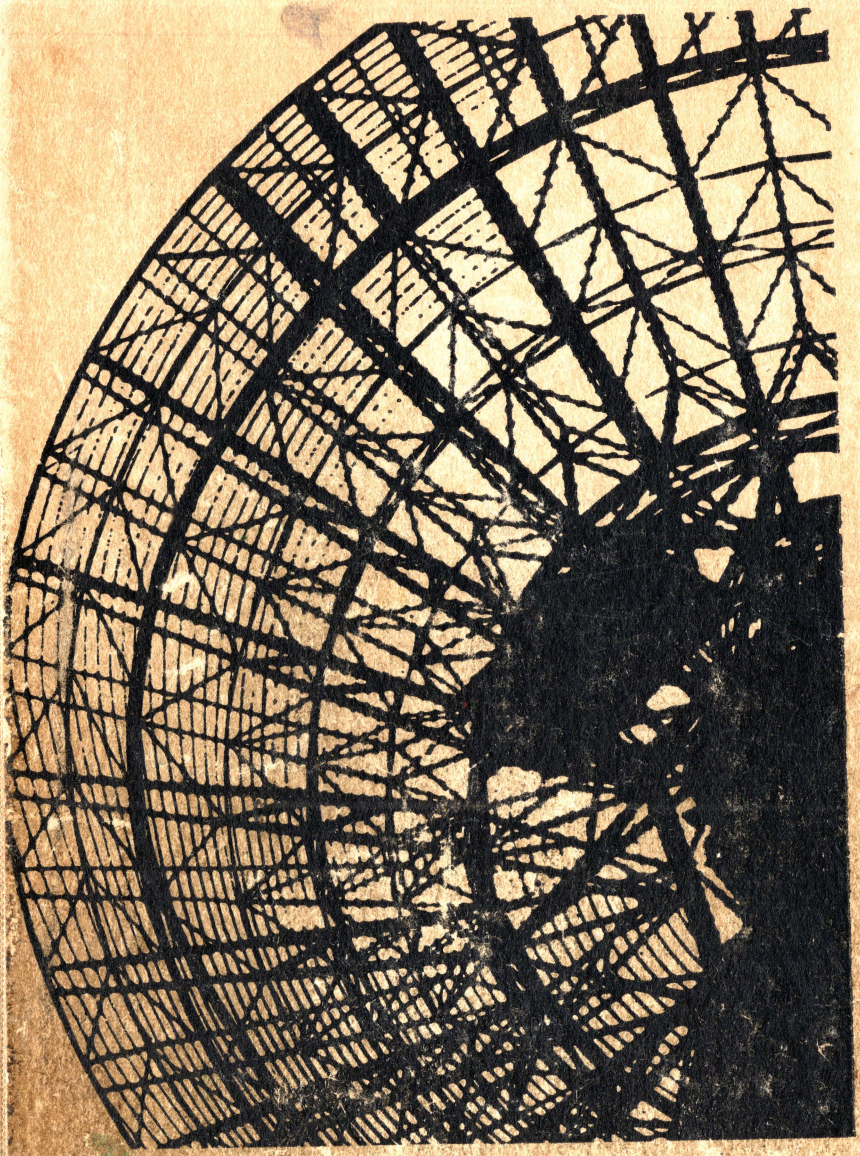


М.М. ЕЛЬЯНОВ

Практикум по радиоэлектронике

М. М. Ельянов

ПРАКТИКУМ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

Учебное пособие для учащихся 9 и 10 классов

ИЗДАНИЕ 4-е

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977

6Ф (075)
Е59

Рекомендовано к изданию Главным управлением школ и Отделом начальной военной подготовки Министерства просвещения СССР в качестве учебного пособия по радиоэлектронике и начальной военной подготовке по специальностям: радиотелефонист, электрорадиомонтажник и оператор телевизионной аппаратуры; а также может быть использовано для оборонно-массовых кружков по радиосвязи и телевидению.

Ельянов М. М.

Е59 Практикум по радиоэлектронике. Учеб. пособие для учащихся 9 и 10 кл. Изд. 4-е. М., «Просвещение», 1977.

335 с. с ил.

Учебное пособие написано в соответствии с программой трудового политехнического практикума по радиоэлектронике для учащихся 9—10 классов общеобразовательных школ.

Е $\frac{60601-183}{103(03)-77}$ инф. письмо **6Ф(075)**

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектроника объединяет две отрасли науки и техники — радиотехнику и электронику.

Радиотехника занимается вопросами преобразования постоянного тока и переменного тока промышленной частоты (50 *гц*) в переменный ток высокой частоты (сотни тысяч, миллионы и десятки миллионов герц), т. е. генерированием электромагнитных колебаний, излучением их в виде электромагнитных волн, их приемом, обратным преобразованием электромагнитных колебаний в электрический ток низкой частоты, в электрические сигналы. Как отрасль науки, радиотехника разрабатывает проблемы генерирования и излучения (приема) электромагнитных колебаний с целью передачи (приема) информации.

Электроника занимается разработкой и применением электровакуумных и полупроводниковых приборов — основных элементов современной радиоаппаратуры.

Наша страна — родина радио. 7 мая 1895 г. преподаватель физики в Минном офицерском классе Кронштадта А. С. Попов (1859—1906) на заседании физического отделения Русского физико-химического общества в Петербурге сделал сообщение о своих работах в области практического применения электромагнитных волн и показал в действии изобретенный им радиоприемник, продемонстрировал принцип радиосигнализации. Поэтому 7 мая считается днем рождения радио.

После победы Великой Октябрьской социалистической революции начался подлинный расцвет радиотехники в нашей стране. 21 июня 1918 г. был опубликован подписанный Владимиром Ильичем Лениным декрет «О централизации радиотехнического дела Советской Республики». По указанию В. И. Ленина была создана Нижегородская радиолаборатория во главе с талантливыми инженерами В. М. Лещинским и М. А. Бонч-Бруевичем. Эта лаборатория сыграла большую роль в развитии отечественной радиотехники.

И в дальнейшем В. И. Ленин уделял большое внимание «газете без бумаги и «без расстояний»...», как он называл радиовещание.

Благодаря неустанным заботам Коммунистической партии о развитии радиоэлектроники, радиопромышленность СССР стала крупной самостоятельной отраслью промышленности. Наша радиоэлектронная аппаратура экспортируется во многие страны мира и пользуется там большой популярностью. СССР занимает первое место в мире по мощности радиовещательных станций.

Большой вклад в развитие отечественной радиоэлектроники внесли М. А. Бонч-Бруевич, М. В. Шулейкин, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, В. П. Вологдин, Б. А. Введенский, А. И. Берг, В. И. Сифоров, А. Л. Минц и другие выдающиеся советские ученые.

Радиоэлектроника позволяет человеку проникнуть в микромир и космос, осуществить радио- и телепередачи, управлять ракетами и космическими кораблями на огромных расстояниях, молниеносно решать сложнейшие математические задачи и т. д.

Радиоэлектроника прочно вошла в народное хозяйство и быт. Знать основы радиоэлектроники теперь необходимо каждому человеку, так как все люди в той или иной степени сталкиваются с радиоэлектроникой в своей общественной деятельности и личной жизни.

Огромную роль играет радиоэлектроника в деле укрепления обороноспособности нашей Родины. Сейчас нет ни одного рода войск, где бы не использовались радиотехнические устройства. Радио стало основным техническим средством управления войсками. Современные боевые действия немыслимы без радиолокации, радионавигации, систем управления ракетным оружием.

В данной книге рассматриваются принципы радиосвязи и телевидения, приводятся справочные сведения об источниках питания радиоаппаратуры, радиотехнических материалах и радиодеталях, инструменте и оборудовании для радиомонтажных работ, описываются приемы работ с радиотехническими материалами и деталями, техника радиоизмерений, приемы радиомонтажных работ, дается описание принципа работы, устройства, правил эксплуатации и ремонта радиостанций УКВ диапазона и полевых телефонных аппаратов, излагаются общие сведения об организации радиосвязи.

Глава 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. ПРОВОДА И ДЕТАЛИ

1. Классификация радиотехнических материалов

Радиотехническими материалами называются материалы, применяемые при изготовлении и ремонте радиоаппаратуры. К ним относятся:

проводниковые материалы (проводники электрического тока) — в основном металлы, из которых изготовляют провода, экраны, припои, крепежные детали и т. п.;

электроизоляционные материалы (диэлектрики), предназначенные для разделения токопроводящих деталей, а также для изготовления панелей, ручек, деталей крепления и т. д.;

магнитные материалы, предназначенные для изготовления постоянных магнитов, сердечников трансформаторов и дросселей и т. д.;

вспомогательные материалы (древесина, краски, эмали, клеи и т. п.).

2. Проводниковые материалы

Проводниковыми материалами (проводниками) называются материалы, имеющие свободные электрические заряды, приходящие в упорядоченное (направленное) движение под действием э. д. с. К ним относятся все металлы, уголь, растворы солей, кислот и щелочей. Для правильного выбора проводниковых материалов нужно знать их электрические, физико-механические и химические свойства.

К важнейшим электрическим свойствам проводниковых материалов относятся их способность оказывать сопротивление проходящему по ним электрическому току, а также способность увеличивать электрическое сопротивление при повышении температуры.

Проводниковые материалы подразделяются на материалы с высокой электропроводностью (высокой удельной проводимостью или малым удельным сопротивлением) и материалы с низкой электропроводностью (большим удельным сопротивлением). Удельное сопротивление характеризует величину электрического сопротивления материалов и обычно измеряется в *ом·мм²/м* или в *ом·см*.

При повышении температуры электрическое сопротивление проводниковых материалов увеличивается. Это увеличение сопротивления характеризуется температурным коэффициентом ТК, показывающим изменение каждой единицы сопротивления, взятого при 0° С, при нагревании на 1° С.

К важнейшим физическим свойствам проводниковых материалов относятся: плотность, температура плавления и допустимая рабочая температура.

Плотность — это физическая величина, измеряемая массой единицы объема материала. Плотность можно подсчитать по формуле:

$$D = \frac{m}{V},$$

где m — масса образца материала;
V — объем этого образца.

Пористые материалы характеризуются объемной плотностью.

Объемная плотность измеряется аналогично плотности.

Температурой плавления $t_{пл}$ называется температура, при которой материал переходит из твердого состояния в жидкое.

Допустимая рабочая температура $t_р$— предельная температура, при которой материал не теряет своих основных свойств.

При выборе и применении проводниковых металлических материалов учитываются их химические свойства: стойкость против коррозии и способность соединяться сваркой и пайкой.

Основные характеристики проводниковых материалов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Основные характеристики проводниковых материалов с высокой электропроводностью

Материал	Плотность, $г/см^3$	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20° С, $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$	Температурный коэффициент сопротивления при 20° С, 1/°С
Алюминий	2,69—2,70	657—660	0,0265—0,0295	0,00431—0,00439
Алдрей	2,70	110	0,0299—0,0330	0,00360—0,00380
Бронза	8,2—8,9	890—1150	0,0195—0,180	0,00049—0,0018
Вольфрам	18,0—19,3	3370—3400	0,053—0,055	0,0041—0,0050
Железо	7,875	1534—1538	0,099—0,105	0,005—0,006
Латунь	8,5—8,6	880—940	0,036—0,108	0,0027—0,0028
Медь	8,71—8,94	1083	0,01752—0,0182	0,00411—0,00420
Никель	8,8—8,9	1452	0,0683—0,0725	0,00680
Олово	7,3	232	0,116—0,124	0,00438—0,00440
Свинец	11,35	327,4	0,217—0,227	0,0038—0,0041
Серебро	10,5	960,5	0,0150—0,0162	0,0034—0,0038
Сталь	7,87	1400—1530	0,103—0,137	0,0057—0,0062

Примечание. Для выражения плотности и удельного сопротивления в СИ нужно табличные значения умножить на 10^3 и 10^{-6} соответственно.

3. Электроизоляционные материалы (диэлектрики)

Диэлектриками (или непроводниками) называют вещества, в которых отсутствуют свободные электрические заряды. В отличие от проводников в диэлектриках под влиянием электрического поля происходит смещение электрических зарядов — поляризация. При нагревании диэлектрики начинают проводить электрический ток.

Главное назначение диэлектриков — ограничить протекание тока. Диэлектрики могут служить также конструкционными элементами аппаратуры. Электрическая изоляция применяется для защиты поверхности проводника от влаги или активных химических веществ, а также для заполнения промежутков между токоведущими частями во

Таблица 2

Основные характеристики проводниковых материалов с низкой электропроводностью.

Наименование сплавов	Плотность, *г/см³*	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20° С, *ом · мм²/м*	Температурный коэффициент сопротивления при 20° С, 1/°С	Коэффициент линейного расширения, 1/° С	Допустимая рабочая температура, °С	Термоэлектродвижущая сила в паре с медью, *мкв*/° С
Константан	8,9	1260—1270	0,45—0,52	$(2—5) \cdot 10^{-5}$	$(1,2—1,4) \cdot 10^{-5}$	500	39—40
Манганин	8,4	950—1100	0,42—0,52	$(3—10) \cdot 10^{-5}$	$(1,8—2,0) \cdot 10^{-5}$	250—300	0,9—1,0
Нейзильбер	8,7	1080	0,30—0,42	$(25—36) \cdot 10^{-5}$	$(1,8—2,2) \cdot 10^{-5}$	200—250	16—20
Типа нихром (Х20Н80Т)	8,25	1400—1450	1,07—1,12	$(12—13) \cdot 10^{-5}$	$(1,4—1,5) \cdot 10^{-5}$	1000—1100	—
Типа нихром (Х20Н80Т3)	8,2—8,3	1400—1450	1,27	$(12—13) \cdot 10^{-5}$	$(1,4—1,5) \cdot 10^{-5}$	1000—1150	—
Типа фехраль (Х13Ю4)	7,0—7,2	1450—1470	1,26—1,30	$(15—18) \cdot 10^{-5}$	$(1,3—1,4) \cdot 10^{-5}$	800—850	—
Типа фехраль (ОХ27Ю5А)	7,2—7,4	1480—1500	1,42	$(5—6) \cdot 10^{-5}$	$(1,4—1,5) \cdot 10^{-5}$	1000—1100	—
Чугун серый (немагнитный)	6,6—7,4	1200—1210	1,4—1,5	$(9—10) \cdot 10^{-4}$	$(1,1—1,2) \cdot 10^{-5}$	600—700	—

Примечание. Для выражения плотности и удельного сопротивления в СИ нужно табличные значения умножить на 10^3 и 10^{-6} соответственно.

избежание возникновения между ними электрического разряда.

Электроизоляционные материалы делятся на газообразные, жидкие и твердые. Чаще всего применяются твердые диэлектрики. Они могут быть органическими, неорганическими и комбинированными.

Для правильного выбора диэлектриков необходимо знать их электрические, физико-механические и химические свойства.

К электрическим свойствам диэлектриков относятся: удельное объемное электрическое сопротивление ρ, электрическая прочность $E_{пр}$, диэлектрическая проницаемость ε, диэлектрические потери — тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$.

Удельным объемным электрическим сопротивлением называется такое сопротивление, которым обладает вещество в форме куба, ребро которого равно единице длины. Удельное объемное сопротивление газообразных электроизоляционных материалов равно от 10^{20} до 10^{22} *ом·мм²/м*, жидких — от 10^{16} до 10^{19} *ом·мм²/м*, твердых от 10^{12} до 10^{24} *ом·мм²/м*. Чем больше объемное удельное электрическое сопротивление материалов, тем выше его электроизоляционные качества.

Электрическая прочность. Если постепенно увеличивать напряжение, приложенное к диэлектрику, то при достаточно большом напряжении произойдет пробой (диэлектрик потеряет изоляционное свойство).

Напряжение, при котором наступает пробой диэлектрика, называется пробивным напряжением $U_{пр}$.

Электрическая прочность ($E_{пр}$) характеризуется величиной:

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h},$$

где h — толщина слоя диэлектрика в месте пробоя.

Электрическая прочность лучших диэлектриков 10 000—20 000 *кв/мм*, плохих — 10—100 *кв/мм*. Она всегда должна учитываться при выборе электроизоляционного материала и его толщины.

Если известна электрическая прочность диэлектрика (приводится в таблицах), то пробивное напряжение определится по формуле $U_{пр} = E_{пр}\, h$.

Диэлектрическая проницаемость ε показывает, во сколько раз сила взаимодействия между зарядами в данном диэлектрике меньше, чем в вакууме,

при одинаковых условиях. Диэлектрическая проницаемость позволяет судить о том, насколько возрастает электрическая емкость конденсатора, если между его обкладками вместо вакуума поместить какой-либо диэлектрик.

Диэлектрические потери. Под действием электрического поля внутри диэлектрика происходит выделение тепла вследствие поляризации. Потери энергии на нагревание диэлектрика называются диэлектрическими потерями. Диэлектрические потери растут с увеличением частоты переменного электрического тока. Показателем величины потерь служит тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$. Низкая теплопроводность диэлектрика способствует его нагреванию, что может привести к разрушению изоляции.

К физико-механическим свойствам диэлектриков относятся: плотность, смачиваемость, гигроскопичность, влагопроницаемость, нагревостойкость, морозостойкость, вязкость, твердость, хрупкость, прочность на растяжение, изгиб и удар.

Смачиваемость электроизоляционного материала характеризуется углом, образованным горизонтальной плоскостью электроизоляционного материала, на котором расположена капля воды, и плоскостью касательной к поверхности капли воды. Этот угол называется краевым углом смачивания. Чем больше краевой угол смачивания, тем слабее смачивается данный материал и тем выше его электроизоляционные качества.

Гигроскопичность — способность электроизоляционного материала впитывать влагу. Гигроскопичность определяется по формуле

$$W = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100\%,$$

где W — гигроскопичность, %;

$m_{сух}$ — масса сухого образца электроизоляционного материала, *г*;

$m_{вл}$ — масса влажного образца электроизоляционного материала, *г*.

Влагопроницаемость — способность электроизоляционного материала в большей или меньшей степени пропускать влагу. Влагопроницаемость определяется опытным путем.

Теплостойкость — способность электроизоляционных материалов не изменять заметно электроизо-

ляционные качества под действием длительного нагревания.

Морозостойкость — способность электроизоляционных материалов сохранять изоляционные качества при низких температурах.

Вязкость характеризует жидкие электроизоляционные материалы и определяется временем истечения жидкости из сосуда, имеющего строго определенную форму и размер отверстия.

Химические свойства диэлектриков: способность склеиваться, растворяться в лаках и растворителях, защищать металлы от коррозии.

Основные характеристики электроизоляционных материалов приведены в табл. 3 и 4.

Волокнистые изоляционные материалы. *Электрокартон* (прессшпан) выпускается в рулонах толщиной от 0,1 до 0,5 *мм* и в листах толщиной до 3,5 *мм*. Гигроскопичен. Легко поддается механической обработке. Для повышения электроизоляционных свойств пропитывается в спиртовом растворе фенолальдегидной смолы. Электрическая прочность до 10 *кв/мм*. Для придания влагостойкости изделиям из электрокартона их пропитывают парафином, церезином или специальными лаками. Различают плотный, мягкий и тряпичный картон. Применяется электрокартон для изготовления каркасов трансформаторов и катушек, различных электроизоляционных прокладок.

Бумага изоляционная (хлопчатая) пропитывается минеральными маслами или парафином. Электрическая прочность конденсаторной бумаги 30 *кв/мм*. Этот сорт бумаги выпускается толщиной 0,006—0,24 *мм*. Сорт намоточной изоляционной бумаги применяется для изготовления бумажно-бакелитовых трубок, цилиндров, каркасов катушек трансформаторов и дросселей.

Лакоткани хлопчатобумажные, шелковые и стеклянные пропитываются специальными составами, большей частью лаками. Выпускаются в виде листов (полотна) и трубок толщиной 0,04—0,3 *мм*. Влагостойки. Обладают высоким удельным сопротивлением. Электрическая прочность хлопчатобумажной лакоткани 20—24 *кв/мм*, шелковой и стеклянной — до 57 *кв/мм*. Полотно применяется для изоляции обмоток в трансформаторах и других приборах. Трубки (диаметр от 0,5 до 10 *мм*) применяются для изоляции монтажных проводов.

Таблица 3

Основные характеристики электроизоляционных материалов

Материал	Диэлектрическая проницаемость	Удельное объемное сопротивление, *ом · см*	Электрическая прочность, *кв/мм*	Теплостойкость, °С	Плотность, *г/см³*
Асбест	—	10^{10}	2	400	2,34—2,6
Бакелит	4—4,6	10^{10}—10^{12}	10—40	—	1,2—1,22
Береза сухая	3—4	10^{10}—10^{11}	40—60	—	0,7
Битум	2,6—3,3	10^{14}	6—15	18—190	1,2
Бумага кабельная	4—4,8	—	—	—	—
Воск пчелиный	2,8—2,9	10^{14}	20—35	61—64	0,96
Гетинакс	6—6,5	10^{10}—10^{12}	10—30	150	1,3
Канифоль	3,5	10^{14}	—	—	1,07—1,09
Карболит	—	10^{9}—$5 \cdot 10^{12}$	10—14,5	—	1,2—1,3
Лакоткань черная	2,8—3	$2 \cdot 10^{14}$—$7 \cdot 10^{14}$	20—24	105	—
Лакоткань светлая	4,7—7,7	$1,5 \cdot 10^{11}$—$4 \cdot 10^{14}$	—	105	—
Микалекс	8—10	10^{14}—10^{15}	15—20	400	2,6—3,5
Мрамор	8—10	10^{8}—10^{11}	6—10	70—100	2,7
Парафин	2,2—2,3	10^{16}—10^{18}	20—30	45—54	0,36—0,91
Оргстекло	3,0—3,6	$\approx 10^{12}$	18,5	60	1,2

Продолжение табл. 3

Материал	Диэлектрическая проницаемость	Удельное объемное сопротивление, *ом · см*	Электрическая прочность, *кв/мм*	Теплостойкость, °С	Плотность, *г/см³*
Полистирол	2,2—2,6	10^{15}—10^{17}	25—50	70—90	1,05
Полихлорвинил	3,1—3,5	10^{12}	50	—	1,38
Радиофарфор	6,0	10^{16}	15—20	1200	2,5—2,6
Резина мягкая	2,6—3	10^{14}—10^{16}	15—25	50	1,7—2
Слюда-мусковит	4,5—8	10^{14}—10^{15}	50—200	400	2,8—3,2
Слюда-флогопит	4—5,5	10^{13}	60—125	800	2,5—2,7
Стекло	4—10	10^{12}—10^{15}	20—30	500—1700	2,2—4,0
Текстолит	7	10^{7}—10^{10}	2—8	120	1,3—1,4
Фарфор электротехнический	6,5	10^{15}	20	1200—1300	2,4
Фибра сухая	2,5—8	10^{13}—10^{14}	2,6	100	1,1—1,4
Целлулоид	3—4	10^{12}	30	40	—
Шелк натуральный	4—5	—	—	100	—
Шеллак	3,5	10^{15}—10^{16}	50	80	1,01—1,04
Шифер	6—7	10^{10}—10^{12}	5—14	200—300	2,65—2,9
Эбонит	4—4,5	10^{13}—10^{16}	25	60	1,3
Электрокартон (прессшпан)	3—4	10^{13}	9—12	100	0,9—1,1

Таблица 4

Лаки и эмали, применяемые в качестве изоляционного материала

Наименование	Назначение и область применения
Асфальтовый лак	Пропитка аппаратуры, работающей на воздухе. Влаго- и теплостойкий лак.
Бакелитовый лак	Пропитка секций трансформаторов, дросселей, катушек индуктивности. Теплостойкий лак.
Глифталемасляный лак	Пропитка обмоток трансформаторов. Теплостойкий лак.
Глифталевый лак	Пропитка катушек трансформаторов, изделий из бакелита и дерева. Теплостойкий клеящий лак.
Масляный лак	Пропитка катушек трансформаторов и дросселей. Влаго- и теплостойкий лак.
Нитроцеллюлозный лак	Покрытие металлических и деревянных частей аппаратуры. Нетеплостойкий лак.
Полистирольный лак	Высокочастотный, влагостойкий, нетеплостойкий, покровный и пропиточный лак.
Эмаль красная	Окраска токоведущих частей аппаратуры, теплостойкая.
Эмаль серая	Для покрытия различных изделий, нетеплостойкая.
Шеллачный лак	Клейка каркасов катушек и отделка деревянных изделий.

4. Магнитные материалы

Материалы, обладающие магнитными свойствами, называются магнитными материалами. К магнитным материалам относятся железо (основной магнитный материал), кобальт и никель в технически чистом виде и многочисленные сплавы на их основе.

Величина, характеризующая магнитные свойства среды, в которой действует магнитное поле, называется магнитной проницаемостью μ и измеряется в *гн/м*. Для оценки

свойств магнитных материалов обычно пользуются относительной магнитной проницаемостью μ_r.

Относительная магнитная проницаемость — это величина, показывающая, во сколько раз магнитная индукция B в каком-либо веществе больше, чем магнитная индукция B_0 в вакууме (μ_r размерности не имеет).

Магнитная проницаемость вакуума обозначается μ_0, начальная магнитная проницаемость — $\mu_н$, максимальная магнитная проницаемость — $\mu_м$.

Магнитную проницаемость любой среды можно определить, умножив ее относительную магнитную проницаемость на магнитную проницаемость вакуума:

$$\mu = \mu_r \mu_0.$$

Вещества, магнитная проницаемость которых во много раз больше единицы (в несколько тысяч раз), называют ферромагнитными. К ним относятся технически чистое железо, никель, кобальт, железо-хромистые и железо-никелевые сплавы, углеродистые, хромистые и другие стали и т. д.

При повышении температуры ферромагнитные свойства материалов ухудшаются и могут исчезнуть.

Магнитное состояние ферромагнетика удобно характеризовать величиной, называемой намагничиванием.

При помещении ферромагнетика в магнитное поле его намагничивание I ($I = B - B_0$) при увеличении индукции намагничивающего поля B_0 вначале быстро возрастает, затем это возрастание замедляется и при каком-то значении индукции намагничивающего поля рост намагничивания прекращается. Это явление называется магнитным насыщением.

Ферромагнитные материалы после прекращения их намагничивания остаются намагниченными в течение долгого времени. Способность материалов сохранять магнитные свойства после того, как намагничивающее их поле исчезает, называется остаточным магнетизмом.

При уменьшении индукции намагничивающего поля после достижения насыщения намагничивание I уменьшается медленнее, чем происходил его рост. Это явление называется гистерезисом (по-русски „гистерезис" означает запаздывание). Гистерезис особенно проявляется, если материал обладает большим остаточным магнетизмом

(например, твердая сталь). Для уничтожения остаточного магнетизма (размагничивания) требуется затрата энергии. Величина индукции размагничивающего поля, необходимая для полного размагничивания, называется коэрцитивной силой.

В радиоэлектронике применяются различные ферромагнитные материалы. Они подразделяются на магнитно-твердые и магнитно-мягкие материалы.

Магнитно-твердые материалы (табл. 5) предназначены для изготовления постоянных магнитов измерительных приборов, громкоговорителей, телефонов и т. д. Магнитно-твердые

Таблица 5

Основные характеристики магнитно-твердых материалов

Наименование материала	Остаточная индукция, *тл*	Коэрцитивная сила, *а/м*
Углеродистая сталь	0,7	4 800
Вольфрамовая сталь	1,0	4 800
Хромистая сталь	0,9—0,95	4 640—4 800
Кобальтовая сталь	0,8—0,85	8 000—13 600
Альни	0,5—0,7	20 000—400 000
Альниси	0,4	60 000
Альнико	0,68—1,23	40 000—520 000

материалы характеризуются большой коэрцитивной силой.

Магнитно-мягкие материалы (например, пермаллой) применяются для работы в переменных магнитных полях. Чтобы потери на перемагничивание были малыми, материал должен обладать малой коэрцитивной силой (узкой петлей гистерезиса), а чтобы были малы потери на вихревые токи, материал должен иметь большое электрическое сопротивление. Из магнитно-мягких материалов в большинстве случаев изготовляют сердечники катушек индуктивности. Поэтому эти материалы должны обладать высокой магнитной проницаемостью, чтобы даже при малой напряженности магнитного поля получалась большая магнитная индукция в сердечнике.

Основные характеристики магнитно-мягких материалов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Основные характеристики магнитно-мягких материалов

Наименование материала	Магнитная проницаемость	Индукция насыщения, *тл*	Коэрцитивная сила, *а/м*
Электротехническая сталь (марки Э310—Э320)	5 500—30 000	1,9—2,0	9,6—44
Электротехническая сталь (марки Э41—Э45)	6 000—10 000	0,77—1,88	20—36
Пермаллой	100 000	1,37	2
Альсифер	117 000	1,1	1,76

Магнитные материалы керамического (неметаллического) типа, полученные из окислов железа и окислов некоторых других металлов (никеля, цинка и пр.), называются ф е р р и т а м и. Получают ферриты в результате спекания порошков различных окислов при температуре 1100—1300° С.

Название феррита определяется названием двухвалентного металла, окисел которого входит в состав феррита. Если в состав феррита входит цинк или марганец, то феррит называется соответственно цинковым ($ZnFe_2O_4$) или марганцевым ($MnFe_2O_4$).

Ферриты имеют удельное электрическое сопротивление порядка 10^{12} *ом·мм²/м*, относительно большую магнитную проницаемость, узкую и крутую петлю гистерезиса и малое время перемагничивания. Обрабатываются только шлифованием.

В настоящее время наибольшее применение имеют следующие разновидности ферритов: никель-цинковые типа «оксифер» с различной магнитной проницаемостью (10—15, 200—600 и 1000—2000), никель-цинковые типа Ф (более дешевые, но с меньшей стабильностью и большей коэрцитивной силой), марганец-цинковые типа ФМ (с более высокой допустимой рабочей температурой и повышенной индукцией насыщения), магний-цинковые ферриты марок А-34 и А-1331 (с начальной магнитной проницаемостью соответственно 15 и 20), литий-цинковые ферриты марок ЛЦ (с более высокой предельной рабочей частотой, чем у никель-цинковых ферритов), полиферриты (многокомпонентные ма-

териалы), ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса (с высокой индукцией насыщения, небольшой коэрцитивной силой).

5. Вспомогательные материалы

Древесина. В радиоэлектронике древесина (береза, дуб, бук) применяется в основном для изготовления ящиков и некоторых вспомогательных изделий. Древесина гигроскопична, поэтому ее нельзя применять в качестве изоляционного материала. Для уменьшения гигроскопичности древесину сушат и покрывают электроизоляционным лаком или проваривают в канифоли или парафине. Удельное электрическое сопротивление древесины $\rho = 2 \cdot 10^{12}$—8×10^{14} *ом·мм²/м*, электрическая прочность $E_{пр} = 22$—50 *кв/мм*.

Виды материалов из древесины:

доски толщиной до 100 *мм*;

бруски различных размеров;

шпон (тонкие листы) толщиной от 0,25 до 1,5 *мм*;

фанера клееная — склеенные между собой листы шпона (количество склеенных листов может быть различным); размеры листов фанеры 1830 × 1220, 1525 × 1525, 1525 × 1220, 1525 × 725, 1220 × 725, толщина 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10 и 12 *мм*; марки: ФСФ (повышенной водостойкости), ФК и ФБА (средней водостойкости), ФБ (ограниченной водостойкости); сорта (по качеству наружных слоев): А, АВ, В, ВВ, С (наилучший сорт — А);

фанера березовая; марки — БС-1, БП-1 и БПС-1 (атмосферостойкая, повышенной жесткости); размеры листов фанеры — марок БС-1 и БП-1 от 1000 × 800 *мм*, марки БПС-1 от 1200 × 1200 *мм* и более через 50 *мм*, толщина для марки БП-1: 1; 1,5; 2,2; 5,3 *мм*, для марки БС-1: 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и 12 *мм*, для марки БПС-1: 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 *мм*.

Сталь. Сталь — железо с примесью углерода от 0,1 до 1,7%; обладает большим удельным сопротивлением ($\rho = 0{,}098$ *ом·мм²/м*). Под действием влаги и нагрева сталь легко окисляется (ржавеет). Имеет высокую механическую прочность, закаливается, сваривается.

В радиоэлектронике используют мягкую сталь (содержание углерода до 0,3%) и сталь средней твердости (содержание углерода до 0,4%) для изготовления каркасов, кожу-

хов, болтов, винтов, гаек, конструкционных элементов радиотехнических устройств.

Марки сталей: мягкие — Ст.0, Ст.3; средней твердости — 10, 20, 30, 40.

Клеи. Клеи БФ-2, БФ-4 и БФ-6 — поливинилацетофенольные. Обладают большой прочностью, эластичностью слоя, устойчивостью к действию масла, бензина, влаги, высокой способностью сцепления с материалами.

Способ применения: очистить и обезжирить поверхности, смазать клеем, дать подсохнуть, снова смазать клеем, соединить, выдержать под давлением трое-четверо суток при $t = 20°$ С (или 30 *мин* при $t = +145°$ С).

Клей БФ-6 предназначен для склеивания тканей (после склеивания ткани проглаживают горячим утюгом), клеи БФ-2 и БФ-4 — для склеивания металлов, пластмасс, керамики, бумаги, картона. Клей БФ-2 применяют для теплостойких швов, БФ-4 — в тех случаях, когда надо достигнуть эластичности и стойкости швов к вибрациям.

Клеи АК-20, АСО и эмалит — нитроцеллюлозные (целлулоидные). Приготовляются они путем растворения в ацетоне стружки целлулоида или целлулоидной пленки. Применяют для склеивания пленок и изделий из целлулоида. После склеивания изделие кладут под пресс и сушат на воздухе при комнатной температуре $t = 18—24°$ С.

Акрилатовый клей — полиметакриловый. Приготовляется путем растворения опилок оргстекла в дихлорэтане, в метиловом эфире или метакриловой кислоте (две-три части мелкой крошки или стружки оргстекла в 98—97 частях растворителя). Стоек к действию влаги и кислот.

Применяют для склеивания органического стекла. Очищенные и смазанные клеем поверхности сильно сжимают и выдерживают в таком состоянии 10—18 *ч* при комнатной температуре.

Казеиновый клей (белковый). Порошок казеина размешивают в воде комнатной температуры так, чтобы не было комков (2—3 части воды к 1 части клея — для жидкого клея; 1,7 части воды к 1 части клея — для густого клея).

Применяют для склеивания древесины и картона. Склеиваемые поверхности соединяют через несколько минут после нанесения клея и выдерживают под прессом в течение 3—10 *ч*.

Крахмальный клей приготовляют следующим образом. Размешивают в 35 весовых частях воды комнатной темпера-

туры 10 частей крахмала и полученный раствор нагревают до тех пор, пока раствор не станет прозрачным (при 70° С).

Выдержка при склеивании древесины 7—12 *ч*.

Клей 88 представляет собой раствор, сохраняющийся в герметически закрытом флаконе до 3 месяцев. Применяют для приклеивания резины и тканей к металлу, стеклу и другим материалам (без нагревания).

Склеиваемые поверхности тщательно зачищают шкуркой и протирают бензином. На металл наносят тонкий слой клея, который подсушивают в течение 5—10 *мин*. Затем на металл наносят второй слой клея и один слой на резину. Снова подсушивают в течение 3—5 *мин*. После этого резину накладывают на металл, плотно прижимают к нему и выдерживают в течение 24 *ч* (под давлением $6 \cdot 10^5$ *н/м*^{2} при $t = 150°$ С — несколько часов).

Лакокрасочные материалы (для декоративных и защитных покрытий).

Лаки А, Б и Эф. Бакелитовые. Предназначены для покрытия металла и гетинакса. Покрытие глянцевое, высокой твердости, кислотоустойчиво. Пониженная стойкость против удара. Сушка — 1 *ч* при $t = 160°$ С (подъем температуры постепенный в течение 4 *ч*).

Нитролаки: № 951 (бесцветный), № 955 (черный), № 956 (красный), № 959 (зеленый), № 964 (синий). Предназначены для покрытия металлов, стекла, бумаги и древесины. Покрытие глянцевое, выше средней твердости, механически прочное, неатмосфероустойчивое (появляются трещины при резких перепадах температуры), влагоустойчивое. Сушка — 30 *мин* при $t = 20°$ С.

Эмали: А-12ф (черная), А-14ф (стальная), А-560ф (белая), А-24г (зеленая), А-26м (черная), А-32 (темно-серая). Масляные. Предназначены для окраски предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие средней твердости, механически прочное. Выдерживает температуру от $t = -60°$ С до $t = +70°$ С. Сушка — 30—50 *ч* при $t = 20°$ С.

Эмали ЭКР-1 (красная), ЭКР-4 (зеленая), ЭКР-5 (голубая), ЭКР-7 (светло-серая). Глифталевые. Предназначены для окраски керамических конденсаторов и нанесения опознавательных знаков на приборах. Покрытие глянцевое, средней твердости, механически прочное, атмосфероустойчивое. Сушка — 8 *ч* при $t = 140°$ С (подъем температуры постепенный от 60 до 140° С в течение 30 *мин*).

Эмаль ПР-1 (шаровая). Предназначена для покрытия полистирола. Сушка — 24 *ч* при $t = 20°$ С.

Эмали «Муар»: № 9 (коричневая), № 10 (защитная), № 16 (синяя), № 21 (красная), № 24 (серая), № 25 (черная). Предназначены для декоративной отделки приборов и других изделий, не имеющих острых граней и ребер. Покрытие выше средней твердости, механически прочное, средней атмосфероустойчивости. Устойчиво против периодического воздействия масла и бензина. Выдерживает температуру от $t = -60°$ С до $t = +70°$ С. Сушка — № 9, 10, 16 — 3 *ч* при $t = 150°$ С; № 21 и 24 — 14 *ч* при $t = 80°$ С; № 25 — 1,5 *ч* при $t = 170°$ С.

6. Применение радиотехнических материалов

Медь: провода, кабели, обмотки трансформаторов, контактные зажимы, пластины, кожухи, шины, экраны, заклепки, уплотнительные прокладки, шайбы.

Алюминий: провода, кабели, контактные зажимы, шасси, каркасы, экраны, панели, фольга, крепеж, литье.

Дюралюминий: марки Д1 — обшивки каркасов, шайбы, экраны, стаканы; Д6 — трубы; Д16 — колпачки, крышки, экраны, каркасы, шасси, панели, заклепки, детали профильной гибки; Д18П — заклепки.

Латунь: экраны, кожухи, стаканы, фланцы, обрамления, волноводы, контактные лепестки, штепсельные вилки, шайбы, гайки, колпачки радиоламп.

Бронза: фосфористая — токопроводящие пружины электроизмерительных приборов; кадмиевая и бериллиевая — скользящие контакты, антенные канатики.

Олово: припои, фольга для конденсаторов, антикоррозионные покрытия.

Свинец: составная часть припоев для пайки, оболочки кабелей и пластины аккумуляторов, плавкие вставки предохранителя.

Цинк: антикоррозионные покрытия, флюс для пайки (раствор хлористого цинка).

Серебро: контакты реле, покрытие проводов, серебрение керамики, антикоррозионные покрытия.

Манганин: эталонные сопротивления в электроизмерительных приборах, шунты и добавочные сопротивления, термопары.

Константан: проволочные резисторы и реостаты, электронагревательные элементы (до 45° С рабочей температуры), термопары (в паре с медью или железом).

Нихром: различные электронагревательные элементы, реостаты, паяльники, проволочные резисторы.

Фехраль: реостаты, электронагревательные элементы бытовых и промышленных электронагревательных приборов.

Воздух: вентиляция радиоэлектронной аппаратуры, диэлектрик в воздушных конденсаторах и голых проводах.

Парафин: пропитка и заливка конденсаторов, малых дросселей, трансформаторов, пропитка электротехнической бумаги и тканей.

Озокерит (горный воск): пропитка изоляции проводов.

Церезин: заливка конденсаторов, трансформаторов, дросселей и т. д.

Канифоль: флюс при пайке, пропитка бумажной изоляции кабелей, для изготовления лаков и компаундов.

Гетинакс: электроизоляционные детали, каркасы для катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, монтажные стойки, панели и пр.

Текстолит: платы, панели, прокладки, каркасы, стойки, изоляционные втулки и т. п.

Эбонит: поделочный материал в радиоэлектронике.

Органическое стекло (плексиглас): шкалы, прозрачные экраны, декоративные элементы.

Полихлорвинил: изоляция проводов, изоляционные прокладки.

Полистирол: каркасы катушек индуктивности, панели, установочные детали, изоляция для высокочастотных кабелей.

Фторопласт-4: оболочки высокочастотных кабелей, каркасы катушек индуктивности, пленки, фасонные детали.

Электрофарфор: изоляторы, проходные изоляционные втулки, основания выключателей и т. д.

Радиофарфор и *пирофиллит* (муллитовая керамика): изоляторный фарфор, установочная керамика.

Конденсаторная керамика: конденсаторы.

Слюда (мусковит): слюдяные конденсаторы и прокладки.

Микалекс: электроизоляционные детали, детали мощных колебательных контуров, нагревостойкая изоляция.

Миканит: прокладочный (ПМГ2 и ПФГ2) — прокладки; формовочный (ФМГ2 и ФСГ2) — каркасы катушек, трубки, фасонные детали.

Стали (углеродистая, вольфрамовая, хромистая, кобальтовая): постоянные магниты.

Альни, альниси, альнико: постоянные магниты.

Электротехническая сталь: магнитопроводы электромагнитных реле, дросселей и трансформаторов низкой частоты, двухстержневых трансформаторов (различных размеров: от Ш4 до Ш40).

