный ток. Это происходит до тех пор, пока напряжение на сетке станет равным 0. При дальнейшем увеличении сеточного напряжения наряду с дальнейшим ростом анодного тока появляется ток в цепи сетки. Ток сетки будет несколько уменьшать рост анодного тока. Общий ток, образованный электронным потоком излучаемым катодом (ток эмиссии), равен сумме анодного I_a и сеточного I_c токов. При дальнейшем увеличении сеточного напряжения рост анодного тока сначала прекратится, а затем анодный ток будет падать, а сеточный резко возрастать. Это происходит потому, что с увели-

чением напряжения сетки к ней притягивается все большее количество электронов, а эмиссионный ток остается постоянным, следовательно, уменьшается анодный ток. Происходит так называемое перераспределение токов между анодом и сеткой. Сеточный ток для работы лампы является вредным, поэтому стараются работать при отсутствии сеточного тока или при наличии малых сеточных токов.

У сеточной характеристики анодного тока имеются участки нижнего изгиба, верхнего изгиба и прямолинейный участок.

Верхний изгиб появляется вследствие того, что все пролетающие сетку электроны притягиваются анодом и дальнейшее увеличение напряжения на сетке не создает возрастания анодного тока (многие типы ламп этого ограничения не имеют). Этот анодный ток называют током насыщения. Электронные лампы работают так, чтобы анодный ток не доходил до величины насыщения.

Пользуясь сеточной характеристикой лампы, можно найти величину анодного тока для всех допустимых значений напряжений на сетке и правильно выбрать режим работы лампы на прямолинейном участке характеристики, чтобы не было искажений при усилении.

Кроме характеристики, рабочие свойства лампы определяются параметрами. Это постоянные величины, определяющие качества и свойства электронной лампы.

Электронная лампа характеризуется тремя основными параметрами.

1. Крутизна характеристики S . Величина, показывающая, на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении сеточного напряжения на 1 в, при постоянном напряжении на аноде. Крутизну характеристики вычисляют как отношение изменения анодного тока ΔI_a к создавшему его изменению напряжения на сетке ΔU_c при постоянном напряжении U_a на аноде:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} \frac{\text{мА}}{\text{в}} \text{ при } U_a = \text{const.}$$

Крутизна триодов 1—4 $\frac{\text{мА}}{\text{в}}$.

Чем больше крутизна, тем лучше будет лампа работать как усилитель.

2. Коэффициент усиления μ . Величина, показывающая, во сколько раз сильнее действует изменение напряжения сетки на анодный ток, чем такое же изменение анодного напряжения. Это происходит потому, что сетка расположена к катоду гораздо ближе, чем анод. Кроме того, она ослабляет действие электрического поля анода на катод. Коэффициент усиления μ вычисляется как отношение изменения напряжения на аноде ΔU_a к изменению напряжения на сетке ΔU_c , которые создают одинаковые изменения анодного тока ΔI_a :

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} \text{ при } \Delta I_a = \text{const.}$$

Коэффициент усиления триодов 10—40.

Величина обратная μ носит название проницаемости лампы $\frac{1}{\mu} = D$.

Проницаемость лампы показывает ослабление поля анода после сетки.

3. Внутреннее сопротивление лампы R_i . Это есть отношение величины изменения анодного напряжения ΔU_a к созданному им изменению анодного тока ΔI_a при постоянном напряжении на сетке U_c :

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ ом при } U_c = \text{const.}$$

Внутреннее сопротивление лампы изменяется при изменении анодного тока, т. е. не подчиняется линейному закону Ома. Для триода $R_i = 1500—10\,000$ ом.

Величины параметров ламп используются для расчетов схем, в которых применяются электронные лампы. Между S , μ и R_i существует зависимость $\mu = R_i S$, называемая уравнением лампы.

Описание схемы для снятия характеристик лампы

Для снятия сеточных или анодных характеристик триод включают по схеме, приведенной на рисунке 182. Питание накала

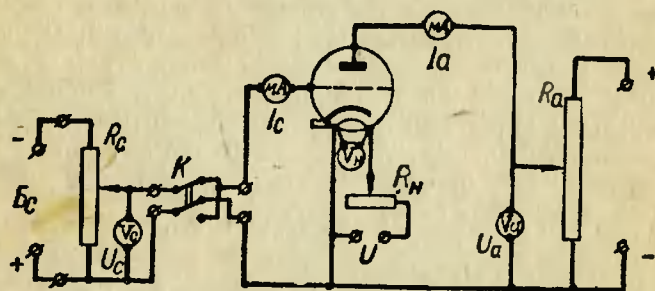


Рис. 182. Схема для снятия характеристик трехэлектродной электронной лампы.

производится от понижающего трансформатора (6,3 в). Величина напряжения U_h контролируется вольтметром V_h . Анод питается от анодной батареи E_a (или выпрямителя), нагруженной на потенциометр R_a . Последовательно в анодную цепь включен миллиамперметр для измерения анодного тока. Величина анодного напряжения U_a контролируется по вольтметру V_a , подключенному параллельно потенциометру.

Цепь сетки состоит из сеточной батареи E_c и потенциометра R_c .

Величина напряжения U_c проверяется вольтметром V_c , присоединенным параллельно к потенциометру R_c , сеточный ток

измеряется миллиамперметром, включенным в сеточную цепь. Для изменения полярности подаваемого на сетку напряжения применен двухполюсный переключатель K .

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь со схемой включения триода и с приборами, предоставленными для работы. Запишите данные приборов в тетрадь. Определите цену деления приборов.

Заготовьте таблицы для записей показаний приборов.

Таблица для снятия сеточных характеристик

$$I_a = f(U_c); I_c = f(U_c) \text{ при } U_a = \text{const.}$$

типы лампы $U_h = \dots \text{ в}$						
№ пп.	При $U_{a1} = \dots \text{ в}$			При $U_{a2} = \dots \text{ в}$		
	U_c	I_a	I_c	U_c	I_a	I_c
	в	ма	ма	в	ма	ма

Таблица для снятия анодных характеристик

$$I_a = f(U_a) \text{ при } U_c = \text{const.}$$

Тип лампы $U_h = \dots \text{ в}$				
№ пп.	U_a	$U_{c1} = 0$	$U_{c1} = \dots \text{ в}$	$U_{c2} = \dots \text{ в}$
		I_{a1}	I_{a2}	I_{a3}
	в	ма	ма	ма

2. По принципиальной схеме, приведенной на рисунке 182, соберите установку для снятия характеристик триода. Собранный схему покажите для проверки учителю и, получив от него разрешение, приступайте к снятию характеристик.

3. Включите питание. Установите при помощи реостата нормальное напряжение накала (в зависимости от типа примененной лампы).

Потенциометром R_a установите на аноде напряжение, при котором будете снимать первую характеристику (примерно 100 в). При снятии характеристики это напряжение поддерживайте постоянным. При помощи потенциометра R_c подберите такое значение отрицательного напряжения на сетке, при котором анодный ток будет равен 0.

4. Изменяйте напряжение на сетке потенциометром R_c через 1—2 в и наблюдайте при этом за изменением анодного и сеточного токов. Показания всех приборов записывайте в таблицу. Дойдя до 0 напряжения на сетке, переключите переключатель K и увеличивайте напряжение на сетке, продолжая запись в таблицу, пока анодный ток не достигнет предельного.

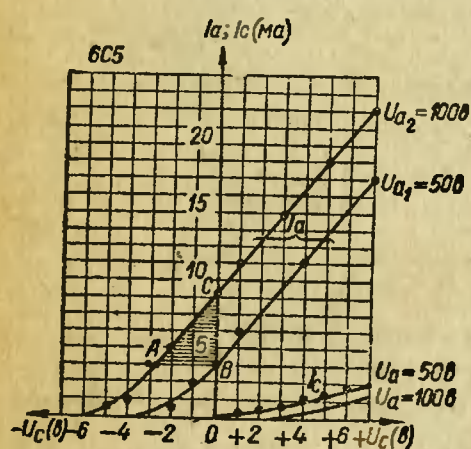


Рис. 183. Примерные сеточные характеристики анодного тока трехэлектродной электронной лампы.

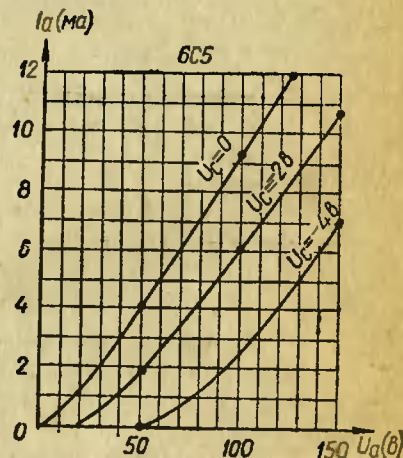


Рис. 184. Примерные анодные характеристики анодного тока трехэлектродной электронной лампы.

5. Закончив снятие первой характеристики потенциометром R_a , увеличьте анодное напряжение (примерно до 150—200 в) и аналогично снимите вторую характеристику.

6. Закончив снятие второй сеточной характеристики, потенциометры R_a и R_c установите так, чтобы вольтметры V_a и V_c показывали 0. Затем, поддерживая постоянное напряжение на сетке равным 0, увеличивайте потенциометром R_a анодное напряжение от 0 через 10 в и записывайте показания приборов в таблицу. Дойдя до напряжения 150—200 в, прекратите наблюдения и потенциометром R_a установите напряжение на аноде равным 0.

7. Потенциометром R_c установите на управляющей сетке напряжение — 1 в или — 1,5 в и снова повторите все измерения, указанные в пункте 6. В такой последовательности снимите три-четыре характеристики для разных постоянных значений отрицательных напряжений на сетке.

8. Закончив измерения, прежде всего отключите источники питания, а затем разберите монтаж схемы.

9. На основании полученных результатов постройте в прямоугольной системе координат сеточные характеристики $I_a = f(U_c)$ и $I_c = f(U_c)$ при U_a и U_a const. и анодные характеристики $I_a = f(U_a)$ при U_c и U_c const.

Примерные характеристики приведены на рисунках 183 и 184.

Пользуясь семейством характеристик (рис. 183), постройте характеристический треугольник ABC и определите из него параметры триода при помощи масштабов, принятых при построении графика:

$$S = \frac{BC}{AB}; \mu = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{AB}; R_i = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{BC}$$

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема для снятия характеристик триода.
3. Таблицы полученных данных.
4. Характеристики триода на миллиметровой бумаге.
5. Краткий перечень этапов выполнения работы.
6. Значение S , μ и R_i .

Контрольные вопросы

1. Как производится снятие сеточных характеристик триода?
2. Как производится снятие анодных характеристик триода?
3. Какую зависимость определяют сеточные и анодные характеристики анодного тока триода?
4. Что происходит с сеточной характеристикой триода при увеличении напряжения на аноде лампы?
5. От чего зависит ток сетки?
6. Как определяют параметры триода по его характеристикам?

Работа 25. Сборка и испытание лампового выпрямителя без трансформатора

Цель работы. Собрать из готовых деталей выпрямитель на кенотроне с фильтром и испытать его в работе.