Железо армко: сердечники катушек индуктивности, полюсные наконечники различных электромагнитов, магнитопроводы динамических громкоговорителей и электроизмерительных приборов.

Карбонильное железо: катушки индуктивности низкой частоты до 30—50 *кгц* (индуктивность может быть увеличена в три — восемь раз).

Пермаллой: малогабаритные сердечники низкочастотных трансформаторов и дросселей, экраны, сердечники реле, детали электроизмерительных приборов.

Ферриты: сердечники контурных катушек, трансформаторов, дросселей, фильтров и магнитных антенн.

7. Провода

К материалам, применяемым при монтажных работах, относятся различные кабельные изделия — голые (без изоляционной оболочки) и изолированные провода (с изоляционными покрытиями), предназначенные для передачи электрического тока. Как изолированные, так и голые провода могут быть одножильными и многожильными.

При изготовлении катушек индуктивности, обмоток трансформаторов, дросселей применяют медный обмоточный провод различного сечения. Наиболее распространены провода с лаковой и волокнистой изоляцией, а также провода с комбинированной лаково-волокнистой изоляцией. Все большее распространение получают провода с изоляцией из пластических масс. Для изготовления обмоточных проводов используют электротехническую (химически чистую) медь, манганин, константан и др.

При монтаже высокочастотных узлов аппаратуры, а также для некоторых деталей применяют медный голый провод, покрытый тонким слоем серебра. При монтажных работах часто нужен медный луженый провод.

Для намотки катушек индуктивности употребляется специальный высокочастотный провод — литцендрат.

Он состоит из большого количества тонких жилок медного, покрытого эмалью провода, свитых в одну жилу («косу») и обмотанных одним или двумя слоями шелка.

Основные характеристики монтажных проводов: диаметр или площадь поперечного сечения, удельное сопротивление, максимально допустимая плотность тока (для проводов с хлопчатобумажной или шелковой изоляцией 5—10 *а/мм*^{2}), допустимое падение напряжения — разность между напряжением у источника тока и на нагрузке (порядка сотых и тысячных долей вольта), сопротивление изоляции (у проводов с волокнистой изоляцией не ниже 100 *Мом*; с шелковой изоляцией, покрытой лаками, значительно выше), рабочее напряжение и пробивное напряжение изоляции (волокнистой — не ниже 500 *в*, полихлорвиниловой — не ниже 2000—3000 *в*).

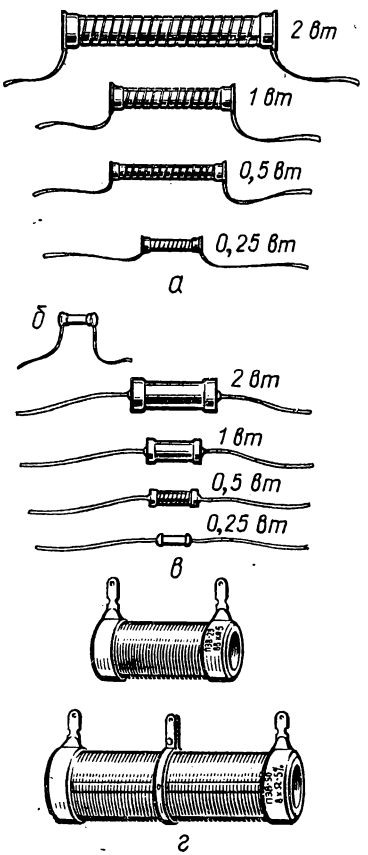


Рис. 1. Нерегулируемые резисторы:

а — тип ВС; *б* — тип УЛМ; *в* — тип МЛТ; *г* — тип ПЭВ и ПЭВ-Р.

Правильный выбор провода имеет очень большое значение для повышения надежности радиоаппаратуры и достижения ее минимальной массы и габаритов. Выбор проводов заключается в определении типа и сечения провода, необходимого для данного монтажа.

8. Радиодетали

Резисторы. В радиоэлектронике применяются непроволочные и проволочные резисторы, которые могут быть регулируемыми и нерегулируемыми (рис. 1, 2).

Параметры резисторов.

Резисторы характеризуются номинальным сопротивлением, допуском отклонения от номинального сопротивления (классом точности), номинальной мощностью рассеяния и предельным рабочим напряжением.

Номинальное сопротивление указывается на корпусе резистора. Для переменного (регулируемого) резистора номинальное сопротивление — это сопротивление между его крайними выводами. Фактическое значение сопротивления может несколько отличаться от номинального. Эти отклонения нормированы. Для постоянных резисторов установлено три класса точности: I класс — ±5%, II класс — ±10% и III класс — ±20%.

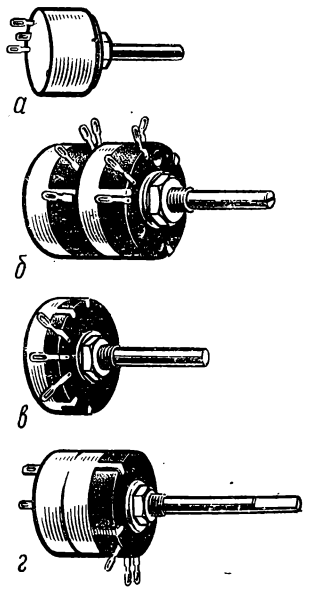


Рис. 2. Регулируемые резисторы:

а — тип СПО; *б* — тип СП; *в* — тип ВК; *г* — тип ТК.

Номинальное сопротивление указывается на корпусе резистора отечественного производства цифрами, а допустимое отклонение сопротивления — цифрой со знаком процентов или без него или римскими цифрами I или II, соответствующими классу точности (если класс точности не указан, значит, резистор изготовлен по III классу точности).

На резисторах, которые выпускаются в других странах, номинальное сопротивление обозначается на корпусе резистора цветными метками — поясками (черный цвет соответствует цифре 0, коричневый — 1, красный — 2, оранжевый — 3, желтый — 4, зеленый — 5, синий — 6, фиолетовый — 7, серый — 8, белый — 9): цвет первых двух поясков обозначает первые две цифры числа, означающего величину сопротивления, цвет третьего пояска определяет число нулей. Четвертый поясок обозначает класс точности сопротивления (золотой означает точность ±5%, серебряный — ±10%, отсутствие пояска — ±20%).

Номинальной мощностью рассеяния резистора является наибольшая (предельная) мощность, выде-

ляющаяся на резисторе, при которой он может длительное время надежно работать при температуре окружающей среды 20° С (при протекании тока, резистор нагревается и тем выше, чем больше ток и величина сопротивления). Резистор, рассчитанный на меньшую мощность рассеяния, чем на нем выделяется, может сгореть. Мощность, рассеиваемая на резисторе, может быть подсчитана по формуле

$$P = \frac{U^2}{R} \text{ или } P = I^2R,$$

где P — мощность рассеяния, *вт*;
U — напряжение, *в*;
R — сопротивление резистора, *ом*;
I — ток, проходящий по резистору, *а*.

Следует иметь в виду, что при выборе резистора его номинальная мощность должна быть выше мощности рассеяния, определенной по приведенной формуле, на 20—40%.

Номинальная мощность рассеяния в ваттах указывается числом, входящим в наименование резистора (число в конце наименования, например ВС-0,25). Номинальная мощность может быть определена по размерам и типу резистора (что особенно важно потому, что на резисторах малых размеров она не указывается).

На рис. 3 показаны условные обозначения мощности резисторов.

Предельным рабочим напряжением называется напряжение, при котором резистор надежно работает. Величину этого напряжения можно вычислить по формуле

$$U = \sqrt{P_{ном} R_{ном}},$$

где U — допустимое напряжение на резисторе, *в*;
$P_{ном}$ — номинальная мощность рассеяния, *вт*;
$R_{ном}$ — номинальное сопротивление резистора, *ом*.

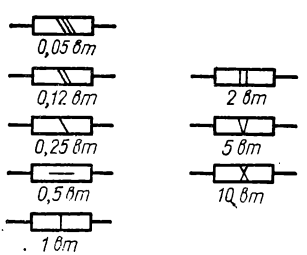


Рис. 3. Условные обозначения мощности рассеяния резисторов.

При превышении предельного рабочего напряжения может произойти пробой резистора ис-

крой или дуговым разрядом. Чем больше длина резистора (расстояние между контактными выводами), тем выше его предельное напряжение.

Резисторы выпускаются с определенными значениями сопротивлений в широком ассортименте от единиц ом до десятков мегом. В таблице 7 приведены стандартизованные

Таблица 7

Ряды номинальных значений сопротивлений резисторов

Номинальные значения сопротивлений (омы, десятки ом, сотни ом, килоомы, десятки килоом, сотни килоом, мегомы, десятки мегом) при допустимом отклонении								
± 5%	± 10%	± 20%	± 5%	± 10%	± 20%	± 5%	± 10%	± 20%
1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
1,1	—	—	2,4	—	—	5,1	—	—
1,2	1,2	—	2,7	2,7	—	5,6	5,6	—
1,3	—	—	3,0	—	—	6,2	—	—
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
1,6	—	—	3,6	—	—	7,5	—	—
1,8	1,8	—	3,9	3,9	—	8,2	8,2	—
2,0	—	—	4,3	—	—	9,1	—	—

ряды номинальных сопротивлений и допустимые пределы отклонения от их действительного значения.

Конденсаторы. Конденсатором называется система изолированных друг от друга проводников-обкладок. Конденсаторы характеризуются емкостью, которая тем больше, чем больше поверхность его обкладок и чем меньше расстояние между ними. Обычно обкладки делаются в форме пластин, отделенных одна от другой небольшим воздушным промежутком или тонким слоем диэлектрика. Конденсаторы, применяемые в радиоэлектронике, разделяются на конденсаторы нерегулируемые (постоянной емкости), регулируемые (переменной емкости) и подстроечные (рис. 4—8).

У конденсаторов постоянной емкости поверхности пластин и расстояние между ними остаются постоянными. У конденсаторов переменной емкости изменяется либо расстояние между обкладками, либо та их часть, которая участвует в образовании емкости. Это достигается тем, что группа подвижных обкладок (ротор конденсатора) может повора-

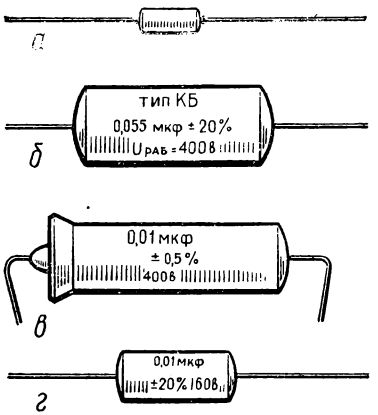


Рис. 4. Нерегулируемые бумажные конденсаторы:

а — тип БМ; *б* — тип КБ; *в* — тип КБГ-М1; *г* — тип МБМ.

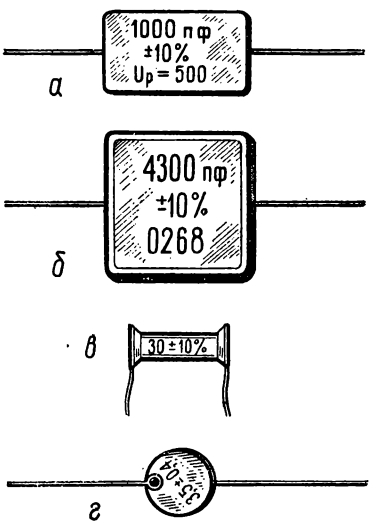


Рис. 5. Нерегулируемые слюдяные и керамические конденсаторы:

а — тип КСО-2; *б* — тип КСО-5; *в* — тип КТК; *г* — тип КДК.

чиваться вокруг оси и входить в промежутки между неподвижными обкладками (статора конденсатора).

По материалу диэлектрика между обкладками конденсаторы подразделяются на бумажные, электролитические, слюдяные, пленочные, стеклоэмалевые, керамические, вакуумные и воздушные.

Параметры конденсаторов. Конденсаторы характеризуются следующими основными параметрами: номинальной емкостью, классом точности, номинальным рабочим напряжением, температурным коэффициентом емкости (ТКЕ), пробивным напряжением (табл. 8—9).

Номинальная емкость указывается на самом конденсаторе. Фактическое значение емкости может несколько отличаться от номинального. Эти отклонения нормированы. Для конденсаторов установлено три класса точности: I класс — ±5%, II класс — ±10% и III класс — ±20%.

Номинальным рабочим напряжением называют наибольшее напряжение между обкладками конденсатора, при котором он надежно и длительно работает, сохраняя свои параметры.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) показывает относительное изменение номинальной емкости конденсатора при изменении температуры на 1° С.

Катушки индуктивности. В высокочастотных узлах и цепях радиоаппаратуры применяются разнообразные по назначению и устройству катушки индуктивности (рис. 9, *I* и *II*).

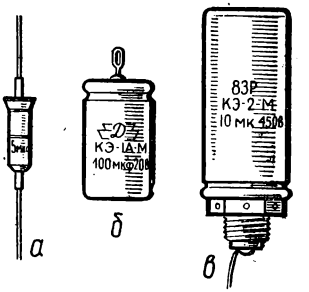


Рис. 6. Нерегулируемые электролитические конденсаторы:

а — тип ЭМ; *б* — тип КЭ-1; *в* — тип КЭ-2.

Основными характеристиками катушек индуктивности являются: индуктивность, добротность, собственная емкость и температурный коэффициент индуктивности.

Индуктивность катушки зависит от ее размеров и числа витков (прямо пропорциональная зависимость), а также от введения в нее сердечника и наличия экрана.

Качество работы катушки индуктивности в цепях переменного тока выражают обратной величиной тангенса угла потерь, называемой добротностью.

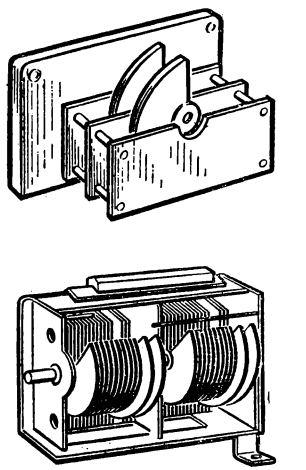


Рис. 7. Регулируемые конденсаторы.

Собственная емкость катушки — это емкость, образованная витками и слоями катушки. Собственная емкость катушки понижает ее добротность, уменьшает коэффициент перекрытия диапазона частот в колебательном контуре, ухудшает ее действие как дросселя. Собственная емкость катушки находится в прямой пропорциональной зависимости от ее размеров (особенно от диаметра).

Относительное изменение индуктивности при изменении окружающей температуры на 1° С называется температурным коэффициентом индуктив-

Таблица 8

Ряды номинальных значений емкости конденсаторов

Номинальные значения емкости (пикофарады, десятки пикофарад, сотни пикофарад, тысячи пикофарад) при допустимом отклонении								
± 5%	± 10%	± 20%	± 5%	± 10%	± 20%	± 5%	± 10%	± 20%
1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
1,1			2,4			5,1		
1,2	1,2		2,7	2,7		5,6	5,6	
1,3			3,0			6,2		
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
1,6			3,6			7,5		
1,8	1,8		3,9	3,9		8,2	8,2	
2,0			4,3			9,1		

Таблица 9

Ряды номинальных значений емкости конденсаторов

Номинальные значения емкости (микрофарады) при допустимом отклонении				
± 5%, ± 10%	± 20%	± 5%	± 10%	± 20%
0,01	0,01	0,1	1,0	10
0,012				
0,015	0,015	0,15	1,5	15
0,018				
0,022	0,022	0,22	2,2	22
0,027				
0,033	0,033	0,33	3,3	33
0,039				
0,047	0,047	0,47	4,7	47
0,056				
0,068	0,068	0,68	6,8	68
0,082				

ности (при изменении температуры изменяются размеры катушки).

Наиболее распространенными типами катушек являются цилиндрическая однослойная и многослойная типа «универсаль».

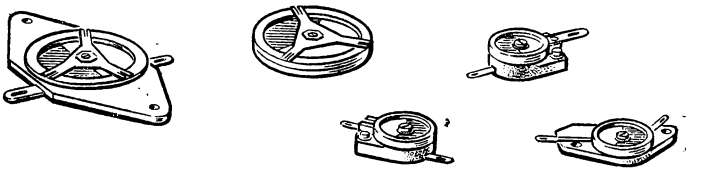


Рис. 8. Подстроечные конденсаторы.

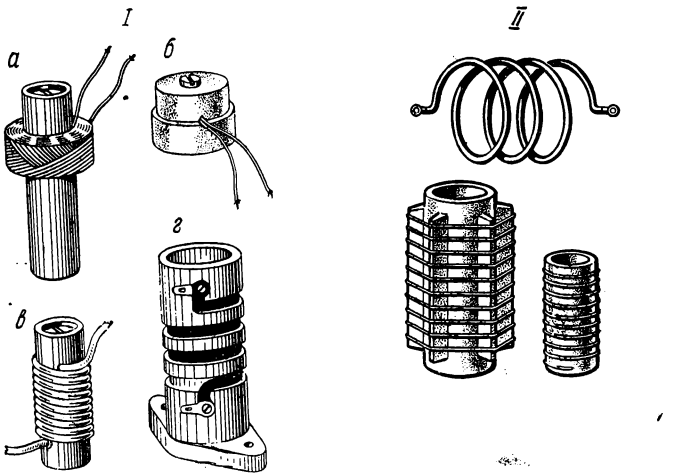
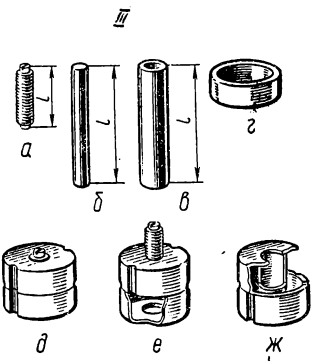


Рис. 9. Катушки индуктивности и сердечники:

I — контурные: *а* — для средних и длинных волн (намотка «универсаль»); *б* — то же, но в броневом чашечном сердечнике; *в* — однослойная коротковолновая; *г* — ультракоротковолновая на керамическом каркасе (витки намотаны на каркас проводящей массой методом вжигания); *II* — передатчиков; *III* — карбонильные и ферритовые сердечники: *а* — цилиндрический карбонильный с резьбой (подстроечник) СЦР; *б* — цилиндрический стержневой карбонильный или ферритовый гладкий СЦГ; *в* — трубчатый карбонильный или ферритовый; *г* — кольцевой; *д* — броневой замкнутый карбонильный сердечник типа СБ-а; *е* — броневой незамкнутый карбонильный сердечник типа СБ-б; *ж* — броневой замкнутый ферритовый сердечник (подстроечник не показан).



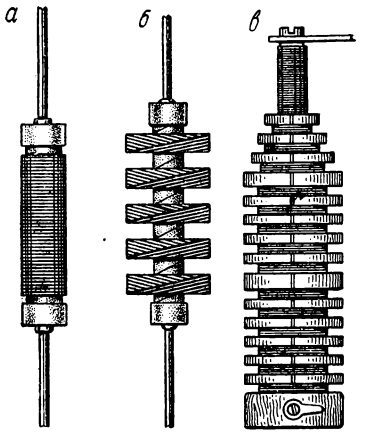


Рис. 10. Дроссели высокой частоты для различных длин волн:

а — коротких; *б* — средних; *в* — длинных.

Применение магнитных сердечников (рис. 9, *III*) позволяет уменьшить размеры катушки и в ряде случаев увеличить ее добротность. Сердечник, который может перемещаться внутри катушки, позволяет изменять ее индуктивность без изменения числа витков.

Дроссели. Дросселем называется катушка индуктивности, применяемая в качестве большого индуктивного сопротивления для переменных токов. В радиоаппаратуре применяются дроссели высокой и низкой частоты. Дроссель высокой частоты (рис. 10) — это катушка индуктивности, обладающая большим индуктивным сопротивлением для токов высокой частоты и малым сопротивлением для токов звуковой частоты и постоянного тока. Дроссель должен иметь высокую индуктивность и как можно меньшую собственную емкость. Для уменьшения собственной емкости дросселя используется секционная намотка с разным числом витков в секции. Дроссели высокой частоты иногда выполняются с сердечниками из магнитодиэлектриков (карбонильного железа, ферритной керамики). В этих случаях емкость дросселей несколько увеличивается, но их габариты значительно уменьшаются.

В дросселях низкой частоты в отличие от дросселей высокой частоты применяются сердечники из листовой электротехнической стали, что значительно увеличивает индуктивность катушек.

Трансформаторы (рис. 11) предназначены для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Основной частью трансформатора является замкнутый (в большинстве случаев) магнитопровод (сердечник) и расположенные на нем обмотки (две или несколько). Материалом для магнитопроводов служит листовая электротехни-

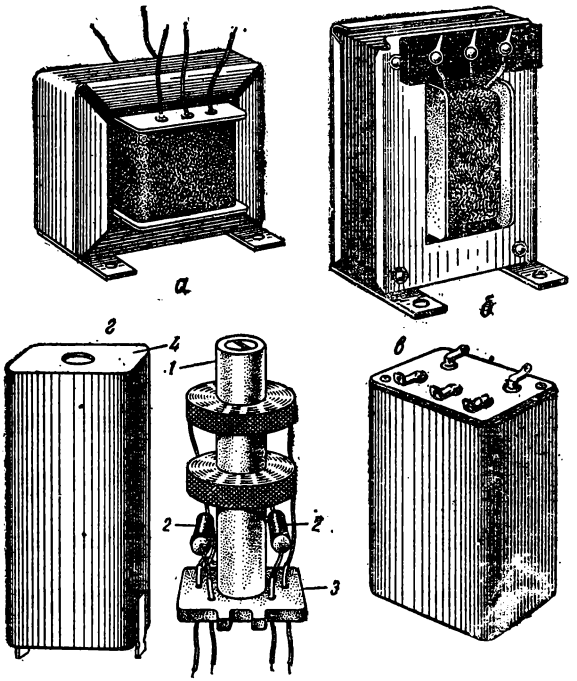


Рис. 11. Трансформаторы:

а — НЧ с обмоткой на трубчатом каркасе (сердечник стянут обжимной скобой); *б* — НЧ с обмоткой, уложенной в каркас — шпулю (сердечник стянут накладками с помощью винтов); *в* — НЧ герметизированный; *г* — ПЧ (*1* — каркас; *2* — конденсаторы; *3* — пластмассовое основание; *4* — экран).

ческая сталь или сплавы железа с никелем, из которых чаще всего применяется пермаллой. Магнитопроводы собираются из штампованных пластин различной формы. В зависимости от этого различают Ш-образный (броневой) и стержневой магнитопроводы. В последнее время находят применение трансформаторы с витыми магнитопроводами — Ш-образными и тороидальными.

Одна из обмоток трансформатора подключается к внешнему источнику переменной э. д. с. и называется первичной обмоткой. Все остальные обмотки носят название вторичных обмоток, к ним подключаются соответствующие нагрузки.

Принцип работы трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Если число витков вторичной

обмотки меньше числа витков первичной обмотки, то напряжение на концах вторичной обмотки будет меньше напряжения, действующего на концах первичной обмотки (и наоборот). В зависимости от того, понижает или повышает трансформатор подводимое к его первичной обмотке напряжение, различают трансформаторы понижающие и повышающие.

Степень преобразования величины напряжения характеризуется коэффициентом трансформации:

$$n = \frac{U_2}{U_1},$$

где n — коэффициент трансформации;

U_2 — амплитуда напряжения на вторичной обмотке;

U_1 — амплитуда напряжения на первичной обмотке.

К. п. д. трансформатора вследствие неизбежных потерь электрической энергии в проводах и в сердечнике всегда меньше 100%. Потери в проводах происходят из-за того, что они обладают активным сопротивлением, а в сердечнике — из-за вихревых токов и цикличного перемагничивания. Увеличение к. п. д. достигается увеличением сечения проводов (до такой величины, при которой не наблюдается заметного нагрева обмоток), изготовлением сердечников из специальной магнитно-мягкой стали с присадкой кремния, причем не из монолитных брусков, а из отдельных изолированных одна от другой пластин толщиной в несколько десятых долей миллиметра (для увеличения электрического сопротивления сердечника, которое уменьшает величину вихревых токов). К. п. д. трансформатора обычно равен 85—90%.

Трансформаторы разделяются на силовые (применяются в выпрямителях, для обеспечения питания всего радиоустройства), междуламповые (для связи между каскадами устройства), входные (для увеличения входного напряжения в усилителях низкой частоты), выходные (для согласования обычно малого сопротивления внешней нагрузки со сравнительно большим внутренним сопротивлением ламп выходного каскада).

Отечественная промышленность выпускает сердечники из магнитодиэлектрика (карбонильного железа или феррита) различных типов (рис. 9, *III*).

Монтажные и коммутирующие детали. К этой группе деталей относятся ламповые панели, ручки управления,

патроны для шкальных ламп, переключатели, выключатели, штепсельные гнезда, крепежные детали (скобы, винты, гайки, заклепки, монтажные и соединительные планки, гребенки, контактные лепестки, кабельные наконечники и т. п.).

Ламповые панели (рис. 12) изготовляют из керамики и пластмассы. В радиоаппаратуре применяют октальные (восьмиштырьковые), семиштырьковые и девятиштырьковые ламповые панели. Панели для пальчиковых ламп выпускают открытые и с металлическими экранами различной высоты и диаметра.

Ручки управления (рис. 13) устанавливают на осях органов управления радиоаппаратом: переключателя диапазонов, блока настройки, переменных резисторов — регуляторах громкости, контрастности, тона и т. п. Ручки различной формы и размеров изготовляются из цветной пластмассы. Они бывают одинарные и сдвоенные (соосные) для сдвоенных переменных резисторов и других комбинированных органов управления. Ручки крепятся на оси пружинящей пластинкой или стопорным винтом.

Патроны для шкальных ламп предназначены для установки миниатюрных ламп с резьбовым цоколем, используемых в радиоаппаратуре для освещения шкалы.

Выключатели (рис. 14, 15) — это детали, предназначенные для разъединения или соединения одной или двух цепей. В них приходится нажимать или поворачивать ручку. Переключатели и выключатели мгновенного действия типа «тумблер» предназначены для переключения и выключения цепей постоянного тока.

Кнопкой называют любой вид коммутирующего устройства, управляемого нажатием одного пальца. В отличие от кнопки, имеющей круглую форму нажимаемой части, клавиша имеет квадратную или прямоугольную форму, хотя она осуществляет нужную операцию тоже при нажатии. Клавишные переключатели (рис. 16) широко применяются во всех типах современных приемников, магнитофонов и радиол.

Галетные переключатели (рис. 17) со стеатитовыми и текстолитовыми платами применяют в приемниках в качестве переключателей диапазонов и в цепях тонкоррекции. Рассчитаны на работу при напряжении 250 *в*. Переключатели выпускаются с разным количеством галет — плат

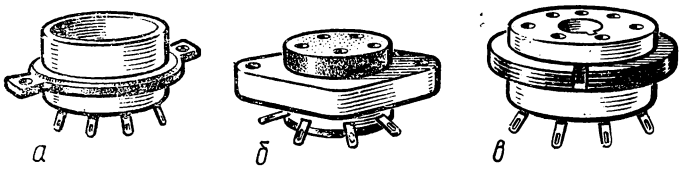


Рис. 12. Виды ламповых панелей:

а, б — для пальчиковых ламп; *в* — октальная.

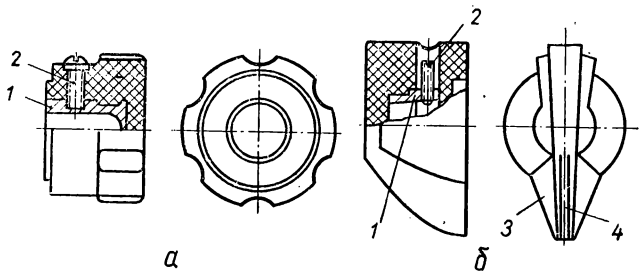


Рис. 13. Виды ручек управления:

а — пластмассовая (*1* — опрессованная металлическая втулка, надеваемая на концы осей органов управления; *2* — винт для закрепления ручки на оси); *б* — типа «клювик» (*1* — опрессованная металлическая втулка; *2* — винт для закрепления ручки на оси; *3* — острый конец ручки; *4* — радиальная белая риска).

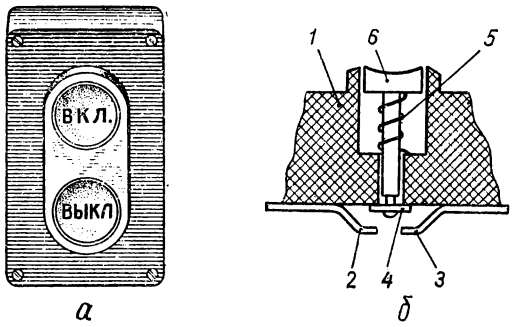
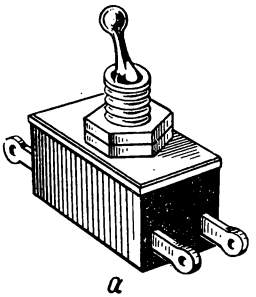


Рис. 14. Кнопочный выключатель:

а — общий вид двухкнопочного выключателя; *б* — устройство однокнопочного выключателя (*1* — основание; *2, 3* — контакты; *4* — контактный мостик; *5* — пружина; *6* — кнопка).



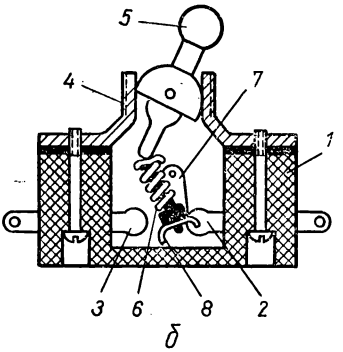


Рис. 15. Перекидной выключатель:

а — общий вид; *б* — устройство (*1* — колодка; *2*, *3* — контакты; *4* — корпус; *5* — рычаг; *6* — пружина; *7* — скобка; *8* — замыкатель).

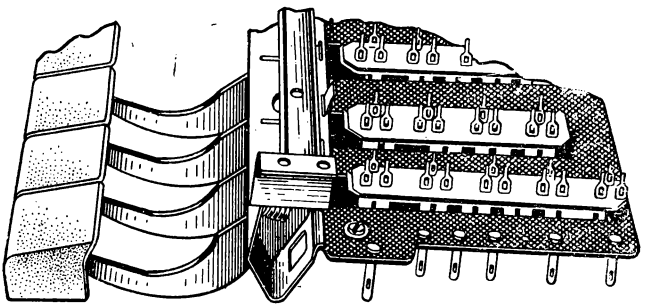
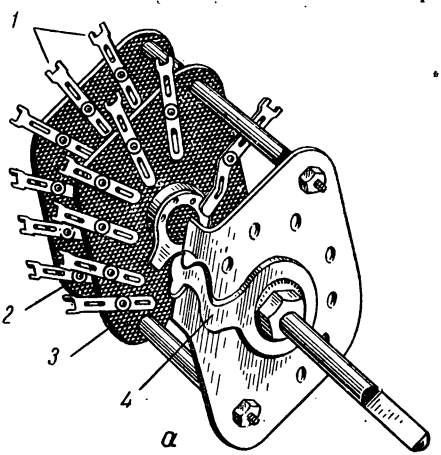


Рис. 16. Клавишный переключатель.



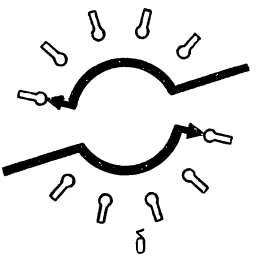


Рис. 17. Галетный переключатель:

а — общий вид (*1* — контактные лепестки; *2* — плата статора; *3* — плата ротора; *4* — пружина); *б* — схема галеты переключателя на пять положений и два направления.

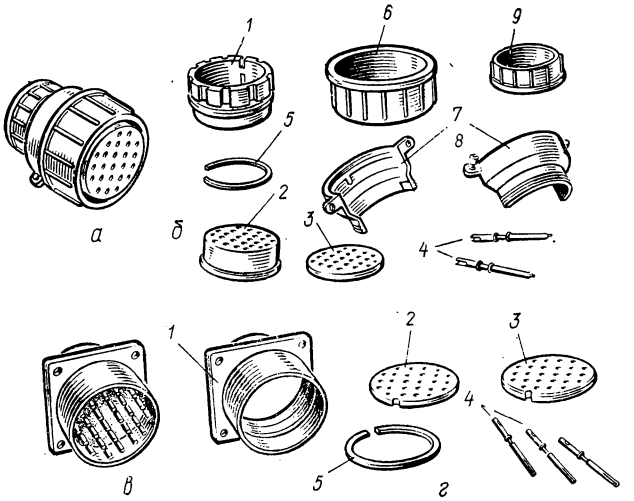


Рис. 18. Штепсельные разъемы:

а — общий вид розетки разъема типа ШР; *б* — розетка разъема ШР в разобранном виде (*1* — корпус; *2*, *3* — изоляторы; *4* — гнезда; *5* — пружинное кольцо; *6* — гайка накидная; *7* — патрубок разъемный; *8* — винт; *9* — гайка для крепления экрана); *в* — общий вид вилки разъема типа ШР; *г* — вилка разъема ШР в разобранном виде (*1* — корпус с фланцем; *2*, *3* — изоляторы; *4* — штыри; *5* — пружинное кольцо).

(от одной до четырех) и могут иметь 2, 3, 5 и 11 рабочих положений.

Во многих радиоустройствах применяются штепсельные разъемы (рис. 18) с большим числом контактов (на схемах обозначаются буквами ШР, что означает «штепсельный разъем») и винтовые зажимы.

В радиоаппаратуре применяется ряд унифицированных узлов и различные специальные детали: электродвигатели, реле, звукосниматели и др.

Глава 2

РАБОТА С РАДИОТЕХНИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ И РАДИОМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

1. Рабочее место для работы с радиотехническими материалами, радиомонтажных работ и ремонта радиоаппаратуры. Оборудование. Инструменты. Приспособления

К оборудованию рабочего места относится специальный монтажный стол (верстак) (рис. 19) для размещения деталей, инструментов, приспособлений и монтируемой схемы и стул со спинкой (с регулируемой высотой сидения). В монтажном столе должны быть выдвижные ящики для хранения приборов, инструмента, деталей и материалов. На крышке стола устанавливается невысокий удлиненный шкафчик с ящиками, разделенными на более мелкие отделения — так называемая «касса», для деталей различного назначения. При отсутствии шкафчика на рабочем месте необходимо иметь настольные кассы. Кассы для хранения крепежа (гаек, винтов, шайб, заклепок и других более крупных деталей) изготовляют из листовой стали. Для более мелких и легких деталей могут быть изготовлены кассы из фанеры или прессшпана.

Поверхность стола (крышку) покрывают линолеумом, резиной или фетровой подстилкой, чтобы не повредить облицовку монтируемого устройства. Вокруг крышки стола должен быть бортик (лучше всего алюминиевый уголок), чтобы мелкие детали не падали на пол.

Для питания электроинструментов, измерительных приборов и монтируемого (или ремонтируемого) радиоустройства к монтажному столу (к лабораторному распределительному силовому щитку) подводится электроэнергия. На силовом щитке монтируется автотрансформатор для регулировки напряжения питающей сети, высоковольтный и низковольтный выпрямители и понижающий трансформатор для получения различных переменных напряжений.

На монтажном столе должны быть приспособления для регулировки температуры нагрева паяльника, подставка для паяльника с ванночками для флюса и припоя, подставка для монтируемого устройства.

Рабочее место должно быть хорошо освещено. Свет должен падать сверху, спереди и чуть слева. В качестве источника света применяется осветительная лампа, покрытая абажуром, чтобы предохранить глаза от прямых лучей. При мелких монтажных работах мощность источника света должна находиться в пределах 40—60 *вт*.

Рабочее место должно иметь вытяжную вентиляцию для удаления вредных испарений и продуктов горения, образующихся в процессе пайки.

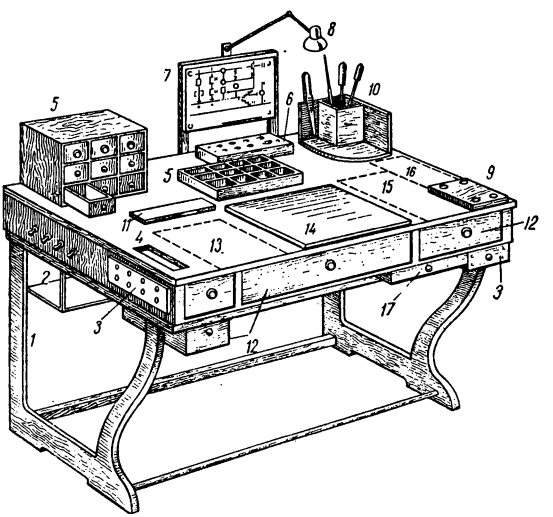


Рис. 19. Примерное оборудование рабочего места для монтажа и ремонта радиоаппаратуры:

1 — монтажный верстак; *2* — место для размещения механического инструмента и материалов; *3* — штепсельная колодка; *4* — прорезь для сбрасывания отходов; *5* — кассы для радиодеталей, винтов, гаек, шайб и др.; *6* — гнезда для сверл, разверток и метчиков; *7* — рамка для схем и чертежей; *8* — осветительная лампа; *9* — место установки слесарных тисков; *10* — настольная готовальня с монтажным инструментом; *11* — деревянная подставка; *12* — ящик для инструмента и различных материалов; *13* — место расположения монтажного инструмента при монтаже; *14* — резиновый коврик (деревянная доска); *15* — место расположения измерительного прибора; *16* — место расположения подставки для паяльника; *17* — выдвижная доска.

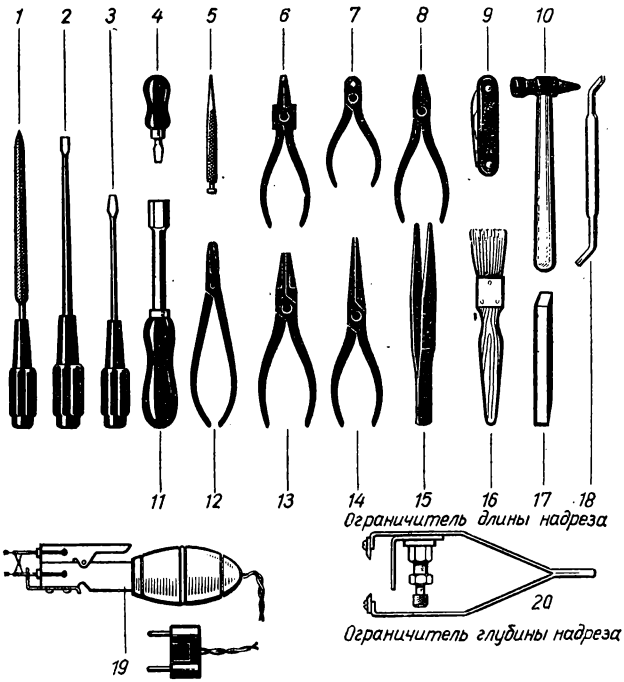


Рис. 20. Монтажный и слесарный инструмент:

1 — напильник трехгранный; *2* — отвертка длинная; *3* — отвертка средняя; *4* — отвертка короткая; *5* — отвертка часовая; *6* — круглогубцы; *7* — кусачки торцовые; *8* — кусачки боковые; *9* — перочинный нож; *10* — молоток; *11* — торцовый ключ; *12* — ножницы; *13* — плоскогубцы; *14* — плоскогубцы с длинными губками; *15* — пинцет; *16* — кисточка; *17* — стальной брусок; *18* — ламелевыгибатель; *19* — щипцы для снятия изоляции с монтажных проводов электрообжигом; *20* — щипцы для зачистки концов проводов.

Во время лабораторно-практических работ по радиоэлектронике применяется монтажный и слесарный инструмент (рис. 20). Кроме того, в комплект инструмента, применяемого при радиомонтажных работах, входит: набор паяльников (с подставками и ванночками для лужения концов проводников), ручная дрель со сверлом, ручная ножовка, ножницы по металлу, ножницы обычные, резак, инструмент для нарезания резьбы (метчики, плашки, воротки для метчиков и плашек), мерительный инструмент (штангенциркуль, микрометр, циркуль по металлу и металлическая

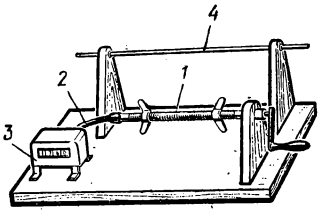


Рис. 21. Станок для намотки катушек вручную:

1 — вал с винтовой резьбой и гайками; *2* — гибкий вал (тросик, пружина); *3* — счетчик оборотов; *4* — стержень для катушек со сматываемым проводом.

масштабная линейка, угольник, транспортир, чертилка).

К станочному и технологическому оборудованию, используемому при радиомонтажных работах, относятся: токарный, сверлильный и заточный станки, станок для намотки катушек длиной до 150 *мм*, проводом диаметром 0,08—0,6 *мм* (рис. 21), установка для пропитки трансформаторов и дросселей (бак с герметически закрывающейся крышкой), электросушильный шкаф для сушки деталей и узлов, приспособление для правки коаксиального кабеля, тиски слесарные настольные, ручные тиски, приспособление для гибки металлических заготовок.

2. Общие сведения по технике безопасности

Во время лабораторно-практических работ, а также при эксплуатации радиотехнических устройств недисциплинированность или неосторожность, незнание или несоблюдение специальных инструкций по технике безопасности, невыполнение указаний учителя могут стать причиной несчастных случаев: ушибов, порезов, переломов, ожогов, отравлений и поражений электрическим током.