Приборы, оборудование и инструменты:

- 1) электронная лампа типа 6Ц5С, 2) ламповая панелька с выводными зажимами, 3) лампа накаливания мощностью 75 вт (при напряжении сети 127 в) или 100 вт (при напряжении сети 220 в), 4) нормальный патрон для лампы, 5) силовой дроссель любого типа, электролитические конденсаторы 10 мкф, 450 в — 2 шт., 7) шнур со штепсельной вилкой, 8) рубильник двухполюсный, 9) предохранители пробковые нормальные — 2 шт., 10) вольтметр магнитоэлектрической системы со шкалой 0—300 в, 11) вольт-

метр электромагнитный со шкалой 0—300 в, 12) соединительные провода, 13) отвертка, плоскогубцы, электропаяльник, 14) припой и флюс для пайки, 15) изоляционная лента, 16) нагрузка.

Теоретические сведения

Наиболее простым по устройству является однополупериодный кенотронный выпрямитель, схема которого приведена на рисунке 185. В этой схеме применен трансформатор, повышающий напряжение. Однако в практике часто бывает достаточным напряже-

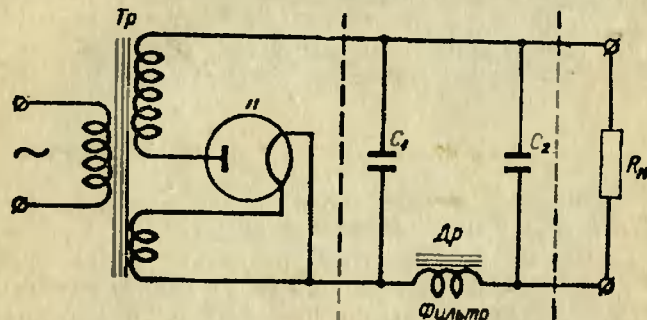


Рис. 185. Схема однополупериодного кенотронного выпрямителя.

ние несколько меньшее, чем напряжение сети переменного тока. Например, для питания однолампового радиоприемника или усилителя достаточно напряжение 80—100 в. Это дает возможность упростить схему выпрямителя, удалив из нее трансформатор. Тогда напряжение от сети переменного тока подается прямо к потребителю через выпрямительную лампу и фильтр. В такой схеме обычно применяются кенотроны с одним анодом. К нему присоединяется один из проводов сети переменного тока. Плюс выпрямленного напряжения снимается с катода кенотрона, так как катод во время работы лампы раскаляется и излучает электроны, поэтому он электризуется положительно. Минусом выпрямленного напряжения является второй провод сети.

При эксплуатации кенотронных выпрямителей необходимо следить за тем, чтобы выпрямленный ток не превышал величину наибольшего допускаемого тока для данного типа кенотрона. Это значение тока определяют по паспорту или по характеристике кенотрона. При перегрузке кенотронов большим током анод может раскалиться и расплавиться, что приводит к порче кенотрона и всего выпрямителя.

Описание схемы выпрямителя

Простейший кенотронный выпрямитель собирают по однополупериодной схеме (рис. 186) без трансформатора. В этой схеме используется электронная лампа типа 6Ц5С (рис. 187). Это двуханодный подогревный кенотрон, потребляющий ток накала

0,6 а при напряжении 6,3 в. Его схема изображена на рисунке 187, б. Там же показана цоколевка с обозначением контактных штырьков на цоколе лампы, если ее повернуть цоколем вверх. Счет штырьков ведут по часовой стрелке. При включении лампы в схему оба анода соединяют между собой и лампа работает как

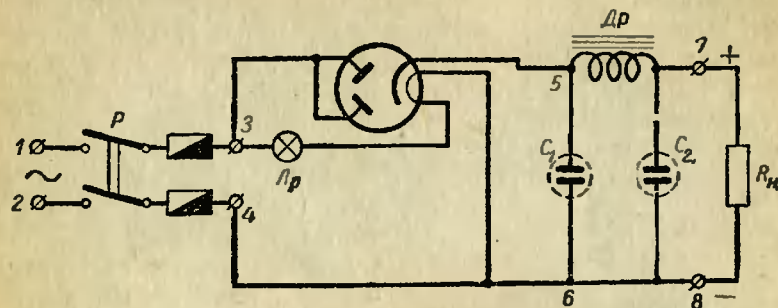


Рис. 186. Схема лампового выпрямителя без трансформатора.

одноанодный кенотрон. Для того чтобы накал кенотрона можно было питать от сети электроосвещения, последовательно включается лампа накаливания мощностью 75 вт, при напряжении сети 127 в или 100 вт — при 220 в., выполняющая роль реостата (поглощает излишек напряжения). Вместо лампы можно исполь-

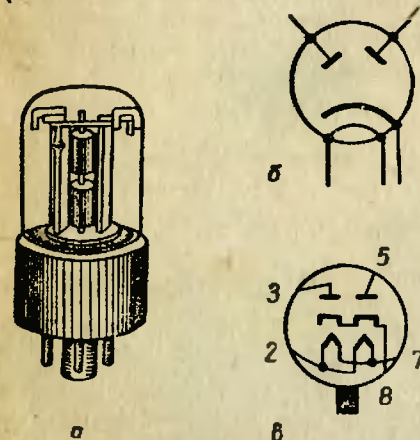


Рис. 187. Выпрямительная лампа типа 6Ц5С: а — внешний вид, б — схема, в — цоколевка.

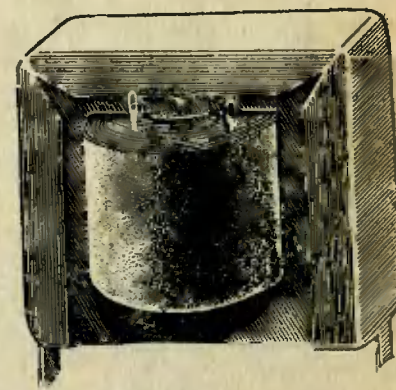


Рис. 188. Силовой дроссель.

зовать проволочный реостат сопротивлением 202 ом на ток до 1 а (для сети 127 в) или 357 ом на ток до 1 а (для сети 220 в). Катод кенотрона соединен с силовым дросселем фильтра Др. Он состоит из железного сердечника и катушки с большим количеством витков (от 3000 до 12 000 витков), изолированного провода диа-

метром от 0,15 до 0,3 мм (в зависимости от тока, потребляемого нагрузкой). От обмотки наружу сделаны два вывода (рис. 188) для приайки монтажных проводников. Дроссель фильтра можно заменить сопротивлением $R=5000\text{ ом}$, рассчитанным на ток 10—15 ма.

В фильтре используются электролитические конденсаторы (рис. 189) постоянной емкости. В таких конденсаторах одной обкладкой служит алюминиевая фольга, другой — электролит. Слой окиси, покрывающий алюминиевую пластинку, является диэлектриком. Толщина его измеряется в микронах, поэтому конденсатор обладает большой емкостью на единицу площади обкладок. Слой окиси обладает односторонней проводимостью, поэтому при включении электролитического конденсатора в схему надо соблюдать указанную на нем полярность. Корпус конденсатора соединяют с минусом источника, а вывод сверху — с плюсом.

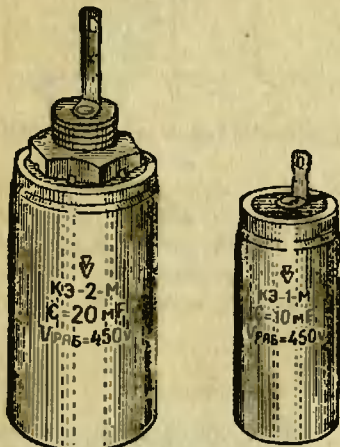


Рис. 189. Электролитические конденсаторы.

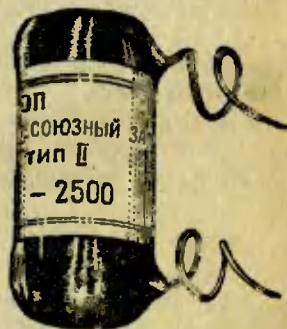


Рис. 190. Остеклованное сопротивление.

Для применения в цепях переменного тока эти конденсаторы непригодны.

Вход выпрямителя соединяется через предохранители и рубильник с сетью переменного тока. К выходу выпрямителя присоединяют остеклованное нагрузочное сопротивление $R=6000\text{ ом}$ (рис. 190).

Выпрямленное напряжение на нагрузке будет меньше напряжения сети.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с деталями и приборами, предоставленными для работы. Запишите их данные.
2. Соберите ламповый выпрямитель по схеме, изображенной на рисунке 186. При сборке обращайте внимание на надежность выполненных соединений. Провода плотно зажимайте под гайками или головки зажимов. Соединение проводов или шнуров тщательно изолируйте изоляционной лентой.

3. К выходу выпрямителя подключите остеклованное сопротивление R_n (нагрузку).

4. После сборки схему покажите для проверки учителю.

5. Получив разрешение учителя, вставьте в ламповую панельку кенотрон 6Ц5С. Затем включите рубильник и, наблюдая за накалом катода, подождите 2—3 минуты, пока он разогреется.

6. Измерьте напряжения. При измерениях следует пользоваться щупами с изолированными рукоятками, чтобы не касаться руками оголенных проводов, контактов и зажимов.

7. Сначала вольтметром магнитоэлектрической системы подключитесь к точкам 3—4. Стрелка вольтметра будет слегка колебаться относительно нулевого положения, так как к этим точкам подведено напряжение переменного тока. Для проверки измерьте напряжение между этими точками вольтметром электромагнитной системы.

8. Измерьте первым вольтметром напряжение между точками 5—6. Его стрелка отклонится от нуля и покажет выпрямленное напряжение, но будет дрожать, так как до фильтра пульсации напряжения довольно велики.

9. Измерьте напряжение на нагрузке в точках 7—8. Стрелка прибора покажет значение выпрямленного напряжения на нагрузке.

10. Показания приборов при каждом измерении запишите в тетрадь.

11. Закончив измерения, выключите рубильник и разберите схему; все детали сложите на рабочем столе.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Монтажная схема выпрямителя.
3. Краткое описание назначения деталей и общая характеристика выпрямителя.
4. Краткий перечень этапов выполнения работы.
5. Результаты измерений и выводы.

Контрольные вопросы

1. Объясните процессы, происходящие в схеме однополупериодного выпрямителя.
2. Какой тип кенотрона применен в схеме, его основные данные и как он включается в схему?
3. Как питается цепь накала кенотрона в схеме простейшего выпрямителя?
4. Для чего предназначен фильтр в выпрямителе и из каких элементов он состоит?

5. Какие конденсаторы применяются в фильтре выпрямителя и как они устроены?

6. Какие измерения производились при практическом изучении работы выпрямителя?

Работа 26. Сборка и испытание лампового выпрямителя с трансформатором

Цель работы. Собрать из готовых деталей выпрямитель на кенотроне с трансформатором и испытать его в работе.