Основные правила по технике безопасности при работе с радиотехническими материалами

1. Не оставлять рабочее место без разрешения учителя.
2. Всегда содержать рабочее место в порядке. Располагать на рабочем месте приборы, оборудование, инструмент, материалы в порядке, указанном учителем.
3. Не держать на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
4. Инструмент всегда должен находиться в исправном состоянии. Плохо насаженный молоток при ударе может соскользнуть и ранить руку. Ударный инструмент (зубило, кернер) должен быть без заусениц, сбитых и изношенных частей. Заусеницы могут поранить руку, держащую зубило или кернер. Отрыв заусениц может вызвать травму глаз.

5. При работе одной рукой нельзя держать свободную руку перед инструментом.

6. При резке металла нельзя приближать левую руку к режущим кромкам ножниц. Отгибать срезанный кусок следует так, чтобы не поранить правую руку заусеницами.

7. При работе на металлорежущих и заточном станках необходимо обязательно пользоваться защитными очками и следить, чтобы одежда не попала в вращающиеся части станков. Нельзя наклоняться низко над обрабатываемой на станке деталью.

8. Производить измерения можно только после полной остановки станка.

9. При пропитывании деталей различными электроизоляционными веществами необходимо строго соблюдать все правила противопожарной безопасности.

10. Никогда нельзя пользоваться открытым огнем при расплавлении таких веществ, как воск, парафин и церезин, так как они могут воспламениться и вызвать пожар.

11. При работе с кислотой и щелочью необходимо надевать защитные очки, так как при попадании на кожу и особенно в глаза брызги кислоты и щелочи вызывают очень сильные ожоги. При повреждениях кожного покрова кислотой поврежденное место следует присыпать питьевой содой и несколько позже промыть водой. Если на кожу попадает крепкая щелочь, поврежденное место нужно промыть слабым раствором уксуса, борной кислоты (чайная ложка борной кислоты на стакан воды) или специальным нейтрализующим раствором.

Никогда нельзя лить воду в кислоту, так как вода, вступая в реакцию с кислотой, быстро нагревается, вскипает и разбрызгивается вместе с кислотой. Кислоту следует вливать в воду тонкой струйкой, непрерывно помешивая раствор стеклянной палочкой.

12. Работать с кислотами, щелочами, бензолом и другими токсическими веществами нужно на воздухе, в вытяжных шкафах или в крайнем случае в хорошо проветриваемом помещении, так как пары этих веществ очень вредны для здоровья.

Общие сведения по технике электробезопасности

Работа с электрическим током требует особой осторожности. Человеческое тело является проводником электрического тока. Воздействие электрического тока на организм

человека зависит от силы проходящего через него тока. Ток силой 0,05 *а*, проходящий через организм человека, опасен для жизни. Прикосновение к токонесущим деталям может вызвать ожог тела в месте прикосновения и даже паралич дыхательных органов и сердца. Степень поражения током зависит от электрического сопротивления человеческого тела, которое в нормальном состоянии равно нескольким десяткам тысяч ом. В зависимости от влажности кожи, температуры кожи, величины поверхности соприкосновения с токонесущими деталями электрическое сопротивление человеческого тела изменяется от 500 *ом* до 0,5 *Мом*. Поэтому напряжение даже в 40 *в* считается опасным для жизни.

Помещения с повышенной влажностью, помещения с металлическими, железобетонными и земляными полами считаются помещениями с повышенной опасностью.

Если время воздействия электрического тока на человека менее 0,1 *сек*, то организм может выдержать ток в несколько ампер. Более длительное воздействие тока может привести к смерти. Для переменного тока промышленной частоты (50 *гц*) безопасной величиной является ток силой 0,01 *а*. Ток силой 0,015 *а* вызывает у человека болезненные ощущения. Ток силой 0,05 *а* считается уже опасным для жизни, а ток силой 0,1 *а* приводит к смерти. Постоянный электрический ток безопасен до 0,05 *а*. Ток, частота которого выше 150—200 *кгц*, менее опасен для организма, чем ток промышленной частоты.

Первое прикосновение к проводнику с током сопровождается небольшими судорогами мышц пальцев. Если в этот момент немедленно пальцы не оторвать, то быстрое сокращение мышц не даст возможности оторваться. При этом резко падает сопротивление кожи электрическому току, ток резко возрастает, парализуя дыхание, наступает паралич сердца.

Причины электротравматизма

1. Прикосновение к токоведущим частям, оголенным проводам, контактам контрольных электроизмерительных приборов, радиоаппаратов, рубильников, ламповых патронов, предохранителей, находящихся под напряжением.

2. Прикосновение к частям радиоаппаратов, нормально не находящимся под напряжением, но в результате повреждения (пробоя) изоляции оказавшимся под напряжением.

3. Нахождение вблизи места соединения с землей оборванного провода электросети.

4. Прикосновение к токоведущей части и мокрой стене или металлической конструкции, соединенной с землей.

5. Одновременное прикосновение к двум проводам или другим токоведущим частям, которые находятся под напряжением.

Первая помощь при поражении электрическим током

В случае поражения электрическим током прежде всего необходимо снять напряжение или (если этого сделать невозможно) отделить пострадавшего от токонесущей части, так как в ряде случаев из-за судорог, вызванных действием тока, пострадавший не может этого сделать самостоятельно.

Отделяя пострадавшего, необходимо соблюдать осторожность. Чтобы самому не попасть под напряжение, нужно воспользоваться сухими предметами, палками, резиновыми вещами или другими непроводниками. Надев резиновые галоши и перчатки или обмотав руку сухой тканью, попавшего под напряжение следует оторвать от токонесущих частей. Пострадавшего можно также оторвать от токонесущих частей, став на сухую доску и взявшись за сухие части его одежды. Категорически воспрещается дотрагиваться голой рукой до находящегося под напряжением человека. Действовать нужно одной рукой. В случае необходимости надо перерубить или перервать провода любым предметом (при напряжении не выше 250 *в*). Это можно проделать, надев резиновые перчатки, при помощи предмета с токонепроводящей ручкой (например, топором с деревянным топорищем).

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

Прежде чем приступить к искусственному дыханию, нужно быстро освободить посрадавшего от одежды, открыть ему рот, вставить между зубами какой-либо предмет, чтобы рот не закрывался, и вытащить наружу язык, обычно западающий в гортань.

Если пострадавший потерял сознание, но дыхание у него не нарушено, его следует уложить на чистом воздухе, расстегнуть одежду, дать понюхать нашатырный спирт, брызгать водой, растереть и согреть тело.

Основные правила техники безопасности при лабораторно-практических работах, изготовлении, проверке, ремонте и эксплуатации радиотехнических устройств

1. Запрещается проводить лабораторные и практические работы по радиотехнике, монтажу, ремонту и наладке радиооборудования лицам, не сдавшим преподавателю специального зачета по электробезопасности.

2. Приступать к монтажу и ремонту можно только после снятия напряжения (т. е. выключения аппаратуры). Необходимо контрольной лампой или указателем напряжения убедиться, что напряжение снято.

3. Необходимо следить за исправностью плавких предохранителей в электросети и в аппаратуре. Категорически запрещается применять вместо предохранителей так называемые «жучки» из проволоки.

4. Ни в коем случае нельзя прикасаться мокрыми руками к корпусам включенных приборов.

5. Необходимо пользоваться защитными средствами: резиновыми перчатками, ботами, диэлектрическими ковриками, изолирующими шлангами и т. п.

6. Металлический инструмент должен иметь изолирующие ручки (или на металлические ручки надевают резиновые трубки (рис. 22)).

7. Необходимо строго соблюдать указания на плакатах по технике безопасности, вывешиваемых в помещении.

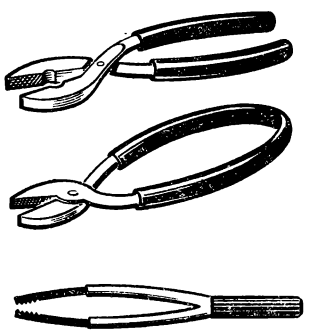


Рис. 22. Инструмент с надетыми на ручки резиновыми трубками.

8. При работе с электроинструментом необходимо следить, чтобы все токоведущие части электроинструмента были закрыты, а при уходе с рабочего места или временном отключении тока электромонтажный инструмент обязательно должен быть отключен от сети. Иногда при перегорании изоляции одного из проводов сетевые провода могут соединяться с металлическим корпусом паяльника (и его наконечником) или корпусом электродрели. Это сопряжено с большой опасностью для жизни.

Поэтому периодически с помощью омметра или простого пробника следует проверять, нет ли короткого замыкания между одним из токоподводящих проводов и корпусом электроинструмента. Корпус электроинструмента должен быть заземлен, а работать следует только на резиновом коврике.

9. После окончания налаживания радиосхем необходимо выключить питание и под наблюдением учителя разрядить конденсаторы большой емкости (это можно сделать, замкнув накоротко их выходы отверткой с изолированной рукояткой). При работе с электролитическими конденсаторами необходимо соблюдать осторожность.

10. Следует помнить, что напряжение на вторичных обмотках повышающих трансформаторов может достигать 600 *в* и более. Поэтому при измерениях в блоках питания нужно стараться работать только одной рукой и пользоваться соединительными проводниками и щупами с хорошей изоляцией.

Перед подачей напряжения на обмотки трансформаторов нужно тщательно проверить схему соединения этих обмоток. При неправильном включении трансформаторов на высоковольтных обмотках могут возникнуть очень большие напряжения, что может вызвать пробой обмоток или поражение током при неосторожном прикосновении к ним.

11. После окончания работ необходимо обесточить силовой щиток, проверить, не оставлен ли включенным паяльник, убрать весь инструмент и приборы, привести в порядок свое рабочее место, почистить одежду и вымыть руки с мылом и щеткой.

3. Сведения о технологии обработки радиотехнических материалов

При изготовлении монтажных планок, панелей и фасонных деталей необходима механическая обработка гетинакса, текстолита, эбонита, полистирола, оргстекла. По сравнению с обработкой металлов обработка этих материалов имеет некоторые особенности в связи с тем, что они обладают эластичностью, незначительной теплопроводностью, низкой температурой размягчения. Гетинакс и текстолит, кроме того, имеют слоистую структуру.

Так как при резании перечисленных материалов не создается опережающая трещина и резцу приходится пере-

резать волокна материала, режущий инструмент должен быть правильно и остро заточенным. После окончательной обработки детали, изготовленные из материалов, сильно поглощающих воду, обычно сушат, пропитывают и бакелизируют.

Разметка. Назначение и метод разметки электроизоляционных материалов остаются такими же, как и при разметке материалов.

Если нужно изготовить точные детали из водопоглощающих материалов (древесины, фибры, гетинакса, текстолита), материал перед разметкой сушат, чтобы размеры готового изделия не изменились вследствие усыхания.

Металлической чертилкой можно наносить только те линии, которые не остаются после обработки материала; в остальных случаях нужно пользоваться остро заточенным карандашом (металлическая чертилка разрушает защитный глянцевый слой и оставляет царапины). Графитные линии после окончания работы нужно стереть ветошью, смоченной в бензине, а затем протереть насухо (чтобы в дальнейшем они не послужили проводниками тока).

При разметке изоляционных материалов нужно делать запас на его обработку, так как при обработке краев материала снимается слой значительной толщины, а ширина распила гораздо больше, чем у металлов.

Резание. Листовые материалы толщиной до 1,5—3 *мм* режут остро заточенным резаком (рис. 23) или на рычажных ножницах. Для этого резаком процарапывают канавку с одной стороны разметочной линии (лучше с обеих сторон) на глубину $^1/_3$ толщины листа и переламывают материал вдоль этой канавки. Листовой материал толще 3 *мм* и фасонные заготовки режут ножовкой по металлу. Развод зубьев пил должен быть небольшим.

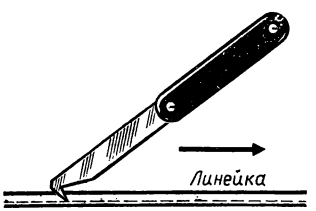


Рис. 23. Резание листового изоляционного материала с помощью резака.

Сверление. Сверление изоляционных материалов осуществляется сверлами, которыми сверлят металл и древесину. Отверстия до 10 *мм* высверливают спиральными или перовыми сверлами, отверстия диаметром свыше 10 *мм* — специальными сверлами с наплавленными кромками из твердых сплавов. Прямоугольные и фигурные отверстия

сначала высверливают по нужному контуру, а затем вырезают ножом или вырубают плоской или полукруглой стамеской. Круглое отверстие в изолирующей пластине можно выполнить с помощью цифенбора (рис. 24) и ручной дрели.

Вследствие того что при сверлении электроизоляционных материалов эластичность этих материалов вызывает большое трение и нагревание сверла, отверстие после сверления несколько заплывает. Поэтому для сверления выбирают сверло, диаметр которого на 0,2—0,3 *мм* больше диаметра нужного отверстия, или подбирают его пробным сверлением. При сверлении сверло быстро нагревается, поэтому нужно периодически вынимать его и освобождать от стружки, уменьшать число оборотов и величину подачи сверла. При сверлении сквозных отверстий под деталь необходимо помещать прокладку из плотной фанеры, чтобы избежать сколов при выходе сверла. В этом случае рекомендуется также уменьшать обороты и подачу сверла. Заусеницы снимают сверлом, диаметр которого в два раза больше диаметра отверстия.

После сверления стенки отверстия имеют неровную и шероховатую поверхность, а диаметр отверстия оказывается меньше диаметра сверла. Поэтому для получения более точных размеров и гладкой поверхности стенок отверстия его развертывают

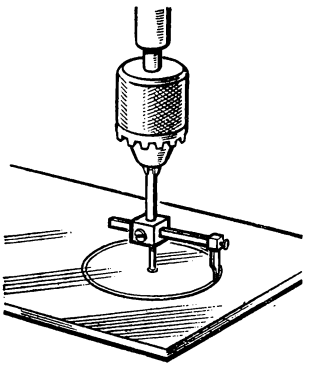


Рис. 24. Выполнение круглых отверстий с помощью цифенбора и ручной дрели.

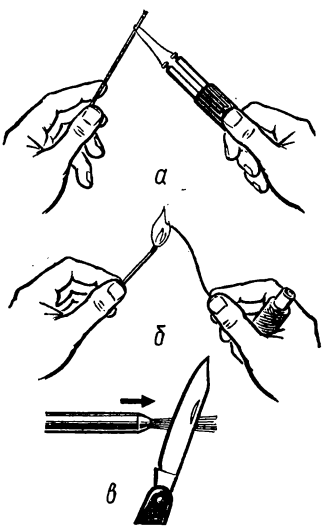


Рис. 25. Способы зачистки изоляции провода:

а — обжигалкой; *б* — в пламени спички; *в* — ножом.

слесарной разверткой. В отличие от развертки отверстий в металле развертка отверстий в изоляционных материалах требует более частого удаления стружки.

Опиловка изоляционных материалов осуществляется рашпилями и напильниками (драчевыми и личными). Если требуется снять слой значительной толщины или скос, то перед опиловкой производится сострожка материала рубанком. Направление движения рубанка и напильника должно совпадать с направлением слоев материала (или быть близким к нему), чтобы не происходило крошения и расщепления материала. Крупные детали при опиловке зажимают в тисках с алюминиевыми или деревянными накладками. Мелкие детали при опиловке держат в руке и двигают их по неподвижно лежащему напильнику в обоих направлениях.

Напильники при опиловке изоляционных материалов быстро забиваются опилками. Поэтому их нужно часто прочищать стальной щеткой. Сильно забитый напильник нужно перед чисткой предварительно на 15—20 *мин* опустить в теплую воду.

Заготовка и разделка монтажных проводов. Раскладка и вязка жгутов по шаблону. Перед монтажом заготавливают соединительные провода. Провод выравнивают, нарезают его по нужному размеру (ножницами или кусачками), зачищают концы от изоляции (от 7 до 50 *мм*) одним из способов, указанных на рис. 25. Затем каждую проволочку жилы зачищают наждачной бумагой или ножом до металлического блеска для лужения и покрывают тонким слоем канифоли. Лужение должно быть таким, чтобы на штырьке не было излишков припоя, а очертания отдельных проволочек просматривались. Для этого провод, нагретый паяльником, протаскивают через чистую тряпочку.

Оплетку или обмотку провода закрепляют оклетневкой с цветными шелковыми или хлопчатобумажными нитками, проклейкой или при помощи капсюлей и наконечников, которые надеваются на провод (рис. 26).

Экранированные провода в металлическом чулке закрепляют (бандажируют), для чего металлическую оболочку снимают с конца провода (от 7 до 90 *мм*) и аккуратно срезают по окружности. Край металлической оболочки закрепляют бандажом из тонкого одножильного луженого провода диаметром 0,2—0,5 *мм*, наматываемого виток к витку на ширину 5—10 *мм*, и пропаивают. Затем аккуратно сни-

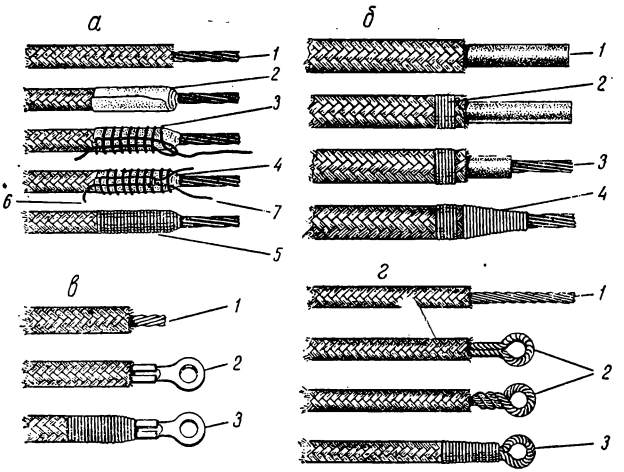


Рис. 26. Заделки концов проводов:

а — оклетневка концов проводов, имеющих волокнистую изоляцию (*1* — изоляция удалена с конца провода; *2* — обертывание изоляции двумя слоями лакоткани; *3* — способ укладки нитки при оклетневке; *4* — закрепление петли под обмоткой; *5* — оклетневанный конец провода; *6* — начало нитки; *7* — конец нитки); *б* — заделка концов экранированных проводов (*1* — удаление металлической оболочки; *2* — закрепление — бандажировка оплетки; *3* — удаление изоляции с конца провода; *4* — заделанный конец экранированного провода); *в* — пайка наконечников (*1* — удаление изоляции; *2* — припайка наконечников; *3* — заделка ниткой); *г* — заделка конца провода на кольцо (*1* — удаление изоляции; *2* — изготовление кольца; *3* — провод, заделанный на кольцо).

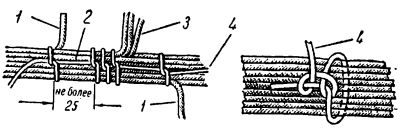


Рис. 27. Вязка жгута:

1 — провод; *2* — жгут; *3* — ответвление жгута; *4* — нитка.

мают изоляцию с конца экранированного провода. Расстояние от края изоляции до края металлического чулка должно быть не менее двух диаметров провода (при напряжении до 500 *в*). Жилы оголенного провода очищают, скручивают плоскогубцами и лудят. Волокнистая изоляция заделывается изоляционной лентой или нитками.

Если нужно на концы соединительных проводов напаять наконечники, поступают следующим образом. Срезают изоляцию провода на длину желобка наконечника, зачищают каждую жилу провода ножом, скручивают жилы плоскогубцами, лудят свитый конец паяльником, зачищают желобок наконечника и облуживают его. Подготовленный наконечник обжимают плоскогубцами вокруг провода, прогревают наконечник паяльником до заполнения припоем всего желобка, волокнистую изоляцию заделывают ниткой.

В радиоустройствах применяют так называемый жгутовый шаблонированный монтаж. Соединительные провода группируют в жгуты (по шаблону) и крепят на шасси или каркасе. От жгута могут отходить ответвления. Шаблон представляет собой доску с набитыми в определенном порядке стальными шпильками.

Изолированные провода нарезают по шаблону с некоторым запасом для перепайки. Начало и конец каждого провода закручивают на гвоздь и накладывают на шаблон. Затем жгуту придают круглое сечение и скрепляют жгут толстыми нитками, натертыми воском, начиная с более толстой части. Узлы делают на расстоянии 25 *мм* один от другого (рис. 27). Конец нитки закрепляют в конце жгута двойным узлом. После этого жгут снимают с шаблона и разделывают провода. Жгут проводов укладывают таким образом, чтобы все его выводные концы можно было без натяжения с запасом подключать или подпаивать к контактам. Уложенные жгуты прикрепляют скобами на расстоянии 100—150 *мм* одна к другой к шасси или каркасу. Под скобу подкладывают прокладку из электрокартона толщиной 0,4—0,6 *мм* и такой ширины, чтобы она выходила за скобу на 1,5 *мм* с одной и другой стороны.

На рис. 28 показаны способы крепления концов проводников на штырьках и лепестках, на рис. 29 — закрепление выводов катушек индуктивности.

Пайка. В радиоэлектронике паяние служит для обеспечения надежного электрического контакта между проводами

и деталями, а также для герметизации деталей.

Различают пайку мягким (легкоплавким) и твердым припоем. К мягким относятся припои с температурой плавления до 400° С (табл. 10), к твердым — припои с температурой плавления выше 400° С. В качестве твердых припоев применяют медь, латунь, серебро и сплавы серебра с медью и цинком (с применением буры в качестве флюса). Пайка твердыми припоями в практике электрорадиомонтажника и в лабораторных условиях встречается редко. Мягкие припои представляют собой сплав олова со свинцом с содержанием олова 30—60%. С увеличением количества олова температура плавления припоя понижается.

Кроме припоев, для пайки применяют флюсы (плавни) — вещества, растворяющие тонкую пленку окиси на металлах (возникающую при нагревании) и предохраняющие спаиваемые поверхности от окисления при пайке. Температура плавления флюсов ниже, чем температура плавления припоя. Различают две группы флюсов: химически активные — протравы — химически очищающие спаиваемые поверхности перед пайкой, растворяющие пленки окиси, а часто и сам металл (соляная кислота, бура, хлористый аммоний, хлористый цинк); химически пассивные — только защищающие спаиваемые поверхности от окисления (канифоль, воск, стеарин и т. п.).

В качестве флюса при радиомонтажных работах применяют

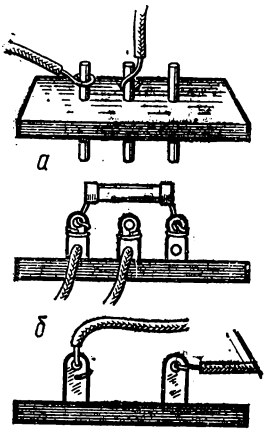


Рис. 28. Способы крепления концов проводников:
а — на штырьках; *б* — на лепестках.

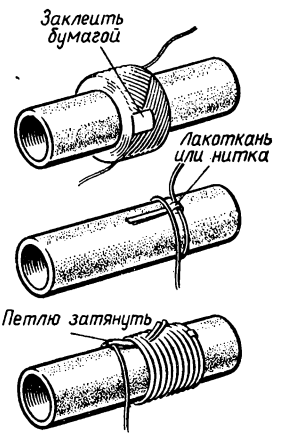


Рис. 29. Закрепление выводов катушек индуктивности.

Таблица 10

Легкоплавкие припои

Наименование припоев и их марки	Состав, %					Температура плавления, °С	Применение
	олово	свинец	висмут	кадмий	сурьма		
Припой оловянно-свинцовый ПОС-30	30	68	—	—	2	240	Паяние электрорадиоаппаратуры широкого применения
Припой оловянно-свинцовый ПОС-40	40	58	—	—	2	210	Паяние телефонной и радиоаппаратуры
Припой оловянно-свинцовый ПОС-60	60	39	—	—	1	183	Паяние радиоаппаратуры, когда требуется быстрое застывание припоя
Припой легкоплавкий (кадмиевый)	47	36	—	—	—	150	Паяние к слою серебра, нанесенного на керамику

преимущественно канифоль в твердом виде или растворенную в спирте (канифольный лак или паяльный спирт — одна часть измельченной канифоли и две части спирта).

Применять хлористый цинк и другие протравы при монтаже радиоаппаратуры нельзя, так как они разрушают изоляцию проводов и увеличивают сопротивление контакта.

Оловянно-свинцовые припои маркируются буквами ПОС и числом, указывающим содержание олова в процентах. При радиомонтажных работах чаще всего применяют припой ПОС-40. Если необходимо паять при пониженной температуре (100—110° С), используют припои, включающие кадмий или висмут. Применяя висмутовые и кадмиевые припои, следует учитывать, что они обладают большой хрупкостью и создают менее прочный спай, чем оловянно-свинцовые.

Мягкие припои изготовляют в виде прутков, болванок, проволоки (диаметром 3 *мм*) и трубок, наполненных флюсом.

Изготовить мягкие припои (без специальных примесей) нетрудно в условиях мастерской. Свинец расплавляют в гра-

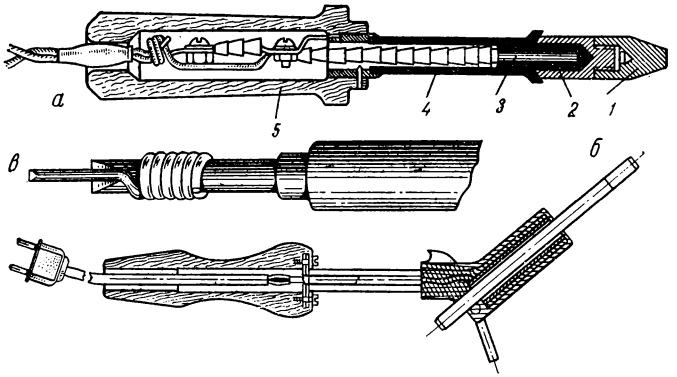


Рис. 30. Электрические паяльники:

а — торцовый (*1* — сменный наконечник; *2* — слюда; *3* — нагревательный элемент; *4* — соединительная трубка; *5* — деревянная ручка); *б* — угловой; *в* — для пайки тонких деталей.

фитовом или металлическом тигле и в него небольшими частями добавляют олово, количество которого определяют в зависимости от марки припоя. Жидкий сплав перемешивают, снимают нагар с поверхности и расплавленный припой выливают в деревянные или стальные формочки.

Паяние производится паяльниками. Паяльники различают по способу нагрева (простые, нагреваемые на огне, и электрические, разогреваемые электрическим нагревательным элементом), по конструкции (торцовые и молотковые), по мощности и массе. Особенно удобны низковольтные торцовые электрические паяльники (на 6 и 12 *в*) мощностью 50—75 *вт*, которые долговечнее и безопаснее в работе.

Электрические паяльники (рис. 30) широко применяют в быту и в промышленности. В зависимости от рода выполняемых работ их выпускают различных типов, размеров и мощностей (табл. 11), с внутренним или наружным обогревом. Нагревательные элементы изготовляют из жаростойкой проволоки, намотанной на слюдяное или керамическое основание. Для сокращения времени ремонта паяльника нагревательные элементы делают сменными. Отечественная промышленность выпускает бытовые электрические паяльники различной конструкции, рассчитанные на напряжение 127 и 220 *в*, номинальной мощностью 35—200 *вт*.

Для удобства паяния, сокращения расхода припоя и электроэнергии делают электрические паяльники с термо-

Таблица 11

Технические данные электрических паяльников

Техническая характеристика \ Напряжение питающей цепи, *в*	220	127	36	24	12	6
Потребляемая мощность, *вт*	80	80	150	80	80	80
Сила тока, *а*	0,36	0,63	4,17	3,30	6,70	13,30
Диаметр провода обмотки, *мм*	0,80	0,15	0,70	0,5	0,85	1,40
Сечение провода обмотки, *мм*^{2}	0,00509	0,0177	0,385	0,196	0,567	1,54
Сопротивление нагревательной обмотки, *ом*	610	200	8,6	7,3	1,8	0,45
Длина провода обмотки, *м*	2,7	2,3	2,0	1,25	0,9	0,60
Диаметр рабочего медного стержня, *мм*	5	5	8	5	5	5

Примечания. 1. Материал нагревательной обмотки — нихромовая проволока.
2. Температура нагрева нихромовой проволоки 700° С.
3. Температура на конце рабочего стержня паяльника 280° С.
4. Срок службы нагревательной обмотки паяльника 200 рабочих часов.

статическим микропрерывателем тока. Прерыватель выключает паяльник по достижении нужной температуры и снова включает, когда он немного остынет. При паянии в затемненных и темных местах паяльник снабжают вспомогательной лампочкой, включенной последовательно с нагревательным элементом. Для ускорения паяния применяют паяльники с автоматической подачей припоя в виде проволоки. Известны паяльники с переменной мощностью, имеющие два нагревательных элемента, переключаемых выключателем, вмонтированным в ручку. Наконечники к паяльникам могут иметь самую различную форму.

Для одновременного отсоединения нескольких проводов в печатных схемах применяют наконечник, представля-

ющий собой цельную головку с каналами и прорезями для отвода расплавленного припоя.

Наконечник паяльника необходимо поддерживать всегда в чистом состоянии и через определенные промежутки времени опиливать его или чистить проволочной щеткой и сразу же после этого заново облуживать. Паяльник со сменным наконечником нужно периодически чистить, чтобы вставной наконечник не пригорел в патроне.

Простые (неэлектрические) паяльники применяют в полевых условиях. Их нагревают на открытом огне, в печке, на примусе. Они состоят из наконечника из красной меди, насаженного на ручку из толстой стальной проволоки.

Провода диаметром до 0,1 *мм* паяют специальными малыми паяльниками или надевают на обычный паяльник дополнительный стерженек.

Для прочного соединения спаиваемых металлов необходимо, чтобы жидкий припой смачивал всю поверхность спайки, хорошо прилипал к металлу в месте пайки и образовывал прочное соединение со спаиваемым металлом. Этого можно достигнуть только при условии выполнения следующих технологических операций:

подготовки спаиваемых поверхностей — тщательной очистки их от грязи, изоляции, окислов (путем зачистки шабером, напильником и мелкой наждачной шкуркой) и тщательной подгонки спаиваемых поверхностей друг к другу;

покрытия зачищенных поверхностей флюсами (путем нанесения кисточкой раствора канифоли в спирте на спаиваемые поверхности);

лужения спаиваемых поверхностей — нанесения на поверхность, покрытую флюсом, небольшого количества олова или оловянно-свинцового припоя (наносят нагретым паяльником, передвигаемым по поверхности, или погружением сначала во флюс, а затем в расплавленный припой, избыток которого удаляют резким стряхиванием);

механического скрепления спаиваемых деталей (путем обжимания плоскогубцами);

собственно паяния — нанесения припоя на места пайки;

охлаждения места пайки.

Паяние производится следующим образом: паяльник нагревают до температуры 300—400° С и облуживают его. Для этого паяльником сначала касаются канифоли, а затем припоя, который должен покрыть ровным слоем всю рабочую поверхность паяльника. Качество пайки зависит от

правильного нагрева паяльника. При недогреве паяльника припой превращается в кашеобразную массу. При перегреве паяльника припой не пристает к рабочей поверхности паяльника и скатывается с нее в виде капелек, а канифоль сгорает с выделением густого дыма. При недогреве или перегреве места спая пайка получается недоброкачественной.

Нормально нагретый паяльник (его рабочую часть) слегка прижимают к месту спая до тех пор, пока оно не прогреется до такой степени, чтобы припой, не застывая, попал во все зазоры между соединяемыми поверхностями.

После паяния очищают место спая от нагара и остатков флюса этиловым спиртом или деревянной палочкой. Хорошая пайка должна быть чистой и блестеть.

Помещение, в котором паяют, должно быть снабжено общей вентиляцией или местной вытяжкой, защищающей от действия паров и газов, выделяющихся при пайке. При работе с электропаяльником нужно соблюдать меры защиты от поражения электрическим током. Ручка паяльника должна быть сухой и не проводящей ток.

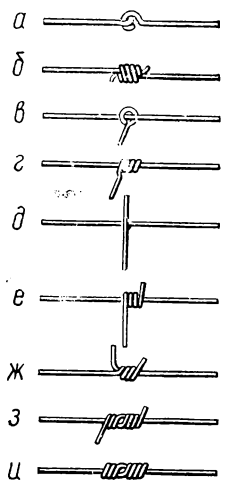


Рис. 31. Соединение одножильных проводов:

а — колечками; *б* — муфточкой; *в* — ответвление провода при помощи колечка; *г* — ответвление провода при помощи нескольких витков; *д*, *е*, *ж*, *з* — соединение скруткой (последовательность операций); *и* — готовая скрутка.

Способы соединения одножильных проводов. *Соединение колечками.* На концах соединяемых проводов делают колечки (круглогубцами) диаметром, равным сечению соединяемого провода. Колечки соединяют, обжимают (плоскогубцами) и пропаивают (рис. 31, *а*).

Соединение муфточкой. Муфточка представляет собой три-четыре витка луженого голого медного провода диаметром 0,5—0,8 *мм*. Ее надевают на наложенные один на другой концы проводов. Концы проводов отгибают под углом 100—110°. Муфточку обжимают вокруг проводов (плоскогубцами) и пропаивают (рис. 31, *б*).

Соединение скруткой. Концы проводов накладывают друг на друга под прямым углом (рис. 31, *д*, *е*, *ж*, *з*, *и*). Конец вертикального провода два-три

раза обвертывают вокруг горизонтального провода. Концы горизонтального и вертикального проводов сгибают (плоскогубцами) на 90° по часовой стрелке. Вертикально расположенный конец также два-три раза обвертывают вокруг другого провода. Оставшиеся кончики проводов откусывают кусачками. Место соединения пропаивают. После паяния провода в скрутке должны просматриваться.

Крепление деталей на планках, панелях и шасси. Электрический монтаж деталей и проводов пайкой к лепесткам. Перед креплением деталей их выводы необходимо выпрямить плоскогубцами, зачистить ножом до металлического блеска и облудить тонким слоем припоя так, чтобы они имели ровную блестящую поверхность. Затем выводам придают нужную конфигурацию, направление и длину. Выводы бывают проволочные, круглые, ленточные, лепестки с одним или двумя отверстиями, разрезные лепестки, штырьки, трубочки.

В первую очередь крепят к шасси наиболее мелкие детали и узлы (монтажные планки, ламповые панели и т. д.). После этого следует крепить трансформаторы, дроссели низкой частоты, реле, электролитические конденсаторы и т. д. Элементы схемы крепятся к шасси различными винтами, гайками, хомутиками, угольниками, скобками, заклепками и другими крепежными материалами. Мелкие детали (резисторы, конденсаторы) припаивают к контактным лепесткам ламповых панелей, переключателей и т. п.

Соединения должны иметь высокую механическую прочность и хороший электрический контакт. При креплении деталей пайкой к лепесткам конец проводника продевают в одно из отверстий при помощи плоскогубцев или пинцета, огибают его вокруг лепестка и крепко обжимают на нем (рис. 28, *б*). При пайке припой должен залить проводники, заведенные на контакт детали, с обеих сторон, проникнуть в зазоры между проводниками и полностью залить отверстие лепестка. Затем смачивают в спирте марлевую тряпочку, укрепленную на конце деревянной палочки, и протирают ею пайку.

Испытание и проверка авометром правильности выполнения монтажа. После сборки (или ремонта) радиоустройства необходимо проверить его монтаж. Для этого следует прежде всего тщательно осмотреть радиоустройство и удалить попавшие в него в процессе монтажа откушенные кончики проводников, кусочки припоя и канифоли,

шайбы, гайки, винты. Затем тщательно проверяют прочность паек и крепления деталей, осматривают изоляцию монтажа (нет ли видимых замыканий проводов и выводов деталей).

После устранения обнаруженных дефектов проверяют правильность соединений авометром (или омметром), измеряя сопротивление каждой цепи каскада (цепи анода, экранирующей сетки, управляющей сетки) относительно корпуса (каркаса или шасси) и цепи питания лампы постоянным высоким и низким напряжениями (нет ли обрыва относительно соответствующих общих контактов питания). Полученные данные сверяют с принципиальной схемой каскада.

Неисправности, проверка и ремонт катушек индуктивности высокой частоты. Механические неисправности катушек: поломки каркаса, выводов, экрана, крепежной арматуры, повреждение покрытий, срыв резьбы в регулировочных винтах. Электрические неисправности: обрывы проводов обмоток, короткое замыкание всех или части витков, замыкание обмотки или лепестков на корпус (крепежную арматуру или экран), изменение индуктивности (вследствие межвитковых замыканий, перемещения отводов и других причин).

После внешнего осмотра приступают к электрической проверке. Проверка на обрыв осуществляется омметром или пробником. При обрыве омметр показывает «бесконечность». Если омическое сопротивление меньше номинала, то это значит, что имеется межвитковое замыкание. Если сопротивление больше номинала, то это свидетельствует об обрыве одной или нескольких жил литцендрата или о плохом контакте. При коротком замыкании выводов сопротивление между ними равно нулю. Основной метод проверки катушки — испытание ее в исправном аппарате.

Механические неисправности устраняют слесарными способами или заменяют неисправную деталь (экран, сердечник). При обрыве провода его спаивают и затем место пайки изолируют. Иногда причиной коротких замыканий является грязь и пыль между витками голого провода. Грязь и пыль удаляют спиртом или бензином. Однослойные катушки перематываются вручную, многослойные — на намоточных станках.

Неисправности, проверка и ремонт дросселей и трансформаторов низкой частоты. Механические неисправности

дросселей и трансформаторов: поломка экрана, сердечника, выводов, каркаса; повреждения покрытия, окраски; вмятины корпуса; неисправности сборки, резьбовых соединений. Электрические неисправности: обрывы проводов в обмотках, нарушение контакта с выводными лепестками, межвитковые замыкания, короткое замыкание между обмотками, короткое замыкание обмотки на сердечник, экран, арматуру или корпус, пробой между обмотками, на корпус или между витками одной обмотки, уменьшение сопротивления изоляции.

Прежде всего трансформаторы и дроссели проверяют путем внешнего осмотра. Затем омметром (или пробником) проверяют их обмотки на обрыв. Проверка на короткое замыкание между обмотками, а также между обмотками и корпусом осуществляется омметром путем подключения прибора между выводами разных обмоток и одним из выводов и корпусом. Сопротивление изоляции измеряют мегомметром аналогичным образом.

Проверить, нет ли межвитковых замыканий, можно, измерив индуктивности обмоток или коэффициент трансформации на холостом ходу (к первичной обмотке подключают звуковой генератор, ко вторичной — вольтметр).

Трансформаторы при ремонте разбирают в следующем порядке:

распаивают герметизированный кожух и отделяют крышку;

отпаивают выводные проводники от крепежных лепестков;

нагревают кожух до расплавления заливки и вынимают трансформатор;

очищают трансформатор от заливки и покрытия;

разбирают сердечник;

сматывают обмотки (на специальную шпулю).

Собирают трансформаторы в обратном порядке.

При разборке и сборке трансформаторов необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить пластины сердечника и провода обмоток.

Неисправности, проверка и ремонт переключателей и реле. В переключателях и реле чаще всего встречаются механические неисправности: поломки деталей крепления, фиксаторов, корпуса; деформация и поломки контактов; перекосы, дефекты сборки, несовпадение контактов в фиксированных положениях; заедание движущегося механизма; ослабле-

ние пружины, отсутствие фиксации и т. п. Но бывают и электрические неисправности: отсутствие или ухудшение контакта в соединениях; непостоянство контакта (из-за окисления и загрязнения); постоянное замыкание между контактами; подгорание контактов; уменьшение сопротивления изоляции; обрыв обмотки реле, разрегулировка реле.

Неисправности обнаруживаются как внешним осмотром, так и при помощи омметра. Неисправности устраняют заменой неисправных деталей, чисткой контактов (при сильном загрязнении — мелкой стеклянной бумагой с последующей промывкой спиртом), регулировкой контактов и регулировкой хода якоря.

4. Радиосхемы

Радиосхемы в зависимости от их назначения подразделяются на следующие типы.

Структурная схема — схема, определяющая основные функциональные части радиоустройства, их назначение и взаимосвязи. На структурной схеме узлы радиоустройства изображают прямоугольниками, которые соединяют линиями, показывающими, с какими блоками взаимодействует данный блок.

Прямоугольники на структурных схемах вычерчивают сплошными и пунктирными линиями. Сплошными линиями изображают блоки, постоянно участвующие в работе изделия, пунктирными — блоки, которые работают по мере надобности. Такими же линиями обозначают постоянную и переменную связь между блоками. Механическая связь между блоками указывается двойными линиями. Надписи в прямоугольниках (или условные наименования основных деталей блока) поясняют назначение блока.

Функциональная схема — схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях радиоустройства или в радиоустройстве в целом.

Принципиальная (полная) **схема** — схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы радиоустройства. Все детали радиоаппарата, кроме вспомогательных (клеммных плат, штепсельных разъемов, и т. д.), изображаются на принципиальной схеме условными обозначениями. Все цепи электрических связей элементов радио-

аппарата изображаются на принципиальной схеме отдельными линиями (изгибы линий выполняются в виде изломов). Группы отдельных линий могут быть слиты в общие линии (при этом сливающиеся линии нумеруют условными порядковыми номерами, одинаковыми на обоих концах линий).

Элементы радиоаппарата имеют позиционные обозначения в виде букв с порядковыми (цифровыми) номерами элементов, указываемыми после буквенного обозначения в виде цифрового индекса. Позиционные обозначения элементов проставляют на схеме около их графических изображений (с левой стороны элемента или над ним). В многоблочных устройствах (многоприборных) после буквенного обозначения элемента указывается номер блока (прибора) и через дефис порядковый номер элемента в данном устройстве.

Схема соединений (монтажная) — схема, показывающая соединения составных частей радиоустройства и определяющая провода, жгуты или кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, разъемы и т. п.). Схема соединений дает полное представление о действительном расположении элементов и монтажных проводов в устройстве и содержит необходимые данные о монтаже. По схеме соединений осуществляется внутренний электрический монтаж устройства. Устройство показано на схемах со стороны монтажа. Монтажные провода обозначаются на схемах соединений порядковой цифровой нумерацией двойными номерами (первый по порядку номер присваивается каждой электрической линии, имеющей один и тот же потенциал, второй номер — каждому проводу, принадлежащему одной и той же электрической линии, например: 1—1; 1—2; 1—3 и т. д.; 2—1; 2—2; 2—3 и т. д.). Если на схеме соединений в каждой отдельной электрической линии содержится лишь по одному проводу, то такие провода обозначаются только номером линии. Провода, присоединяемые к одной клемме, имеют на схеме одинаковые номера. Жилы кабелей обозначают одинарными номерами в пределах каждого кабеля. Номер кабеля вписывают в окружность на изображенном конце кабеля. Вдоль линии кабеля указывают его марку, количество и сечение жил, а также количество занятых жил (в квадратной рамке).

Условные обозначения на принципиальных схемах приведены в Приложении 2.

Глава 3

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

1. Устройство и принцип работы электровакуумных приборов

Электровакуумными приборами (радиолампами или электронными лампами) называют приборы, действие которых основано на использовании движения электронов в вакууме, происходящем практически без столкновения с атомами газа. Такие электровакуумные приборы называют электронными. Кроме электронных широкое применение находят электровакуумные приборы, в которых используется электрический разряд в газе. Такие приборы называются ионными.

Для получения потока свободных электронов в электронных приборах используется явление электронной эмиссии. Под электронной эмиссией понимают выход свободных электронов за пределы поверхности материала. Электронная эмиссия возникает под влиянием определенных условий, возбуждающих электроны в материале электрода (катода). В зависимости от этого различают четыре основных вида электронной эмиссии: термоэлектронную (испускание электронов при нагреве катода), электростатическую (вырывание электронов сильным электрическим полем), фотоэлектронную (выделение электронов под воздействием энергии лучей света), вторичную эмиссию (выбивание электронов ударами быстролетящих электронов).

Ниже кратко рассматривается наиболее часто используемый в электронных приборах вид эмиссии — термоэлектронная эмиссия, лежащая в основе их принципа действия.

Термоэлектронная эмиссия основана на увеличении кинетической энергии (скорости) отдельных электронов катода за счет его нагрева и преодоления в результате этого частью электронов сил, препятствующих их выходу из материала во внешнее пространство.

Свободные электроны в проводниках находятся в непрерывном хаотическом движении. Попадая на границу материала и вакуума, они образуют слой отрицательных зарядов, при этом в слоях материала, несколько удаленных от его поверхности, создается избыток положительных зарядов (вследствие образующихся после ухода свободных электронов положительных ионов). Таким образом у поверхности проводящего материала образуется двойной электрический слой. Из-за тормозящего действия этого двойного электрического слоя электроны не могут выйти за пределы поверхности материала. Только при условии сообщения им дополнительной энергии электроны могут преодолеть тормозящее действие двойного электрического слоя и выйти за пределы проводника. Работа, совершенная при этом электроном, называется **работой выхода**.

Максимальное количество электронов, которое может испустить (эмиттировать) катод при данной температуре, называется **током эмиссии**. Количество испускаемых катодом электронов увеличивается с возрастанием температуры катода (вплоть до его разрушения).

Простейшим электровакуумным электронным прибором является двухэлектронная лампа — диод (рис. 32). Он представляет собой стеклянный, металлический или керамический герметически запаянный баллон, из которого выкачан воздух (до остаточного давления 10^{-6}—10^{-7} *мм* рт. ст. и ниже) и внутри которого помещаются два электрода — катод и анод. При нагревании катода возникает термоэлектронная эмиссия.

Покидая металл, электроны лишают его отрицательных зарядов. Поэтому катод заряжается положительно и притягивает к себе вылетающие электроны. Эти электроны образуют вокруг него пространственный заряд, который носит название «электронное облачко». Пространственный заряд, состоящий из электронов, также представляет собой препятствие на пути электронов, вылетающих из катода. Чтобы «электронное облачко» превратить в поток электронов, между катодом и анодом включают источник

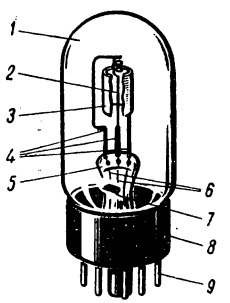


Рис. 32. Устройство диода:

1 — баллон; *2* — катод; *3* — анод; *4* — держатели (траверсы); *5* — стеклянная ножка гребешковая; *6* — выводы; *7* — газопоглотитель (геттер); *8* — цоколь; *9* — выводные штырьки.

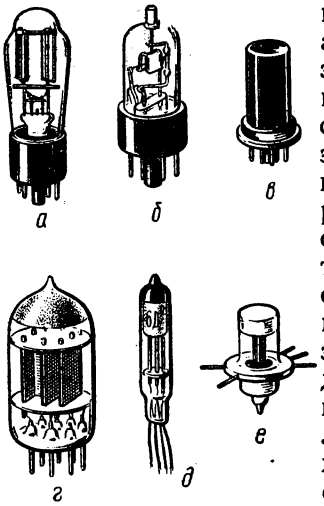


Рис. 33. Конструкции электронных ламп:

а — низковольтный двуханодный кенотрон (5Ц4С) с катодом прямого накала в стеклянном баллоне; *б* — высоковольтный кенотрон (1Ц1С) с верхним выводом анода; *в* — электронная лампа в металлическом баллоне; *г* — миниатюрная (пальчиковая) электронная лампа (диод 6Х2П); *д* — сверхминиатюрная электронная лампа (диод 6Д6А); *е* — электронная лампа типа «желудь» (диод 6Д4Ж).

постоянной э. д. с. плюсом к аноду и минусом к катоду, в результате чего между анодом и катодом возникает электрическое поле. Под действием этого электрического поля электроны, вылетающие из катода, с ускорением движутся к аноду, достигают его и создают анодный ток. Величина анодного тока определяется числом электронов, которые достигают анода за 1 *сек*. Количество электронов, достигающих анода, увеличивается по мере возрастания положительного анодного напряжения. При этом плотность пространственного заряда уменьшается. При некоторой величине положительного анодного напряжения «электронное облачко» исчезнет, и все электроны, эмиттированные катодом, попадают на анод. Такой режим работы диода называется режимом насыщения.

При изменении полярности источника э. д. с. анодный ток становится равным нулю. Это важное свойство диодов, называемое односторонней проводимостью, широко используется в радиоэлектронике.

Для поглощения газов и улучшения вакуума в электронных приборах служат магний или барий. Эти вещества помещаются внутри баллонов и носят название геттера.

На рис. 33 показаны некоторые типы диодов.

Кроме катода и анода, имеющихся внутри баллона любой электронной лампы, электровакуумные электронные приборы могут быть снабжены дополнительными электродами — вторыми анодами и сетками (управляющими, экранными и др.). Как было сказано выше, катод является источником электронов. Анод принимает основной поток элект-

ронов лампы и может этим потоком электронов (т. е. током лампы) управлять.

В трехэлектродной лампе — триоде (рис. 34) — между катодом и анодом помещается третий электрод — сетка в виде переплетения тонких проволочек или цилиндрической спирали, сквозь которую могут пролетать электроны. Сетка в триоде играет очень важную роль, с ее помощью можно управлять электронным потоком, идущим от катода на анод, т. е. изменять величину анодного тока, поэтому она называется управляющей. Управляющие свойства сетки основаны на изменении напряжения, приложенного между катодом и сеткой.

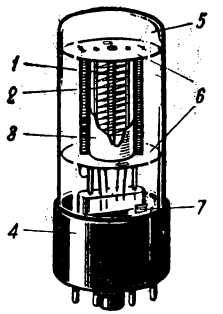


Рис. 34. Устройство триода:

1 — катод (подогревный); *2* — управляющая сетка; *3* — анод; *4* — цоколь; *5* — баллон; *6* — слюдяные изоляторы; *7* — газопоглотитель.

Если, помимо источника анодного напряжения, включенного между анодом и катодом трехэлектродной лампы, подключить к ней источник напряжения между сеткой и катодом, то в пространстве между анодом и катодом создается результирующее электрическое поле, от которого зависит величина анодного тока. При отрицательном сеточном напряжении анодный ток меньше, чем при отсутствии напряжения на сетке, так как при этом между сеткой и катодом создается электрическое поле, оказывающее тормозящее действие на электроны, идущие с катода на анод. В результате этого часть электронов, обладающих меньшими начальными скоростями, будет возвращаться обратно на катод.

При увеличении отрицательного сеточного напряжения все меньшая часть электронов будет проходить сквозь сетку на анод, и анодный ток будет уменьшаться. Отрицательное сеточное напряжение, при котором анодный ток становится равным нулю, называется **напряжением запирания лампы**.

В связи с тем что управляющая сетка расположена ближе к катоду, чем анод, напряжение на управляющей сетке сильнее влияет на величину анодного тока, чем напряжение на аноде. Это позволяет применять триоды в качестве усилительных ламп.

В трехэлектродной лампе анод и управляющая сетка образуют емкость, которая ухудшает работу лампы, как усилительной. Эта емкость называется проходной (или паразитной).

Для уменьшения паразитной емкости анод — управляющая сетка служит вторая сетка — четвертый электрод, применяемый в четырехэлектродной лампе — тетроде. Эта сетка называется экранирующей. Она находится под постоянным положительным напряжением, близким к напряжению на аноде. Не препятствуя движению электронов к аноду, экранирующая сетка уменьшает влияние паразитной емкости между анодом и управляющей сеткой.

Но тетроды имеют серьезный недостаток: электроны, летящие от катода к аноду с большой скоростью, выбивают из анода вторичные электроны (вторичная эмиссия). И если анодное напряжение в некоторые моменты может оказаться ниже напряжения на экранирующей сетке (из-за падения напряжения на анодной нагрузке), возникает так называемый динатронный эффект — попадание вторичных электронов на экранирующую сетку, а следовательно, увеличение тока в цепи экранирующей сетки и уменьшение тока в цепи анода.

Для устранения динатронного эффекта между анодом и экранирующей сеткой должна быть область с низким потенциалом, тормозящим вторичные электроны и возвращающим их на анод. Это достигается применением в тетродах электродов специальной конструкции (рис. 35). Анод имеет цилиндрическую форму, а витки управляющей и экранирующей сеток делают плоскими. Количество витков той и другой сетки одинаково, и расположены они строго в створе. Кроме того, в отличие от обычного тетрода в этом усовершенствованном тетроде между экранирующей сеткой и анодом находятся две желобообразные лучеобразующие пластины (экраны), соединенные с катодом. Эти пластины отталкивают электроны, сжимая поток электронов в пучок, который благодаря описанной выше конструкции сеток расчленяется

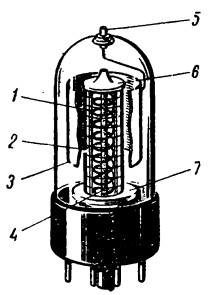


Рис. 35. Устройство лучевого тетрода:

1 — управляющая сетка; 2 — экранирующая сетка; 3 — анод; 4 — катод; 5 — вывод анода; 6 — верхний экран; 7 — нижний экран.

на лучи. Такая лампа называется лучевым тетродом.

Динатронный эффект устраняется также при помощи специальной защитной сетки в пятиэлектродной лампе — пентоде (рис. 36). Эта сетка расположена между анодом и экранирующей сеткой и соединена накоротко с катодом.

Так как на аноде всегда положительное напряжение по отношению к катоду, то электрическое поле в пространстве между анодом и защитной сеткой возвращает вторичные электроны на анод. Таким образом устраняется динатронный эффект. Поэтому защитная сетка называется антидинатронной (иногда ее называют пентодной).

В радиоаппаратуре широко применяются также электронные лампы, в которых сочетаются две, три и четыре лампы в одном баллоне (двойной диод, двойной триод, двойной диод — триод). Такие лампы называются комбинированными. Они обеспечивают уменьшение массы и габаритов радиоаппарата, упрощение монтажа и экономию питания.

Большое распространение в радиотехнике получили также многосеточные лампы гексоды и гептоды. Гексод — шестиэлектродная лампа, имеющая две управляющие сетки и две экранирующие. Гептод — семиэлектродная лампа, имеющая в отличие от гексода пятую — защитную сетку.

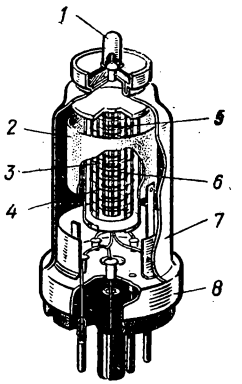


Рис. 36. Устройство пентода:

1 — вывод управляющей сетки; *2* — анод; *3* — защитная сетка; *4* — экранирующая сетка; *5* — подогревный катод; *6* — управляющая сетка; *7* — металлический баллон; *8* — цоколь.

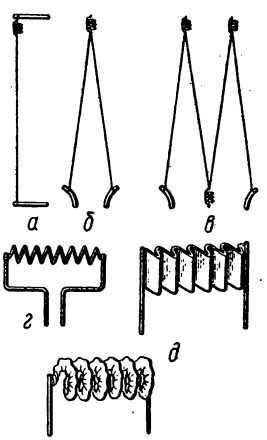


Рис. 37. Конструкции катодов прямого накала:

а — катод в виде прямолинейной нити; *б*, *в* — катод *V* и *W*-образной формы; *г* — катод из толстой проволоки; *д* — катод из гофрированной ленты.

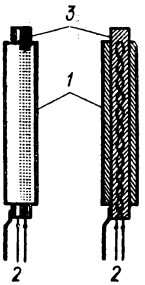


Рис. 38. Конструкция подогревных катодов:

1 — никелевый цилиндр, покрытый оксидным слоем; *2* — подогреватель — нить накала; *3* — слой теплостойкого изолирующего вещества — алунда (окиси алюминия Al_2O_3).

Рассмотрим конструкцию отдельных элементов электронной лампы.

Простейший катод представляет собой нить или тонкую ленточку из тугоплавкого материала (например, вольфрама). По способу накала катоды бывают прямого и косвенного накала.

Катод прямого накала (рис. 37) разогревается непосредственно проходящим через него током. Катоды большинства электронных ламп покрывают окислами (оксидами) щелочноземельных металлов (бария, стронция, кальция), увеличивающими количество излучаемых электронов с поверхности катода. Такие катоды называют оксидными.

Катод косвенного накала (рис. 38) представляет собой металлический цилиндр, покрытый «активным слоем» оксида. Внутри цилиндра помещается подогреватель — нить накала, электрически изолированная от него теплостойким веществом. Нить накала служит для разогрева катода. Такие катоды называют подогревными, а лампы с таким катодом — подогревными лампами или лампами с косвенным накалом.

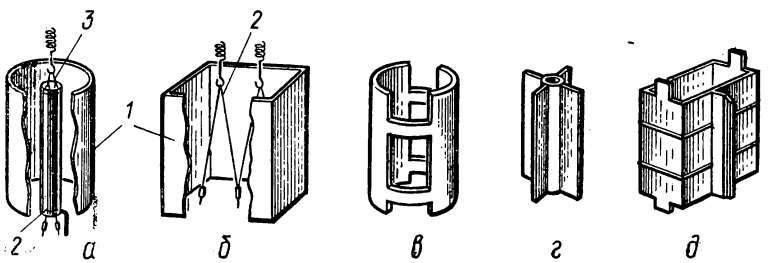


Рис. 39. Конструкции анодов:

а — анод в виде цилиндра (*1* — анод, *2* — подогревный катод, *3* — нить накала); *б* — анод в виде короба (плоский анод) (*1* — анод, *2* — нить накала); *в*, *г*, *д* — другие виды анодов.

Анод (рис. 39) — электрод из тугоплавкого металла, имеющий цилиндрическую (или иную) форму и охватывающий катод. Сетки чаще всего выполняются в виде цилиндрических спиралей из тонкой проволоки (рис. 40).

Катод, анод и сетки укрепляются на траверсах (специальных проволочках), впаянных в стеклянную ножку электронной лампы, которая сваривается с баллоном лампы. Через стеклянную трубку (штенгель) в ножке из баллона откачивают воздух. Баллон электронной лампы может быть стеклянный, металлический или керамический. Вакуум в баллоне необходим для того, чтобы материал катода не окислился и не перегорел и чтобы электроны, испускаемые катодом, не встречали на своем пути частицы воздуха. Цоколь (рис. 41) обычно пластмассовый. Он жестко скреплен с баллоном лампы. В цоколь впрессованы контактные металлические штырьки, к которым припаяны электроды. Их количество зависит от числа электродов. В центре цоколя имеется штырек из изоляционного материала. Он называется направляющим или ключом. Этот штырек значительно толще, чем металлические штырьки, и имеет продольный выступ. Вследствие этого лампу можно вставить в ламповую панельку только в одном определенном положении. Штырьки лампы образуют электрические контакты с лепестками панельки. К лепесткам припаивают провода согласно схемам.

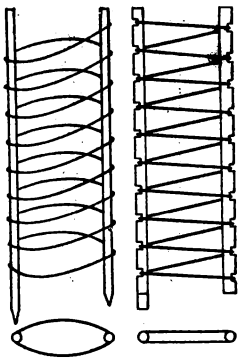


Рис. 40. Конструкции управляющих сеток.

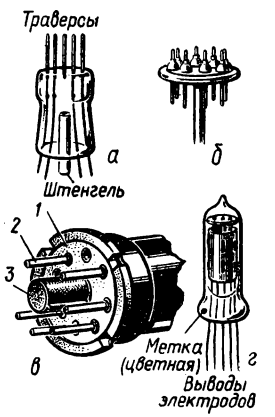


Рис. 41. Конструкции цоколей электронных ламп:

а — стеклянная гребешковая ножка лампы, в которую заштампованы нижние концы траверс; *б* — ножка лампы в виде плоского донышка баллона лампы; *в* — октальный цоколь лампы (*1* — донышко цоколя; *2* — металлические контактные штырьки, к которым припаяны наружные выводы от электродов лампы; *3* — ключ со специальным выступом, обеспечивающим правильную постановку лампы в панельку); *г* — бесцокольная конструкция миниатюрных и сверхминиатюрных ламп.

2. Основные параметры электронных ламп

Свойства электронной лампы определяются рядом параметров. Основными и общими для всех типов приемно-усилительных и генераторных ламп являются три параметра: коэффициент усиления μ, крутизна характеристики S и внутреннее сопротивление R_i.

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз напряжение на сетке действует сильнее на величину анодного тока по сравнению с напряжением на аноде (сетка ближе расположена к катоду).

Коэффициент усиления равен отношению приращений анодного напряжения и напряжения на управляющей сетке, вызывающих одинаковые изменения анодного тока при постоянных напряжениях на остальных электродах:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c},$$

где ΔU_a — приращение напряжения на аноде;
ΔU_c — приращение напряжения на управляющей (первой) сетке.

Крутизна характеристики S равна отношению приращения анодного тока к вызвавшему это приращение изменению напряжения на управляющей сетке лампы при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c},$$

где ΔI_a — приращение анодного тока, *ма*;
ΔU_c — приращение напряжения на управляющей сетке, *в*.

Величина крутизны в современных приемно-усилительных лампах составляет 1—15 *ма/в*. В мощных генераторных триодах крутизна характеристики достигает 20 *ма/в*.

Внутреннее сопротивление лампы R_i определяется как отношение изменения анодного напряжения к вызванному им изменению анодного тока при постоянстве напряжений на остальных электродах:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a},$$

где ΔU_a — приращение анодного напряжения, *в*;
ΔI_a — приращение анодного тока, *а*.

Соотношения между коэффициентом усиления, крутизной характеристики и внутренним сопротивлением лампы:

$$\mu = SR_i, \quad S = \frac{\mu}{R_i}, \quad R_i = \frac{\mu}{S}.$$

3. Определение параметров электровакуумного триода

Определить основные параметры триода в заданном режиме можно при помощи статических характеристик (анодных или анодно-сеточных).

Статическими характеристиками электронных ламп называют графическое изображение зависимости между напряжениями на электродах электронных ламп и токами в цепях электродов. Например, анодная характеристика (рис. 42) — это зависимость анодного тока от напряжения на аноде при постоянном напряжении на управляющей сетке, анодно-сеточная характеристика — зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при постоянном напряжении на аноде.

Статические характеристики обычно берут из справочника или снимают по соответствующей схеме (рис. 43). В приведенной схеме напряжение на аноде и управляющей сетке триода регулируют потенциометрами, а величины тока и напряжения определяют по миллиамперметрам и вольтметрам, включенным в цепи анода и сетки.

При определении параметров по статическим характеристикам, взятым из справочника, поступают следующим образом.

На графике по заданным $U'_а$ и $I'_а$ и определенному значению $U'_с$ находят точку A и строят характеристический треугольник ABC, одна из вершин которого находится в точке A, а катеты параллельны осям координат (рис. 44, *а*). При этом вершины треугольника должны лежать на двух соседних характеристиках: одна вершина — на одной характеристике и две — на другой. Катеты AC и BC характеристического треугольника в масштабе, соответствующем масштабу параллельных им осей координат, дают значения приращений анодного напряжения $\Delta U_а$ и анодного тока $\Delta I_а$, а разность значений напряжений на сетке, при которых сняты две выбранные характеристики, дает приращение сеточного напряжения

$$\Delta U_с = U''_с - U'_с.$$

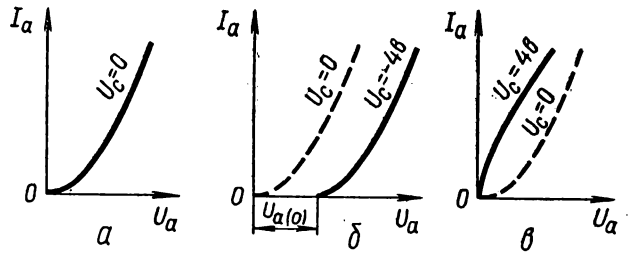


Рис. 42. Анодные характеристики триода:

а — при напряжении на управляющей сетке, равном нулю; *б* — при отрицательном напряжении на управляющей сетке; *в* — при положительном напряжении на управляющей сетке.

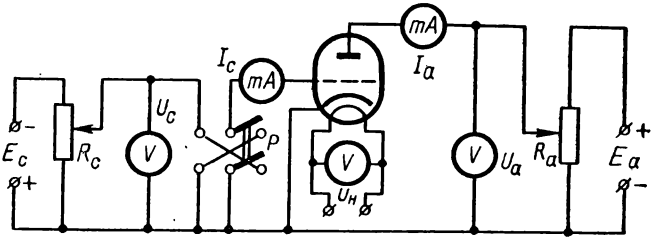


Рис. 43. Схема для снятия статических характеристик триода.

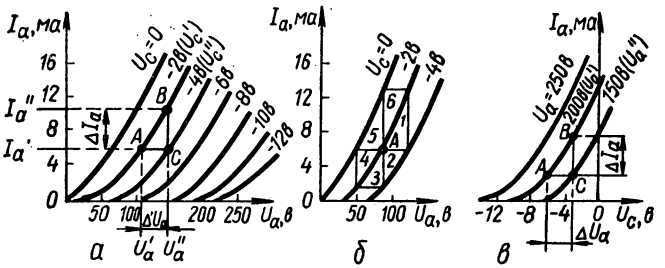


Рис. 44. Определение основных параметров триода по характеристикам:

а — определение основных параметров триода по анодным характеристикам; *б* — варианты характеристических треугольников, построенных вокруг точки *A*; *в* — определение основных параметров триода по анодно-сеточным характеристикам.

При переходе от точки A к точке B изменяется анодный ток и анодное напряжение, а сеточное напряжение остается постоянным. Отсюда следует, что внутреннее сопротивление

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U''_a - U'_a}{I''_a - I'_a} = \frac{AC}{BC}.$$

При переходе от точки A к точке C изменяются напряжения на сетке и аноде, а анодный ток остается постоянным. Отсюда следует, что коэффициент усиления

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} = \frac{U''_a - U'_a}{U''_c - U'_c} = \frac{AC}{U''_c - U'_c}.$$

В точках B и C одинаковое напряжение на аноде, но при переходе от первой точки ко второй изменяются анодный ток и напряжение на сетке. Отсюда следует, что крутизна характеристики

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = \frac{I''_a - I'_a}{U''_c - U'_c} = \frac{BC}{U''_c - U'_c}.$$

Вокруг точки A можно построить шесть характеристических треугольников (рис. 44, *б*). Если точка A взята на криволинейном участке характеристики, то значения параметров, полученные из разных треугольников, будут несколько отличаться одно от другого. Чем меньше треугольник, тем точнее определение параметров. Для получения более точного значения параметров можно также вычислить среднее арифметическое из двух диаметрально противоположных треугольников (например, *1* и *4*).

На рис. 44, *в* показано определение параметров триода по анодно-сеточным характеристикам.

4. Проверка исправности радиоламп

Подавляющее большинство неисправностей радиоэлектронной аппаратуры связано с неисправностью электронных ламп.

Наиболее часто встречаются такие неисправности ламп: обрыв нити накала, потеря эмиссии, короткое замыкание между электродами, нарушение контактов, плохой вакуум.

Исправность электронных ламп определяют путем внимательного внешнего осмотра и с помощью измерительных приборов.

Свечение нити накала лампы, имеющей стеклянный баллон, легко просматривается. Обрыв нити накала металлической лампы обнаруживается прикосновением к ее баллону: если баллон остается холодным через 3—4 *мин* после включения, значит, нить накала не нагревается.

При нарушении вакуума зеркальное покрытие лампы приобретает молочный оттенок.

Из-за неисправности лампы или схемы анод может раскалиться докрасна. Это легко обнаруживается при осмотре стеклянных ламп так же, как и пробой между электродами (между электродами проскакивает искра). Трески и щелчки говорят о плохих контактах, которые приводят к колебаниям анодного тока.

Целостность нити накала ламп можно определить с помощью авометра. Щупы авометра присоединяют к штырькам нити накала на цоколе лампы: если обрыва нити накала нет, стрелка прибора отклонится. Сопротивление нити накала в холодном состоянии (у большинства ламп, имеющих напряжение накала 6,3 *в*) равно 2—5 *ом*.

Межэлектродные замыкания проверяют авометром путем последовательной проверки сопротивления между каждой парой штырьков цоколя лампы. (Следует иметь в виду, что нередко межэлектродные замыкания в лампе происходят только при работе, т. е. когда лампа нагрета.)

5. Классификация, цоколевка и система наименований электронных ламп

Таблица 12

Классификация электронных ламп по числу электродов

Тип электронной лампы	Электроды	Применение
Двухэлектродная лампа — диод	Катод и анод	Для выпрямления переменных токов и детектирования
Трехэлектродная лампа — триод	Катод, анод и управляющая сетка	В каскадах усиления высокой и низкой частоты, в генераторах (гетеродинах) супергетеродинных приемников и передатчиках

Тип электронной лампы	Электроды	Применение
Четырехэлектродная лампа — тетрод	Катод, анод, управляющая и экранирующая сетки	В оконечных каскадах усиления низкой частоты и передатчиках
Пятиэлектродная лампа — пентод	Катод, анод, управляющая, экранирующая и пентодная сетки	В различных усилительных каскадах приемника, в оконечных каскадах усилителей низкой частоты и передатчиках
Шестиэлектродная лампа — гексод	Катод, анод, управляющая, экранирующие (вторая и четвертая), сигнальная (третья) сетки	Для преобразования частоты в супергетеродинных приемниках
Семиэлектродная лампа — гептод (пентагрид)	Сочетание триода и тетрода в одном баллоне. Триодная часть: катод, первая и вторая сетки (вторая сетка выполняет функции анода) Тетродная часть: перечисленные и остальные электроды	Триодная часть используется в гетеродине, тетродная — как смеситель
Восьмиэлектродная лампа — октод	Сочетание триода и пентода	Триодная часть используется как гетеродин, пентодная — как смеситель
Двойной диод	Два диода в одном баллоне	Каждая часть лампы используется по своему назначению в различных каскадах радиоприемников, усилителях и другой аппаратуре
Двойной триод	Два триода в одном баллоне	
Двойной диод-триод	Диод и триод в одном баллоне	
Триод-пентод и др.		

Таблица 13

Классификация электронных ламп по назначению и использованию

Лампы	Назначение и использование
Приемно-усилительные лампы	Для усиления сигналов различных частот, детектирования модулированных сигналов высокой частоты, преобразования частоты
Выходные лампы	Используются в оконечных каскадах УНЧ
Кенотроны (выпрямительные лампы)	Для преобразования переменного тока в постоянный
Генераторные и модуляторные лампы (триоды, тетроды, пентоды)	В передатчиках для генерирования незатухающих колебаний, усиления их и модуляции. В усилителях низкочастотных трансляционных узлов проводного вещания
Сверхвысокочастотные лампы (пальчиковые лампы и лампы типа «желудь») — триоды, триоды с дисковыми впаями и металлокерамические триоды	Для работы в УКВ диапазоне
Индикаторы настройки	В ламповых радиоприемниках для точной настройки, в магнитофонах, проигрывателях, измерительных приборах
Электроннолучевые приборы (кинескопы)	В телевизорах
Газонаполненные приборы (стабилитроны и стабилизаторы тока — барреторы)	Стабилитрон — для поддержания заданной постоянной величины напряжения в цепях питания радиоаппаратуры. Стабилизатор тока — для поддержания заданной постоянной величины тока в цепях накала ламп (при изменениях питающего напряжения)

Цоколевка электронных ламп. В зависимости от конструкции цоколя электронные лампы подразделяются на несколько групп: октальные — с восьмиштырьковым цоколем и направляющим ключом; пальчиковые — с семи- или девятиштырьковым цоколем без ключа; бесцокольные

миниатюрные с мягкими выводами для непосредственной пайки в схему и т. д.

Нумерация штырьков цоколевки ламп соответствует виду на цоколь лампы снизу и идет в направлении движения часовой стрелки. Порядковый счет выводов сверхминиатюрных ламп ведется от цветной метки на баллоне лампы.

Цоколевкой электронных ламп пользуются при монтаже и проверке радиоаппаратуры.

Таблица 14

Классификация электронных ламп по внешнему оформлению, габаритам и конструкции

Тип лампы	Конструкция
Металлические лампы	Баллон металлический, цоколь из пластмассы октальный с направляющим ключом в центре
Стеклянные лампы	Баллон стеклянный, цоколь из пластмассы или металла
Пальчиковые лампы	Цельностеклянные диаметром 19 или 22,5 *мм*. Контактные штырьки впаяны непосредственно в стеклянное дно баллона (расположены неравномерно по окружности для обеспечения правильного их включения в гнезда ламповой панельки)
Сверхминиатюрные лампы	Цельностеклянные со сплюснутым баллоном. Выводы от электродов в виде мягких проводников
Лампы типа «желудь»	Цельностеклянные. Выводы от электродов в виде жестких штырьков
Лампы с замками на ключах (локтальный цоколь)	Баллон стеклянный, цоколь металлический. На конце ключа замок в виде кольцевой выемки, захлестываемой пружиной в ламповой панельке

Система наименований электровакуумных приборов. Наименования отечественных электровакуумных приборов состоят из букв и цифр.

Первая цифра указывает (округленно) величину напряжения накала — для приемно-усилительных ламп (наиболее распространены лампы с напряжением 1,2 и 6,3 *в*); диа-

метр или величину диагонали экрана — для электроннолучевых трубок; номинальный ток стабилизации (в амперах) — для стабилизаторов тока.

Первая буква после цифры указывает на тип лампы:

А — гептод;

Б — диод — пентод, двойной диод — пентод, стабилизатор тока;

Г — диод — триод, двойной диод — триод, генераторная лампа;

ГМ — генераторная лампа, модуляторная лампа;

ГК — генераторная лампа (для частот до 25 *Мгц*);

ГУ — генераторная УКВ лампа (для частот 25—600 *Мгц*);

ГС — генераторная УКВ лампа (для частот свыше 600 *Мгц*);

Д — диод;

Е — индикатор настройки;

Ж — пентод с короткой характеристикой;

К — пентод с удлиненной характеристикой;

ЛК — кинескоп (с электромагнитным отклонением луча);

ЛО — кинескоп (с электростатическим отклонением луча);

Н — двойной триод;

П — оконечный тетрод или пентод;

С — триод;

СГ — стабилитрон;

СТ — стабилизатор тока;

Ф — триод — пентод;

Х — двойной диод;

Ц — кенотрон;

Э — тетрод.

Цифра, стоящая за буквой, указывающей тип лампы, позволяет различать разные лампы с одинаковым количеством электродов (например: 6Ж4, 6Ж8, 6Ж7).

Последняя буква в обозначении лампы характеризует ее конструктивные особенности:

А — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 6 *мм*;

Б — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 10 *мм*;

Ж — стеклянная лампа типа «желудь»;

К — металлокерамическая лампа;

Л — лампа с замком на ключе;

М — малогабаритная лампа со стеклянным баллоном;

П — пальчиковая лампа (с баллоном диаметром 19 или 22,5 *мм*);

Р — сверхминиатюрная лампа диаметром свыше 25 *мм* и с цоколем.

Пальчиковые и сверхминиатюрные лампы. В настоящее время широкое применение получили пальчиковые и сверхминиатюрные лампы, вытеснившие октальные лампы.

Пальчиковые лампы (рис. 33, *г*) — миниатюрные лампы, стеклянный баллон которых имеет плоское дно с короткими выводными штырьками (обычного цоколя эти лампы не имеют). Пальчиковые лампы выпускаются с катодами прямого и косвенного накала. Преимущества этих ламп по сравнению с октальными заключаются прежде всего в их меньших массе и габаритах. Вследствие отсутствия пластмассового цоколя, имеющего значительный температурный коэффициент емкости, применение их в гетеродинах обеспечивает большую стабильность частоты. Пальчиковые лампы с катодами прямого накала очень экономичны, что значительно удешевило радиоприемники с батарейным питанием и способствовало их массовому выпуску. Пальчиковые лампы с катодом косвенного накала применяются в настоящее время во всех приемниках и телевизорах, предназначенных для питания от сети переменного тока. Малая индуктивность выводов и небольшие межэлектродные емкости позволяют применять пальчиковые лампы на сверхвысоких частотах — до 300 *Мгц* и выше.

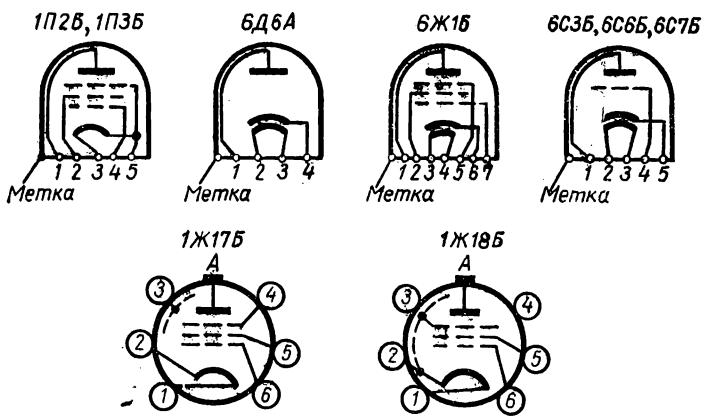


Рис. 45. Расположение выводов сверхминиатюрных ламп.

Сверхминиатюрные лампы (рис. 33, *д*) крепятся на шасси с помощью резиновых колец и пружинных скоб, а также металлических чехлов, которые одновременно являются экранами. Гибкие луженые выводы электродов этих ламп расположены в ряд или по окружности стеклянной ножки лампы и подсоединяются к схеме путем пайки или прижимаются винтами. Расположение выводов некоторых типов сверхминиатюрных ламп показано на рис. 45. Режимы и параметры этих ламп приведены в табл. 15.

Таблица 15

Режимы и параметры сверхминиатюрных ламп

Тип	Накал		Анод		Экранирующая сетка		Управляющая сетка	Параметры		$C_{вх}$, *пф*	P_{max}, *вт*
	$U_н$, *в*	$I_н$, *а*	$U_а$, *в*	$I_а$, *ма*	$U_{с_2}$, *в*	$I_{с_2}$, *ма*	$U_{с_1}$, *в*	S, *ма/в*	R_i, *ком*		
1П2Б	1,25	0,05	45	1,3	45	0,45	—2	0,5	100	—	—
1П3Б	1,25	0,027	45	1,3	45	0,45	—2	0,42	50	—	—
6Д6А	6,3	0,15	165	0,02	—	—	—	—	—	3	0,2
6Ж1Б	6,3	0,2	120	7,5	120	3,5	—	4,8	200	4,8	1
6С3Б	6,3	0,15	270	8,5	—	—	—	2,2	6,4	2,5	2,5
6С6Б	6,3	0,2	120	9	—	—	—	5	5	3,3	1,2
6С7Б	6,3	0,2	250	15	—	—	—	4	16,5	3,3	1,3

6. Полупроводниковые материалы

Полупроводники — это вещества, которые по своей электропроводности занимают среднее положение между проводниками и диэлектриками. Они характеризуются высокой чувствительностью к внешним воздействиям (облучению, нагреву и т. д.) и примесям.

Для изготовления большинства полупроводниковых приборов используют германий и кремний (некоторые их свойства приведены в табл. 16) — элементы IV группы таблицы Менделеева.

Проводимость в полупроводниках электронная. Однако условия и характер движения электронов в полупроводниках отличаются существенными особенностями.

Таблица 16

Некоторые свойства германия и кремния

Материал	Порядковый номер в таблице Менделеева	Атомная масса	Валентность	Удельное сопротивление чистого материала (при $t = 20°$ С), *ом·см*
Германий	32	72,60	4	65
Кремний	14	28,09	4	50 000

Сравнительно немногочисленные электроны отрываются от некоторых атомов полупроводника и становятся свободными. Теряя электроны, атомы превращаются в ионы. Каждый из таких ионов окружен большим количеством нейтральных атомов. Нейтральные атомы, находящиеся в непосредственной близости к иону, могут легко отдавать ему электроны, нейтрализуя его, но превращаясь сами в ионы.

Обмен электронами между ионами и нейтральными атомами приводит к тому, что место положения иона в полупроводнике меняется, т. е. дело обстоит так, как будто переместился положительный заряд. Таким образом, наряду с перемещением свободных электронов в полупроводнике происходит процесс, имеющий характер перемещения положительного заряда.

То место полупроводника, где вместо нейтрального атома образовался положительный ион, называют «дыркой». В этом случае проводимость полупроводника определяется частично наличием в нем свободных электронов и частично наличием дырок.

Проводимость полупроводника, обусловленная существованием свободных электронов и дырок, называется собственной проводимостью.

В чистом полупроводнике вклад, вносимый в проводимость электронами и дырками, одинаков. Однако даже самые малые следы примеси коренным образом меняют свойства полупроводников.

Различают примеси двух типов: донорные и акцепторные.

Донорные примеси (мышьяк, сурьма и другие пятивалентные элементы V группы таблицы Менделеева) отдают избыточный электрон полупроводнику и приводят к появлению в зоне его проводимости свободных электро-

нов, т. е. к созданию условий для электронной проводимости. Ток свободных электронов возникает при наложении электрического поля на проводник.

Полупроводник, проводимость которого обусловлена в основном наличием избыточных электронов в зоне проводимости, называется полупроводником типа *n* (от латинского слова *negativus*), а сама проводимость — электронной.

В отличие от донорных, акцепторные примеси (индий, бор и другие элементы III группы таблицы Менделеева) имеют на внешней оболочке три валентных электрона и легко забирают валентные электроны у близлежащих атомов полупроводника, что приводит к появлению в зоне проводимости дырок.

Полупроводник, проводимость которого обусловлена наличием в основном избыточных дырок, называется полупроводником типа *p* (от латинского слова *positivus*), сама проводимость — дырочной.

На практике не удается получить полупроводник только с электронной или дырочной проводимостью: в полупроводниках обычно присутствуют и свободные электроны, и дырки, причем и те и другие могут участвовать в механизме проводимости.

В полупроводнике типа *n* число свободных электронов превышает число дырок, поэтому электроны называют основными носителями заряда, а дырки — неосновными носителями. В полупроводнике типа *p*, где число дырок превышает число электронов, дырки являются основными носителями зарядов, а электроны — неосновными носителями.

Полупроводниковые материалы находят применение в полупроводниковых приборах: диодах, транзисторах, фотоэлементах и многих других приборах, широко применяемых в различных отраслях науки и техники.

7. Полупроводниковые диоды

Полупроводниковым диодом называется прибор, состоящий из двух полупроводников с различными типами проводимости и обладающий способностью проводить ток только в одном направлении.

Полупроводниковые диоды в основном используются в качестве выпрямителей переменного тока и детекторов.

Классификация полупроводниковых диодов. По роду применяемых полупроводниковых материалов диоды разделяют на германиевые, кремневые, селеновые; по конструкции — на плоскостные и точечные; по назначению — на диоды, предназначенные для преобразования переменного тока промышленной частоты в постоянный ток, и диоды, используемые для выпрямления переменного тока высокой частоты и детектирования.

Устройство и принцип работы плоскостного и точечного полупроводниковых диодов. Пока полупроводники с проводимостями типа *p* и *n*, составляющие полупроводниковый диод, не соприкасаются, подвижные носители заряда в них — электроны в *n*-полупроводнике и дырки в *p*-полупроводнике — распределены равномерно по всему объему полупроводника. Так же равномерно распределены и неподвижные ионы.