Приборы, оборудование и инструменты: 1) силовой трансформатор типа ЭЛС-2, 2) силовой дроссель любого типа, 3) электролитические конденсаторы емкостью 10 мкф на напряжение 450 в — 2 шт., 4) шнур со штепсельной вилкой для включения трансформатора в сеть, 5) электронная лампа типа 5Ц4С, 6) вольтметр магнитоэлектрической системы со шкалой 0—300 в, 7) вольтметр электромагнитной системы со шкалой 0—300 в, 8) нагрузочное остеклованное сопротивление 6000 ом на ток 0,1 а, 9) отвертка, плоскогубцы, электропаяльник, 10) припой и флюс для пайки, 11) соединительные проводники, 12) изоляционная лента.

Теоретические сведения

Для питания современных радиоприемников, усилителей и других подобных приборов применяют кенотронные выпрямители, работающие по схеме двухполупериодного выпрямления. В таком

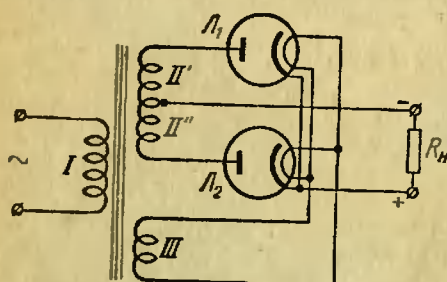


Рис. 191. Схема двухполупериодного выпрямителя (без фильтра) с отдельными одноанодными кенотронами.

выпрямителе может работать двуханодный кенотрон. Схему также можно собрать на одноанодных кенотронах, но тогда их должно быть два. В этом случае анод одного кенотропа соединяют с одним концом повышающей обмотки трансформатора, а анод второго — с другим концом той же обмотки. Нити накала включаются параллельно и катоды соединяются вместе. Такие схемы (рис. 191) применяются при питании радиопередающих устройств, мощных усилителей и других подобных установок.

При сборке кенотронного выпрямителя с повышающим трансформатором необходимо следить за тем, чтобы напряжение, подаваемое от трансформатора на аноды кенотрона, не превышало бы допустимого значения для данного типа кенотрона.

При повышенных напряжениях может произойти пробой кенотрона. Внутри между электродами будут проскакивать искры

и ток начнет идти от катода к аноду, что приведет в негодность кенотрон и весь выпрямитель.

Выбор кенотронов производится по справочным таблицам в зависимости от переменного напряжения вторичной повышающей обмотки трансформатора и необходимого значения выпрямленного тока ¹.

Описание схемы выпрямителя

Принципиальная схема двухполупериодного лампового выпрямителя приведена на рисунке 192.

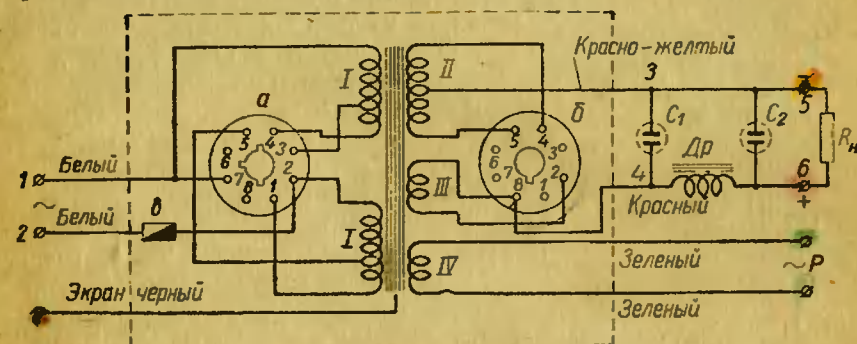


Рис. 192. Схема выпрямителя с трансформатором типа ЭЛС-2.

Левая часть схемы, объединенная пунктиром, изображает электрическую схему повышающего трансформатора типа ЭЛС-2. Его общий вид показан на рисунке 193.

Этот трансформатор рассчитан на включение в сеть переменного тока с напряжением 220—127—110 в, с частотой 50 гц. Он помещен в железный экран, на верхней стороне которого расположены две ламповые панели. Одна из них (на рис. 192, а) предназначена для фишки переключения сети на три напряжения, а вторая (на рисунке 192, б) для выпрямительной лампы — кенотрона. Сбоку находится плавкий предохранитель, закрытый железной крышкой. В нижнем экране имеется отверстие, через

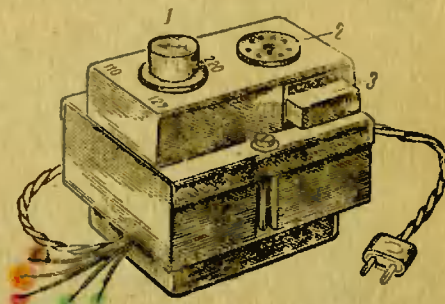


Рис. 193. Силовой трансформатор типа ЭЛС-2; 1 — фишка переключений, 2 — панелька для выпрямительной лампы, 3 — предохранитель.

к кенотрону. Сбоку находится плавкий предохранитель, закрытый железной крышкой. В нижнем экране имеется отверстие, через

¹ Справочная таблица приведена в книге Б. Абрамова «Лампы для радиопередатчиков и телевизионных приемников», Госэнергоиздат, 1955, стр. 27.

которое проходят паружу семь выводных проводников от обмотки. Первичная обмотка секционирована. От нее выведены проводники (рис. 192) 1—2, окрашенные белым цветом, они соединяются со шнуром, заканчивающимся штепсельной вилкой, предназначенной для включения в сеть. Вторичная обмотка — повышающая напряжение. Средняя точка обмотки выведена проводником 3 в красно-желтой оплетке (— выпрямленного напряжения). Обмотка III пакала кенотрона подключена к ламповой панели 6. С нее снимается напряжение 5 в при токе 2 а. От обмотки выведен наружу проводник 4 в красной оплетке (+выпрямленного напряжения). Обмотка IV имеет зеленые выводы и служит для накала лампы приемника. С обмотки снимается напряжение 6,3 в при токе 3,5 а. К обмотке можно подключить контрольную лампочку на 6,3 в или две последовательно соединенные лампочки от карманного фонаря. Мощность трансформатора до 70 вт.

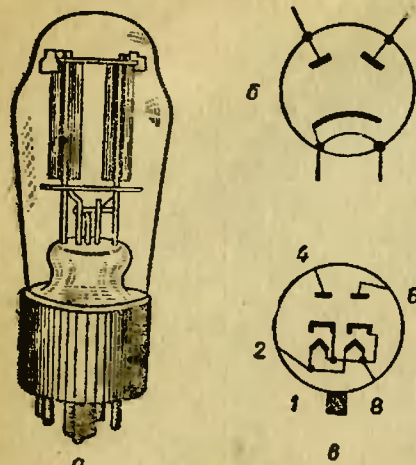


Рис. 194. Выпрямительная лампа типа 5Ц4С: а — внешний вид, б — схема, в — цоколевка.

К красному и красно-желтому проводникам присоединяется фильтр, состоящий из конденсаторов C_1 , C_2 и силового дросселя Др. Данные этих деталей известны по работе 25. На выходе фильтра включают остеклованное нагрузочное сопротивление 6000 ом. В выпрямителе применена электронная лампа типа 5Ц4С. Это двуханодный кенотрон с косвенным накалом. Внешний вид, схема и цоколевка лампы изображены на рисунке 194.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с деталями и приборами, предоставленными для работы.
2. Собирайте ламповый выпрямитель, пользуясь принципиальной схемой, приведенной на рисунке 192. При выполнении соединений учитывать указания, приведенные в описании выполнения работы 25.
3. Флашку переключения сети установите в положение, соответствующее напряжению сети. Для этого вольтметром электромагнитной системы измерьте напряжение в розетке или на зажимах рабочего щитка, к которым подведены провода сети.

4. Вставьте лампу в панельку, расположенную сверху экранного кожуха трансформатора.

5. Собранный выпрямитель покажите для проверки учителю.

6. Получив разрешение учителя, включите вилку шнура в сеть и наблюдайте за катодами кенотрона. Они должны медленно раскаляться до темно-красного калення.

7. Пользуясь вольтметрами (как было указано в описании выполнения предыдущей работы), проверьте работу выпрямителя. Для измерения напряжения переменного тока следует подключиться к зажимам 1—2, для измерения выпрямленного пульсирующего напряжения — к точкам 3—4 и для измерения выпрямленного напряжения на нагрузке — к зажимам 5—6. Показания приборов при измерениях записать в рабочую тетрадь.

8. Закончив измерения, выпрямитель отключите от сети. Запишите монтажную схему и запишите данные деталей в рабочую тетрадь.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Монтажная схема выпрямителя.
3. Краткая характеристика трансформатора.
4. Описание выполнения сборки.
5. Результаты измерений. Выводы о работе выпрямителя.

Контрольные вопросы

1. Для чего в ламповом выпрямителе применяется трансформатор?
2. Как производится включение трансформатора в сеть в зависимости от напряжения сети?
3. Как производится проверка действия выпрямителя?
4. В чем заключается преимущество выпрямителя, собранного по двухполупериодной схеме, по сравнению с выпрямителем, работающим по однополупериодной схеме?
5. На какое напряжение сети можно включить выпрямитель с трансформатором типа ЭЛС-2?
6. Какое напряжение было при измерении до фильтра и на нагрузке? Почему существует разница между этими напряжениями?

Работа 27. Сборка и испытание однокаскадного усилителя низкой частоты

Цель работы. Собрать из готовых деталей простой усилитель низкой частоты, пользуясь принципиальной схемой, и испытать его в работе.

Приборы и оборудование: 1) электронная лампа типа 1К1П, 1Б1П, 2К2М, 6К7 или 6АК7, 2) ламповая панелька

на дощечке с выводными зажимами, 3) сопротивление $R = 0,2—0,5$ ~~ом~~, 4) три деревянные панельки: одна с зажимами и держателями для включения сопротивления, другая с зажимами и гнездами для включения телефона и третья с зажимами для включения источников питания, 5) реостат накала сопротивлением $R_n = 10$ ом на ток 0,1 а, 6) электромагнитные телефоны (или электромагнитный громкоговоритель), 7) зуммер с батарейкой и кнопкой для замыкания цепи, 8) патефон с пластинками и пьезоэлектрический звукоусилитель, 9) источники питания при лампах типов 1К1П, 1Б1П или 2К2М: для накала один элемент типа 3С, для анода батарея БАС-80, при лампах остальных типов кенотронный выпрямитель.

Теоретические сведения

Усилители низкой частоты применяются для усиления напряжения или мощности до величины, необходимой для приведения в действие телефонов или громкоговорителя. В современных усилителях применяются не только трехэлектродные, но также и многоэлектродные лампы пентоды, обладающие большим коэффициентом усиления и большим значением крутизны характеристики (S пентодов 4,8—7,5, тогда как у триодов $S = 1,55$ до 5).

Электронная лампа и относящиеся к ней детали, работающие в схеме усиления, называются каскадом или ступенью усиления. Самые простые усилители низкой частоты состоят из одной ступени. В радиоприемниках и в различной другой аппаратуре (в звуковом кино, в телевизорах и т. п.) часто применяются усилители многокаскадные, имеющие три или четыре ступени усиления. Последняя ступень, в которую включается нагрузка, называется усилителем мощности. Все предварительные ступени носят название ступеней усиления напряжения.

От усилителя низкой частоты требуется, чтобы он не вносил заметных искажений в усиливаемую передачу. Для этого необходимо создание нормального режима работы усилительной лампы, что достигается выбором анодного напряжения и подачи на сетку лампы небольшого постоянного отрицательного напряжения.