При соприкосновении полупроводников с проводимостями типа *p* и *n* образуется контакт, получивший название *p* — *n*-перехода, и в пограничном слое происходит воссоединение электронов и дырок. Свободные электроны из зоны проводимости *n*-полупроводника занимают свободные места в валентной зоне *p*-полупроводника. В результате вблизи контакта между двумя полупроводниками образуется слой (толщиной в несколько микрометров), лишенный подвижных носителей заряда и поэтому обладающий высоким электрическим сопротивлением. Этот слой называется з а п и р а ю щ и м. Неподвижные ионы донорных и акцепторных примесей образуют у контакта между полупроводниками двойной электрический слой, препятствующий расширению запирающего слоя и определяющий контактную разность потенциалов на границе полупроводников. Эта разность потенциалов (потенциальный барьер) создает в запирающем слое электрическое поле, препятствующее как переходу электронов в полупроводник типа *p*, так и переходу дырок в полупроводник типа *n*.

Если к *p* — *n*-переходу приложить напряжение извне — к области *n* минус, а к области *p* плюс (рис. 46, *а*), — толщина запирающего слоя уменьшится, и при напряжении 0,3—0,5 *в* запирающий слой исчезнет совсем. Сопротивление *p* — *n*-перехода резко снизится и через него пройдет большой ток. В этом случае направление тока называется прямым, а сопротивление *p* — *n*-перехода определяется только сопротивлением полупроводника.

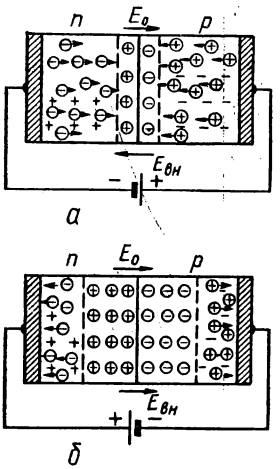


Рис. 46. Схема работы p — n-перехода полупроводникового плоскостного диода, подключенного к внешнему источнику тока:

а — внешнее напряжение приложено в прямом направлении; *б* — внешнее напряжение приложено в обратном направлении.

Если к p — n-переходу приложить внешнее напряжение в обратном направлении (рис. 46, *б*), возрастет потенциальный барьер, увеличится величина запирающего слоя и его сопротивление, в области p — n-перехода не будет основных носителей заряда, и ток через p — n-переход не пройдет. Так как ток за счет неосновных носителей в обратном направлении очень мал, практически ток через p — n-переход проходит в одном направлении.

Таким образом, величина и направление тока, текущего через p — n-переход, зависит от величины и направления приложенного напряжения. Это дает возможность использовать электронно-дырочный переход для выпрямления переменного тока.

На рис. 47 приведены вольт-амперные характеристики p — n-переходов германиевого и кремниевого диодов. Прямой ток через переход резко возрастает при небольших значениях напряжения, приложенного в прямом направлении (на рисунке «прямое напряжение»). Величина обратного тока незначительна даже при значительных напряжениях, приложенных в обратном направлении (на рисунке — «обратное напряжение»).

Основная часть плоскостного диода — пластинка полупроводника толщиной в несколько десятков долей миллиметра (германиевая или кремниевая), помещенная в металлический корпус и припаянная к нему одной плоскостью (рис. 48). В центр противоположной плоскости германиевой пластинки вплавлена капля металла индия, в центр кремниевой пластинки — кусочек алюминия. На границе контакта двух материалов образуется p—n-переход. Через него ток хорошо проходит в направлении от индиевого электрода к основной массе пластинки и плохо в обратном направлении. Вывод от металла (примеси) осуществляется

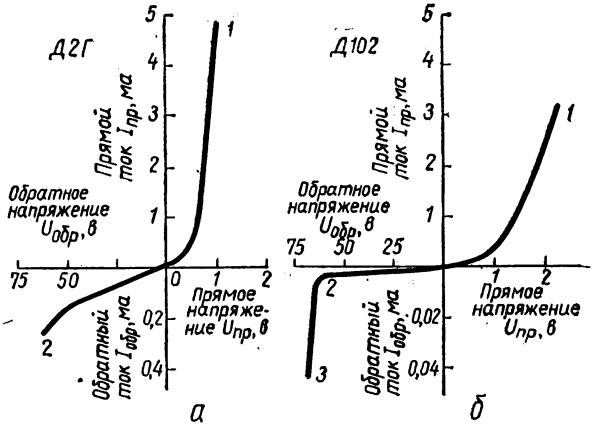


Рис. 47. Вольт-амперные характеристики диодов:

а — германиевого; *б* — кремниевого. *0—1* — пропускное направление (прямая ветвь); *0—2* — запорное направление (обратная ветвь); *2 — 3* область пробоя.

с помощью очень тонкого пружинящего электрода. Второй вывод — металлическое основание, к которому припаивается пластинка полупроводника.

Точечный диод состоит из пластины полупроводника (германия или кремния) и металлической пружинки с острием (вольфрам или фосфористая бронза диаметром 0,1 *мм*). При изготовлении точечного диода через него пропускают большой ток, в результате чего вольфрамовая игла проникает в толщу германиевой пластинки и сваривается с ней. Вблизи острия иглы образуется *p*-область, на границе ко-

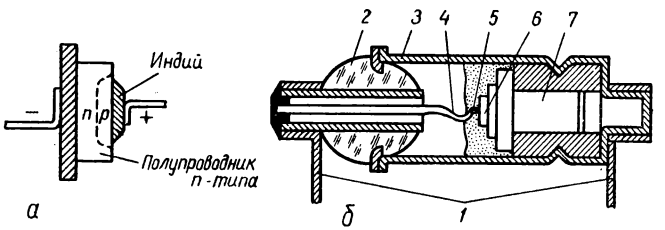


Рис. 48. Устройство плоскостного германиевого диода:

а — схематическое устройство; *б* — разрез (*1* — контактные выводы; *2* — стеклянный изолятор; *3* — металлический корпус; *4* — верхний токосниматель; *5* — индий; *6* — германиевая пластинка; *7* — нижний токосниматель).

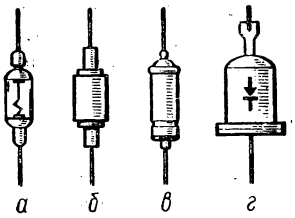


Рис. 49. Внешний вид некоторых полупроводниковых диодов:

а — типа Д2А—Д2И; *б* — типа ДГ-Ц1 — ДГ-Ц14; *в* — типа ДГ-Ц21 — ДГ-Ц27; *г* — типа Д7А—Д7Ж.

торой с остальной частью пластинки образуется *p—n*-переход с пропускным направлением от иглы к основной массе пластинки и плохой проводимостью в обратном направлении. Корпусы точечных диодов изготовляют из стекла или керамики.

На рис. 49 показан внешний вид некоторых полупроводниковых диодов.

Основные параметры полупроводниковых диодов. К основным параметрам полупроводниковых диодов, определяющим их свойства и эксплуатационные возможности, относятся: предельно допустимый прямой (выпрямленный) ток, прямое падение напряжения, пороговое прямое напряжение, обратный ток, обратное напряжение, напряжение пробоя диода, емкость *p—n*-перехода.

Основной характеристикой диода является вольт-амперная характеристика *p—n*-перехода (рис. 47).

Предельно допустимый прямой (выпрямленный) *ток.* Прямым током называют ток, проходящий через диод в пропускном направлении. Величина выпрямленного тока равна постоянной составляющей тока, протекающего через диод при подаче на него переменного напряжения. Предельно допустимый прямой ток — это максимальный ток, который может длительно протекать через диод, не вызывая ухудшения его качества.

Прямое падение напряжения — средняя величина падения напряжения на диоде, на который подается переменное напряжение (для выпрямления переменного тока). В справочных таблицах указывается максимально допустимое падение напряжения на плоскостном диоде при прохождении через него максимально допустимого выпрямленного тока. (У кремниевых диодов прямое падение напряжения больше, чем у германиевых.)

Пороговое прямое напряжение — напряжение, при котором начинается резкое возрастание прямого тока через диод (для германиевых диодов — около 0,3 *в*, для кремниевых — около 0,5 *в*).

Обратный ток — ток, проходящий через диод в запирающем направлении. В исправном диоде обратный ток во много

раз меньше прямого. Чем меньше обратный ток диода, тем выше его качество. Наибольшая величина обратного тока указана в паспорте диода (для германиевых диодов — до 25° С, для кремниевых — до 125° С).

Обратное напряжение — напряжение, вызвавшее обратный ток.

Напряжение пробоя диода — предельное обратное напряжение, при котором резко возрастает обратный ток диода (т. е. когда его сопротивление делается практически равным нулю). В паспорте диода указывается наименьшее возможное напряжение пробоя.

Емкость p—n-перехода: у точечных диодов — десятые доли пикофарады, у плоскостных достигает нескольких десятков пикофарад. Поэтому для плоскостных диодов, работающих в выпрямительных и низкочастотных схемах, максимальная рабочая частота не превышает 50 *кгц*.

В табл. 17 и 18 приведены основные эксплуатационные свойства полупроводниковых диодов.

Таблица 17

Основные эксплуатационные свойства германиевых и кремниевых диодов

Тип диода	Интервал рабочих температур, °С	Обратное напряжение, *в*	Величина выпрямленного тока, *а*
Германиевый	От —60 до +70	До 400	От 0,1 до 10 и выше
Кремниевый	От —60 до +150	До 600	От 0,1 до 10 и выше

Таблица 18

Основные эксплуатационные свойства точечных и плоскостных полупроводниковых диодов

Тип диода	Допустимый прямой ток, *а*	Допустимое обратное напряжение, *в*	Межэлектродная емкость, *пф*
Точечный	0,01—0,1	25—150	0,5—1,0
Плоскостной	0,1—500	50—600	100—10 000

8. Полупроводниковые триоды (транзисторы)

Транзисторы — это полупроводниковые приборы с тремя электродами (выводами), предназначенные для усиления и генерирования электрических колебаний. По характеру работы в отличие от трехэлектродной электронной лампы, которая может работать без тока в цепи управляющей сетки, транзистор всегда работает с током в цепи управляющего электрода.

Классификация транзисторов. По роду применяемых полупроводниковых материалов транзисторы разделяют на германиевые и кремниевые; по конструкции — на плоскостные и точечные (из-за ряда существенных недостатков производство точечных транзисторов прекращено). Плоскостные триоды в свою очередь делятся на сплавные, диффузионно-сплавные и др. Наиболее распространенный тип транзисторов — германиевый плоскостной сплавной транзистор.

Транзисторы, мощность отдачи которых выше десятых долей ватта, называют мощными, а предельная частота которых выше 10 *Мгц* — высокочастотными.

Устройство транзисторов. Транзистор (рис. 50, 51) представляет собой монокристалл германия или кремния, состоящий из двух последовательных *p—n*-переходов, образованных тремя полупроводниковыми областями, причем крайние имеют проводимость одного типа, а средняя обладает проводимостью другого типа. Таким образом, *p—n*-переходы транзистора оказываются включенными навстречу

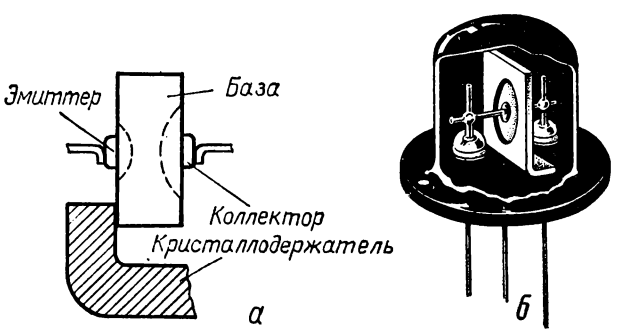


Рис. 50. Устройство полупроводникового триода (транзистора):

а — схематическое устройство транзистора *p — n — p*-типа; *б* — устройство транзистора.

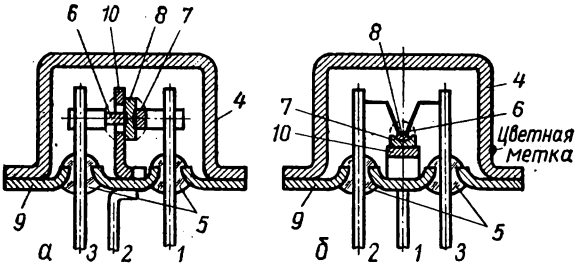


Рис. 51. Конструкция транзистора малой мощности:

а — низкочастотного; *б* — высокочастотного (*1* — вывод коллектора; *2* — вывод базы; *3* — вывод эмиттера; *4* — корпус (баллон); *5* — стеклянные изоляторы; *6* — эмиттер; *7* — коллектор; *8* — база; *9* — дно корпуса; *10* — кристаллодержатель).

друг другу. Если крайние области имеют проводимость *n*-типа (электронную проводимость), а средняя обладает проводимостью *p*-типа (дырочной), то такой транзистор называется транзистором *n—p—n*-типа. Если же крайние области имеют проводимость *p*-типа, а средняя обладает проводимостью *n*-типа, то транзистор называется транзистором *p—n—p*-типа.

В центры двух противоположных плоскостей пластинки полупроводника плоскостного сплавного транзистора вплавлено по одному электроду в виде капель специальных материалов: индия — у германиевых транзисторов *p—n—p*-типа, сплава сурьмы со свинцом — у германиевых транзисторов *n—p—n*-типа и из сплава фосфора со свинцом — у кремниевых *n—p—n*-типа.

Пластинка расположена в металлическом герметичном корпусе. От пластинки и двух других электродов сделано три вывода. Пластинка называется б а з о й, один вплавленный электрод называется э м и т т е р о м, второй — к о л л е к т о р о м.

По аналогии с электронными лампами в радиотехнических схемах база транзисторов обычно выполняет функции управляющей сетки, эмиттер — катода и коллектор — анода. Концентрация основных носителей заряда в эмиттере во много раз превышает концентрацию основных носителей заряда в базе.

У эмиттерного электрода *p—n*-переход называется эмиттерным переходом, у коллекторного электрода — коллек-

торным. Переходы расположены очень близко один от другого (расстояние не превышает 40—50 *мкм*), поэтому изменение токов через один *p—n*-переход приводит к изменению тока через другой. Чем меньше расстояние между *p—n*-переходами, тем на более высоких частотах может быть использован транзистор.

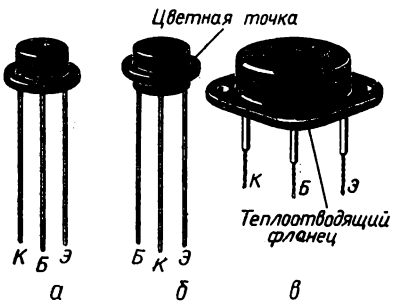


Рис. 52. Внешний вид некоторых транзисторов:

а — типа П6А—П6Д; *б* — типа П401—П403А, А414—П415Б, П420—П423А; *в* — большой мощности.

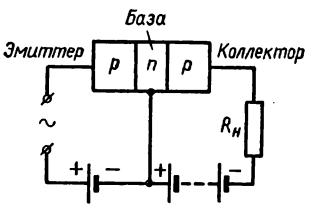


Рис. 53. Схема включения транзистора *p — n — p*-типа.

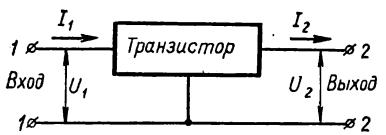


Рис. 54. Обобщенная схема включения транзистора.

Источники питания присоединяются к транзистору таким образом, что эмиттерный переход включен в пропускном направлении, а коллекторный — в запирающем.

Внешний вид некоторых типов транзисторов показан на рис. 52.

Статические характеристики транзисторов показывают взаимную связь между токами и напряжениями в различных электродах транзисторов. Из схем (рис. 53, 54) видно, что величины I_1, U_1, I_2 и U_2 взаимно связаны (I_1 — входной ток, I_2 — выходной ток, U_1 — входное напряжение, U_2 — выходное напряжение).

Для правильного выбора транзисторов пользуются семействами характеристик (рис. 55, 56), выражающими связь между входными и выходными величинами. Для усилительного каскада, собранного по схеме с общим коллектором, обычно используют те же семейства статических характеристик, что и для схемы с общим эмиттером.

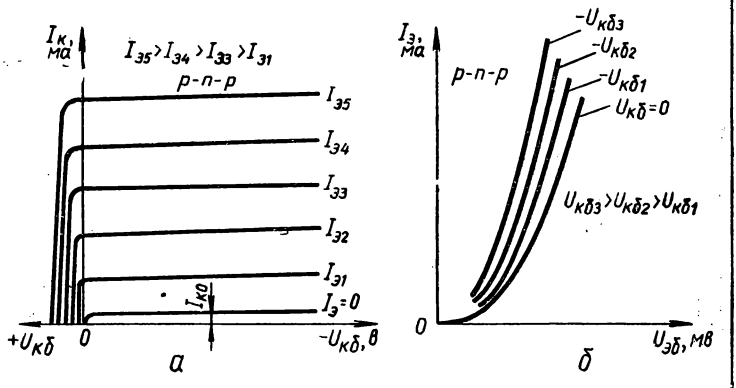


Рис. 55. Статические характеристики транзистора *p — n — p*-типа, включенного по схеме с общей базой:

а — выходные характеристики; *б* — входные характеристики.

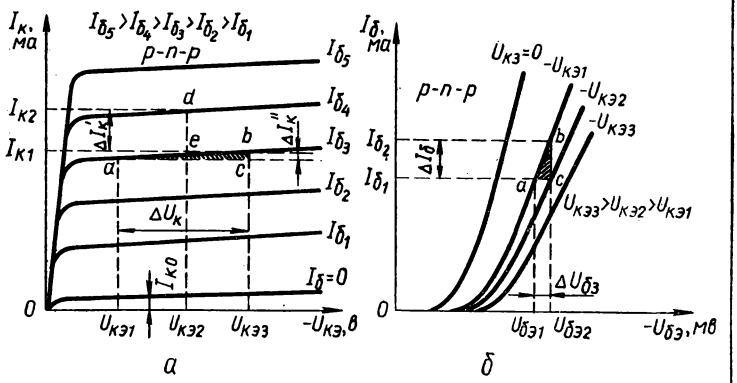


Рис. 56. Статические характеристики транзистора *p — n — p*-типа, включенного по схеме с общим эмиттером:

а — выходные характеристики; *б* — входные характеристики.

Выходная (коллекторная) статическая характеристика показывает зависимость тока коллектора от напряжения коллектора, если напряжение базы (в схеме с общим эмиттером) или напряжение эмиттера (в схеме с общей базой) поддерживаются неизменными.

Входная статическая характеристика транзистора, включенного по схеме с общей базой, показывает зависимость тока эмиттера от напряжения эмиттера при неизменном напряжении (или токе) коллектора. Входная характеристика транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, выражает зависимость тока базы от напряжения базы при неизменном напряжении коллектора или тока коллектора.

Параметры транзисторов. Напряжение коллектора *предельно допустимое* ($U_{к\ макс}$) — это максимальное постоянное напряжение между выводами коллектора и общего электрода, которое, будучи подведено к коллектору от источника питания, не сокращает срока службы транзистора. При повышении температуры $U_{к\ макс}$ снижается. В паспорте транзистора и справочниках указывается величина постоянного напряжения коллектора, при которой измеряются параметры транзистора и которая рекомендуется для работы транзистора в радиосхемах.

Обратный ток коллектора $I_{ко}$ ($I_{ко}$ иногда называют нулевым током коллектора) — это ток через вывод коллектора транзистора и его коллекторный *p—n*-переход при разомкнутой цепи эмиттера. Обратный ток коллектора — паразитный ток, вредно влияющий на режим работы коллекторной цепи. Чем меньше обратный ток коллектора, тем выше качество транзистора. Повышение $I_{ко}$ указывает на плохую работу транзистора в схеме, нарушение его работоспособности и на возможность быстрого выхода его из строя. При повышении температуры $I_{ко}$ увеличивается, а при понижении — уменьшается.

В паспорте германиевых транзисторов и в справочных таблицах указывается наибольшая возможная величина $I_{ко}$ при комнатной температуре, в паспорте кремниевых транзисторов — при повышенной рабочей температуре (так как при комнатной температуре $I_{ко}$ ничтожно мал).

Предельно допустимый ток коллектора $I_{к\ макс}$ — это наибольшая величина постоянного тока, который, протекая длительное время в цепи коллектора, не сокращает срока службы транзистора и не ухудшает его свойств.

Предельно допустимая мощность $P_{к\,макс}$, рассеиваемая коллектором, — это максимальное значение мощности, рассеиваемой коллектором на нагревание транзистора, при которой не наблюдается недопустимо большого нагрева транзистора и гарантируется надежность его работы. При повышении температуры окружающей среды предельно допустимая мощность уменьшается.

Предельно допустимый ток эмиттера $I_{э,\,макс}$ — это наибольшая величина постоянного тока, который проходит длительное время через эмиттерный *p—n*-переход транзистора, не ухудшая свойств транзистора и не сокращая срока его службы.

Коэффициент усиления по току α или β — это отношение приращения выходного тока к вызвавшему его приращению входного тока. В паспорте и справочниках приводятся коэффициенты усиления по току α и β при отсутствии сопротивления нагрузки в цепи выходного электрода: α — для схемы включения транзистора с общей базой; β — для схемы включения транзистора с общим эмиттером (для плоскостных транзисторов). Коэффициент α определяют как отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей тока эмиттера, причем α для плоскостных транзисторов всегда меньше единицы (от 0,9 до 0,99), а у точечных достигает 3—5. Следовательно, плоскостной транзистор в схеме с общей базой не дает усиления по току. Коэффициент усиления по току β определяется как отношение переменной составляющей тока коллектора к переменной составляющей тока базы; β всегда больше единицы $\left(\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$.

В паспортах транзисторов и справочных таблицах указываются минимальные значения величин α и β на низкой частоте (1000 или 270 *гц*) при определенных значениях питающих напряжений и токов электродов.

Сопротивление переменному току эмиттерного перехода $r_э$ имеет порядок десятков ом, коллекторного $r_к$ порядка сотен тысяч ом, базы $r_б$ — сотен ом. Значения $r_э$, $r_к$ и $r_б$ остаются неизменными для всех схем включения транзистора.

Связь между малыми приращениями токов и напряжений, действующих в транзисторе, устанавливается так называемыми характеристическими параметрами. Эти параметры определяются схемой включения транзистора. Су-

ществует несколько систем характеристических параметров. Наибольшее распространение получила система h-параметров, называемая смешанной или «гибридной», так как среди параметров этой системы имеется одно сопротивление, одна проводимость и две безразмерные величины.

h-параметры связывают входные и выходные токи и напряжения. Зависимости между входным напряжением U_1, входным током I_1, выходным напряжением U_2 и выходным током I_2 могут быть выражены системой двух уравнений:

$$U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2,$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2,$$

где h_{11} — входное сопротивление транзистора при коротком замыкании (по переменному току) на выходе транзистора:

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1} \text{ (при } U_2 = 0);$$

h_{12} — коэффициент обратной связи по напряжению при холостом ходе (разомкнутом входе по переменному току):

$$h_{12} = \frac{U_1}{U_2} \text{ (при } I_1 = 0);$$

h_{21} — коэффициент усиления по току при коротком замыкании (по переменному току) на выходе транзистора:

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \text{ (при } U_2 = 0);$$

h_{22} — выходная проводимость транзистора при разомкнутом (по переменному току) входе:

$$h_{22} = \frac{I_2}{U_2} \text{ (при } I_1 = 0).$$

Для любой схемы включения транзисторов h-параметры могут быть определены по статическим характеристикам транзистора: параметры h_{11} и h_{12} — по входным, параметры h_{21} и h_{22} — по выходным.

9. Проверка исправности и отбраковка полупроводниковых диодов и транзисторов

Перед монтажом необходимо проверить внешнее состояние полупроводниковых диодов и транзисторов, их исправность и параметры. При отрицательном результате про-

верки полупроводниковые диоды и транзисторы бракуются и дальнейшему использованию не подлежат.

Проверять полупроводниковые приборы начинают с осмотра и определения их внешнего состояния и целостности, качества лужения выводов. Полупроводниковые приборы, имеющие нарушения антикоррозионных покрытий, сколы стекла, плохо облуженные выводы и нечеткую маркировку, применять нельзя.

После проверки внешнего состояния полупроводниковых диодов при помощи омметра или авометра проверяют целостность выводов и нет ли короткого замыкания между ними. Приложенное к диоду напряжение должно быть меньше напряжения пробоя диода (1,5—2 *в*).

Если щупы омметра подключены в прямом (проводящем) направлении и омметр показывает малое сопротивление перехода диода (единицы, десятки и сотни ом), а при изменении положения щупов на обратное — большое (сотни килоом и мегомы) и если эти прямое и обратное сопротивления перехода постоянны, то значит выводы диода целы, а переход исправен.

После проверки выводов измеряют параметры полупроводниковых диодов. Перед включением диода в схему измерения определяют его выводы по условному обозначению на корпусе вентиля или цветным точкам на корпусе у выводов. Необходимо следить за тем, чтобы не спутать выводы при включении диода в схему, так как это может вывести его из строя.

Прямой ток диода $I_{пр}$ измеряют миллиамперметром по схеме, изображенной на рис. 57, *а*. На диод подается прямое напряжение, указанное в паспорте диода. Прямое напряжение нельзя повышать до значения, при котором $I_{пр}$ превышает максимально допустимое значение для диода данного типа. Прямое напряжение $U_{пр}$ измеряют вольтметром по схеме рис. 57, *а* при максимальном прямом токе, величина которого ука-

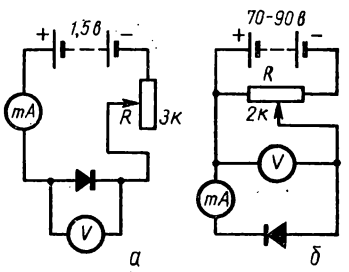


Рис. 57. Схема для измерения параметров полупроводниковых диодов:

а — прямого тока $I_{пр}$ и прямого напряжения $U_{пр}$; *б* — обратного тока $I_{обр}$ и обратного напряжения $U_{обр}$.

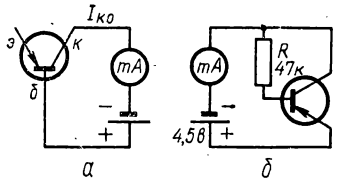


Рис. 58. Схема для измерения параметров транзисторов:

а — обратного тока коллектора; *б* — коэффициента усиления по току.

зана в паспорте диода. Чем меньше $U_{пр}$, тем лучше диод.

Обратный ток $I_{обр}$ измеряют миллиамперметром по схеме, изображенной на рис. 57, *б*. На диод подают обратное напряжение, указанное в паспорте диода. Ток $I_{обр}$ не должен превышать ток $I_{обр.\ макс}$, указанный в паспорте диода, и его величина не должна изменяться во времени. Если обратный ток меняется, диод нельзя применять.

Обратное напряжение $U_{обр}$ измеряется вольтметром по схеме рис. 57, *б*. Потенциометром устанавливают обратный ток $I_{обр}$, равный максимально допустимому току $I_{обр.\ макс}$, указанному в паспорте диода.

После внешнего осмотра транзистора проверяют, нет ли у него пробоя переходов и обрыва выводов. Эту проверку можно осуществить при помощи омметра или авометра с батареей напряжением не более 10 *в*. При исправном переходе при подключении источника тока омметра в прямом направлении показания прибора должны быть в пределах от единиц до десятков ом, а в обратном направлении — от 0,1 до 5 *Мом*. Если обратное сопротивление перехода намного меньше нижнего значения указанного предела, значит, переход пробит. Если прямое сопротивление перехода намного больше верхнего значения указанного предела, то в цепи этого перехода имеется нарушение контакта.

При измерении электрических параметров транзисторов необходимо знать их тип и назначение.

Ниже будет рассмотрено измерение обратного тока коллектора $I_{ко}$ и коэффициента усиления по току β.

Обратный ток коллектора $I_{ко}$ измеряют по схеме рис. 58, *а*. При разомкнутой цепи эмиттера на коллектор подается напряжение смещения, указанное в паспорте транзистора. Ток в цепи коллектора измеряют спустя 2 *сек*, после подачи напряжения на коллектор. У исправных транзисторов ток $I_{ко}$ не превышает значения, указанного в паспорте, и остается постоянным. Допускается незначительное уменьшение тока $I_{ко}$ в течение длительного времени или его увеличение в течение 30 *сек* не более, чем на 1 *мка*.

Коэффициент усиления по току β измеряют прибором ИПТ-1 или по схеме рис. 58, *б*.

При проверке транзистора при помощи прибора ИПТ-1 следует иметь в виду, что прибор указывает параметр α. После определения α определяют β.

Транзисторы не должны изменять своих параметров во время проверки. Если при проверке стрелка прибора медленно перемещается, то такой транзистор нельзя ставить в схему.

При оценке коэффициента усиления по току β с помощью схемы, изображенной на рис. 58, *б*, измерения следует начинать с $R = 200—500$ *ком*, постепенно уменьшая его до 40—50 *ком* для получения нормального тока коллектора $I_к$. При этом

$$\beta \approx \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}; \quad E = 2 - 4{,}5в,$$

где $\Delta I_к$ — изменение тока коллектора при изменении R;
$\Delta I_б$ — изменение тока базы при таком же изменении R.

10. Особенности монтажа и эксплуатации полупроводниковых приборов

Полупроводниковые приборы имеют в большинстве случаев гибкие выводы. Поэтому их включают в схему путем припайки. Пайку выводов производят на расстоянии не менее 10 *мм* от корпуса полупроводникового прибора (от вершины изолятора) с помощью легкоплавкого припоя. Изгиб выводов допускается на расстоянии не менее 3—5 *мм* от корпуса (рис. 59). Процесс пайки должен быть кратковременным (не более 10 *сек*). Мощность паяльника не должна превышать 50—60 *вт*. Припаиваемый вывод плотно зажимают плоскогубцами. Плоскогубцы в данном случае играют роль теплоотвода. Необходимо

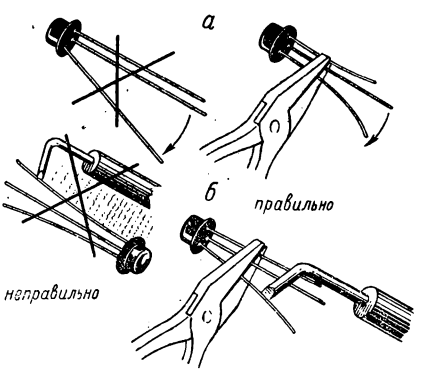


Рис. 59. Изгибание выводов транзистора плоскогубцами (*а*) и пайка выводов (*б*).

следить за тем, чтобы нагретый паяльник даже на короткое время не прикасался к корпусу полупроводникового прибора. Капли припоя также не должны на него попадать.

Во избежание перегрева полупроводниковых приборов не следует располагать их вблизи силовых трансформаторов, электронных ламп и других излучающих тепло деталей аппаратуры. Желательно снижать рабочую температуру прибора. Если она будет на 10°С ниже предельной, то число отказов снижается вдвое. Крепление полупроводниковых приборов на выводах не рекомендуется, особенно если аппаратура может находиться в условиях вибрации. Рабочие напряжения, токи и мощности должны быть ниже предельных величин.

Срок службы диодов удлиняется, если их эксплуатировать при обратных напряжениях не свыше 80% предельно допустимых.

Нельзя допускать короткого замыкания выпрямителя на полупроводниковых диодах (испытания «на искру»). Это может привести к повреждению диодов. Полупроводниковый диод может быть поврежден, если на него включить напряжение в пропускном направлении (даже от одного аккумуляторного элемента) без последовательно включенного ограничительного сопротивления.

Транзисторы не должны даже короткое время работать с отключенной базой. При включении источников питания вывод базы транзистора должен присоединяться первым (при отключении — последним).

Нельзя использовать транзисторы в режиме, когда одновременно достигаются два предельных параметра (например, предельно допустимое напряжение коллектора и одновременно предельно допустимая рассеиваемая им мощность).

Срок службы транзистора удлиняется и надежность его работы увеличивается, если при его эксплуатации напряжение коллектора не превышает 80% предельно допустимой величины.

При работе транзистора в условиях повышенных температур нужно обязательно снижать рассеиваемую мощность и напряжение на коллекторе.

Необходимо следить за тем, чтобы подаваемое на транзистор питающее напряжение было правильной полярности (например, нельзя включать положительный полюс напряжения на коллектор транзистора *p—n—p*-типа или отрицательный на коллектор транзистора *n—p—n*-типа). Чтобы по указанной причине транзистор не пришел в негодность

при установке его в схему, нужно твердо знать, какого он типа: *p—n—p* или *n—p—n*.

Если необходимо удалить транзистор из схемы (или включить его в схему), нужно предварительно выключить питание схемы.

11. Преимущества и недостатки полупроводниковых приборов

По сравнению с электронными лампами полупроводниковые приборы имеют ряд преимуществ:

малую массу и малые габариты;

отсутствие затраты энергии на накал катода, а следовательно, большой к. п. д.;

большой срок службы (до десятков тысяч часов);

большую механическую прочность;

могут работать сразу после подачи питающих напряжений;

могут работать при низких питающих напряжениях.

Но полупроводниковые приборы в настоящее время обладают и рядом недостатков:

из-за недостаточной чистоты полупроводникового вещества и сложной технологии изготовления параметры и характеристики отдельных полупроводниковых приборов одного и того же типа неодинаковы;

на свойства и параметры полупроводниковых приборов в значительной степени влияют температура и радиоактивные излучения;

собственные шумы транзисторов больше, чем у электронных ламп.

12. Система обозначений полупроводниковых приборов

Система обозначений полупроводниковых приборов установлена ГОСТом 10862—64. Обозначения полупроводникового прибора складываются из пяти буквенных и цифровых индексов.

Первый индекс (буква) определяет исходный материал прибора: Г — германий, К — кремний, А — арсенид галлия. Второй индекс (буква) обозначает разновидность прибора: Д — диоды, Т — триоды, Ф — фотоприборы, С — стабилитроны, А — СВЧ диоды.

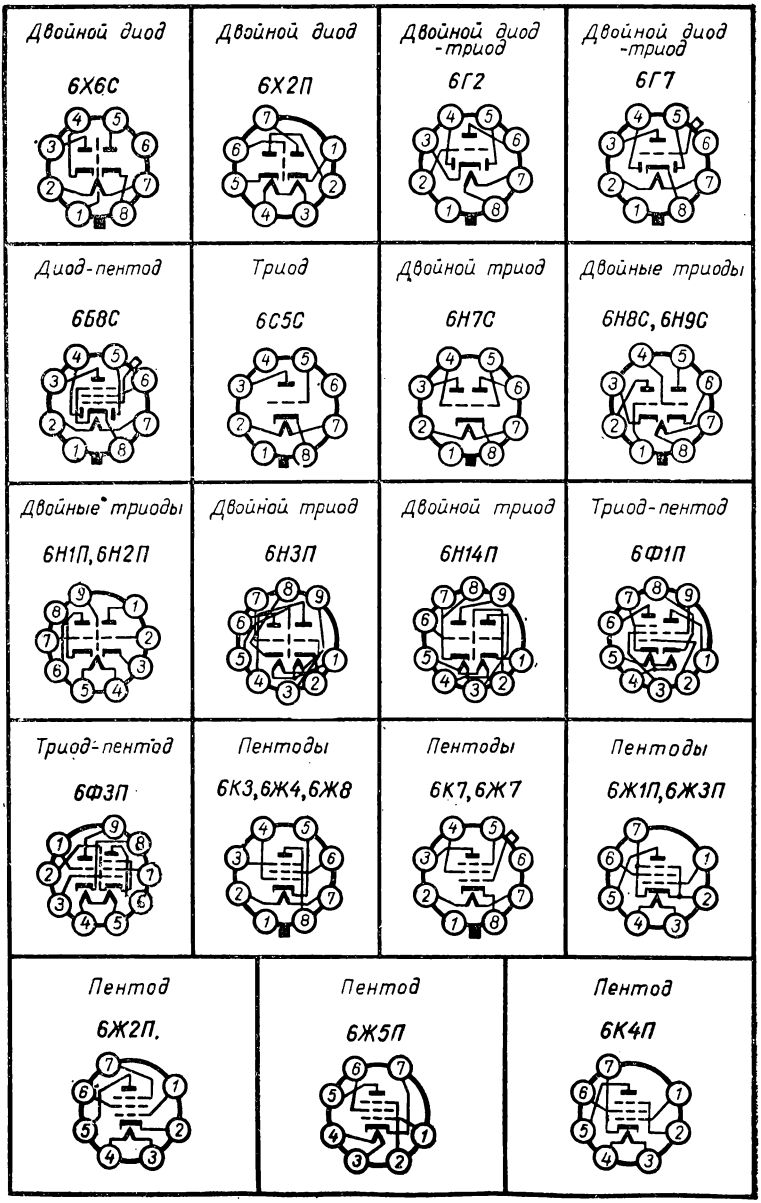
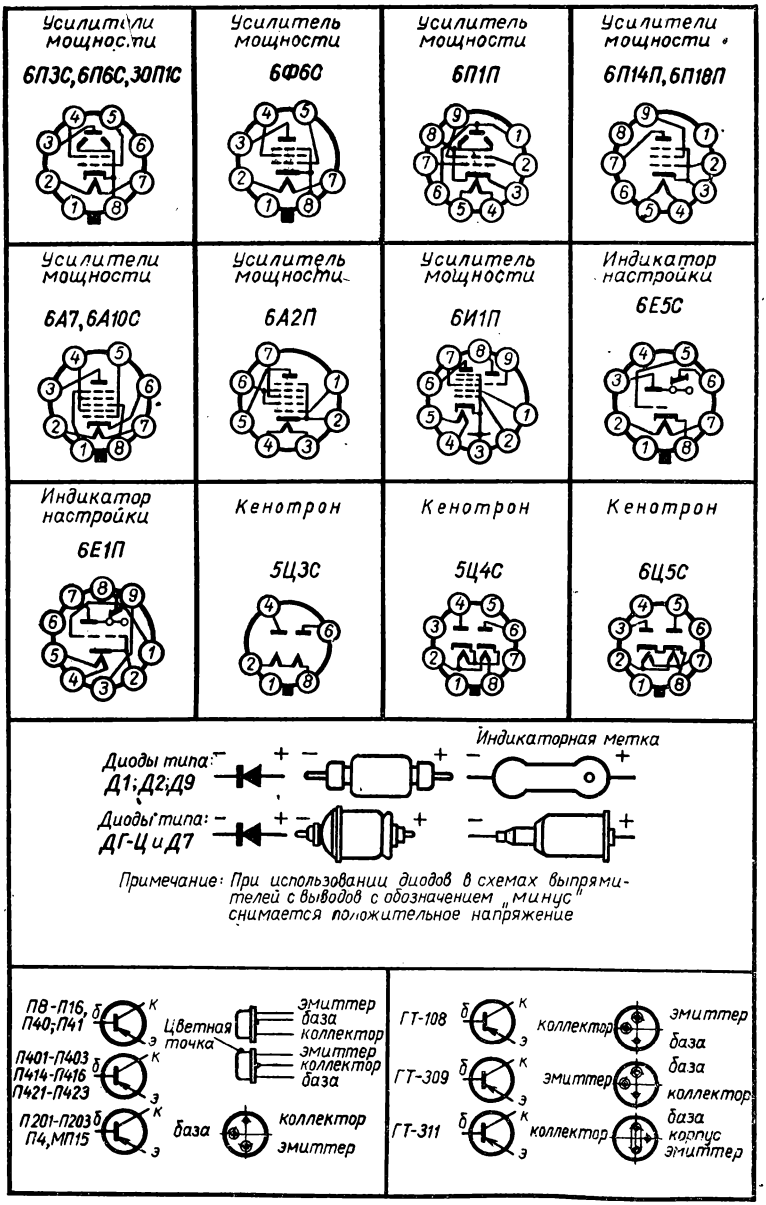


Рис. 60. Цоколевка электронных ламп и располо



жение выводов у полупроводниковых приборов.

Третий индекс (цифровой) обозначает класс или назначение прибора: 1 — диоды выпрямительные малой мощности (со средним значением прямого тока не более 0,3 *а*); 2 — диоды выпрямительные средней мощности (со средним значением прямого тока от 0,3 до 10 *а*); 3 — диоды выпрямительные большой мощности (со средним значением прямого тока более 10 *а*); 1 — транзисторы малой (до 0,3 *вт*) мощности низкой частоты (не более 3 *Мгц*); 2 — транзисторы малой мощности средней частоты (от 3 до 30 *Мгц*); 3 — транзисторы малой мощности высокой частоты (более 30 *Мгц*); 4 — транзисторы средней мощности (от 0,3 до 1,5 *вт*) низкой частоты; 5 — транзисторы средней мощности средней частоты; 6 — транзисторы средней мощности высокой частоты; 7 — транзисторы большой мощности (более 1,5 *вт*) низкой частоты; 8 — транзисторы большой мощности средней частоты; 9 — транзисторы большой мощности высокой частоты.

Четвертый индекс (число) обозначает порядковый номер разработки прибора от 01 до 99.

Пятый индекс (буква) обозначает классификационную группу прибора (деление технологического типа на группы от А до Я) в связи с тем, что полупроводниковые приборы, изготовленные на одном и том же оборудовании по единой технологии, могут отличаться один от другого значениями некоторых параметров.

Примеры обозначений: ГД110Б — германиевый выпрямительный диод малой мощности, номер разработки 10, группа Б; ГТ340А — германиевый транзистор малой мощности, высокочастотный, номер разработки 40, группа А.

На рис. 60 приведена цоколевка некоторых типов электронных ламп и указано расположение выводов у полупроводниковых приборов.

Глава 4

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

1. Общее устройство, основные технические данные и правила эксплуатации гальванических элементов и щелочных аккумуляторов

Источники питания — неотъемлемая часть каждого радиоэлектронного устройства. Различают первичные источники тока, к которым относятся гальванические элементы, генераторы тока ручного и ножного привода и непосредственные преобразователи энергии, и вторичные — аккумуляторы, выпрямители, стабилизаторы, преобразователи напряжения постоянного тока.

По виду электролита аккумуляторы классифицируют на кислотные и щелочные, по материалу электродов — на свинцовые, кадмиево-никелевые, серебряно-цинковые и др., по конструкции — на ламельные, безламельные, герметизированные и др.

Для питания радиостанций малой мощности, как правило, используют: для накальных цепей ламп — щелочные аккумуляторные батареи, для анодноэкранных цепей — вибрационные или транзисторные преобразователи низкого напряжения аккумуляторной батареи в необходимое высокое постоянное напряжение. От источников тока зависит нормальный режим работы радиостанции, ее срок службы, масса, габариты, стоимость и надежность.

Основные характеристики гальванических элементов и аккумуляторов. *Э. д. с.* элементов и аккумуляторов численно равна напряжению между их полюсами при силе тока в цепи элемента, равной нулю, и определяется химическими свойствами электродов и электролита. Э. д. с. элементов и аккумуляторов не зависит от их размеров. Колебания температуры почти не влияют на величину э. д. с., но при температуре, близкой к температуре замерзания электролита, э. д. с. резко падает. После отогревания элементов

э. д. с. восстанавливается. Холодостойкость элементов определяется минимальной температурой, при которой их э. д. с. не изменяется.

Внутреннее сопротивление элементов и аккумуляторов определяет предельную силу тока, которую может обеспечить элемент при его нагрузке, и оказывает большое влияние на режим питания устройства. Чем меньше внутреннее сопротивление, тем больший ток в нагрузке может дать элемент. Внутреннее сопротивление зависит от свойств электролита (его плотности и температуры), материала электродов, размеров элемента (чем больше габариты элемента, тем меньше его внутреннее сопротивление) и определяется суммарным сопротивлением электродов, электролита и деполяризатора.

Удельная энергия — количество энергии, приходящееся на единицу массы элемента или аккумулятора.

Электрическая емкость элементов и аккумуляторов определяется количеством электричества в ампер-часах (*а·ч*), отдаваемого элементом при его разрядке, и подсчитывается по формуле:

$$Q = I_р t,$$

где Q — электрическая емкость, *а·ч*;
$I_р$ — ток разряда, *а*;
t — время разряда, *ч*.

Если известна электрическая емкость источника питания, то, разделив величину емкости на силу разрядного тока, можно определить, сколько часов будет работать источник питания до наступления полного разряда:

$$t = \frac{Q}{I_р}.$$

Саморазряд элементов и аккумуляторов приводит к снижению емкости и преждевременной их порче. Он происходит независимо от того, работает или не работает элемент или аккумулятор, и увеличивается при повышении температуры. Из-за процесса саморазряда всегда следует обращать внимание на дату изготовления и срок годности элементов и аккумуляторов (в паспорте срок годности характеризуется временем, в течение которого все показатели отвечают техническим условиям).

Соединение гальванических элементов и аккумуляторов. Если необходимо получить величину напряжения или тока

большую, чем может дать один элемент или аккумулятор, их соединяют в батареи. Различают три способа такого соединения: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательное соединение — такое соединение, когда плюс одного элемента или аккумулятора соединен с минусом второго, плюс второго — с минусом третьего и т. д. Применяется оно тогда, когда нужно иметь напряжение большее, чем его может дать один элемент или аккумулятор. При последовательном соединении э. д. с. и внутренние сопротивления элементов складываются, а емкость всей батареи остается равной емкости одного элемента.

Параллельное соединение — такое соединение, когда положительные выводы всех элементов или аккумуляторов соединяются вместе и образуют общий «+», а все отрицательные выводы, соединенные друг с другом, образуют общий «—». При параллельном соединении n однотипных элементов э. д. с. батареи остается неизменной (равной э. д. с. одного элемента), внутреннее сопротивление уменьшается в n раз, а электрическая емкость и допустимая величина разрядного тока увеличиваются в n раз. Параллельное соединение применяется тогда, когда необходимо увеличить емкость батареи и допустимую величину разрядного тока.

Смешанное соединение элементов и аккумуляторов — такое соединение, когда группы последовательно соединенных элементов или аккумуляторов соединяют между собой параллельно или наоборот. Смешанное соединение применяют тогда, когда необходимо получить от батареи не только бóльшую э. д. с., но и больший разрядный ток.

Гальванические элементы (рис. 61) — первичные электрохимические источники тока — широко применяются в переносных радиоустройствах на полупроводниковых приборах, для питания которых требуется низкое напряжение, легко получаемое от элементов и батарей.

Электролит может быть жидким и пастообразным. В переносных радиоустройствах удобнее применять элементы и батареи с электролитом в виде густой пасты, хотя такой электролит быстрее высыхает и у элемента с таким электролитом повышенный саморазряд.

Конструкция элементов может быть стаканчиковой, чашечной, галетной, корончатой. Электрические характеристики и особенности эксплуатации элементов зависят от электролита и материала электродов. Так, например, в за-

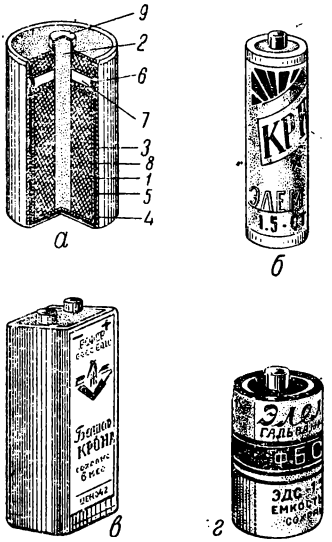


Рис. 61. Гальванические элементы:

а — устройство (*1* — положительный электрод из двуокиси марганца и углеродистых материалов; *2* — угольный стержень; *3* — цинковый стакан — отрицательный электрод; *4* — картонная шайба; *5* — электролит (кабельная бумага, пропитанная солевым электролитом); *6* — изоляционная смесь, которой заливается верхняя часть элемента для его герметизации; *7* — газовая камера между изоляционной смесью и верхним торцом положительного электрода; *8* — картонный футляр; *9* — металлический колпачок — вывод положительного электрода); *б*, *в*, *г* — внешний вид.

висимости от свойств электролита элементы и батареи подразделяются на летние (с интервалом рабочих температур от —20 до +60° С), хладостойкие (с интервалом рабочих температур от —50 до +40° С) и универсальные (с интервалом рабочих температур от —50 до +60° С).

Маркировка гальванических элементов и батарей. Первые цифры маркировки соответствуют начальному напряжению в вольтах. Буквы, следующие за цифрами, указывают назначение источника тока (А — анодная, Н — накальная, АН — анодно-накальная, АС — анодно-сеточная, АНС — анодно-накально-сеточная, Т — телефонная, Ф — фонарная и т. д.) и гальваническую пару (МЦ — марганцево-цинковую, ВЦ — воздушно-цинковую, ВМЦ — воздушно-марганцево-цинковую, РЦ — ртутно-цинковую и т. д.). Галетные и чашечные элементы обозначают буквами «г» и «ч» соответственно (стаканчиковые дополнительных обозначений не имеют). Буквы «х» и «у» обозначают тип элементов и батарей: холодостойкие или универсальные. При отсутствии этих букв тип батарей летний. Буква «п» после цифр указывает на то, что выводные провода батареи подведены к панели, в которую вставлена переходная колодка шланга питания.

К элементам, предназначенным для питания транзисторных схем, относятся следующие:

1. Элементы МЦ (с электрохимической системой цинк — двуокись марганца с солевым электролитом).

Элементы МЦ сохраняют работоспособность в интервале температур от —30 до +60° С. Снижение их работоспособ-

ности в конце срока хранения составляет 15—20%. В начале разряда их э. д. с. равна 1,6 *в*, в конце разряда 0,9 *в*.

2. Малогабаритные элементы воздушно-цинковые (ВЦ) и марганцево-цинковые (МЦ) со щелочным электролитом. Из таких элементов собирают батарею (вставляют один элемент в другой, после чего их обвязывают). Основные характеристики батарей этого типа приведены в табл. 19.

Таблица 19

Основные характеристики батарей из элементов ВЦ и МЦ со щелочным электролитом

Наименование батареи	Система	Напряжение, *в*	Разрядное сопротивление, *ом*	Время работы, *ч*	Габариты, *мм*	Масса, *кг*	Что заменяют
«Восток»: анодная накальная сеточная	ВЦ	90 1,2 7,8	15 200 2,7 1400	800	240 × 175 × × 105	5,0	Комплект питания с солевым электролитом, массой 16,5 *кг*
«Полет»	ВЦ	9,0	435	2000	105 × 116 × × 206	3,3	60 элементов «Сатурн»
«Пионер»	ВЦ	9,0	435	600	54 × 108 × × 140	0,9	18 элементов «Сатурн»
«Крона ВЦ»	ВЦ	9,0	900	60	16 × 26 × 49	0,04	Три батареи «Крона-1»
«Синичка»	ВЦ	9,0	200	70	24×72×126	0,25	Девять батарей 3336Л
«Финиш»	МЦ	9,0	900	100	21 × 25 × 62	0,06	Батарею 7Д-0,1
3336Л (рамочной конструкции)	МЦ	4,5	15	16	22 × 63 × 65	0,2	Три батареи 3336Л

3. Батареи элементов типа «Крона-1» и «Крона-2», набранные из марганцево-цинковых элементов (набивная технология) галетного типа.

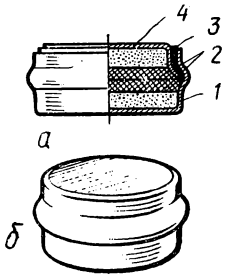


Рис. 62. Окиснортутные элементы:

а — устройство (*1* — стальной корпус с положительным электродом; *2* — пористые прокладки с электролитом; *3* — резиновая уплотняющая прокладка; *4* — крышка корпуса); *б* — внешний вид.

4. Окиснортутные элементы ОР (рис. 62). Обладают устойчивым постоянством э. д. с. в течение длительного времени вследствие малого саморазряда. Особенно хорошо эксплуатируются при длительном разряде малыми токами. Элементы собираются в батареи в виде столбиков с нужным напряжением. Столбик изолирован органической пленкой. Вибростойки (выдерживают перегрузку с ускорением до 200 *g*). Предназначены для работы при положительных температурах (до +50° С). При низких температурах (0° С и ниже нуля) емкость элементов уменьшается.

Разновидности окиснортутных элементов: элементы с цинковыми анодами, элементы с индиевыми и титановыми анодами, сухие цинко-двуокисьсульфатно-ртутные элементы. Последней разновидностью окиснортутных элементов являются ртутно-цинковые (РЦ). Они широко применяются для питания малогабаритной радиоаппаратуры и измерительных приборов. Устройство элементов РЦ такое же, как элементов ОР.

Щелочные аккумуляторы. Аккумулятор — источник постоянного тока многократного действия (это отличает его от гальванического элемента). При правильной эксплуатации аккумулятор можно заряжать и разряжать до 1000 раз. При зарядке (пропускании через аккумулятор постоянного тока от постороннего источника) в аккумуляторе накапливается (аккумулируется) электрическая энергия (электрическая энергия постороннего источника превращается в химическую энергию аккумулятора) и он сам становится источником тока. При разрядке накопленная энергия расходуется, химическая энергия превращается в электрическую.

Принцип работы аккумуляторов, как и гальванических элементов, основан на обмене электронов между материалами электродов при активном участии электролита (при замкнутой внешней цепи). При зарядке аккумуляторов в процессе электролиза на положительном электроде происходит реакция окисления, на отрицательном — реакция восстановления. При разрядке наоборот: на положитель-

ном электроде — реакция восстановления, на отрицательном — реакция окисления. Этим объясняется возможность многоразового использования аккумуляторов.

Широко распространенные щелочные кадмиево-никелевые ламельные аккумуляторы смонтированы в железных никелированных сосудах. Их положительные и отрицательные электроды собраны из тонких пластин никелированной стали, на которые напрессованы брикеты из порошкообразной активной массы (ламели). Активная масса положительных электродов состоит из гидроокиси никеля $Ni(OH)_3$, которая для увеличения электрической проводимости смешана с графитом. Активной массой отрицательных электродов служит смесь кадмия и железа. Брикеты активной массы помещены в оболочки из тонкой листовой стали с множеством отверстий. Пластины сварены между собой с зазором 1—1,5 *мм*, чтобы обеспечить доступ электролита к активной массе. Между пластинами помещают изолирующие прокладки для предотвращения плотного прилегания пластин друг к другу.

В настоящее время применяются также другие типы маломощных аккумуляторов: малогабаритные безламельные, дисковые и цилиндрические.

Для питания накальных цепей ламп радиостанций малой мощности, как правило, используются щелочные акку-

Таблица 20

Характеристики некоторых аккумуляторных батарей типа НКН

Тип батареи	Номинальное напряжение батареи, *в*	Номинальный зарядный ток в течение 7 *ч*, *а*	Нормальный 8-часовой разрядный ток, *а*	Конечное разрядное напряжение, *в*
2НКН-22	2,5	5,5	2,5	2
2НКН-24	2,5	6	3	2
4НКН-45	5	11,25	5,6	4
5НКН-45	6,25	11,25	5,6	5

муляторные батареи 2НКН-22, 2НКН-24, 4НКН-45, 5НКН-45 (табл. 20). Для питания анодно-экранных цепей низкое напряжение аккумуляторной батареи с помощью

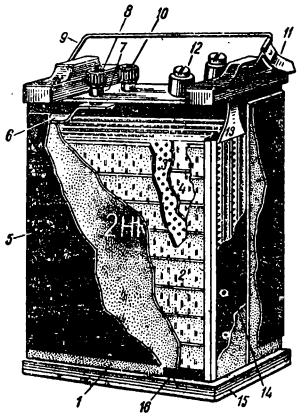


Рис. 63. Устройство и внешний вид аккумуляторной батареи 2НКН-24:

1 — сосуд; *2* — положительная пластина; *3* — изолирующая прокладка (сепаратор); *4* — отрицательная пластина; *5* — резиновый чехол; *6* — шина отрицательных пластин; *7* — изолирующие шайбы; *8* — выводной зажим отрицательного электрода; *9* — ручка; *10* — выводной зажим положительного электрода; *11* — бирка; *12* — пробка; *13* — шина положительных пластин; *14* — изолирующая прокладка; *15* — резиновый поддон; *16* — изолирующая подставка.

вибрационных или транзисторных преобразователей преобразуется в необходимое высокое постоянное напряжение.

Маркировка аккумуляторов. Первая цифра указывает число последовательно соединенных аккумуляторных элементов в батарею. Буквы, следующие за первой цифрой, указывают назначение аккумуляторной батареи и материал электродов (например, НКН — накальная кадмиево-никелевая). Последние цифры характеризуют номинальную электрическую емкость батареи в ампер-часах.

Устройство аккумуляторной батареи 2НКН-24. У аккумуляторов батареи 2НКН-24 (рис. 63) в одном элементе положительные пластины соединены непосредственно с сосудами, а отрицательные пластины изолированы от них при помощи пластмассовых прокладок (сепараторов) или бакелитовых стержней. Во втором элементе с сосудом аккумулятора соединены отрицательные пластины и изолированы положительные пластины. Сосуды обоих элементов соединены между собой при помощи сварки. Число положительных пластин в аккумуляторе на одну больше, чем отрицательных пластин, и они толще. Число и размеры отрицательных пластин определяют емкость аккумулятора. Один квадратный дециметр отрицательной пластины соответствует номинальной емкости аккумулятора (10 *а·ч*).

Электролитом аккумулятора 2НКН-24 служит раствор едкого калия высшего сорта или сорта «А» в дистиллированной воде с добавкой на 1 *л* раствора 20 *г* моногидрата лития. Плотность электролита 1,19—1,21. С таким электролитом аккумуляторы могут работать при окружающей температуре от —15 до +35° С, а кратковременно даже при температуре до +45° С. Составной электролит обеспечивает

наиболее длительный срок службы аккумуляторов. При температуре ниже —15° С плотность электролита должна быть 1,25—1,27. При температуре + (15 ÷ 25)° С аккумуляторы отдают номинальный заряд. При пониженной температуре емкость аккумуляторов уменьшается: при температуре —10° С они отдают в среднем 85%, при температуре —20° С — около 75%, а при температуре —40° С — только 20% от номинальной емкости.

Уровень электролита в аккумуляторах должен поддерживаться на 8—15 *мм* выше пластин. Для предохранения электролита от поглощения углекислоты из воздуха в аккумуляторы вливают вазелиновое масло или керосин по 5—8 *см*³ в каждую банку.

Безламельные кадмиево-никелевые аккумуляторы. В настоящее время широкое применение находят безламельные кадмиево-никелевые аккумуляторы КНБ (рис. 64). Они надежны в работе. Их можно применять при достаточно низкой температуре.

Корпусы сосудов, вентиляционные пробки, сепараторы и некоторые другие мелкие детали безламельных кадмиево-никелевых аккумуляторов изготовлены из пластических масс, что уменьшает коррозию и саморазряд аккумуля-

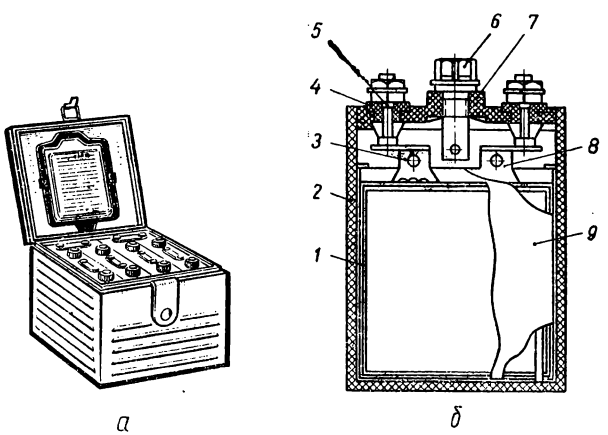


Рис. 64. Безламельный кадмиево-никелевый аккумулятор:

а — внешний вид; *б* — устройство (*1* — пластмассовый моноблок; *2* — изоляционное ребро; *3* — блок положительных пластин; *4* — резиновая втулка; *5* — шайба; *6* — пробка; *7* — крышка; *8* — блок отрицательных пластин; *9* — капроновая ткань).

тора, почти исключая случайные короткие замыкания через металлические части.

Основные характеристики некоторых аккумуляторных батарей типа КНБ приведены в табл. 21.

Таблица 21

Характеристики некоторых аккумуляторных батарей типа КНБ

Обозначение	Напряжение, *в*		Ток разряда, *а*	Емкость, *а·ч*		Габариты, *мм*	Масса, *кг*
	номинальное	в конце разряда		при +20° С	при −40° С		
2КНБ-2	2,52	1,8	0,4	2	1,2	36×36×92	0,2
2КНБ-15	2,52	2,0	5,0	15	5,5	112×83×125	2,1
2КНБ-20	2,52	2,0	5,9	20	7,0	163×44×127	1,6
4КНБ-20	5,0	4,0	6,5	20	7,0	180×93×127	3,2
4КНБ-25	5,0	4,0	6,5	25	12,0	180×151×132	5,8
8КНБ-25	10,0	8,0	7,5	25	16,0	190×180×135	7,5
10КНБ-60	12,5	10,0	15,0	60	30	450×178×225	30

Герметичные дисковые и цилиндрические кадмиево-никелевые аккумуляторы. В качестве источников питания малогабаритной переносной аппаратуры на транзисторах применяются герметичные дисковые (Д) и цилиндрические (ЦНК) кадмиево-никелевые аккумуляторы. Дисковые аккумуляторы имеют размеры двух- или трехкопеечной монеты и собраны в стальной никелированной банке, состоящей из корпуса и крышки. Эти детали изолированы друг от друга эластичной герметизирующей прокладкой и являются контактными выводами аккумулятора (крышка — отрицательный, корпус — положительный вывод). Номинальное напряжение данных аккумуляторов — 1,3 *в*. Они рассчитаны для работы при температурах выше 0° С. В течение месяца саморазряд заряженного аккумулятора составляет 40%.

Таблица 22

Характеристики малогабаритных аккумуляторных элементов и батарей

Тип	Напряжение, *в*	Емкость, *а·ч*	Рекомендуемый ток разряда, *ма*	Рекомендуемый ток заряда при 15-часовом режиме, *ма*
Д-0,01	1,2—1,6	0,01	1	1
Д-0,06	1,2—1,6	0,06	6—12	6
Д-0,1	1,2—1,6	0,1	10—20	10
Д-0,25	1,2—1,6	0,25	25—50	25
7Д-0,1	8,75—9,0	0,1	10—20	10
10Д-0,25	12,5	0,25	25—50	25

Правила эксплуатации и хранения аккумуляторов.

1. Аккумуляторы должны всегда содержаться в сухом и чистом виде.

2. Зажимы, никелированные пробки и ручки аккумуляторов нужно смазывать тонким слоем технического вазелина, чтобы предохранить их от окисления.

3. Аккумуляторы необходимо очищать от солей и ржавчины тряпкой, смоченной керосином, затем протирать насухо и смазывать вазелином.

4. Отверстия в пробках нужно периодически очищать от грязи.

5. Нельзя допускать короткого замыкания зажимов аккумулятора.

6. Необходимо проверять плотность контактов соединительных проводов с зажимами аккумулятора.

7. Разряженные аккумуляторы нужно без задержки ставить или отправлять на зарядку. При зарядке аккумулятора и смене электролита следует строго выполнять инструкцию по уходу за щелочными кадмиево-никелевыми аккумуляторами.

8. При необходимости длительного хранения щелочного аккумулятора без его эксплуатации аккумулятор нужно разрядить при номинальном токе до напряжения 1 *в*, вылить электролит, промыть свежим электролитом,

плотно завернуть пробки, металлические неокрашенные части смазать техническим вазелином, после чего поставить в сухое чистое помещение.

9. Щелочные аккумуляторы нельзя держать рядом с кислотными.

10. Нельзя нагружать аккумулятор выше значения тока, указанного в его паспорте.

11. Нельзя разряжать аккумулятор до напряжения меньшего, чем указано в инструкции (2НКН-24 — ниже 2 *в*).

12. Уровень электролита в аккумуляторах всегда должен быть на 8—15 *мм* выше уровня пластин.

13. Конечное разрядное напряжение щелочных аккумуляторов должно быть не ниже 1 *в*, конечное зарядное напряжение при нормальном шестичасовом заряде — 1,75—1,8 *в*. Нормальное рабочее напряжение — 1,25 *в*.

2. Зарядка аккумуляторов. Зарядное устройство на полупроводниках для малогабаритных аккумуляторов

Аккумуляторы заряжают только от источников постоянного тока: генераторов, сети постоянного тока или сети переменного тока с использованием выпрямителя. При этом положительный полюс аккумуляторной батареи подключен к положительному полюсу источника тока, отрицательный — к отрицательному (рис. 65). Величина зарядного тока обычно указывается в паспорте аккумулятора. Для ограничения величины зарядного тока в цепь последовательно с аккумулятором включают реостат, при помощи которого в цепи можно установить необходимую величину зарядного тока. Признаком окончания зарядки щелочного аккумулятора является повышение напряжения каждой банки до 1,75 *в* (при разрядке это напряжение быстро падает до нормального рабочего напряжения 1,25 *в*).

Ориентировочную величину зарядного тока можно определить делением емкости аккумулятора в ампер-часах на четыре, разрядного тока — делением на восемь.

Электролитом для щелочных аккумуляторов служит: зимой при температуре от +10 до —10° С раствор едкого кали в воде (зимний электролит) плотностью 1,19—1,21 *г/см*^{3} (при более низких температурах плотность 1,27—1,3 *г/см*^{3}); летом при температуре от +10 до +35° С раствор едкого на-

ра в воде (летний электролит) плотностью 1,17—1,19 *г/см*³. Напомним, что в аккумуляторах 2НКН-24 электролит имеет прибавку 20 *г* моногидрата лития на 1 *л* электролита. Измельченное едкое кали (или едкий натр) засыпают в сосуд с водой и помешивают палочкой. Плотность измеряют ареометром, температуру — термометром. Заливают электролит через стеклянную воронку до уровня на 8—15 *мм* выше пластин. Поблизости не должно быть искр и пламени. Излишний электролит удаляют резиновой грушей.

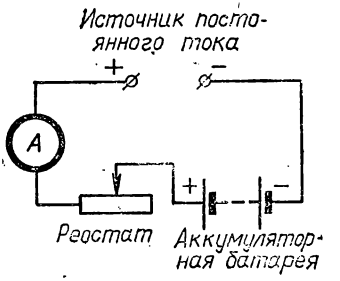


Рис. 65. Схема зарядки аккумуляторов.

Перед включением аккумуляторов на зарядку к источнику постоянного тока определяют напряжение и ток зарядки. Напряжение источника постоянного тока должно быть не меньше напряжения аккумуляторной батареи в конце заряда. Ток зарядки устанавливают с помощью реостатов согласно указаниям в паспорте аккумулятора.

Малогабаритные герметизированные кадмиево-никелевые аккумуляторы допускают около 500 зарядно-разрядных циклов. Их напряжение в конце зарядки составляет 1,5 *в* и в процессе разрядки падает до 1 *в*, после чего аккумулятор следует поставить на зарядку. Ток заряда зависит от емкости и типа применяемого аккумулятора. Увеличивать зарядный ток выше указанных значений нельзя, так как это приведет к порче аккумулятора. Время заряда составляет 15 *ч*. Увеличивать это время, а также разряжать аккумуляторы до напряжения ниже 1 *в* не следует.

Для питания транзисторных приемников широко используют аккумуляторную батарею 7Д-0,1 с начальным напряжением 9 *в*, емкостью 0,1 *а·ч* и напряжением в конце разрядки 7 *в*. Ниже этой величины батарею разряжать нельзя. Батареи 7Д-0,1 заряжают от специального зарядного устройства (рис. 66). Конструктивно зарядное устройство может быть оформлено в виде штепсельной вилки, в корпусе которой находятся резисторы, диод и переключатель сети.

Ток заряда, как известно, зависит от емкости и типа применяемого аккумулятора (например, зарядный ток аккумуляторной батареи 7Д-0,1 равен 12 *ма*). Величина зарядного тока главным образом определяется сопротивлениями

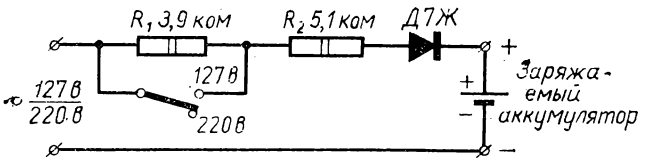


Рис. 66. Схема зарядного устройства на полупроводниках для малогабаритных аккумуляторов.

резисторов R_1 и R_2 и мало зависит от напряжения аккумуляторной батареи. Например, при зарядке батареи, состоящей из аккумуляторов Д-0,06, сопротивление резистора R_1 нужно увеличить до 9,1 *ком*, R_2 — до 11 *ком*, а при зарядке батареи, состоящей из аккумуляторов Д-0,2, сопротивление резистора R_1 следует уменьшить до 2,0 *ком*, R_2 — до 3,0 *ком*. Чтобы не повредить аккумуляторы во время зарядки, необходимо строго соблюдать нужную полярность подключения к зарядному устройству.

3. Выпрямители

Переменный ток преобразуется в постоянный с помощью устройств, которые называются выпрямителями. Основной частью выпрямителя является электрический вентиль — прибор, пропускающий ток только в одном направлении. В качестве вентилей могут служить двухэлектродные лампы — кенотроны и полупроводниковые приборы (селеновые столбы, германиевые и кремниевые диоды).

Преобразование переменного тока в постоянный осуществляется в два этапа: сначала переменное напряжение преобразуется в пульсирующее (процесс выпрямления), а затем пульсации уменьшаются до практически неощутимой величины — сглаживаются. Сглаживание пульсаций достигается применением в выпрямителях сглаживающих фильтров (например, цепей из конденсаторов большой емкости и дросселей с сердечником).

В радиотехнике выпрямители применяются в основном для питания каскадов радиоаппаратуры, собранных на электронных лампах или полупроводниковых приборах, и зарядки аккумуляторов.

Ламповый выпрямитель. Легче всего понять принцип работы выпрямителя на примере работы простейшего лампового выпрямителя (рис. 67, *а*). В качестве вентиля

в таком выпрямителе используется двухэлектродная лампа — кенотрон. При подаче переменного напряжения на анод в течение времени первого периода 0—1 (рис. 68), когда напряжение на аноде относительно катода положительно, через лампу и нагрузку R будет проходить ток. В следующий отрицательный полупериод лампа окажется запертой, так как анод будет заряжен отрицательно относительно катода и ток через лампу и, следовательно, через нагрузку R течь не будет. В следующий полупериод ток снова пройдет через кенотрон и через нагрузку. Таким образом, вследствие наличия в схеме вентиля через нагрузку R протекает пульсирующий ток (частота пульсаций равна частоте подводимого к выпрямителю переменного тока). Напряжение на нагрузке R будет тоже пульсирующим. Оно является источником сильных помех — фона в радиоприемниках.

Чтобы сгладить пульсации такого напряжения и избавиться от фона, можно присоединить параллельно нагрузке R конденсатор C_1 (рис. 67, *б*), являющийся простейшим фильтром. Этот конденсатор под действием импульса тока, протекающего через кенотрон, быстро заряжается до максимального напряжения на нагрузке. При уменьшении тока и отсутствии его во время отрицательного напряжения на аноде конденсатор начнет медленно разряжаться через нагрузку R, поддерживая в ней ток того же направления. Чем больше емкость конденсатора C_1, тем больше будет его заряд и тем больше времени потребуется на его разрядку, следовательно, тем более постоянным будет напряжение на нагрузке.

Сглаживающие свойства фильтра улучшаются включением в него дополнительно дросселя *Др* (катушки индуктивности с сердечником из мягкой стали), обладающего большой индуктивностью, и второго конденсатора C_2 (П-образный фильтр) (рис. 67, *в*). Чем больше индуктивность дросселя и ем-

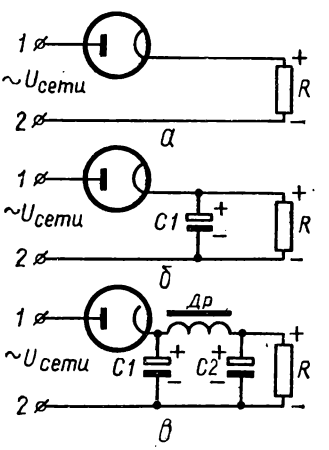


Рис. 67. Упрощенная схема однополупериодного лампового выпрямителя:

а — без фильтра; *б* — с емкостным фильтром; *в* — с П-образным фильтром.

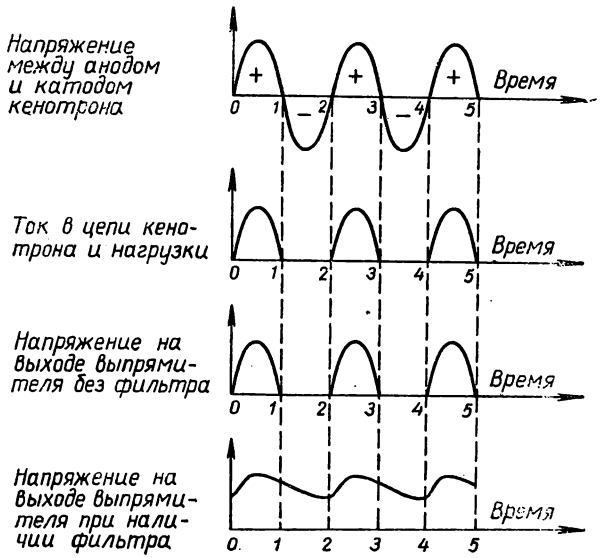


Рис. 68. Графики, поясняющие работу однополупериодного кенотронного выпрямителя.

кость конденсаторов, тем более постоянное напряжение получается на выходе фильтра.

В фильтрах применяют электролитические конденсаторы емкостью от десятков до тысяч микрофарад на рабочее напряжение до 400 *в*; дроссель может быть заменен резистором сопротивлением 2—3 *ком*.

Рассмотренная схема простейшего выпрямителя называется однополупериодной. Она не позволяет заземлять шасси выпрямителя во избежание короткого замыкания. Поэтому более совершенной является однополупериодная схема кенотронного выпрямителя с трансформатором (рис. 69). Так как в этой схеме напряжение на анод подается не непосредственно, а со вторичной обмотки трансформатора, это позволяет заземлить шасси и получить постоянное напряжение значительно выше подводимого. Но однополупериодные кенотронные выпрямители обладают большим внутренним сопротивлением, ограничивающим величину выпрямленного тока, и требуют из-за низкой частоты пульсаций дорогостоящих фильтров.

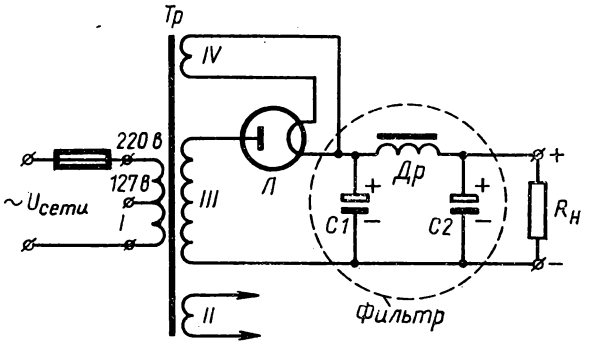


Рис. 69. Схема однополупериодного кенотронного выпрямителя с трансформатором.

Для питания радиоаппаратуры чаще всего пользуются выпрямителями, работающими по двухполупериодной схеме (рис. 70). В основе принципа работы такого выпрямителя лежит использование обоих полупериодов переменного тока. Двухполупериодный выпрямитель представляет собой сочетание двух однополупериодных выпрямителей, работающих на общую нагрузку. Когда на анод одного из кенотронов подается положительное напряжение (рис. 71), на анод второго кенотрона подается отрицательное напряжение. В следующий полупериод полярность этого напряжения на анодах кенотронов изменяется на противоположную, так что лампы работают поочередно и процесс выпрямления переменного тока идет непрерывно. Частота пульсаций тока по сравнению с однополупериодной схемой выпрямления увеличивается вдвое. Это увеличивает выпрямленный ток и облегчает задачу сглаживания пульсаций.

Существуют схемы двухполупериодных выпрямителей с удвоением, утроением и учетверением выпрямляемого подводимого напряжения.

Современные выпрямители для радиотехнических устройств строятся по

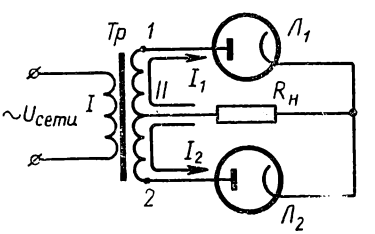


Рис. 70. Упрощенная схема двухполупериодного выпрямителя.

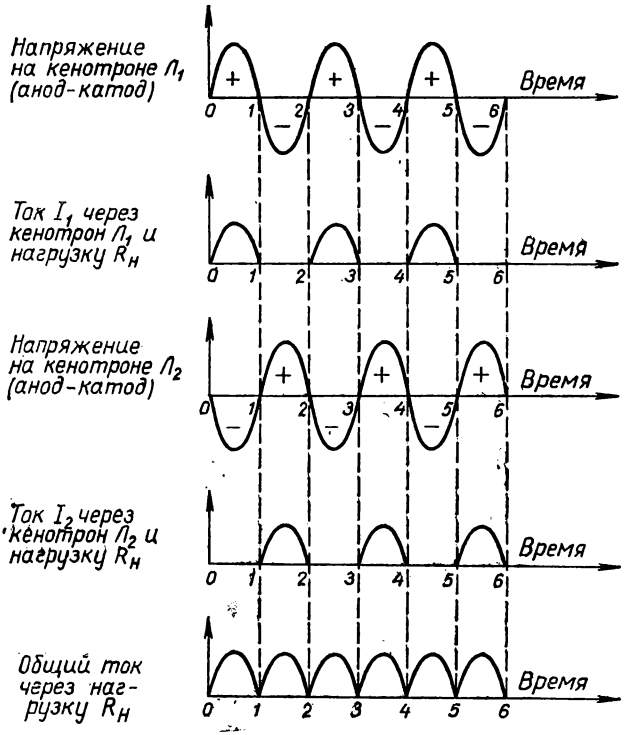


Рис. 71. Графики, поясняющие работу двухполупериодного выпрямителя.

двухполупериодной схеме (рис. 72) на одном из двуханодных кенотронов 5Ц3С, 5Ц4С, 6Ц4П. В выпрямителях для питания кинескопов и осциллографических трубок используются одноанодные высоковольтные кенотроны (1Ц1С, 1Ц11П и др.). Для выпрямления больших токов (более 0,5—1 *а*) применяют газотроны и тиратроны.

Выпрямители на полупроводниках. Принцип использования полупроводникового германиевого диода в качестве вентиля выпрямителя (рис. 73, *а*) основан на свойстве односторонней проводимости диода: при подаче на диод переменного напряжения при положительных полупериодах на его аноде он будет отпираться и пропускать значительный прямой ток $I_{пр}$, а при отрицательных полупе-

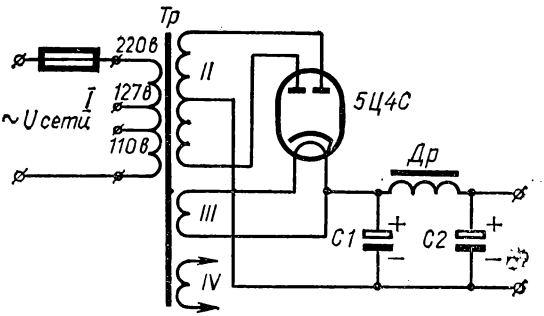


Рис. 72. Принципиальная схема двухполупериодного кенотронного выпрямителя.

риодах на аноде он будет запираться и пропускать незначительный обратный ток $I_{обр}$. Прямой ток $I_{пр}$ диода в сотни тысяч раз больше обратного тока $I_{обр}$. На практике пренебрегают малым обратным током, так как у исправных плоскостных диодов он не превышает десятых долей миллиампера (у точечных — еще меньше). В результате через нагрузку выпрямителя $R_н$ течет пульсирующий ток одного направления. Сглаживание пульсаций выпрямленного тока достигается при помощи фильтра. Проводник, соединенный с катодом диода, — положительный полюс выпрямителя; другой конец вторичной обмотки трансформатора — отрицательный полюс выпрямителя.

Диод нельзя включать в прямом направлении без нагрузки, так как из-за недопустимо большого тока, проходящего через него, он быстро выйдет из строя.

Выпрямитель, в котором ток во внешнем участке цепи течет в основном только при положительных полупериодах напряжения на аноде диода, называют однополупериодным. Такой выпрямитель может быть использован для питания электродвигателя постоянного тока, зарядки малогабаритных аккумуляторов.

Для использования обоих полупериодов переменного тока при его выпрямлении выпрямителем на полупроводниках применяют схему двухполупериодного выпрямления (рис. 73, *б*). В таком выпрямителе должны работать не менее двух однотипных диодов, включенных навстречу друг другу. Вторичная обмотка трансформатора должна иметь отвод от середины. Диоды работают поочередно: когда поло-

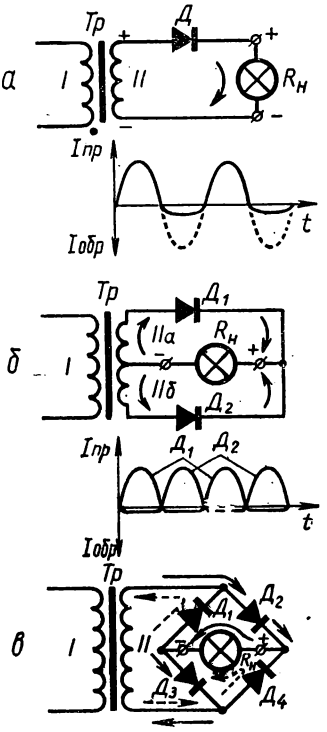


Рис. 73. Упрощенные принципиальные схемы и графики, поясняющие работу выпрямителей на диодах:

а — однополупериодный выпрямитель на одном диоде; *б* — двухполупериодный выпрямитель на двух диодах; *в* — выпрямитель на четырех диодах, собранный по мостовой схеме.

жительные полупериоды переменного напряжения на верхнем (по схеме) выводе вторичной обмотки трансформатора, ток идет через диод $Д_1$, нагрузку $R_н$ к средней точке вторичной обмотки трансформатора, а второй диод заперт; когда же полярность переменного напряжения меняется, отпирается диод $Д_2$, а диод $Д_1$ запирается, ток идет через диод $Д_2$, нагрузку $R_н$ к средней точке вторичной обмотки трансформатора (т. е. в том же направлении, что и во время первого полупериода). Происходит двухполупериодное выпрямление. При этом пульсация тока, проходящего через нагрузку, будет в два раза больше частоты подводимого к выпрямителю напряжения. В большинстве случаев к выпрямителю добавляют фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного тока.