Описание схемы простого усилителя низкой частоты

Простой усилитель низкой частоты можно собрать по схеме, приведенной на рисунке 195, а, с лампой прямого накала одного из типов: 1К1П, 1Б1П, 2К2М или 2Ж2М. Другая схема усилителя на лампе с подогревным катодом типа 6К7 или 6Ж7 изображена на рисунке 195, б. Это пятиэлектродные лампы — пентоды. Их цоколевки приведены на рисунке 196. Между сеткой и катодом в обеих схемах включено непроволочное постоянное сопротивление типа ВС или ТО (рис. 197). Сопротивление ВС состоит

из фарфорового стерженька или трубочки, покрытого проводящим тонким слоем углерода, имеющим защитное покрытие из изолирующего влагостойкого лака. По концам трубочки укреплены контактные выводы, при помощи которых сопротивление припаиваются при монтаже схемы. Постоянные сопротивления различаются по величине электрического сопротивления, по мощности и по рабочему напряжению. Мощность сопротивления указывают на схемах, применяя условные обозначения, изображенные на рисунке 198.

К выходу усилителя присоединяют электромагнитные телефоны. В цепь накала в первой из схем включают реостат, так как лампы 1К1П и 1Б1П работают при напряжении на накале не более 1,2 в, а лампы 2К2М и 2Ж2М — не более 2 в. Анодная батарея должна обеспечивать напряжение 80 в. Во второй схеме питание подается от кенотронного выпрямителя. Накал питается переменным током при напряжении 6,3 в. На анод подают напряжение от 120 до 200 в. Переменное напряжение на вход усилителя при проверке его работы подается от зуммера, включенного по схеме, приведенной на рисунке 199.

Цепь батарей замыкается кнопкой P . Провода 1—2 присоединяют к выходу усилителя. Для проверки можно воспользоваться патефоном с пьезоэлектрическим звукоусилителем. Звукоусилитель (рис. 200) со-

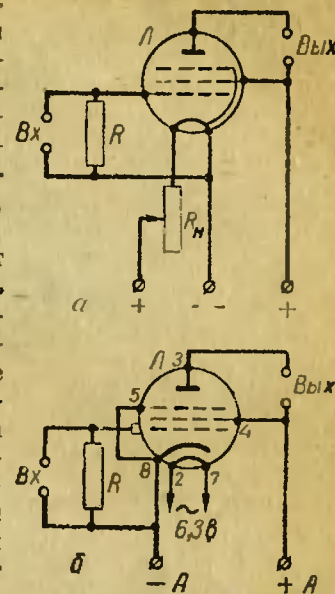


Рис. 195. Схемы простых усилителей низкой частоты: а — с лампой прямого накала, б — с лампой косвенного накала.

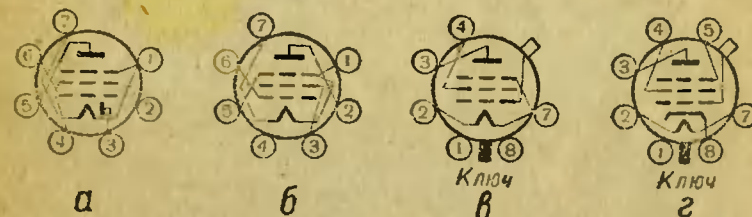


Рис. 196. Цоколевки электронных ламп для усилителя низкой частоты: а — пальчиковый диод-пентод 1Б1П, б — пальчиковый пентод 1К1П, в — малогабаритные пентоды 2К2М и 2Ж2М, г — металлические пентоды с косвенным накалом 6К7 и 6Ж7.

стоит из двух пластинок, вырезанных из кристаллов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом. При механической деформации

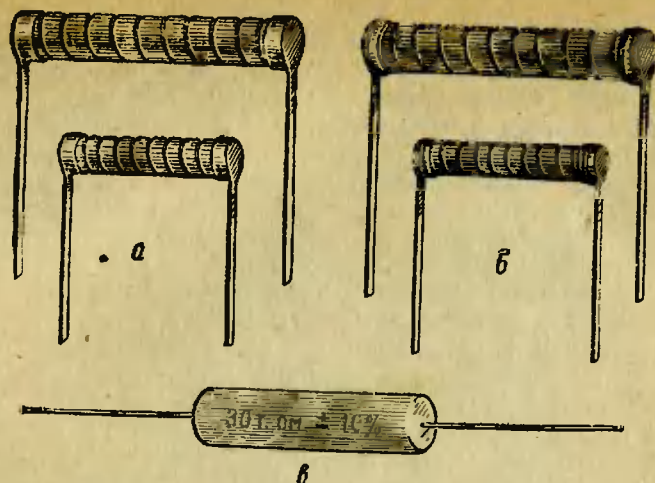


Рис. 197. Непроволочные сопротивления: а, б — типа ВС, в — типа ТО.

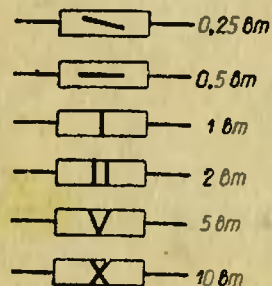


Рис. 198. Условное обозначение мощности на сопротивлениях.

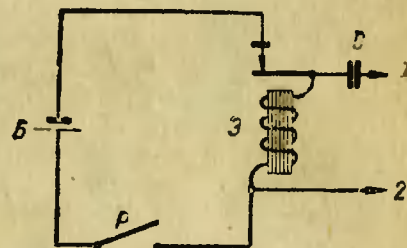


Рис. 199. Схема включения зуммера.

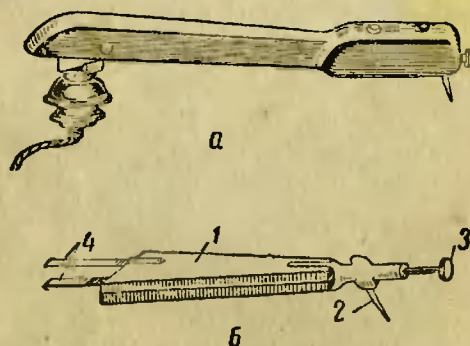


Рис. 200. Пьезоэлектрический звукоприемник: а — общий вид, б — внутреннее устройство: 1 — пьезоэлемент, 2 — игла, 3 — винт, 4 — выводные контакты.

этих пластинок при движении иглы по бороздке грампластины на поверхности кристаллов возникают переменные электрические заряды. Между поверхностями кристаллов образуется переменная разность потенциалов. Ее подают для усиления на входные зажимы усилителя, т. е. на сетку лампы. При этом на выходе каскада, зажимах телефона (или громкоговорителя), включенного в аподную цепь, образуется усиленный ток, приводящий в действие телефон.

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с деталями, предназначенными для сборки усилителя, путем осмотра их и запишите тип лампы. Нарисуйте ее цоколевку. В зависимости от типа лампы и источников питания, предоставленных для работы, выберите одну из двух схем усилителя.

2. Пользуясь схемой, соберите усилитель низкой частоты. Подключите ко входу проводники от зуммера или звукоприемника. В выходные гнезда включите телефон или электромагнитный громкоговоритель. Схему покажите для проверки учителю.

3. Получив разрешение учителя, произведите проверку действия усилителя. Наденьте наушники и подключите источники питания накала и анода. Если усилитель работает на батарейной лампе, то следует осторожно подобрать степень накала, регулируя ток реостатом так, чтобы напряжение накала не превышало допустимого значения. Затем прикоснитесь пальцем к входному зажиму, соединенному с сеткой лампы. В телефоне должен быть слышен характерный свист.

4. Заключите кнопку Р в цепи зуммера. В наушниках должен быть слышен звук зуммера. Периодически нажимая и отпуская кнопку Р, убедитесь в том, что усилитель работает.

5. Если в работе используется пьезоэлектрический звукоприемник, то сначала пустите в ход патефон с уложенной на нем пластинкой, а затем установите звукоприемник на пластинку. При этом требуется особая осторожность, так как кристаллик очень хрупкий и при неаккуратном опускании звукоприемника на пластинку он может треснуть и выйти из строя. При проигрывании пластинок из телефонов, надетых на уши (или из громкоговорителя), должны слышаться звуки.

6. Закончив проверку работы усилителя, отключите источники питания и зарисуйте монтажную схему с включенным зуммером и телефоном. Запишите в тетрадь данные источников питания, тип лампы, краткую характеристику схемы.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Монтажная или полная принципиальная схема установки (усилитель с включенным зуммером, телефоном и источниками питания).

L_1 с сопротивлением R_2 , через разделительный конденсатор $C_1 = 10\ 000\ \text{пф}$ поступает для последующего усиления на сетку другой лампы L_2 . В цепь сетки лампы L_2 включают переменное сопротивление $R_3 = 0,5\ \text{мгом}$, которым регулируют амплитуду напряжения, подаваемую на сетку; этим самым достигают необ-

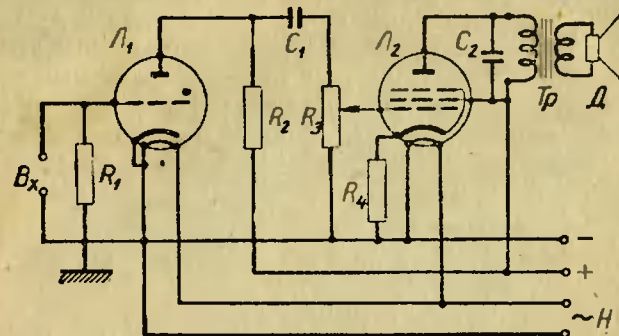


Рис. 202. Схема для сборки усилителя низкой частоты с питанием от выпрямителя.

ходимой громкости на выходе усилителя. Конденсатор $C_2 = 10\ 000\ \text{пф}$ блокировочный. Сопротивление $R_4 = 400\ \text{ом}$ необходимо для создания смещения рабочей точки, т. е. выбора соответствующего режима работы лампы. Через это сопротивление проходит анодный ток и образует на нем падение напряжения, плюс которого будет на конце, соединенном с катодом, а минус — на управ-

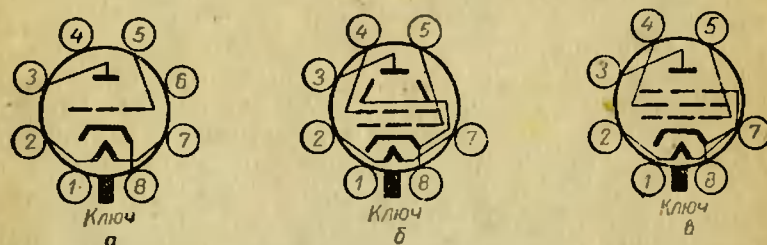


Рис. 203. Цоколевки электронных ламп для усилителя низкой частоты с питанием от сети переменного тока: а — триоды 6C2C и 6C5, б — лучевые тетроды 6П3С и 6П6С, в — пентод 6Ф6С.

ляющей сетке. Следовательно, лампа будет работать без сеточных токов и искажений на прямолинейном участке характеристики.

Сопротивление R_4 должно быть проволочным, так как через него проходит анодный ток последней лампы, имеющий большое значение (при лампе 6П6С достигает 72 ма). Другие сопротивления — непроволочные, типа ВС, известные уже из предыдущей работы. Переменное сопротивление R_3 также непроволочное (рис. 204). В нем есть ось 1 с ползуном,двигающимся по поверх-

ности токопроводящего элемента. Смонтировано сопротивление на основании 2 из изоляционного материала и закрыто защитным металлическим кожухом 3. К основанию сопротивления прикреплены выводные контакты 4. Все детали скреплены гайкой 5.

Кроме сопротивлений, в схеме усилителя показаны конденсаторы. Их различают по конструкции, величине емкости и рабочему напряжению. Конструктивным отличием является материал диэлектрика. Наиболее распространены конденсаторы типа КВ (рис. 205, а), диэлектриком в которых служит бумага, пропитанная парафином. Этот конденсатор защищен бумажным негерметическим корпусом. Распространен также конденсатор типа КГБ (рис. 205, б и в) с бумажным диэлектриком в герметизированном корпусе. Широко применяются конденсаторы со слюдяным диэлектриком типа КСО (рис. 205, г). Указанные типы конденсаторов готовят с номинальными емкостями, не превышающими 0,25 мкф. Большие емкости имеют конденсаторы с бумажным диэлектриком типа МКВ (рис. 205, д).

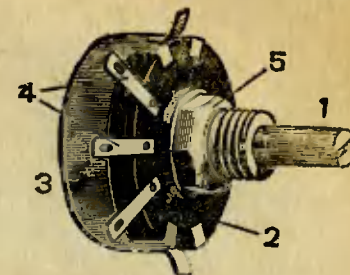


Рис. 204. Переменное сопротивление.

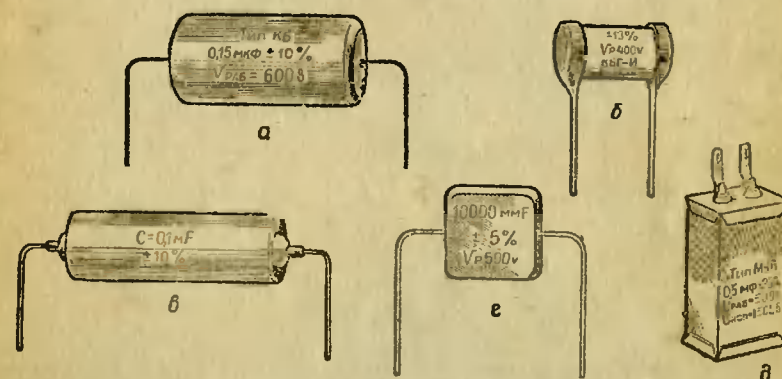


Рис. 205. Конденсаторы постоянной емкости: а — бумажные типа КВ, б, в — бумажные герметизированные типа КГБ, г — слюдяные (КСО), д — бумажные большой емкости (МКВ).

В данной схеме можно использовать конденсаторы всех этих типов на указанные емкости.

Чтобы воспроизвести звуковые колебания при помощи усиленных электрических колебаний, на выход усилителя через выходной трансформатор включают электродинамический громкоговоритель (динамик) с постоянным магнитом (рис. 206).

Для проверки работы усилителя пользуются патефоном и звуко-
коснимателем, включенными на вход усилителя. Звукосниматель
может быть пьезоэлектрическим, (известным из проделанной ра-

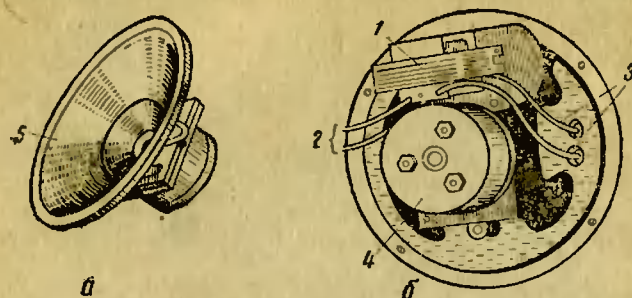


Рис. 206. Электродинамический громкоговоритель: а — об-
щий вид, б — вид с тыльной стороны: 1 — выходной транс-
форматор, 2 — проводники для включения в схему радио-
приемника, 3 — проводники, соединяющие трансформатор
со звуковой катушкой громкоговорителя, 4 — магнитная
система, 5 — бумажный диффузор.

нее работы), или электромагнитным (рис. 207). В последнем
применяется постоянный магнит с полюсными наконечниками. В
середине наконечников есть катушка с железным якорьком и игол-

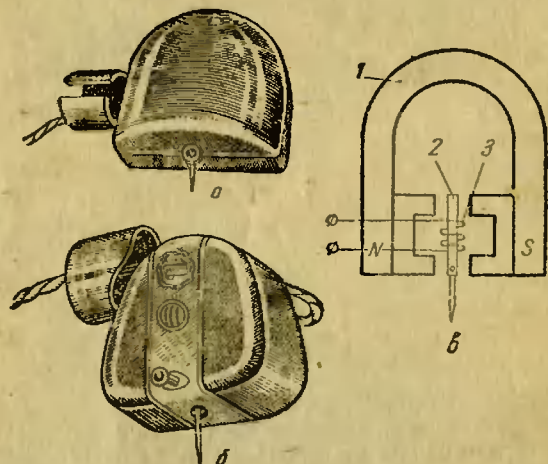


Рис. 207. Электромагнитные звукосниматели: а —
типа «Радиост», б — 96 (Аккорд), в — схема звукосни-
мателя: 1 — постоянный магнит, 2 — якорь, 3 —
катушка.

кой (рис. 207, в). При проигрывании пластинки иголка с якорь-
ком колеблется, поэтому магнитный поток, пронизывающий ка-
тушку, усиливается, когда якорь приближается к полюсам, или

ослабевает при удалении от них. При изменении магнитного по-
тока в катушке индуцируется э.д.с., которая и подается на вход-
ные зажимы усилителя низкой частоты.

Выполнение работы

1. Получив задание, подберите необходимые детали и приборы
для сборки усилителя, ознакомьтесь с их устройством, электри-
ческими характеристиками и номинальными данными.

2. Соберите по принципиальной схеме усилитель низкой час-
тоты. При сборке его аккуратно выполняйте соединения, тщательно
зажимайте соединительные проводники под зажимы или гайки.

3. К входным зажимам подключите проводники от звукосни-
мателя или микрофона.

4. К выходным зажимам подключите проводники от выходного
трансформатора, укрепленного
на динамике.

5. Включите питание цепой
анода: плюс и минус от лам-
пового выпрямителя, обеспечи-
вающего напряжение 200 в. При
данном и последующем вклю-
чении первичная обмотка вы-
прямителя должна быть выклю-
чена из сети электроосвещения.

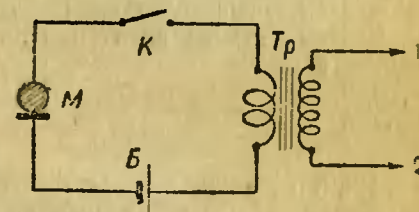


Рис. 208. Схема включения микрофона.

6. От обмотки пакала силового трансформатора подведите к
нитем накала ламп переменный ток с напряжением 6,3 в.

7. Покажите собранную схему усилителя для проверки учи-
телю и, получив его разрешение, включите выпрямитель в сеть,
наблюдая за накалом кенотрона.

8. Когда кенотрон накалится, проверьте работу усилителя,
дотрагиваясь пальцем входного зажима, соединенного с сеткой
первой лампы; из громкоговорителя будет слышен характерный
свист.

9. После этого включите электропроигрыватель и поставьте
звукосниматель на пластинку. При проигрывании пластинки из
громкоговорителя будут слышны звуки. Громкость регулируют
сопротивлением R_1 . Работу усилителя можно также проверить,
включив на вход угольный микрофон по схеме, приведенной на
рисунке 208. Разговаривать перед микрофоном следует так, чтобы
звуки громкоговорителя не воздействовали на микрофон, так как
в противном случае появится сильный свист (явление обратной
связи).

При отсутствии микрофона можно воспользоваться телефон-
ным наушником, подключенным к входным зажимам усилителя.

10. Проверив работу усилителя, выключите источники пита-
ния и нарисуйте монтажную схему. Затем разберите установку,
аккуратно сложите все детали и соединительные проводники на
рабочем столе.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Схема усилителя с включенным звукоусилителем и громкоговорителем.
3. Краткое описание назначения деталей.
4. Краткий перечень последовательности выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Из каких деталей состоит усилитель низкой частоты и какова роль каждой детали?
2. Какова последовательность сборки усилителя?
3. Как можно проверить работу усилителя низкой частоты?
4. Как регулируют громкость на выходе усилителя?
5. Как устроен электромагнитный звукоусилитель и как он работает?
6. Какие типы конденсаторов применялись при сборке усилителя?

Работа 29. Сборка и испытание простого лампового радиоприемника

Цель работы. Собрать из готовых деталей одноламповый радиоприемник и испытать его на приеме радиостанций.

Приборы, оборудование и инструменты:
1) катушка приемного контура, намотанная на одном каркасе с катушкой обратной связи.

Примечание. Даны катушки: диаметр каркаса 60 мм, высота 90 мм. Обмотка средневолновой части катушки состоит из 38 витков провода ПЭ, $d = 0,3-0,35$ мм. Отступая на 10 мм от второй обмотки, намотана катушка обратной связи из 26 витков проводом ПЭ, $d = 0,2$ мм. Отступая на 4 мм от катушки обратной связи, намотана длинноволновая часть катушки контура, состоящая из 150 витков провода ПШД, $d = 0,2$ мм. Начало этой катушки и конец средневолновой части соединены между собой и выведены наружу общим проводником. Вместо указанной катушки можно применить катушку из набора «Юный радиокопструктор».

2) конденсатор переменной емкости 18—500 пф, 3) электронная лампа одного из типов: 2К2М, 2К2М, 1К1П или 6К7, 4) ламповая панелька с выводными зажимами, 5) переменное сопротивление на 5000 или 10 000 ом, 6) реостат накала с сопротивлением 25 ом на ток 0,2 а, 7) конденсатор постоянной емкости 100 пф и сопротивление утечки сетки 1 мгом, 8) сопротивление нагрузки 20 000 ом, 9) телефонные наушники (электромагнитные или пьезо-

электрические), 10) батарея накала из двух элементов и анодная батарея типа БАС-70 или ламповый выпрямитель, 11) антенна и заземление, 12) соединительные провода, 13) плоскогубцы, отвертка, паяльник, припой и флюс для пайки.

Теоретические сведения

В ламповом радиоприемнике роль детектора выполняет электронная лампа. Схема самого простого радиоприемника с ламповым детектором изображена на рисунке 209. В ней применена

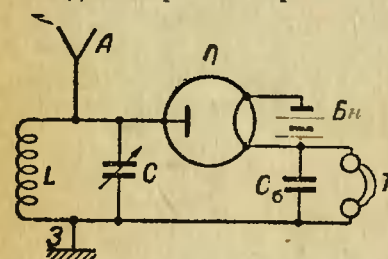


Рис. 209. Схема радиоприемника с ламповым (диодным) детектором.