В радиотехнике применяется также выпрямитель на четырех диодах, включенных по мостовой схеме (рис. 73, *в*); выпрямительный мост имеет четыре плеча, каждое из которых состоит из одного диода. Отвод от середины вторичной обмотки трансформатора не нужен. В каждый полупериод поочередно работают два диода противоположных плеч, включенных между собой последовательно, но встречно по отношению ко второй паре диодов. Когда на верхнем (по схеме) конце вторичной обмотки трансформатора будет положительное напряжение, ток пойдет через диод $Д_2$, нагрузку $R_н$, диод $Д_3$ к нижнему концу вторичной обмотки трансформатора. Диоды $Д_1$ и $Д_4$ в это время заперты. В следующий полупериод, когда первая пара диодов запирается,

а вторая отпирается, ток проходит через отпертые диоды $Д_4$ и $Д_1$, проходя через нагрузку в том же направлении.

Двухполупериодные и мостовые выпрямители на диодах могут быть использованы для устройства блоков питания приемников, усилителей, телевизоров и других радиотехнических устройств, для зарядки малогабаритных аккумуляторов.

Селеновые выпрямители. В селеновых выпрямителях в качестве вентилей используются селеновые столбики из алюминиевых пластин круглой или квадратной формы (рис. 74, *а*), на одну из поверхностей которых нанесен тонкий слой селена (полупроводник *р*-типа). Поверх слоя селена наносится слой специального катодного сплава (кадмий + олово) (рис. 74, *б*). С поверхностью катодного сплава контактирует пружинящая токосъемная шайба (с помощью этой шайбы селеновый выпрямитель включается в электрическую цепь).

Полупроводниковый вентиль в селеновых выпрямителях выполняет те же функции, что и кенотрон в ламповых выпрямителях. Прямое направление селенового вентиля — от стальной (алюминиевой) пластинки к катодному слою.

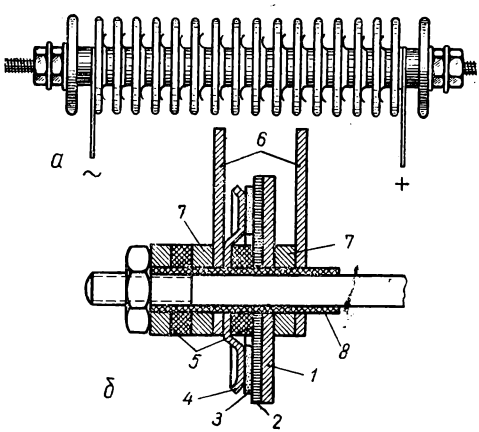


Рис. 74. Селеновый полупроводниковый вентиль:

а — селеновый столбик; *б* — устройство селеновой шайбы (*1* — стальная шайба; *2* — слой селена; *3* — катодный слой; *4* — пружинящая шайба; *5* — изоляционная шайба; *6* — контактные лепестки; *7* — втулки; *8* — изоляционная трубка).

Внутреннее сопротивление селенового выпрямителя невелико. Затрат энергии на накал нет. Поэтому к. п. д. селенового выпрямителя значительно выше, чем у ламповых выпрямителей. Селеновые выпрямители могут быть собраны по однополупериодной, двухполупериодной и мостовой схеме.

Число в наименовании селенового столба указывает диаметр или сторону квадрата элемента в миллиметрах, второе число — порядковый номер. Дополнительные буквы в конце наименования означают: Б — контактные пружинящие шайбы отсутствуют; М — столб малогабаритный; Н — столб не окрашен.

Школьный кенотронный выпрямитель ВК-3. Этот выпрямитель может быть использован в качестве источника выпрямленного тока для питания различных радиотехнических схем.

Выпрямитель состоит из следующих основных частей: сетевого трансформатора, двуханодного кенотрона 5Ц4С, дросселя фильтра, двух электролитических конденсаторов и клеммных щитков.

При работе с прибором соблюдают следующие правила. К выходному щитку выпрямителя подключают собранную радиосхему или установку (к зажимам 6, 3 *в* присоединяют цепь накала ламп, к зажимам «—общ» и «+250» или «—общ» и «+350» — анодную цепь). Затем заземляют корпус прибора (к зажиму «—общ» присоединяют заземляющий провод). После этого проверяют соответствие предохранителя напряжению сети и включают выпрямитель в сеть переменного тока. При выключении сначала отключают выпрямитель от сети, а затем — питаемую цепь.

При работе с выпрямителем надо соблюдать правила техники безопасности.

1. Не включать выпрямитель в сеть переменного тока без проверки положения переключателя питания.

2. Не перегружать выпрямитель.

3. При работе с выпрямителем не касаться контактных штифтов с напряжением «+250» и «+350» *в*.

4. Прежде чем разбирать цепь, подключенную к кенотронному выпрямителю, надо разрядить конденсаторы фильтра выпрямителя. Для этого необходимо соединить коротким проводником клеммы («—общ») и («+»).

Глава 5

ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

1. Основные сведения об измерительной технике

Классификация радиоизмерительной аппаратуры. В основу классификации радиоизмерительной аппаратуры положено ее назначение. В зависимости от назначения все радиоизмерительные приборы разделены на 16 основных групп. Каждая группа имеет несколько подгрупп.

Для радиоизмерительной аппаратуры установлена единая система условных обозначений. Каждая из 16 групп радиоизмерительных приборов обозначается определенной буквой русского алфавита — первой буквой условного обозначения прибора. Например: амперметры обозначаются буквой А, измерительные генераторы — буквой Г и т. д. Подгруппы обозначаются цифрой. Типы приборов каждой подгруппы различаются между собой порядковым номером. Если прибор комбинированный, то к буквенному обозначению основной группы добавляется буква К. После буквы К может стоять прописная буква русского алфавита — А, Б, В и т. д., обозначающая последовательность модернизации прибора (если прибор модернизирован).

Основные группы радиоизмерительных приборов имеют следующие буквенные обозначения:

А — приборы для измерения силы тока;

В — приборы для измерения напряжения;

М — приборы для измерения мощности;

Е — приборы для измерения параметров в условиях с сосредоточенными постоянными;

Р — приборы для измерения параметров в условиях с распределенными постоянными;

Ч — приборы для измерения частоты;

Ф — приборы для измерения сдвига фаз и времени запаздывания;

С — приборы для наблюдения и исследования формы сигналов и спектров;

Х — приборы для наблюдения и исследования характеристик радиоустройств;

И — приборы специальные для импульсных измерений;

У — усилители измерительные;

П — приборы для измерения напряженности поля и радиопомех;

Д — аттенюаторы и делители напряжения;

Э — элементы коаксиальных и волноводных трактов;

Г — генераторы измерительные;

Л — приборы для измерения параметров ламп и полупроводниковых приборов.

Каждый радиоизмерительный прибор обозначается тремя — пятью соответствующими знаками. Например, прибор ВК7-9 — это комбинированный универсальный вольтметр.

Методы радиоизмерений могут быть разделены на три основные группы.

Методы непосредственного отсчета, когда измеряемая величина определяется измерительным прибором и отсчитывается непосредственно по шкале прибора (например, напряжение, ток высокой частоты и т. д.).

Методы сравнения, когда измеряемая величина определяется путем сравнения ее действия на измеряющую систему с действием на эту систему другой известной величины. К этой группе методов относятся: нулевые методы (методы биений, моста, резонанса, осциллографический), методы замещения и методы совпадения.

Косвенные методы, когда искомую величину определяют путем расчета по результатам прямых измерений других величин, связанных с измеряемой известной зависимостью (например, определение сопротивления путем измерения силы тока и напряжения с последующим расчетом по формуле закона Ома).

Погрешности измерений. Степень точности электрорадиотехнических измерений определяется погрешностью, или ошибкой измерения. Различают два вида погрешностей: основные и дополнительные погрешности. Основные погрешности определяются при нормальных условиях работы (определенной температуре, частоте, питающем напряжении и др.). Дополнительные погрешности зависят от изменения перечисленных условий. Они могут быть систематическими и случайными. Основные погрешности могут быть

абсолютными (в единицах измерения величин) и относительными (в процентах).

Абсолютная погрешность γ — разность между истинным значением величины A и показаниями прибора A_0 (истинным значением величины считается величина, показанная образцовым прибором):

$$\gamma = A - A_0.$$

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, называется поправкой. Погрешность исключается прибавлением поправки к показанию прибора.

На практике чаще всего пользуются относительной погрешностью. Различают следующие виды относительной погрешности:

действительную относительную погрешность $\gamma_д$ — отношение абсолютной погрешности γ к действительному значению измеряемой величины $A_д$ (в процентах):

$$\gamma_д = \frac{\gamma}{A_д} 100\%;$$

номинальную относительную погрешность $\gamma_н$ — отношение абсолютной погрешности γ к показанию прибора A (в процентах):

$$\gamma_н = \frac{\gamma}{A} 100\%;$$

приведенную относительную погрешность $\gamma_{пр}$ — отношение абсолютной погрешности γ к верхнему пределу шкалы прибора $A_{пр}$ (в процентах):

$$\gamma_{пр} = \frac{\gamma}{A_{пр}} 100\%.$$

Для стрелочного электроизмерительного прибора наибольшая приведенная относительная основная погрешность определяет класс его точности.

Существует восемь классов точности стрелочных радиоизмерительных приборов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0. (Следует иметь в виду, что для многих радиоизмерительных приборов деление на классы точности не применяется.) Приборы первых четырех классов точности служат для лабораторных измерений, а четырех последних — для технических измерений. Показатель класса характеризует наибольшую допустимую погрешность измерения (поло-

жительную или отрицательную) и выражает эту погрешность в процентах от наибольшего показания шкалы, т. е. прибор может давать как преувеличенные, так и приуменьшенные значения. Например, погрешность вольтметра класса 0,2 со шкалой на 300 *в* может давать в любом месте рабочей части шкалы погрешность ±0,2% от 300 *в*, т. е. ±0,6 *в*.

Следует иметь в виду, что приборы с погрешностью более 4% считаются внеклассными.

В паспортах электрорадиоизмерительных приборов указывают их основную приведенную погрешность (иногда для нескольких пределов измерения). В отдельных случаях в паспортах указывают также дополнительные погрешности, связанные с изменением температуры, частоты и других факторов.

Правила эксплуатации и сбережения электрорадиоизмерительных приборов. При получении нового прибора следует проверить его комплектацию и привести в рабочее состояние. Смазку, которой покрыты наружные полированные части и крепежные детали, нужно снять спиртобензольной смесью или бензином и протереть детали гигроскопической ватой.

Перед каждым включением прибора необходимо убедиться в правильности положения переключателя питающего напряжения. Если прибор оказался в условиях низкой температуры (на морозе) или повышенной влажности, то перед включением он должен находиться в нормальных (комнатных) условиях в течение 24 *ч*.

При пользовании измерительными приборами необходимо точно учитывать время их работы, записывая количество отработанных часов в заводской формуляр. Заводы-изготовители устанавливают гарантийный срок безотказной работы измерительного прибора в 1—2 года. В зависимости от технического состояния все радиоизмерительные приборы подразделяются на пять категорий:

приборы исправные, находящиеся в эксплуатации, но еще не выработавшие гарантированные заводом-изготовителем сроки;

приборы исправные, гарантийный срок которых истек;

приборы, требующие поверки;

приборы, требующие регулировки до точности, заданной техническими условиями;

приборы, требующие капитального ремонта с полным перемонтажом и заменой деталей;

приборы неисправные, которые нецелесообразно ремонтировать.

К среднему ремонту относят устранение мелких неисправностей и замену отдельных деталей, не вызывающих необходимости полной наладки, к капитальному ремонту — более сложные виды ремонтных работ.

Если измерительным прибором не пользуются, то его необходимо уложить в укладочный ящик и хранить в сухом месте. Допускается хранение приборов в закрытых шкафах, но ни в коем случае не следует ставить их один на другой.

Перед длительным хранением измерительные приборы необходимо проверить, произвести мелкий ремонт, почистить, просушить и смазать, после чего разместить в укладочные ящики, которые устанавливают на стеллажах или подставках в закрытых отапливаемых помещениях.

В помещениях, где хранятся приборы, нельзя держать кислоты, смазки, аккумуляторы. При транспортировке все приборы и принадлежности к ним должны быть уложены в укладочные ящики и закреплены в них. Укладочные ящики помещают в упаковочные ящики соответствующих размеров и амортизируют пружинами, стружкой и т. п. Упаковочные ящики нельзя бросать и кантовать.

Техника безопасности при электрорадиоизмерениях. Все электрорадиоизмерительные приборы и проверяемые аппараты должны быть в устойчивом положении. Нельзя применять в качестве подставок и опор посторонние предметы (книги, инструменты и т. д.).

Перед измерением высоких напряжений и включением высоковольтных электрических установок необходимо:

проверить наличие комплекта защитных средств (резиновых перчаток, бот, резинового коврика, переносного заземления и т. д.);

проверить исправность системы защитных заземлений;

надежно заземлить металлический кожух вольтметра и делителя напряжения, используя специальные клеммы;

измерить сопротивление изоляции аппаратуры.

Во время измерений все операции выполнять только одной рукой; вторая рука должна быть свободной (при небольшом опыте работы с радиоизмерительной аппаратурой лучше всего свободную руку плотно прижать к телу).

Высоковольтный щуп, применяемый для измерения напряжений до 5—8 *кв*, держать только в резиновых перчат-

ках. При напряжениях свыше 5—8 *кв* применять специальные щупы на длинной заземленной штанге.

Во время измерений в цепях с напряжением выше 200—300 *в* обязательно присутствие второго лица в соответствии с правилами техники безопасности. Подключение к высоковольтным объектам измерений разрешается только при отключенном высоком напряжении. При этом следует предварительно разрядить конденсаторы высоковольтного фильтра выпрямителя путем замыкания их выводов изолированным проводником или отверткой с длинной изолирующей ручкой.

При измерении напряжений средних величин (до 300 *в*) один из щупов, если это позволяет схема исследуемой установки, соединяют с ее корпусом, а вторым щупом поочередно касаются требуемых точек цепи.

2. Устройство и принцип действия электрорадиоизмерительных приборов

Основные сведения об устройстве электрорадиоизмерительных приборов. Наиболее часто применяются электрорадиоизмерительные приборы, у которых отсчет измеряемой величины осуществляется с помощью шкалы и стрелочного указателя. Реже используются электроннолучевые и электронносветовые индикаторы.

Главным элементом шкалы стрелочного измерителя является линия с делениями и отметками, которые позволяют определить численное значение измеряемой величины; разность значений для двух соседних делений определяет цену деления шкалы. Цена деления зависит от верхнего и нижнего пределов измерений прибора и числа делений шкалы. Минимальное расстояние между соседними делениями — 0,6 *мм*. Шкалы бывают равномерными (все деления шкалы одинаковы) и неравномерными (деления шкалы неодинаковы). На шкалу нанесены условные знаки.

Указатели (чаще всего тонкие стрелки, укрепленные на оси или полуосях, помещенных в подпятниках) перемещаются вдоль шкалы действием измерительного механизма. Чтобы стрелки не касались корпуса прибора при измерениях и не гнулись, на шкале прибора имеются амортизирующие ограничители.

Перед началом измерений стрелка должна стоять точно против нулевой отметки. Для этого отверткой осторожно поворачивают винт корректора.

У прибора, который служит для измерения электрических величин в нескольких пределах, имеется переключатель пределов измерения. Перед включением прибора головку переключателя пределов устанавливают так, чтобы точка или риска на головке была против требующегося предела измерений.

Стрелка останавливается против определенной отметки шкалы вследствие наличия в измерительном механизме спиральных бронзовых пружин, которые препятствуют отклонению стрелки. Когда стрелка отклоняется до соответствующей отметки шкалы, демпфер — успокоитель (воздушный или магнитоиндукционный) быстро гасит ее колебания.

Подвижные части измерительного механизма уравновешиваются противовесами. При переноске и перевозке измерительный механизм закрепляют арретиром.

Чувствительность измерительного прибора характеризует его способность измерять малые значения электрических величин. Чем меньше значение электрической величины, которую может измерить прибор, тем он чувствительнее. Измерительные приборы качественно характеризуются также внутренним сопротивлением (сопротивлением между зажимами прибора, служащими для соединения с объектом измерения), так как измерительный прибор, будучи подключенным к электрической цепи, становится ее элементом — дополнительной нагрузкой. В зависимости от схемы и назначения внутреннее сопротивление может играть роль входного сопротивления (авометры, осциллографы, частотомеры) или выходного сопротивления (измерительные генераторы).

Измерительные системы. *Магнитоэлектрическая система.* Принцип действия измерительных приборов магнитоэлектрической системы основан на взаимодействии магнитного поля проводника, по которому проходит ток, с полем постоянного магнита (рис. 75).

Подвижная (вращающаяся) катушка (рамка), входящая в измерительный механизм, помещена в поле сильного постоянного магнита. При прохождении тока через катушку она отклоняется (поворачивается) вместе со стрелкой, укрепленной на оси, на угол, пропорциональный измеряемому току. Поэтому шкала прибора линейная (равномерная).

Направление поворота рамки зависит от направления тока в катушке.

Магнитоэлектрические измерители не чувствительны к внешним магнитным полям. Приборы магнитоэлектрической системы применяют для измерений в цепях постоянного тока. В сочетании с выпрямительным устройством их используют для измерения переменных токов и напряжений низкой частоты, а с термопреобразователем — для измерения токов высокой частоты.

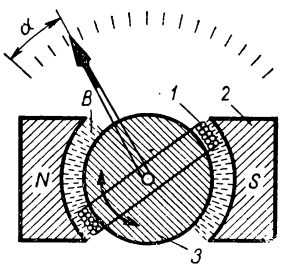


Рис. 75. Измерительный механизм приборов магнитоэлектрической системы:

1 — подвижная рамка; *2* — постоянный магнит; *3* — стальной цилиндр.

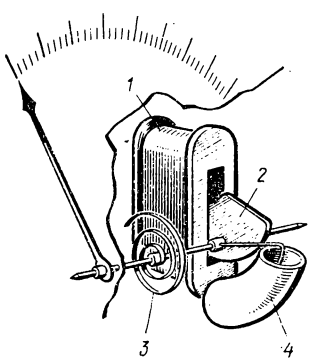


Рис. 76. Измерительный механизм приборов электромагнитной системы:

1 — катушка; *2* — стальной сердечник (лепесток); *3* — спиральная пружина; *4* — успокоитель (демпфер).

Электромагнитная система. Принцип действия измерительных приборов электромагнитной системы основан на взаимодействии ферромагнитного сердечника и катушки, по которой проходит ток (рис. 76). Магнитное поле, создаваемое измеряемым током, втягивает внутрь катушки стальной сердечник, укрепленный на оси, и поворачивает ось со стрелкой. Чем больше ток, тем сильнее втягивается сердечник и на больший угол поворачивается стрелка прибора. При изменении направления тока в обмотке одновременно меняется полярность намагничивающегося сердечника. Поэтому направление тока в катушке не влияет на направление движения сердечника: он всегда втягивается внутрь катушки, отклоняя в ту же сторону стрелку.

Шкала прибора квадратичная (неравномерная) — сжатая в начале и растянутая в конце. Внешние магнитные поля оказывают заметное влияние на точность измерений. Поэтому приборы электромагнитной системы обычно помещают в экраны.

Так как сила, необходимая для поворота подвижной системы электромагнитных измерительных механизмов, достаточно большая, приборы этой системы непригодны для измерения небольших токов и напряжений. Приборы электромагнитной системы применяют преимущественно для измерения переменных токов и напряжений низкой частоты (до 500 *гц*) и постоянного тока. Приборы не чувствительны к перегрузкам.

Электродинамическая система. Принцип действия измерительных приборов электродинамической системы основан на взаимодействии токов, протекающих по неподвижной и вращающейся в ней подвижной катушкам измерительного механизма (рис. 77). Угол поворота подвижной катушки, а вместе с ней и стрелки, зависит от величины тока, проходящего по катушкам, и пропорционален квадрату величины этого тока. Направление тока в катушках может изменяться лишь одновременно. Поэтому независимо от направления тока подвижная катушка (со стрелкой) поворачивается в одну сторону.

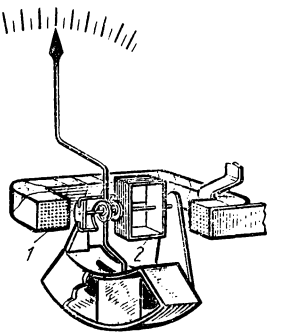


Рис. 77. Измерительный механизм приборов электродинамической системы:

1 — неподвижная катушка; *2* — подвижная катушка.

Для увеличения чувствительности прибора обмотку неподвижной катушки помещают на магнитопроводе. Эта разновидность электродинамической системы называется ферродинамической (рис. 78).

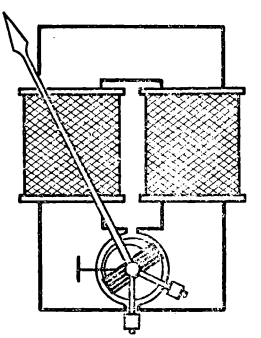


Рис. 78. Измерительный механизм приборов ферродинамической системы.

Приборы ферродинамической системы не чувствительны к влиянию внешних магнитных полей, но менее точны по сравнению с приборами других систем.

Электродинамические приборы дают более точные результаты измерений по сравнению с приборами других систем при измерениях в цепях переменного тока. Используются преимущественно в качестве

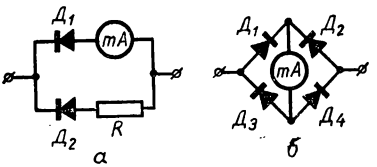


Рис. 79. Схемы приборов выпрямительной системы:

а — однополупериодная; *б* — мостовая.

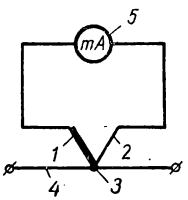


Рис. 80. Схема устройства приборов термоэлектрической системы:

1, *2* — термопара; *3* — место спая; *4* — подогреватель; *5* — магнитоэлектрический прибор.

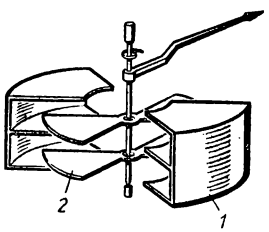


Рис. 81. Измерительный механизм приборов электростатической системы:

1 — неподвижные пластины; *2* — подвижные пластины.

лабораторных и контрольных приборов для измерения токов и напряжений низкой частоты (до 100 *гц*), а также мощности. Электродинамические приборы чувствительны к перегрузкам. На их точность оказывают влияние внешние магнитные поля. Для уменьшения погрешностей измерения повторяют дважды: при одном направлении тока и при обратном. Результатом измерения считают среднее арифметическое обоих показаний прибора.

Выпрямительная (детекторная) *система*. Измерительные приборы выпрямительной системы представляют собой сочетание прибора магнитоэлектрической системы с выпрямителем (рис. 79). В качестве выпрямителей в детекторных измерительных приборах прежде использовались преимущественно меднозакисные (купроксные) и селеновые выпрямители. В последнее время широко применяют полупроводниковые диоды. Выпрямители могут быть включены по однополупериодной или мостовой схеме. Начальный участок шкалы прибора сжат (до 10%). Это определяется характеристикой выпрямителя. В рабочей части шкала почти равномерна. Класс точности этих приборов не выше 1,5.

Детекторные измерительные приборы служат для измерения переменных токов и напряжений частотой до 10 *кгц* (и выше при применении германиевых диодов).

Термоэлектрическая система. Измерительный прибор термоэлектрической системы представляет собой магнитоэлектрический прибор с термопарой — термопреобразователем, выполняющим роль выпрямителя (рис. 80). Термопара состоит из двух разнородных металлов (стальной и константановой проволок), спаянных вместе. Она соединена с магнитоэлектрическим прибором, а место спая имеет контакт с подогревателем, выполненным в виде металлической нити, по которой пропускают переменный ток. Ток нагревает место спая, в результате чего возникает термоэлектродвижущая сила, вызывающая постоянный ток в цепи термопары и стрелочного индикатора, что в свою очередь вызывает отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора.

Прибор градуируется по переменному току.

Шкала прибора неравномерная, близкая к квадратичной (тепло, выделяемое в термоэлементе, пропорционально квадрату измеряемой силы тока). Точность невысокая — 2,5—5%. Основное назначение приборов термоэлектрической системы — измерение переменных токов низкой и высокой частот.

Электростатическая система. Принцип действия измерительных приборов электростатической системы основан на взаимодействии двух или нескольких заряженных тел (рис. 81). Измерительный механизм состоит из двух или нескольких неподвижных пластин и одной или нескольких подвижных, связанных с осью стрелки. Измеряемое напряжение подводится одним полюсом к неподвижным пластинам, другим — к подвижным, которые втягиваются при этом внутрь неподвижных. Угол поворота стрелки зависит от величины приложенного напряжения.

Шкала сжата в начале и почти равномерна в остальной части. Применяется прибор для измерения высоких напряжений в цепях постоянного и переменного тока.

Электронная система. Принцип действия измерительных приборов электронной системы основан на использовании в измерительном приборе электронной лампы или полупроводниковых приборов (их выпрямительных и усилительных свойств) в сочетании со стрелочным индикатором. Чаще всего эта система применяется в приборах магнитоэлектрической системы. Принцип работы этой системы измерительных приборов рассматривается ниже при описании ламповых вольтметров.

В табл. 23 приведены условные обозначения, помещаемые на шкалах приборов для их характеристики.

Таблица 23

Условные обозначения на шкалах стрелочных электрорадиоизмерительных приборов

Наименование прибора и его характеристики	Условное обозначение на шкале
Амперметр	A
Миллиамперметр	mA
Микроамперметр	μA
Вольтметр	V
Киловольтметр	kV
Омметр	Ω
Мегомметр	MΩ
Ваттметр	W
Частотомер	Hz
Фазометр	Ф
Микрофарадометр	μF
Магнитоэлектрическая система прибора с подвижной рамкой	
Магнитоэлектрическая система прибора с подвижным магнитом	
Электродинамическая система	
Ферродинамическая система	

Продолжение

Наименование прибора и его характеристики	Условное обозначение на шкале
Электростатическая система	
Преобразователь термоэлектрический	
Преобразователь фотоэлектрический	
Преобразователь электронный	
Выпрямитель полупроводниковый	
Постоянный ток	—
Переменный ток однофазный	∼
Переменный ток трехфазный	≋
Постоянный и переменный токи	≂
Класс точности (например, 2,5)	(2,5) 2,5
Рабочее положение шкалы горизонтальное	→, ⊓
Рабочее положение шкалы вертикальное	↑, ⊥
Рабочее положение шкалы наклонное (например, под углом 60°)	∠60

Продолжение

Наименование прибора и его характеристики	Условное обозначение на шкале
Испытательное напряжение изоляции прибора (например, 2 *кв*)	2 2kV
Электростатический экран для защиты от внешних полей	II II
Магнитный экран для защиты от внешних полей (цифра указывает категорию защищенности: I, II, III или IV)	
Прибор нормально работает в любых условиях (при температуре окружающего воздуха от —40 до +60° С и относительной влажности до 98%)	Б
Прибор предназначен для работы в полевых условиях	B_1
Прибор предназначен для работы в морских условиях	B_2
Прибор предназначен для работы в тропическом климате	Т

3. Способы измерения электрических величин

Измерение постоянного тока. Постоянный ток измеряют с помощью амперметра (миллиамперметра, микроамперметра). Амперметр включают в цепь последовательно. Его сопротивление должно быть во много раз меньше сопротивления цепи. Для измерения токов бо́льших, чем ток полного отклонения стрелки индикатора, т. е. для расширения пределов измерения тока, к амперметру подключают

шунт. Шунт представляет собой резистор, который включают параллельно индикатору (последовательно в цепь измеряемого тока). Поэтому измеряемый ток ($I_{изм}$) равен сумме токов, проходящих через шунт ($I_ш$) и индикатор ($I_и$):

$$I_{изм} = I_ш + I_и \text{ или } I_ш = I_{изм} - I_и.$$

Отсюда по закону Ома можно определить сопротивление шунта:

$$R_ш = \frac{I_и}{I_{изм} - I_и} R_и,$$

где $R_ш$ — сопротивление шунта, *ом*;
$R_и$ — внутреннее сопротивление индикатора, *ом*;
$U_и = I_и R_и$ — падение напряжения на концах шунта (и индикатора), *в*;
$I_{изм} - I_и$ — ток, протекающий через шунт, *а*.

Шунт представляет собой проволочный резистор из манганина или константана (рис. 82). Схема включения в цепь амперметра с шунтом приведена на рис. 83. Многопредельные амперметры имеют несколько шунтов. Переключая их, можно измерить как малые, так и большие токи одним прибором. Переключать шунты, разрывая при этом цепь, нельзя, так как в этом случае весь измеряемый ток пойдет через индикатор и может его повредить.

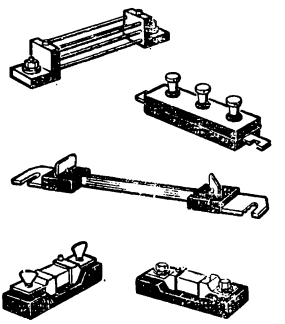


Рис. 82. Шунты к амперметрам.

В технике измерений применяют универсальный шунт, подключенный постоянно к индикатору (рис. 84).

Для отсчета показаний прибора с шунтами у него имеется либо несколько шкал (по числу шунтов), либо одна шкала, разделенная обычно на 100 делений. В последнем случае цена деления шкалы определяется положением переключателя шунта. Следует иметь в виду, что величина измеренного тока всегда меньше истинной

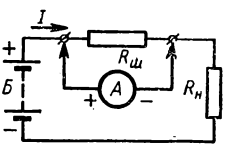


Рис. 83. Схема включения в электрическую цепь амперметра с шунтом.

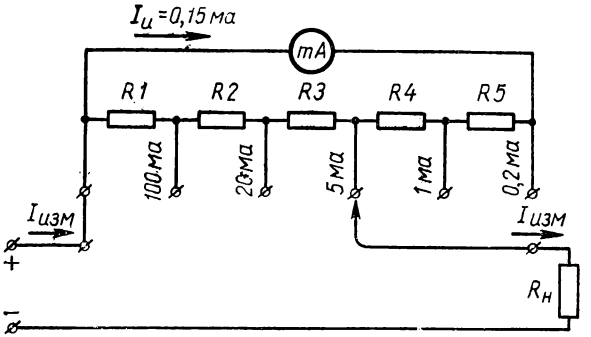


Рис. 84. Схема универсального шунта.

величины тока в цепи, так как при измерениях тока с помощью амперметра общее сопротивление цепи увеличивается на величину сопротивления прибора (рамки измерительного механизма и параллельно ей включенного шунта). Поэтому нужно применять такой прибор, сопротивление которого значительно меньше сопротивления цепи. В противном случае необходимо вносить поправки.

При необходимости измерения весьма малых токов применяют электронные микроамперметры (микроамперметры совместно с усилителями постоянного тока). Наиболее простыми и экономичными являются усилители на транзисторах.

Измерение постоянного напряжения. Постоянное напряжение измеряют вольтметром. Большинство вольтметров не отличается по конструкции от амперметров магнитоэлектрической системы. Шкалу вольтметра градуируют в вольтах, милливольтах или микровольтах. Вольтметр включают в цепь параллельно. При подключении вольтметра к цепи общее сопротивление цепи уменьшается. Это приводит к уменьшению напряжения между точками подключения вольтметра. Поэтому вольтметр покажет меньшее напряжение, чем было на данном участке цепи до его подключения, причем эта разница будет тем больше, чем меньше внутреннее сопротивление вольтметра.

Внутреннее сопротивление вольтметров характеризуется сопротивлением, приходящимся на 1 *в* шкалы (*ом/в*). При радиотехнических измерениях следует применять вольтметры, у которых это сопротивление не менее 5000 *ом/в*.

Для расширения пределов измерения вольтметра последовательно к нему присоединяют добавочный резистор (рис. 85). На рис. 86 показано подключение добавочного резистора к вольтметру. В этом случае бо́льшая часть измеряемого напряжения падает на резисторе, а меньшая — на приборе. Величину сопротивления добавочного резистора в килоомах можно рассчитать по формуле:

$$R_д = \frac{U_{макс}}{I_п},$$

где $R_д$ — добавочное сопротивление прибора, *ком*;
$U_{макс}$ — предел измерения, *в*;
$I_п$ — ток полного отклонения стрелки прибора, *ма*.

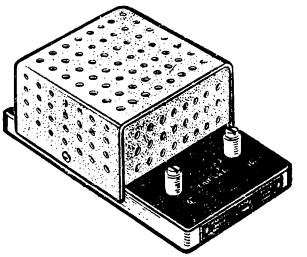


Рис. 85. Добавочный резистор к вольтметрам.

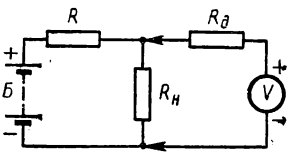


Рис. 86. Схема присоединения добавочного резистора к вольтметру.

На рис. 87 показано включение вольтметра в цепь для измерения напряжения. Чем больше сопротивление добавочного резистора и входное сопротивление вольтметра, тем выше точность измерения.

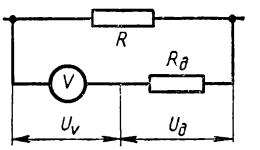


Рис. 87. Схема включения в цепь вольтметра с добавочным резистором.

Широко применяют многопредельные вольтметры, имеющие несколько добавочных резисторов, которые можно переключать.

Измерять постоянное напряжение можно также вольтметрами электронной системы — ламповыми вольтметрами.

Измерение переменных токов и напряжений. При измерении переменных токов и напряжений показания приборов будут зависеть не только от их активного сопротивления, как при измерении постоянных токов и напряжений, но и от реактивного сопротивления, которое изменяется с изменением частоты измеряемого тока или напряжения. Поэтому при измерениях возникают так называемые частотные погрешности (изменение показаний приборов с из-

менением частоты). Частотные погрешности тем больше, чем больше емкость и индуктивность схемы измерительного прибора и проводов, соединяющих измерительный прибор с измеряемой цепью. На практике при измерениях в большом диапазоне частот частотные погрешности учитываются.

Для измерения переменных токов высокой частоты пользуются в основном амперметрами термоэлектрической системы, так как вследствие тепловой инерции термоэлемента они медленно реагируют на изменение силы тока.

Для измерения переменного напряжения применяют вольтметры электронной системы. При измерении напряжения на звуковых частотах применяют вольтметры магнитоэлектрической системы с выпрямительным (детекторным) устройством, превращающим измеряемый переменный ток в пульсирующий.

При измерении напряжения на высоких частотах (порядка десятков и сотен мегагерц) применяют ламповые вольтметры, также имеющие на входе специальное выпрямительное устройство. Это устройство (чаще всего на миниатюрном диоде) в большинстве случаев выполнено в виде «пробника», штырьки которого подключают к измеряемой системе. Для уменьшения реактивного сопротивления прибора «пробник» соединен с вольтметром экранированным кабелем. Включать прибор в измеряемую цепь рекомендуется так, чтобы один из щупов прибора был заземлен.

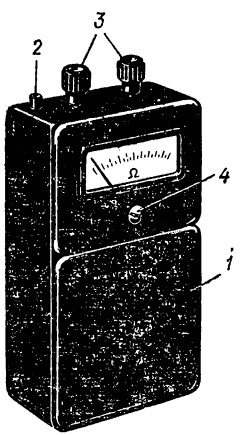


Рис. 88. Омметр типа М57:

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

Измерение сопротивлений. Измеряя электрическое сопротивление элементов радиотехнических схем, можно определить исправность и неисправность электрических цепей и отдельных деталей.

Основными методами измерения сопротивлений (в зависимости от их абсолютной величины и требуемой точности) являются: метод непосредственного отсчета, косвенный метод, основанный на использовании вольтметра и амперметра, метод сравнения при помощи сбалансированного моста.

Сопротивления *методом непосредственного отсчета* измеряют омметром (рис. 88).

Метод вольтметра (рис. 89, *а*) применяют для измерения больших сопротивлений. В качестве измерителя (индикатора) используют вольтметр постоянного тока с известным входным сопротивлением R_V. Для увеличения точности величина измеряемого сопротивления должна лежать в пределах $0{,}1R_V < R_x < 10R_V$.

Производятся два отсчета: 1) измеряют напряжение источника тока (U_0), замыкая накоротко щупы (или ставя переключатель в положение *1*); 2) щупы размыкают и присоединяют их к измеряемому сопротивлению (или ставят переключатель в положение *2*), замечая при этом показание вольтметра U_x. На измеряемом сопротивлении R_x происходит падение напряжения, вследствие чего U_x будет меньше U_0. Измеряемое сопротивление можно рассчитать по формуле:

$$R_x = R_V \frac{U_0 - U_x}{U_x}.$$

Метод амперметра (рис. 89, *б*) применяют для измерения малых сопротивлений. Индикатором служит миллиамперметр, внутреннее сопротивление R_A которого примерно равно измеряемому сопротивлению R_x.

Производятся два отсчета: 1) измеряют величину тока I_1, проходящего в цепи при замкнутых накоротко щупах;

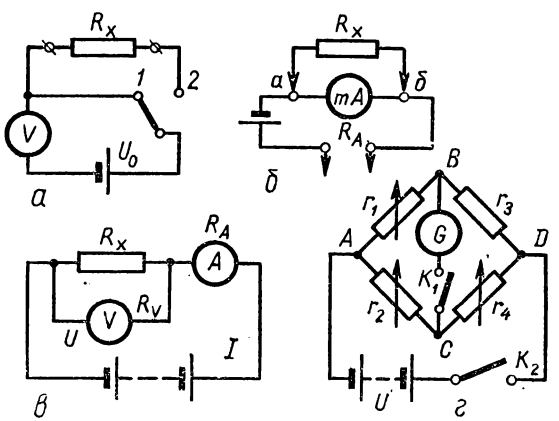


Рис. 89. Схемы измерения сопротивлений:

а — методом вольтметра; *б* — методом амперметра; *в* — методом вольтметра и амперметра; *г* — мостовым методом.

2) параллельно прибору подключают измеряемое сопротивление R_x и отсчитывают показание миллиамперметра I_2 (так как сопротивление R_x шунтирует прибор, $I_2 < I_1$). Измеряемое сопротивление можно рассчитать по формуле:

$$R_x = R_A \frac{I_1 - I_2}{I_1}.$$

Метод амперметра и вольтметра (рис. 89, *в*) позволяет измерять сопротивление резисторов или других деталей в их рабочем режиме. Пределы измерений определяются чувствительностью приборов. Для получения достаточной точности необходимо, чтобы внутреннее сопротивление вольтметра R_V было много больше измеряемого сопротивления R_x. При этом

$$R_x \approx \frac{U}{I}.$$

Мостовой метод применяют при необходимости повышенной точности измерения сопротивлений. При мостовом методе измерений неизвестное измеряемое сопротивление сравнивают с тремя известными. Приборы, в которых применяется эта схема, называются мостами для измерения сопротивления. На рис. 89, *г* приведена схема моста, в котором известные по величине регулируемые резисторы r_1, r_2, r_4 и неизвестный измеряемый резистор r_3 соединены в замкнутый четырехугольник, стороны которого образуют плечи моста: плечо ABD, состоящее из резисторов r_1 и r_3, соединенных последовательно, и плечо ACD, состоящее из резисторов r_2 и r_4, также соединенных последовательно. В диагональ моста BC включен магнитоэлектрический индикатор G высокой чувствительности и ключ K_1, в диагональ AD — источник электрической энергии напряжением U и ключ K_2. Подбирая величины сопротивлений резисторов, можно добиться равновесия моста. В этом случае в цепи прибора G тока не будет. Это возможно только при равенстве потенциалов в точках B и C. В уравновешенном мосте

$$r_1 r_4 = r_2 r_3,$$

а, значит,

$$r_3 = r_x = \frac{r_1 r_4}{r_2}.$$

Равновесия моста можно добиться, изменяя величину сопротивления одного из переменных резисторов, два

других могут быть постоянными. Если последние два резистора будут иметь одинаковые сопротивления, то для равновесия моста переменный резистор должен обладать сопротивлением, равным измеряемому. В этом случае по шкале значений сопротивления переменного резистора можно непосредственно отсчитать значение измеряемого сопротивления. Если мост сбалансирован точно, стрелка индикатора при переключениях полярности источника не будет отклоняться.

Равновесие моста может быть получено двумя способами: при постоянном отношении плеч $\frac{r_1}{r_2}$ изменением переменного сопротивления r_4 и при постоянном сопротивлении одного плеча r_4 плавным изменением соотношения сопротивлений двух других плеч r_1 и r_2 с помощью реохорда (натянутого отрезка высокоомной проволоки со скользящим по ней движком) или потенциометра.

По конструкции различают (в зависимости от способа получения равновесия) мосты магазинные (или декадные) и линейные (или реохордные). Диапазон измерений расширяют изменением в десятикратном отношении сопротивления резистора одного из плеч моста.

4. Ламповые вольтметры

В отличие от вольтметров магнитоэлектрической системы ламповые вольтметры обладают огромным входным сопротивлением (порядка сотен мегом). Поэтому при подключении к измеряемой цепи они не потребляют тока. Их преимуществами являются также высокая чувствительность и способность выдерживать значительные перегрузки.

Принцип работы лампового вольтметра основан на использовании выпрямительных и усилительных свойств электронных ламп или полупроводниковых приборов.