как детектор двухэлектродная лампа, работающая подобно выпрямительной лампе. Такой способ детектирования называется диодным детектированием. При этом принимаемая передача не усиливается, а ослабляется. Диодное детектирование применяется в современных радиоприемниках благодаря тому, что при таком детектировании отсутствуют искажения передачи. Напряжение, подведенное к диодному детектору, усиливается ламповыми усилителями.

Другой вид детектирования применен в схеме, приведенной на рисунке 210. Здесь детектором является трехэлектродная лампа, работающая в специальном режиме. Для создания этого режима в цепь сетки лампы включены конденсатор постоянной емкости C_c и сопротивление R_c , называемое утечкой сетки. Конденсатор и сопротивление вместе иногда называют «гридликом» (сеточные). При такой схеме напряжение, поданное с приемного контура, поступает через конденсатор на сетку лампы. Участок сетки — катод — работает как диодный детектор. Образованный при этом выпрямленный ток низкой частоты проходит с сетки через сопротивление R_c на катод. На сопротивлении возникает переменное падение напряжения низкой частоты, которое воздействует на сетку лампы. Происходит изменение анодного тока, проходящего через телефон. Телефон преобразовывает изменяющийся ток в звуковые колебания низкой частоты. Этот процесс называется сеточным детектированием. При сеточном детектировании происходит одновременно усиление принимаемой

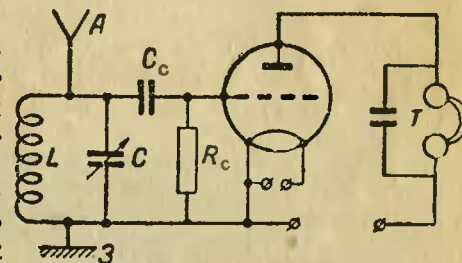


Рис. 210. Схема радиоприемника с ламповым (триодным) детектором.

передачи. Поэтому в простых приемниках используется сеточное детектирование.

Применение сеточного детектирования ограничено простыми схемами, потому что сеточный детектор вносит искажения.

Описание схемы лампового радиоприемника

Схема простого лампового радиоприемника приведена на рисунке 211. Приемный контур состоит из катушки L и конденсатора переменной емкости C . Антенна подключается через конденсатор постоянной емкости $C_a = 150-300 \text{ нф}$. Этот конденсатор уменьшает влияние антенны на приемный контур, улучшает остроту и стабильность настройки радиоприемника. Электронная лампа — пентод — работает в режиме сеточного детектирования. Для этого применен гридлык из конденсатора постоянной емкости $C_c = 100 \text{ нф}$ и сопротивления утечки сетки $R_c = 1,0 \text{ мгом}$.

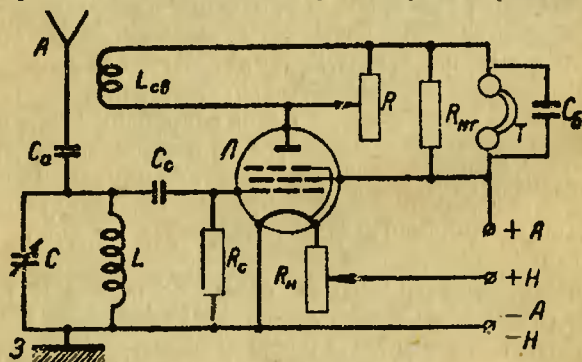


Рис. 211. Схема лампового радиоприемника.

В анодную цепь лампы включена катушка L_{cb} , индуктивно связанная с приемным контуром. Через нее проходит анодный ток, индуктирующий э.д.с. в приемном контуре. Катушка включается так, чтобы индуктированная э.д.с. складывалась с напряжением проходящих сигналов, поэтому получается усиление сигналов. Для регулирования усиления применяется переменное сопротивление R , регулирующее величину тока, протекающего по катушке L_{cb} . Процесс воздействия анодной цепи (катушки L_{cb}) на приемный контур, включенный в цепь сетки, называется обратной связью. В результате обратной связи пополняются потери энергии в колебательном контуре. Это называется регенерацией.

В анодную цепь лампы включено нагрузочное сопротивление R_n , телефон T и блокировочный конденсатор C_b .

Для регулировки накала применен реостат R_n (необходим при использовании батарейных ламп).

Такой радиоприемник с цепью обратной связи называется регенеративным приемником. Он обладает довольно высокой чувствительностью и повышенной избирательностью (по сравнению с детекторным приемником).

Выполнение работы

1. Ознакомьтесь с принципиальной схемой и деталями, необходимыми для сборки простого одiolampового радиоприемника.

2. Пользуясь принципиальной схемой, соберите по ней радиоприемник из отдельных деталей.

3. Проверьте правильность сборки схемы. Вставьте электронную лампу в панельку, подключите антенну и землю.

4. Собранный приемник покажите учителю для проверки правильности выполненной работы. Получив разрешение учителя, включите источники питания. (При этом введите полностью сопротивление реостата накала R_n).

5. Наденьте телефонные наушники и, слушая в них, постепенно, осторожно выводите сопротивление реостата накала до появления характерного звенящего звука. (Помните, что при лампе 2K2M или 2K2M напряжение накала не должно превышать 2 в. При лампе 1K1П — не более 1,2 в).

6. Вращайте ручку переменного сопротивления R до появления свиста в телефонах. Если свист не обнаруживается, значит, неправильно подключены концы катушки обратной связи L_{cb} . Их необходимо поменять местами.

7. Услышав свист, прекратите вращение ручки сопротивления R и, поворачивая медленно ручку переменного конденсатора C , добейтесь появления в телефонах звука, принимаемой передачи.

8. Устраните свист поворотом ручки сопротивления R в сторону, обратную первоначальному вращению. Самый лучший прием можно получить на пороге появления свиста в телефонах. Не следует злоупотреблять свистом, так как это создает помехи расположенным вблизи приемным устройствам.

9. Добившись четкого приема, запишите положение ручки конденсатора и попробуйте настроиться на другую какую-нибудь радиостанцию.

10. Закончив работу, отключите источники питания и зарисуйте монтажную схему. После этого разберите схему и сложите все детали на рабочем столе.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная схема радиоприемника.
3. Краткое описание назначения деталей, процесса включения и настройки радиоприемника на передающую радиостанцию.
4. Краткое описание всех этапов работы.

Контрольные вопросы

1. Из каких деталей состоит простейший одноламповый радиоприемник?
2. Какие детали необходимы в схеме лампового радиоприемника для осуществления сеточного детектирования?
3. Как проверяют наличие генерации и что необходимо сделать, если генерация не возникает?
4. Как настраивать ламповый радиоприемник на передающую радиостанцию?
5. Какой тип лампы применялся в работе и какая ее цоколевка?

Работа 30. Включение и испытание учебного генератора токов высокой частоты малой мощности

Цель работы. Изучить устройство генератора токов высокой частоты и ознакомиться с его деталями. Научиться включать и настраивать генератор. Получить практически явление резонанса.

Приборы, оборудование и инструменты: 1) учебный генератор токов высокой частоты с параллельным питанием и автотрансформаторной связью, 2) электронная лампа одного из типов: 6ПЗС, 6П6С, 6Н7С, 3) выпрямитель, обеспечивающий выпрямленное напряжение 300 в и переменное напряжение 6,3 в, 4) пробник высокой частоты, 5) резонирующий контур, 6) соединительные проводники, 7) плоскогубцы и отвертка.

Теоретические сведения

Ламповый генератор токов высокой частоты, колебания в котором поддерживаются воздействием цепи анода на цепь сетки, называют генератором с самовозбуждением. В схеме такого генератора (рис. 173) в цепь сетки включена специальная катушка обратной связи L_{cb} , индуктивно связанная с катушкой колебательного контура L , включенного в анодную цепь. Источник анодного напряжения последовательно соединен с колебательным контуром. Такую схему называют схемой последовательного питания с индуктивной связью.

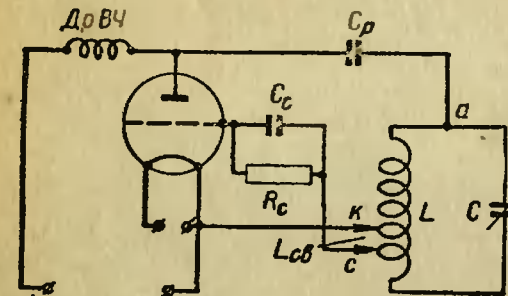


Рис. 212. Схема генератора токов высокой частоты с самовозбуждением и с автотрансформаторной связью цепи анода с цепью сетки.

В отличие от этой схемы на практике часто пользуются схемами параллельного питания с автотрансформаторной связью

цепи анода с цепью сетки электронной лампы. Схема такого генератора приведена на рисунке 212; ее часто называют индуктивной трехточечной схемой. Обратная связь здесь осуществляется при помощи нескольких витков L_{cb} катушки L колебательного контура. Поэтому контур получается подключенным к лампе тремя точками: a , k и c . Проводник, идущий от катода лампы, присоединен к катушке колебательного контура между точками присоединения проводников анода a и сетки c . Только при таком способе включения можно получить необходимый сдвиг фаз 180° между переменным напряжением на аноде и на сетке и фазное изменение аподного тока и напряжения на сетке.

Величина обратной связи регулируется перемещением контакта s по виткам катушки L колебательного контура.

Трехточечная схема проще схемы с индуктивной связью, так как в ней используется всего одна катушка L , часть которой выполняет роль катушки связи L_{cb} .

Описание схемы генератора токов высокой частоты

Учебный генератор токов высокой частоты собран на трехточечной схеме с параллельным питанием (рис. 212). В нем используют трехэлектродную лампу типа 6Н7 или одну из многоэлектродных ламп: 6П6С или 6ПЗС, включая ее триодом. Для этого экранную сетку соединяют с анодом. Управляющую же сетку включают, как обычно.

В колебательном контуре применяют катушку самоиндукции из 6 витков голого медного провода, диаметром 3—4 мм. Диаметр катушки 80 мм. Расстояние между ее витками 10—12 мм. Конденсатор контура переменной емкости с воздушным диэлектриком; величина его емкости должна изменяться от 15—20 до 150—175 пф.

Источник питания анода подключен к лампе параллельно с колебательным контуром. Для предотвращения попадания в колебательный контур высокого напряжения постоянного тока установлен разделительный конденсатор C_p . Он не препятствует прохождению слагающей анодного тока высокой частоты, необходимой для поддержания незатухающих колебаний в колебательном контуре. Для того чтобы ток высокой частоты не замыкался через источник анодного тока, его подключают через дроссель высокой частоты $DrB4$.

Дроссель высокой частоты — это цилиндрическая катушка (рис. 213), на которую намотано 120—160 витков изолированной проволоки $d = 0,2—0,3$ мм.

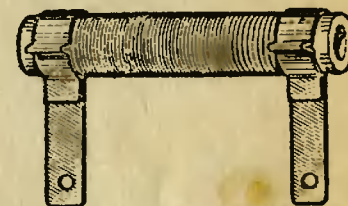


Рис. 213. Дроссель ВЧ.

Необходимый режим работы электронпой лампы обеспечивают, включая в цепь сетки, конденсатор постоянной емкости C (от 100 до 250 μf) и сопротивление утечки R_c (от 10 000 до 15 000 Ω).

Для обнаружения колебаний высокой частоты применяют пробник из одного витка толстого провода, укрепленного на изолирующей ручке (рис. 214, а). В виток провода впаяна индикаторная лампочка от карманного фонарика.

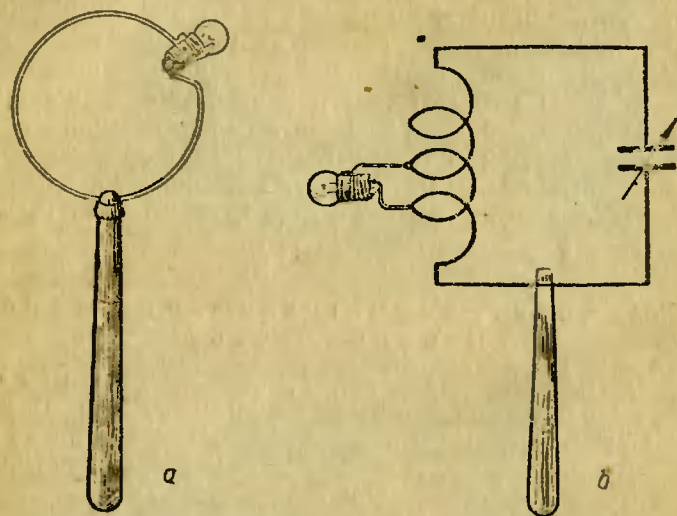


Рис. 214. Приборы для проверки работы генератора токов высокой частоты: а — пробник высокой частоты, б — резонирующий контур.

Для обнаружения электрического резонанса и наблюдения зависимости частоты колебаний генератора от настройки его колебательного контура применяют резонирующий контур. Он состоит из катушки в 6—8 витков, соединенной параллельно с конденсатором переменной емкости с максимальной емкостью 200—250 μf . Схема резонирующего контура приведена на рисунке 214, б. К одному из витков его катушки припаяна индикаторная лампочка от карманного фонарика, а сам контур укреплен на изолирующей ручке.

Выполнение работы

1. Детально ознакомьтесь с устройством генератора токов высокой частоты.

2. Начертите его монтажную схему и сравните ее с принципиальной схемой, определите детали в конструкции генератора, изображенные на принципиальной схеме.

3. Запишите все данные, характеризующие детали генератора: тип лампы, диаметр и количество витков катушек, емкости кон-

денсаторов, величину сопротивления утечки сетки. Зарисуйте цоколевку лампы.

4. Включите в соответствующие зажимы проводники, идущие от источников питания, и покажите собранную установку (для проверки) учителю. Получив его разрешение, включите в сеть выпрямитель и, выждав одну-две минуты, пока разогреется катод, приступайте к проверке работы генератора. Для этого пробник высокой частоты поднесите к катушке колебательного контура генератора. Плоскость витка пробника должна быть размещена параллельно плоскости витков катушки. При этом его индикаторная лампочка загорится. Если накал лампочки слишком слабый, то, перемещая контакты k и c (в схеме рис. 212), добейтесь наиболее яркого свечения ее, происходящего вследствие влияния колебаний, возбуждающихся в контуре, на виток пробника высокой частоты.

5. Убедившись в том, что генератор работает, конденсатор C установите приблизительно на 30-ом делении шкалы.

6. К контуру генератора осторожно поднесите резонирующий контур так, чтобы плоскость витков его катушки была параллельна плоскости витков катушки контура генератора. Вращая подвижные пластины конденсатора резонирующего контура, наблюдайте за индикаторной лампочкой. Она должна ярко вспыхнуть в тот момент, когда резонирующий контур будет настроен в резонанс с колебательным контуром генератора.

7. Добившись резонанса, конденсатор C колебательного контура генератора установите на 60-ом делении шкалы и повторите опыт сначала. Можно еще один-два раза установить конденсатор на другие деления шкалы и настроить резонирующий контур в резонанс с колебательным контуром генератора.

8. Проверьте влияние связи между генератором и резонирующим контуром на ток в резонирующем контуре. Настроив его в резонанс с контуром генератора, постепенно увеличивайте расстояние между ними, удаляя резонирующий контур от генератора. Накал индикаторной лампочки при этом постепенно слабеет, так как уменьшается степень связи и величина тока в резонирующем контуре падает.

Производя опыты, не следует очень близко подносить резонирующий контур к катушке колебательного контура генератора, так как в момент резонанса индикаторная лампочка может перегореть.

9. Закончив работу, выключите выпрямитель и разберите монтаж.

Содержание отчета о работе

1. Название и цель работы.
2. Схема генератора токов высокой частоты.
3. Перечень деталей генератора и их технические данные (ко-

личество витков катушки, дросселя, емкости конденсаторов, величины сопротивлений, тип и цоколевка лампы).

4. Приборы для обнаружения работы генератора.
5. Краткий перечень этапов работы.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных деталей состоит генератор высокой частоты?
2. Какова роль колебательного контура в генераторе?
3. Как проверяют работу генератора?
4. Что происходит с частотой тока в контуре генератора при изменении емкости конденсатора колебательного контура?
5. Как влияет величина связи между контурами на ток в резонирующем контуре?

Работа 31. Практическое осуществление двухсторонней радиосвязи¹

Цель работы. Установить двухстороннюю телеграфную связь между двумя пунктами при помощи простейших учебных приемно-передающих радиостанций и обменяться радиogramмами.

Приборы и оборудование: 1) простейшие приемно-передающие радиостанции — 2 шт. (см. раб. 29), 2) соответствующие источники питания (см. раб. 29), 3) телеграфные ключи — 2 шт., 4) наушники телефонные 2 пары, 5) соединительные проводники, 6) отвертка и плоскогубцы.

Теоретические сведения

Как уже было указано, радиосвязь осуществляется радиоволнами, распространяющимися в пространстве между пунктами связи. Примерная схема двухсторонней связи приведена на рисунке 215. Из схемы видно, что каждая радиостанция состоит из передатчика, приемника, антенны и заземления. Для приема передачи на слух к радиоприемнику подключают телефонные наушники. В радиопередатчик в зависимости от вида связи включают телеграфный ключ или микрофон. Антенна и заземление общие для передатчика и приемника и переключаются на передачу или на прием.

Простейшим видом связи является радиотелеграфная связь. Для осуществления ее необходимо иметь генератор колебаний высокой частоты. К нему присоединяют телеграфный ключ — манипулятор, при помощи которого осуществляют управление колебаниями высокой частоты — манипуляцию. Энергия электромагнитных колебаний, возбуждаемых в генераторе, подается в

¹ Описание этой работы составлено по материалу статьи В. С. Зворыкина, напечатанной в журнале «Физика в школе», 1955, № 6.

антенну, при этом в пространство излучаются радиоволны. Распространяясь над поверхностью земли, они попадают на антенну, соединенную с радиоприемником. Принятые электрические сигналы преобразовываются в нем в звуковые, так же как и при

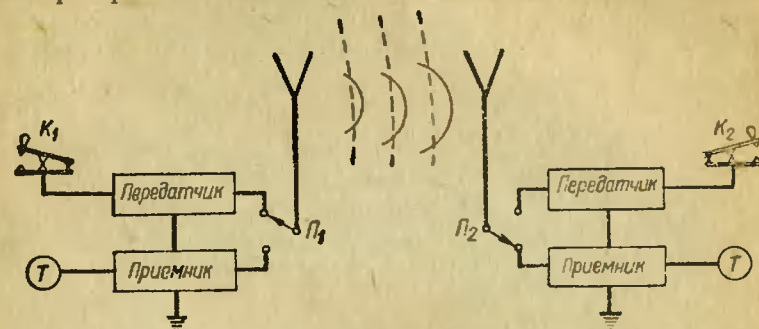


Рис. 215. Схема двухсторонней радиотелеграфной связи.

приеме радиовещания. При радиосвязи пользуются телеграфной азбукой, из которой составляют условный служебный код. В нем буквы в сочетании с цифрами означают слова и фразы. При радиообмене строго придерживаются соответствующего порядка связи, предусмотренного служебными инструкциями.

Описание приемно-передающих радиоустановок

Приемно-передающая радиостанция представляет собой с небольшими изменениями одноламповый регенеративный радио-приемник, схема которого приведена в работе 29. Схема радиостанции приведена на рисунке 216. В анодную цепь приемника

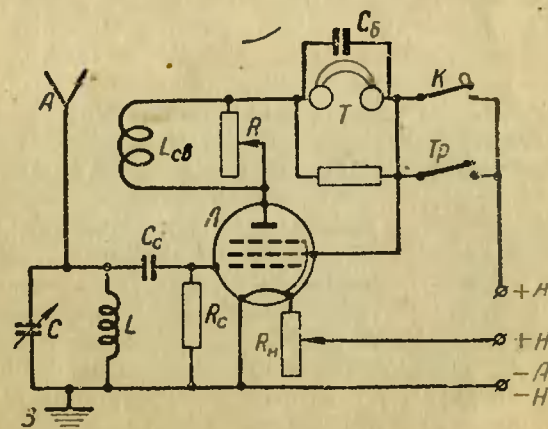


Рис. 216. Схема приемно-передающей радиостанции, сделанной из регенеративного радиоприемника.

включают телеграфный ключ K и тумблер (выключатель) T_p , замыкающий цепь при переходе на прием. Остальные детали схемы такие же, как и в работе 29.

Источники питания, как и в работе 29, выбирают в зависимости от типа ламп, применяемых в приемно-передающих радиостанциях. Для работы установок используют небольшую комнатную антенну и заземление.

Выполнение работы

1. Работу выполняют одновременно две группы учеников. Каждая группа получает радиостанцию со всеми необходимыми деталями и источниками питания.

2. Ознакомьтесь с монтажом приборов, сравнив его с принципиальной схемой. Отыщите в приборе все детали, показанные на схеме.

3. Радиостанции разместите в разных концах комнаты (или в разных комнатах), где производится работа. К приемнику подключите антенну и заземление. Замкните тумблер T_p и проверьте работу приемника, принимая передачу какой-нибудь вещательной радиостанции.

4. Убедившись в нормальной работе радиоприемника, можно приступить к установлению радиосвязи. Перед этим группы учеников уславливаются о позывных сигналах своих радиостанций. Одна из них может иметь позывной, состоящий, например, из трех продолжительных сигналов (— — —), а другая — из двух продолжительных и одного короткого сигналов (— — ·). Кроме этого, следует составить условный цифровой код, пользуясь следующими условными знаками:

1 . — — — —	6 —
2 . . — — —	7 —
3 . . . — —	8 —
4 —	9 —
5	10 — — — — —

5. Для удобства запоминания сигналов на слух рекомендуется запоминать их по звучанию. Интервалы времени между этими знаками должны быть такими же, как продолжительность короткого сигнала.

6. Составив код, приступайте к радиосвязи. Для этого приемник радиостанции первой группы настройте на какую-нибудь волну длинноволнового диапазона. Конденсатор переменной емкости установите на 60° . Изменяя величину сопротивления в цепи обратной связи, добейтесь генерации приемника. Потом выключите тумблер T_p и, работая ключом K , передавайте свой позывной, чередуя эту передачу с интервалом, равным длительности продолжительного сигнала.

7. Вторая группа настраивает свой приемник на прием позывного сигнала радиостанции первой группы. Настройка произво-

дится в течение трех минут. После этого первая радиостанция передает условный цифровой код из четырех цифр. Закончив передачу, она снова два-три раза передает свой позывной. Затем первая радиостанция переходит на прием. Тумблер T_p при этом замыкают и, регулируя переменное сопротивление в цепи обратной связи, добиваются слыша генерации. Одновременно группа учеников, работающих на второй радиостанции, доводит обратную связь до генерации, размыкает тумблер T_p и, работая ключом, посылает свой позывной сигнал в течение трех минут. В это время приемник первой радиостанции настраивают на наибольшую громкость приема.

8. В начале передачи со второй радиостанции передают условный код, подтверждающий прием передачи первой радиостанции. Затем передают ответ по содержанию принятой радиогаммы и в конце передают свой позывной.

Выполняя эту работу, можно несколько раз обменяться радиогаммами с тем, чтобы все члены первой и второй группы самостоятельно произвели весь процесс настройки передачи и приема сигналов по радио.

Содержание отчета о работе

1. Наименование и цель работы.
2. Полная принципиальная схема двухсторонней радиосвязи.
3. Краткое описание приемно-передающей радиоустановки.
4. Порядок выполнения работы.
5. Порядок передачи и приема сигналов.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных деталей состоит простейшая приемно-передающая установка?
2. Как включают и настраивают радиостанции на передачу?
3. Что является признаком работы радиостанции как передатчика?
4. Как включают и настраивают радиостанцию на прием?
5. Как производят обмен радиогаммами между двумя пунктами при помощи радиостанций?
6. Какой условный радиокод применялся в этой работе?

ЛИТЕРАТУРА

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

1. Е. Н. Гор я ч к и н, Электромонтаж на внеклассных запя-
тиях по физике, Учпедгиз, 1953.
2. Д. С. Ч у к а е в, Электричество в домашнем быту.
3. Н. П. Бу л а т о в, Внеклассные запятия по электротех-
нике, Учпедгиз, 1951.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

1. Н. Г. В о с т р о к н у т о в, Электрические измерения, Гос-
энергоиздат, 1955.
2. В. А. А р у т ю н о в и В. П. В а л и ц к и й, Электротех-
нические приборы, Госэнергоиздат, 1949.
3. С. С. С т е п а н о в, Расчет измерительных приборов, Гос-
энергоиздат, 1955.
4. Г. П. М и ш и н и В. К. С п и р и д о н о в, Электроизмери-
тельные приборы (учебные таблицы), Госэнергоиздат, 1954.
5. Г. А. С н и ц е р е в, Простейшие измерения, Госэнерго-
издат, 1950.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

1. Н. Д. П а с е ч н и к, Элементарная электротехника, Гос-
техиздат УССР, 1957.
2. М. И. К у з н е ц о в, Основы электротехники, Трудрезерв-
издат, 1957.
3. В. Е. К и т а е в, В. К. П е т р о в, Л. С. Ш л я п и н т о х,
Электротехника, Трудрезервиздат, 1955.
4. В. С. П о п о в, Н. И. М а н с у р о в, С. А. Н и к о л а е в,
Электротехника, изд. 5, Госэнергоиздат, 1957.
5. В. Ю. Л о м о н о с о в и К. М. П о л п в а н о в, Электро-
техника, Госэнергоиздат, 1955.
6. М. С т е б л е в, Современный автомобиль, изд. ДОСААФ,
1954.

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

1. А б р а м о в, Лампы для радиовещательных и телевизион-
ных приемников. Госэнергоиздат 1955.
2. Б. С м е т а н и н, Юный радиоконструктор, изд. «Молодая
гвардия», 1956.
3. «Справочник радиолюбителя (массовая радиобиблиотека)»,
под редакцией А. А. Куликовского, Госэнергоиздат, 1955.
4. Л. М. К о к о р и н, В помощь сельскому радиолюбителю
(библиотека радиолюбителя), Связьиздат, 1955.
5. Л. В. Т р о и ц к и й, Сборник ответов на вопросы радио-
любителей (массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.
6. А. Д. Б а т р а к о в и С. К и н, Элементарная радиотех-
ника (массовая радиобиблиотека), ч. I и II, Госэнергоиздат, 1951.
7. А. Х. Я к о б с о н, Радиолампа, Связьиздат, 1951.
8. И. П. Ж е р е б ц о в, Радиотехника, Связьиздат, 1953, 1954.
9. В. Г. Б о р и с о в, Юный радиолюбитель, Госэнергоиздат,
1955.
10. Г. М. Д а в ы д о в, В. В. Ш и п о в, Учиться читать ра-
диосхемы, Связьиздат, 1954.
11. В. И. Т а р а с о в, Детекторные приемники и усилители,
Госэнергоиздат, 1950.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
§ 1. Подготовка к практическим работам	
§ 2. Основные правила выполнения работ	4
§ 3. Отчет о выполнении практической работы	7
§ 4. Техника безопасности при выполнении практических работ	8

Раздел первый. Электромонтажные работы по осветительной сети

§ 5. Устройство квартирной осветительной сети	10
§ 6. Электромонтаж квартирной осветительной сети	14
§ 7. Практические работы по электромонтажу	20
Работа 1. Практическое ознакомление с электроосветительной арматурой	
Работа 2. Выполнение оконцевания, сращивания, ответвлений и найки проводов ПРД, ПР и шнуров ШР	25
Работа 3. Монтаж упрощенной схемы проводки с патроном и вы- ключателем	30
Работа 4. Монтаж схемы проводки электрического звонка, кото- рый питается от осветительной сети	34
§ 8. Бытовые электронагревательные приборы	41
§ 9. Практические работы с бытовыми электронагревательными прибо- рами	44
Работа 5. Ремонт электрического паяльника	
Работа 6. Ознакомление с устройством электронагревательного прибора	48

Раздел второй. Технические электроизмерительные приборы

§ 10. Классификация электроизмерительных приборов	54
§ 11. Условные обозначения на шкалах приборов и приборов на схемах	60
§ 12. Практические работы с техническими электроизмерительными при- борами	62
Работа 7. Изучение устройства электроизмерительных приборов	
Работа 8. Проверка технического амперметра или вольтметра	66
Работа 9. Сборка простейшего универсального измерительного	

прибора. Подбор шунтов и добавочных сопротивлений	70
Работа 10. Измерение электрических сопротивлений омметром	74
Работа 11. Сборка простейшего омметра	77
Работа 12. Измерение сопротивлений измерительным мостом	80
Работа 13. Измерение мощности электрического тока	84
Работа 14. Включение и проверка счетчика электрической энергии	88

Раздел третий. Электрические машины постоянного и переменного тока. Трехфазный ток

§ 13. Использование машин постоянного тока	93
§ 14. Генераторы постоянного тока	94
§ 15. Двигатели постоянного тока	99
§ 16. Двигатель с последовательным возбуждением (сервисный)	102
§ 17. Двигатель с параллельным возбуждением (шунтовой)	103
§ 18. Понятие о переменном токе	105
§ 19. Вращающееся магнитное поле	105
§ 20. Принцип действия однофазного двигателя переменного тока	106
§ 21. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двига- теля	108
§ 22. Коэффициент мощности двигателей переменного тока ($\cos \varphi$)	112
§ 23. Трансформаторы	113
§ 24. Практические работы по теме: Электрические машины постоянного и переменного тока. Трехфазный ток	117
Работа 15. Разборка и сборка электрического двигателя постоян- ного тока и включение его в электрическую цепь	
Работа 16. Разборка и сборка автомобильного генератора постоян- ного тока и его испытание	121
Работа 17. Определение мощности и к. п. д. двигателя постоянного тока	127
Работа 18. Разборка и сборка электрического двигателя однофаз- ного тока и включение его в электросеть	133
Работа 19. Включение ламп в сеть трехфазного тока	136
Работа 20. Разборка, сборка и включение асинхронного двига- теля трехфазного тока	145
Работа 21. Определение мощности и к. п. д. асинхронного двигателя трехфазного тока	150
Работа 22. Включение трансформатора в сеть и определение его к. п. д. при различных нагрузках	155

Раздел четвертый. Радиосвязь

§ 25. Изобретение и применение радио	160
§ 26. Принцип радиосвязи	161
§ 27. Условные обозначения радиодеталей на схемах	162
§ 28. Антенна и заземление	172
§ 29. Грозовой переключатель	173
§ 30. Детекторный радиоприемник	174
§ 31. Электроны лампы	176

§ 32. Кенотронные выпрямители	179
§ 33. Усилитель низкой частоты	182
§ 34. Ламповый генератор с самовозбуждением	183
§ 35. Практические работы по радиосвязи	185
Работа 23. Сборка и испытание детекторного радиоприемника	
Работа 24. Снятие характеристик электронной лампы	189
Работа 25. Сборка и испытание лампового выпрямителя без трансформатора	195
Работа 26. Сборка и испытание лампового выпрямителя с трансформатором	200
Работа 27. Сборка и испытание однокаскадного усилителя низкой частоты	203
Работа 28. Сборка и испытание двухкаскадного усилителя низкой частоты	208
Работа 29. Сборка и испытание простого лампового радиоприемника	214
Работа 30. Включение и испытание учебного генератора токов высокой частоты малой мощности	218
Работа 31. Практическое осуществление двухсторонней радиосвязи	222

*Сергей Константинович Андриевский
и Александр Леонтьевич Бартиновский*
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Редактор *А. А. Гобанов*
Художественный редактор *В. Я. Быкова*
Технический редактор *Р. В. Цыпко*
и *И. Г. Крейс*
Корректоры *К. А. Иванова* и *Е. В. Соболева*

* * *

Сдано в набор 21/IV 1958 г. Подписано
к печати 13/VI 1958 г. 60×92¹/₁₆
Печ. л. 14,5. Уч.-пзд. л. 14,13.
Тираж 700 000 экз. (1—200 000). Л05810.

* * *

Учпедгиз. Москва, 3-й проезд
Марьиной рощи, 41.

Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова
Московского городского Совнархоза
Москва, Ж-54, Виловая, 28
Заказ № 1780

Цена без переплета 1 р. 85 к.
Переплет бумажный 75 к.,
коленкор. 1р. 50 к.

$$L = \frac{D n^2}{100 \frac{D}{n} + 440} = \frac{155 \mu m \cdot 10000}{1000 \cdot \frac{2000 \mu m}{155 \mu m} + 440}$$

$$= \frac{155 \mu m \cdot 10000}{\frac{1000 \cdot 2000 \mu m}{155 \mu m} + 440} = \frac{1550000 \mu m}{14040}$$

$$\approx 110,4 \mu m$$

100
100

400
~~2000~~
+ 155
31

$$\begin{array}{r} 155000 \div 1404 \\ 1404 \\ \hline 1460 \\ 1404 \\ \hline 5600 \end{array} \approx 110,4$$

$$\begin{array}{r} 440 \\ 31 \\ \hline + 04 \\ 132 \\ 13640 \\ 400 \\ \hline 14040 \end{array}$$