Ламповые вольтметры постоянного тока (рис. 90) обычно работают на триодах. В них измеряемое напряжение подводится к управляющей сетке и катоду, а в анодную цепь включается электроизмерительный прибор. Таким образом, от величины измеряемого напряжения зависит величина анодного тока, измеряемая прибором. По отклонению стрелки этого прибора можно судить о величине измеряемого напряжения. Обычно измеряемое напряжение подается на делитель напряжения, имеющий очень боль-

шое общее сопротивление. С делителя напряжение подается на управляющую сетку лампы. Сопротивление делителя и является входным сопротивлением лампового вольтметра. Чтобы на показания лампового вольтметра не влияло переменное напряжение, которое может оказаться в измеряемой цепи, между управляющей сеткой лампы и делителем напряжения включен фильтр из резистора R_c (порядка мегом) и конденсатора C (порядка сотых долей микрофарады). Этими вольтметрами можно измерять как положительные, так и отрицательные напряжения. Для этого они снабжены переключателем, позволяющим изменить полярность включения измерителя.

Ламповый вольтметр весьма чувствителен к напряжению питания. Отклонение напряжения питания от расчетных значений влечет за собой большую погрешность в измерениях.

Ламповые вольтметры переменного тока так же, как и ламповые вольтметры постоянного тока, работают на триодах (или транзисторах). Принцип работы этих вольтметров основан на использовании не только усилительных, но и выпрямительных (детекторных) свойств триодов.

Простейшая схема лампового триодного вольтметра представлена на рис. 91. В этой схеме разделительный конденсатор C_1 и резистор в цепи сетки R_1 не дают возможности постоянному напряжению попасть на сетку и катод, а через блокировочные конденсаторы C_2 и C_3 (большой емкости) замыкаются переменные составляющие сеточного и анодного токов. Бóльшая часть триодных вольтметров работает в режиме анодного детектирования, когда на сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения или

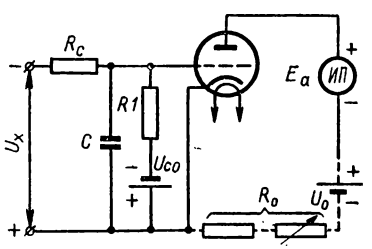


Рис. 90. Простейшая схема лампового вольтметра постоянного тока.

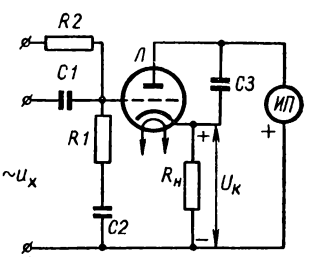


Рис. 91. Простейшая схема лампового вольтметра переменного тока.

напряжение отрицательной обратной связи с резистора $R_н$. В этом режиме вследствие отсутствия сеточного тока может быть получено очень высокое входное сопротивление вольтметра. Верхняя граница диапазона частот, в котором можно пользоваться ламповым вольтметром, достигает сотен мегагерц.

5. Омметры

Омметры — приборы для измерения электрических сопротивлений. Принцип действия омметра основан на измерении тока, протекающего через резистор или участок цепи, сопротивление которого надо измерить. В омметрах величина сопротивления отсчитывается непосредственно по шкале магнитоэлектрического стрелочного измерительного прибора *ИП* (сила тока в измеряемом сопротивлении обратно пропорциональна величине этого сопротивления). Шкалы омметров градуируют в омах, килоомах или мегомах.

Упрощенная схема омметра показана на рис. 92. Если замкнуть зажимы R_x, то в цепи потечет ток, величину которого можно определить по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R_0},$$

где $R_0 = R_{пр} + R_д$ ($R_{пр}$ — сопротивление прибора; $R_д$ — сопротивление добавочного резистора).

Сопротивление добавочного резистора $R_д$ выбирается так, чтобы ток в цепи был равен току полного отклонения измерительного механизма (отклонению стрелки прибора до конца шкалы вправо). Если теперь к зажимам R_x подключить резистор, сопротивление которого нужно измерить, то общее сопротивление цепи возрастет, а ток, следовательно, уменьшится:

$$I = \frac{U}{R_0 + R_x}.$$

Чем больше величина измеряемого сопротивления, тем меньше ток, проходящий через прибор. Если измеряемое сопротивление будет бесконечно большим (обрыв цепи), то ток через рамку изме-

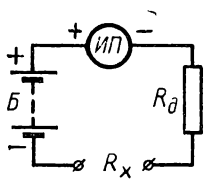


Рис. 92. Упрощенная схема омметра.

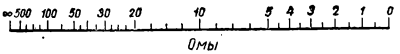


Рис. 93. Шкала омметра.

рительного механизма не проходит и стрелка прибора устанавливается на крайнее левое деление шкалы, что соответствует $R_x = \infty$.

Так как шкала омметра неравномерна (рис. 93), результаты измерений омметром получаются различной точности. Наименьшую погрешность омметр имеет в середине шкалы. Обычно омметры имеют несколько шкал, что дает возможность с одинаковой точностью измерять малые и большие сопротивления.

Так как ток через прибор создается источником питания прибора, зависит от э. д. с. этого источника и по мере его разряда уменьшается, возникают погрешности измерений (стрелка при полном отклонении не будет доходить до нулевой отметки). Чтобы исключить погрешность, вызванную изменением э. д. с. источника питания, в омметрах предусмотрена специальная регулировка — установка нуля — при помощи потенциометра (резистора установки нуля $R_{уст«0»}$), включенного параллельно измерительному механизму и являющегося шунтом (рис. 94).

Перед измерением сопротивления резистора или другого элемента схемы зажимы R_x замыкают и, вращая ручку «установка нуля», добиваются, чтобы стрелка прибора отклонилась до нулевого деления шкалы. После этого к зажимам R_x подключают резистор, сопротивление которого неизвестно, и по шкале прибора отсчитывают его величину. Если при включенном резисторе стрелка прибора находится на начальном или конечном участках шкалы, то необходимо перейти на другой предел измерения и снова повторить все операции.

При измерении сопротивлений резисторов непосредственно в монтажной схеме какого-либо устройства необходимо отключить источники питания проверяемой схемы и следить, чтобы параллельно этому резистору не были подключены другие элементы электрической цепи.

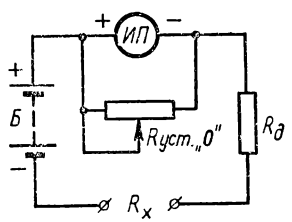


Рис. 94. Установка нуля омметра.

Для измерения очень больших сопротивлений (десятки и сотни мегом) — сопротивлений изоляции проводов, обмоток, конденсаторов — применяют мегомметры. По

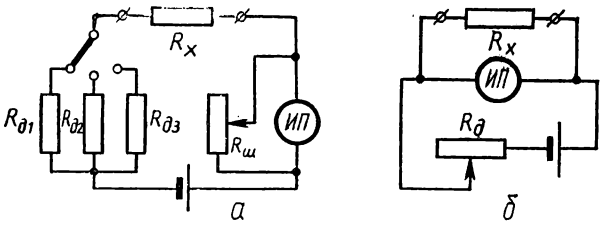


Рис. 95. Схемы омметров:

а — последовательного включения; *б* — параллельного включения.

принципу действия они ничем не отличаются от омметра, но в качестве источника тока в мегомметрах используется небольшой ручной генератор высокого напряжения (500—1500 *в*), что позволяет испытывать сопротивление изоляции при высоком напряжении.

Для измерения сопротивлений от 1 до 10^5 *ом* применяют омметр со схемой последовательного включения (рис. 95, *а*). Измеряемое сопротивление R_x отсчитывается непосредственно по шкале. Шкала неравномерная, сжатая в сторону больших значений R_x. Нуль шкалы — справа (при максимальном токе); $R_ш$ — резистор для установки нуля; $R_{д1}$, $R_{д2}$, $R_{д3}$ — добавочные резисторы для разных пределов измерений.

Для измерения сопротивлений от 0,01 до 10 *ом* применяют омметр со схемой параллельного включения (рис. 95,*б*). Измеряемое сопротивление R_x отсчитывают непосредственно по шкале. Шкала неравномерная, сжатая в сторону больших значений R_x. Нуль шкалы — слева (при нулевом токе); $R_д$ — резистор для установки стрелки прибора на полное отклонение при отключенном R_x.

Для измерения малых и больших сопротивлений одним прибором применяют омметр с последовательно-параллельной схемой. Большие и малые сопротивления отсчитывают по двум различным шкалам измерителя.

6. Поверка и градуировка электрорадиоизмерительных приборов

Поверка и градуировка стрелочных измерительных приборов производятся при помощи образцовых измерительных приборов более высокого или, в крайнем случае, того же

класса точности и примерно тех же пределов измерения, что и градуируемый прибор. Если градуируемый прибор многопредельный, то для его градуировки нужен и многопредельный образцовый прибор или несколько образцовых приборов с различными пределами измерения. Прибор градуируют в его рабочем положении при надетом металлическом кожухе (если он есть), так как снятие кожуха изменяет показания прибора, и снятом защитном стекле.

Градуировка амперметра и вольтметра. Порядок градуировки вольтметра и амперметра одинаков. Схемы их поверки (градуировки) показаны на рис. 96, *а*, *б*. Сначала на шкалу градуируемого прибора наносят нулевое деление (точку или риску) при отключенном источнике тока и среднем положении корректора (винта для установки стрелки). Затем с помощью регулируемых резисторов (потенциометров) R_1 и R_2 устанавливают соответственно величину напряжения или тока, равную пределу измерения поверяемого (градуируемого) прибора, и против конца стрелки на шкале делают отметку (наносят точку или риску) максимального значения измеряемой величины. Точки нуля и максимума у поверяемого (градуируемого) прибора должны быть расположены симметрично по обе стороны от

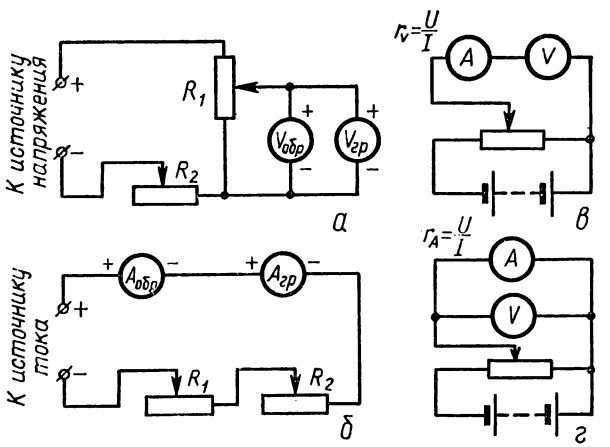


Рис. 96. Схемы для поверки (градуировки) стрелочных приборов:

а — вольтметра; *б* — амперметра; *в*, *г* — определения внутреннего сопротивления.

середины шкалы. Если этой симметрии нет, необходимо соответственно изменить величину добавочного сопротивления у вольтметра или шунта у амперметра.

После этого резисторами R_1 и R_2 изменяют подаваемое напряжение (ток) и по показаниям образцового прибора $V_{обр}$, $A_{обр}$ наносят против конца стрелки градуируемого прибора $V_{гр}$, $A_{гр}$ промежуточные деления. Они помечаются числами, а промежутки между ними обычно делят на 5 или 10 равных частей при вычерчивании шкалы.

При градуировке амперметров ток источника тока должен быть равен наибольшему пределу прибора. Общее сопротивление полностью введенных резисторов R_1 и R_2 должно быть таким, чтобы стрелка прибора отклонилась не менее, чем до первого деления с числовой отметкой. Сопротивление резистора R_1 должно быть в 5—10 раз меньше, чем сопротивление резистора R_2. Если амперметры используются в широком диапазоне звуковых и высоких частот, то градуировку их обычно производят на частоте 50 *гц*. При градуировке амперметров в качестве образцового прибора может быть использован как амперметр, так и вольтметр, причем в последнем случае необходимо дополнительно иметь образцовое сопротивление, а ток определять косвенно (по закону Ома) по известным сопротивлению и падению напряжения на нем.

При градуировке вольтметров напряжение источника тока должно быть на 15—20% выше предела измерения градуируемого прибора. Сопротивление резистора R_1 должно быть равно входному сопротивлению градуируемого вольтметра, а сопротивление резистора R_2 — в пять-шесть раз меньше его. При градуировке вольтметров в качестве образцового прибора может быть использован вольтметр или амперметр. Частоты для градуировки электронных вольтметров выбираются из ряда: 0 (постоянный ток), 50/55 *гц*, 400 *гц*, 1000 *гц*, 10 *кгц*, 100 *кгц*, 1 *Мгц* и 10 *Мгц* (ГОСТ 9781—61). Промышленная частота (50 *гц*), используемая обычно для градуировки вольтметров переменного напряжения, имеет почти строго синусоидальную форму и позволяет применять в качестве образцового прибора приборы электродинамической системы, имеющие на частоте 50 *гц* высокую точность. Если внутреннее сопротивление поверяемого (градуируемого) амперметра или вольтметра неизвестно, его можно определить, пользуясь схемами, приведенными на рис. 96, *в*, *г*, и формулой закона Ома.

Градуировка омметра. Поверка и градуировка омметров производится при помощи магазина эталонных сопротивлений (при точной градуировке) или с помощью нерегулируемых резисторов с допустимым отклонением от номинала от ±5 до ±10%. Сначала на шкале омметра отмечают точкой положение стрелки при разомкнутых зажимах, т. е. при бесконечно большом сопротивлении (крайнее левое положение устанавливается корректором), затем при замкнутых накоротко зажимах (при бесконечно малом сопротивлении) ручкой «установка нуля омметра» устанавливают стрелку на «нуль» и также отмечают точкой на шкале (справа). После этого зажимы омметра соединяют с резисторами различной величины и отмечают на шкале положение стрелки прибора делениями (непосредственно в омах). При отсутствии магазина сопротивлений для увеличения точности градуировки рекомендуется включать поочередно несколько резисторов с одинаковыми номинальными значениями и наносить на шкалу среднее значение отклонения стрелки.

Измерительные приборы на точность измерений проверяют путем сравнения показаний поверяемого прибора с показаниями образцового прибора. При несоответствии показаний приборы переградуировывают или составляют поправочные таблицы.

7. Ампервольтомметры (авометры, тестеры)

Ампервольтомметры представляют собой универсальные комбинированные измерительные приборы, предназначенные для измерений в широких пределах силы тока, напряжения (постоянных и переменных токов) и электрического сопротивления. Конструкционно авометры представляют собой сочетание в различных комбинациях схем многопредельных миллиамперметров, вольтметров и омметров.

Все измеряемые величины отсчитывают по шкалам общего стрелочного магнитоэлектрического измерителя на 50—200 *мка*. Предельные значения измеряемых токов — 0,5—6 *а*, напряжений — 600—1500 *в*, сопротивлений 1 *ом* — 10 *Мом*. Для большей точности измерений диапазоны измерений авометров разбиты на несколько поддиапазонов. Вид работы и предел измерений выбирают с помощью переключателей, системы штепселей и гнезд или комбинированным способом.

Наиболее распространенными типами авометров являются: Ц-20, ТТ-1, ТТ-2, ТТ-3, ПР-5, ПР-5М, Ц-315, Ц-430 и «Школьный» (рис. 97).

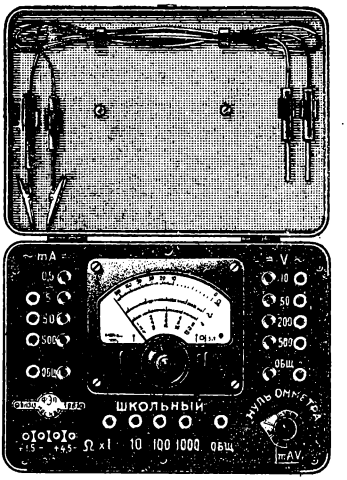


Рис. 97. Авометр «Школьный».

В некоторых авометрах предусмотрена возможность измерения емкостей (при питании схемы от сети переменного тока), а иногда и уровня передачи сигналов. В последнем случае шкалу вольтметра переменного тока дополняют градуировкой в децибелах.

В последнее время приборостроительная промышленность СССР выпустила серию новых авометров: Ц4312, Ц4313, Ц4314 и Ц4315 и авометр Ц4325. В первых четырех приборах упрощена их коммутация: уменьшено число переключателей, зажимов и гнезд. Переключатель пределов измерения — на 24 положения (галетный). Переключатель рода работ — трехклавишный. Измерительный механизм — магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом и креплением подвижной части на растяжках.

В приборах Ц4312 и Ц4315 при использовании их в качестве омметра дополнительно применена параллельная схема для измерения малых сопротивлений — от 1 *ом*. Прибором Ц4315 можно измерять емкость конденсаторов от 100 *пф*.

Авометр Ц4325 имеет отдельную шкалу, отградуированную в децибелах (на пределе 3 *в* от —10 до +12 *дб*), для измерения уровня передачи переменного напряжения. Прибором можно измерять сопротивления от 2 *ом* до 500 *ком* (со встроенным источником питания) и до 5 *Мом* (с внешней батареей напряжением от 11,2 до 14,8 *в*). Измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внешним магнитом и креплением подвижной части на растяжках. Ток полного отклонения измерительного механизма 24 *мка*. Для защиты измерительного механизма от перегрузок применены два кремниевых диода.

Техника измерений авометром «Школьный». *Измерение силы постоянного тока.* 1. Ручку переменного резистора поставить в положение mAV.

2. Один короткий штекер вставить в гнездо «общ.» (в ряду гнезд mA =).

3. Второй короткий штекер вставить в гнездо, соответствующее выбранному пределу измерения в том же ряду.

4. Определить цену деления шкалы « = » при выбранном пределе измерения.

5. При помощи длинных штекеров соединить прибор с элементами цепи (соблюдать полярность).

6. Подключить цепь к источнику питания. Произвести отсчет по шкале. Число делений умножить на цену деления шкалы.

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

Измерение силы переменного тока производится таким же образом, как и измерение силы постоянного тока, но короткие штекеры вставляют в гнезда в ряду « ~ mA», а отсчет производят по шкале « ~ ».

Измерение напряжения постоянного и переменного тока осуществляется так же, как и в предыдущих случаях, но короткие штекеры вставляют соответственно в гнезда ряда с надписью « = V» или «~ V».

Измерение сопротивления. 1. Сопротивления измеряют только в цепях, в которых отсутствует напряжение.

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

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

4. Определить цену деления шкалы Ω с учетом выбранного предела измерения.

5. Замкнуть накоротко длинные штекеры между собой и поворотом ручки регулируемого резистора установить стрелку на нулевую отметку шкалы Ω. Разомкнуть штекеры.

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

7. Отсоединить штекеры и вынуть их из гнезд. Ручку регулируемого резистора поставить в положение mAV.

Порядок пользования авометрами других типов в основном такой же.

8. Осциллографы

Осциллограф является универсальным измерительным прибором. С его помощью можно измерить напряжение, силу тока, мощность, частоту, нелинейные искажения, проверить наличие генерации, наблюдать семейства статических характеристик радиоламп или транзисторов и определить другие характеристики электрических схем в широком диапазоне частот. Осциллограф позволяет непосредственно наблюдать на экране электроннолучевой трубки форму исследуемого электрического процесса: форму токов и напряжений в различных участках радиотехнических схем, наличие наводок, искажений и т. п.

На рис. 98 изображена типовая структурная схема осциллографа.

Принцип работы осциллографа основан на использовании свойств электроннолучевой трубки с электростатическим управлением электронным пучком. В конструкцию трубки входят: источник электронов, электроды для создания и формирования электронного пучка, измерительный механизм (отклоняющие пластины и флюоресцирующий экран, на котором наблюдают исследуемый процесс). Схематическое устройство электроннолучевой трубки показано на рис. 99.

Источником электронов служит подогревный катод *К*. Он окружен модулятором *М* — цилиндрическим электродом с отверстием в дне. Модулятор служит для изменения яркости светящегося на экране пятна путем регулировки подаваемого на него отрицательного (относительно катода) напряжения. Первый анод A_1 является фокусирующим. Регулируя подаваемое на него положительное (относительно катода) напряжение, электронный пучок у экрана трубки доводят до небольшой точки. На второй анод A_2 — ускоряющий — подают высокое положительное напряжение (порядка нескольких киловольт). С возрастанием этого напряжения увеличивается яркость пятна вследствие увеличения энергии электронов в пучке, но уменьшается чувствительность трубки, так как для отклонения летящих с большей скоростью электронов нужно подать на ее пластины большее напряжение. В некоторых трубках для сохранения чувствительности применяют дополнительный ускоряющий анод A_3, расположенный вблизи экрана *Э*.

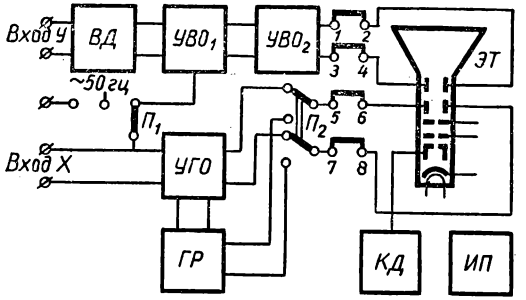


Рис. 98. Типовая структурная схема осциллографа:

ВД — входной делитель (или аттенюатор); *УВО*$_1$ и *УВО*$_2$ — усилители вертикального отклонения; *УГО* — усилитель горизонтального отклонения и синхронизации; *ГР* — генератор развертки; *КД* — калибратор длительности (генератор меток времени); *ИП* — источник питания; *ЭТ* — электроннолучевая трубка; *2* и *4* — гнезда для подачи исследуемого сигнала непосредственно на пластины, минуя усилитель (гнезда *2* и *4* соединены съемными перемычками с гнездами *1* и *3*); *П*$_1$ — переключатель выбора вида синхронизации генератора развертки *ГР*; *П*$_2$ — переключатель вида развертки.

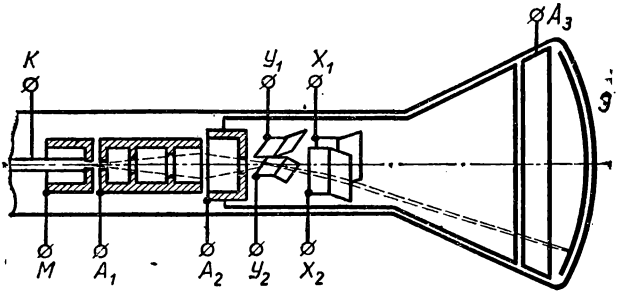


Рис. 99. Схематическое устройство электроннолучевой трубки.

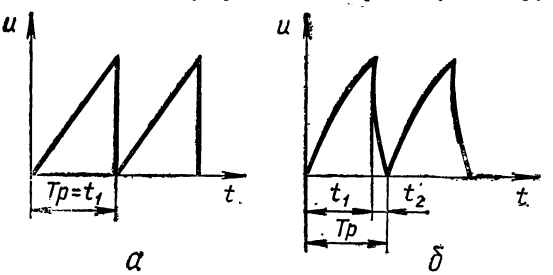


Рис. 100. Кривые напряжений непрерывной линейной развертки, имеющие пилообразную форму:

а — идеальная; *б* — реальная.

Экран трубки покрыт люминофором — веществом, светящимся при бомбардировке его электронами. При бомбардировке экрана электронами из него выбиваются вторичные электроны. Они попадают на стекло трубки и образуют электрические поля, влияющие на фокусировку электронного луча. Для устранения этого явления внутреннюю поверхность баллона трубки покрывают проводящим слоем графита, который электрически соединяют со вторым анодом. Трубку окружает металлический цилиндр (из мягкой стали) для защиты от внешних электрических и магнитных полей.

Питание на трубку подается от выпрямителя через общий делитель напряжения. Движки ручек потенциометров «яркость» и «фокусировка» на передней панели соединены с модулятором и первым анодом.

Измерительный механизм трубки состоит из двух пар отклоняющих пластин, расположенных взаимно перпендикулярно. На пластины вертикального отклонения Y_1 и Y_2 подается исследуемый сигнал. Они расположены ближе к катоду и отклоняют электронный пучок сильнее. На пластины горизонтального отклонения X_1 и X_2 подают напряжение развертки (линейно меняющееся напряжение).

Напряжение развертки u имеет пилообразную форму (рис. 100). Оно линейно увеличивается до определенной величины, а затем быстро падает до нуля. Этот процесс повторяется регулярно через определенные промежутки времени. Напряжение развертки обеспечивает равномерное движение электронного пучка в горизонтальном направлении. В соответствии с этим по экрану перемещается и светящееся пятно, что дает возможность наблюдать на экране трубки форму кривой исследуемого напряжения. Хорошо видимое изображение периодических процессов получается только при периодическом повторении развертки, причем развертка должна каждый раз охватывать один или несколько периодов исследуемого процесса. Для этого в генераторах развертки предусматривают цепи синхронизации развертки с исследуемым процессом. Того же самого можно добиться при так называемой ждущей развертке, когда генератор развертки запускается при точно установленном значении исследуемого напряжения. Ждущая развертка применяется преимущественно при наблюдении периодических импульсных сигналов.

Так как чувствительность электроннолучевых трубок обычно не превышает 0,1—0,4 *мм/в*, с помощью трубок можно исследовать напряжение с амплитудой 150—200 *в*. Поэтому почти во всех осциллографах исследуемое напряжение перед подачей на отклоняющие пластины предварительно усиливается усилителем вертикального отклонения.

Входной делитель имеет ступени с коэффициентами деления 1; 0,1 и 0,01. С делителя сигнал подается на усилитель $УВО_1$ (катодный повторитель). Нагрузкой усилителя $УВО_1$ служит потенциометр, который позволяет плавно регулировать коэффициент усиления и амплитуду отклонения луча. Для получения синусоидальной развертки (при измерении частоты) переключателем $П_2$ пластины горизонтального отклонения подключаются непосредственно к выходу усилителя горизонтального отклонения *УГО*, на вход которого подают напряжение требуемого вида.

Почти все осциллографы имеют калибратор длительности (генератор меток времени) *КД*. Он дает отрицательные импульсы известной частоты, поступающие на модулятор трубки и модулирующие яркость изображения (кривой) на экране. На кривой появляются темные точки (пучок заперт), расстояние между которыми соответствует периоду колебаний генератора меток.

Исследуемый сигнал подается на вход *Y* канала вертикального отклонения. При большой амплитуде сигнала он уменьшается в требуемое число раз входным делителем *ВД*. Усилитель $УВО_1$ этого канала позволяет исследовать слабые сигналы. Он имеет широкую полосу пропускания от десятков герц до десятков и сотен килогерц и более. В некоторых осциллографах внешний сигнал можно также подавать на горизонтально отклоняющие пластины.

Если частота исследуемого сигнала выходит за границы полосы пропускания усилителей, а амплитуда достаточно велика, эти сигналы можно подавать непосредственно на отклоняющие пластины, отключив от них выходы усилителей.

Для наблюдения на экране формы кривой напряжения включается генератор развертки. Чтобы получить на экране неподвижное изображение *N* периодов напряжения частотой f_y, частота пилообразного напряжения (частота генератора) $f_п$ должна быть равной $\frac{f_y}{N}$ (рис. 101, 102). Поэтому генераторы развертки работают в широком диапазоне

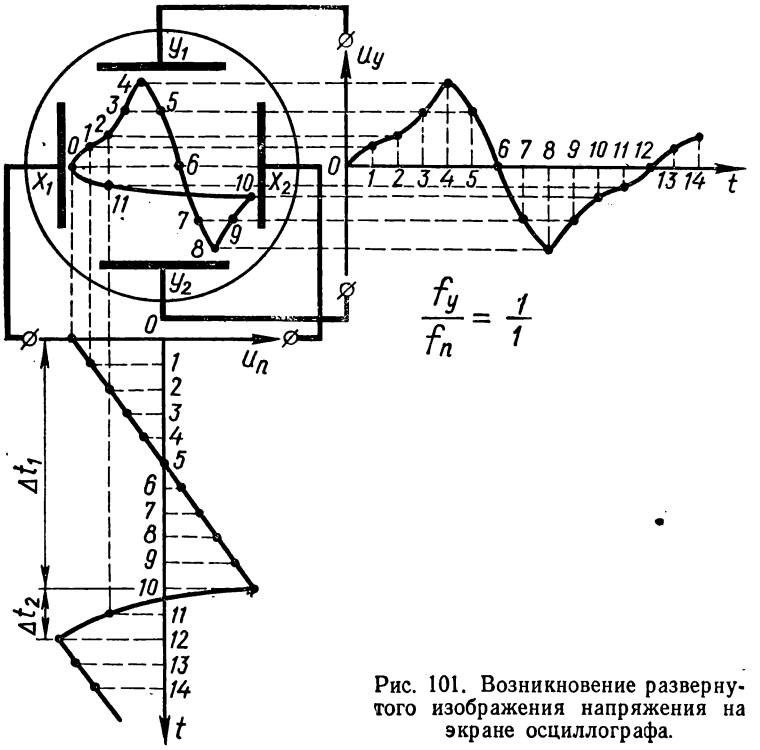


Рис. 101. Возникновение развернутого изображения напряжения на экране осциллографа.

частот, который можно плавно регулировать. Для сохранения кратности частот f_y и $f_п$ частоту генератора $f_п$ заставляют изменяться синхронно с частотой f_y (синхронизируют частотой f_y). Частоту $f_п$ можно синхронизировать также частотой внешнего сигнала (внешняя синхронизация) и промышленной частотой (50 *гц*) питающей электросети.

Некоторые осциллографы позволяют одновременно наблюдать и исследовать два взаимосвязанных электрических процесса (на различных по высоте уровнях экрана). Это достигается с помощью специальных коммутирующих приставок.

Частоту напряжения измеряют путем сравнения измеряемой частоты с образцовой частотой. Одним из способов такого сравнения является сравнение по фигурам Лиссажу— фигурам, вычерчиваемым электронным лучом на экране

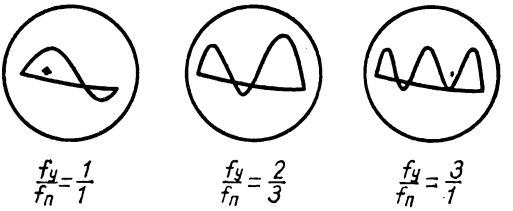


Рис. 102. Изображение синусоидального напряжения на экране осциллографа при различных соотношениях частот $f_п$ и f_y.

трубки (рис. 103). Напряжение развертки отключается. На пару пластин горизонтального отклонения подается напряжение U_x исследуемой частоты f_x (через усилитель или непосредственно), а на пару пластин вертикального отклонения — напряжение U_0 от образцового генератора с известной частотой f_0. Частоту генератора изменяют до получения на экране осциллографа одной из фигур Лиссажу. Если частоты обоих напряжений относятся как целые

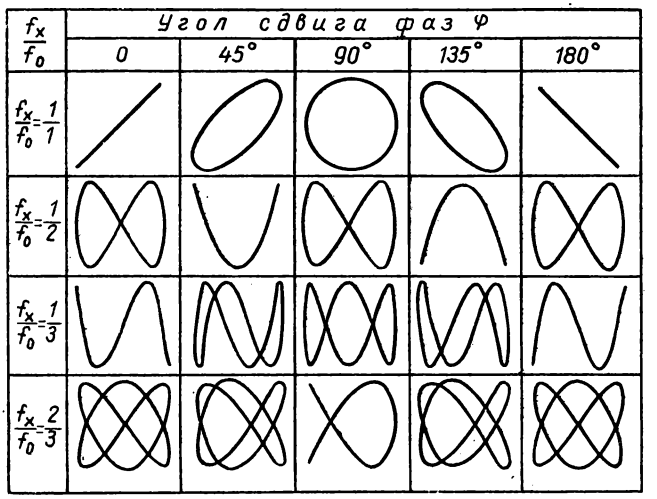


Рис. 103. Фигуры Лиссажу для разного соотношения частот и различных фазовых сдвигов между равными по амплитуде напряжениями U_x и U_0.

числа, то фигуры Лиссажу на экране будут неподвижными. По их форме можно определить отношение частот. Для этого мысленно вписывают фигуру в прямоугольник так, чтобы петли фигуры касались его сторон. Число точек касания фигурой перпендикулярных сторон прямоугольника дает отношение частот напряжений, отклоняющих электронный луч по этим направлениям. Определить частоту можно по формуле:

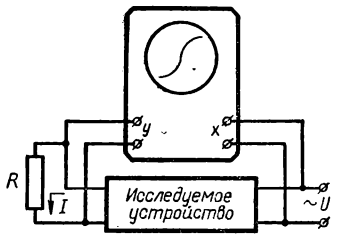


Рис. 104. Структурная схема осциллографирования вольт-амперных характеристик.

$$f_x = \frac{n}{m} f_0,$$

где n — число точек касания фигуры Лиссажу с вертикальной линией;

m — число точек касания фигуры Лиссажу с горизонтальной линией.

При небольшой разнице частот фигура на экране медленно вращается, проходя все фазовые соотношения от 0 до 360°. Разницу частот Δf можно определить, если заметить время изменения фазы на 360°, т. е. ее период T. Тогда $\Delta f = \frac{1}{T}$. Так можно определить разность частот до долей герца.

Для наблюдения на экране электроннолучевой трубки осциллографа вольт-амперных характеристик электронных ламп и полупроводниковых приборов переменное напряжение требуемой величины подводится одновременно к входу исследуемого устройства и входу X осциллографа (рис. 104). Ток I проходит через резистор R. Напряжение U с резистора R подается на вход Y. Для правильного воспроизведения характеристики необходимо, чтобы оба напряжения, подведенные к отклоняющим пластинам, совпадали по фазе.

Существует большое число электронных осциллографов различного типа и назначения. Наблюдения и измерения параметров импульсных и периодических процессов в лабораторных и полевых условиях можно осуществлять при помощи переносных однолучевых осциллографов, например, С1-5, С1-20, С1-22, С1-34 и др.

9. Измерительные генераторы

Измерительные генераторы служат для получения переменного напряжения (сигналов) нужной частоты, амплитуды и формы, которые необходимы при проверке, налаживании, ремонте и испытании радиоаппаратуры.

Измерительные генераторы разделяются на генераторы стандартных сигналов (ГСС) и генераторы сигналов (сигнал-генераторы).

Генераторы стандартных сигналов служат источниками электрических колебаний, калиброванных по частоте, напряжению (мощности) и глубине модуляции.

Сигнал-генераторы представляют собой источники электрических колебаний, не калиброванных по напряжению или мощности. В зависимости от частоты и формы выдаваемых сигналов различают генераторы звуковой частоты, генераторы импульсов, генераторы синусоидальных колебаний высокой частоты, генераторы сигналов специальной формы и генераторы шумовых сигналов.

Генераторы звуковой частоты (их называют также звуковыми генераторами) являются ламповыми генераторами. Они служат для проверки, испытания и налаживания усилителей низкой частоты, громкоговорителей, магнитофонов и т. д. Звуковые генераторы должны создавать чисто синусоидальные колебания (без гармоник), частоту которых можно изменять в пределах от 20 *гц* до 15—20 *кгц*, обладать высокой стабильностью как частоты, так и амплитуды выходного сигнала, допускать изменение амплитуды в широких пределах (от единиц милливольт до нескольких десятков вольт). Звуковые генераторы могут работать как на одной частоте, так и в плавно перекрываемом диапазоне частот.

По принципу действия генераторы звуковой частоты разделяются на:

генераторы типа *LC*, звуковая частота которых определяется емкостью и индуктивностью их контуров;

генераторы типа *RC*, частота которых определяется сопротивлениями и емкостями их цепей;

генераторы на биениях, в которых звуковая частота возникает в результате биений между колебаниями двух высокочастотных генераторов; частота одного из высокочастотных генераторов фиксирована, частоту второго можно плавно изменять на 15—20 *кгц* от точки совпадения с ча-

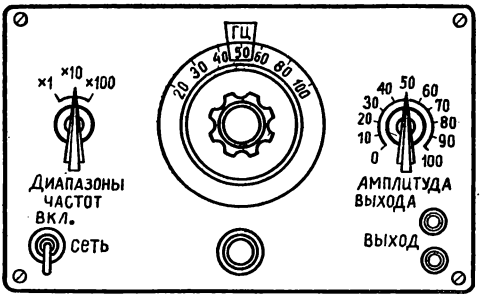


Рис. 105. Вид передней панели генератора звуковой частоты ГЗ-1.

стотой первого генератора; в результате сложения обоих колебаний на выходе детектора образуется синусоидальное напряжение частоты, равной разности частот слагаемых колебаний; это напряжение усиливается и подается на зажимы выхода генератора.

Генератор звуковой частоты ГЗ-1 предназначен для получения синусоидальных электрических колебаний звуковой частоты.

Диапазон частот 18—18 000 *гц*. Выходная мощность не менее 0,9 *вт* на сопротивлении нагрузки, равном 600 *ом*. Коэффициент нелинейных искажений не более 2%. Неравномерность частотной характеристики ±1 *дб*.

Прибор питается от сети переменного тока частотой 50 *гц* напряжением 120 или 220 *в*. Потребляемая мощность 75 *вт*.

Все элементы управления генератором выведены на переднюю панель (рис. 105).

Измерения с помощью генератора звуковой частоты ГЗ-1 осуществляются в следующем порядке:

1. Установить переключатель силового трансформатора (на задней стенке под кожухом) в соответствии с напряжением сети.

2. Переключатель «сеть» поставить в нижнее положение (выключено) и подключить кабель питания к сети.

3. Включить питание (при этом должна загореться сигнальная лампа) и дать прибору прогреться 20—30 *мин*. Следует иметь в виду, что при первом включении или после долгого перерыва в работе рекомендуется прогреть

прибор в течение 1 *ч*, а после хранения во влажном месте — в течение 8 *ч*.

4. Установить нужную частоту: плавно — ручкой установки частоты генератора (шкалы «гц»), ступенями в 10 раз — переключателем «диапазоны частот». Величина установленной частоты определяется умножением отсчета по шкале «гц» на показания переключателя «диапазоны частот».

5. Выходное напряжение снимается с клемм «выход» и регулируется ручкой «амплитуда выхода» (при крайнем правом положении ручки «амплитуда выхода» мощность на выходе прибора превышает номинальную, что может привести к искажению формы сигнала).

Примечание. Генератор звуковой частоты типа ГЗ-1М отличается от прибора ГЗ-1 только размерами.

Генератор стандартных сигналов — ламповый генератор, вырабатывающий колебания (сигналы) высокой частоты, отличающиеся высокой стабильностью. Прибор позволяет устанавливать с большой точностью нужную частоту и непрерывно ее контролировать, а также в широких пределах изменять амплитуду и модуляцию колебаний. Он применяется при налаживании и ремонте радиоаппаратуры, незаменим при определении качественных показателей радиоприемников.

Генератор стандартных сигналов Г4-1 (ГСС-6) предназначен для получения немодулированных колебаний частотой от 100 *кгц* до 25 *Мгц* с амплитудой от 0,1 *мкв* до 1 *в*, амплитудно-модулированных колебаний в том же диапазоне с глубиной модуляции от 0 до 100% и частотой 400 *гц* при внутренней модуляции или от любого постороннего источника звуковой частоты синусоидальной формы с частотой 400 *гц* и амплитудой до 90 *в*.

Генератор питается от сети переменного тока напряжением 110 или 220 *в* через выпрямитель, причем колебания напряжения в пределах 100—140 и 160—230 *в* не влияют на точность его работы.

Все элементы управления прибором выведены на переднюю панель (рис. 106). Переключатель напряжения сети находится на задней стенке под крышкой. В комплект генератора Г4-1 входят три кабеля: кабель для включения в сеть переменного тока и два выходных кабеля с коаксиальными разъемами на одном конце, которые вставляются в соответствующие гнезда генератора. Один из выходных

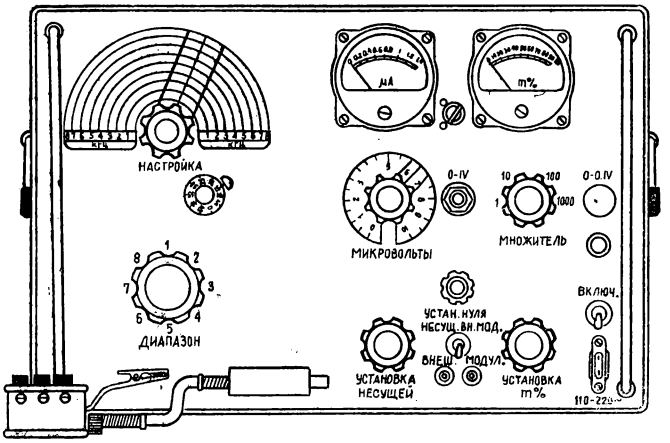


Рис. 106. Вид передней панели генератора стандартных сигналов Г4-1.

кабелей короткий, сделан из экранированного провода и имеет два пружинных зажима. (Зажим с выгравированной буквой З служит для присоединения к шасси приемника.) Этот кабель служит для отбора от генератора высокочастотных выходных напряжений через коаксиальное гнездо. Второй выходной кабель длинный, коаксиальный, имеет на конце делитель напряжения, помещенный в латунную коробочку. Этот делитель позволяет получать различные выходные напряжения на его зажимах, что достигается подключением соединительного провода к одному из трех зажимов делителя, на которых обозначена кратность изменения напряжения: 0,1; 1; 10 раз.

Габариты генератора Г4-1: 540×370×360 *мм*. Масса 25 *кг*.

Подготовка прибора к работе. 1. Проверить правильность включения переключателя напряжения сети (на задней панели прибора).

2. Ручки «установка несущ.», «установка *m*%» и «микровольты» повернуть против часовой стрелки до упора.

3. Выключатель сети поставить в нижнее положение («выключено»).

4. Подключить кабель к колодке питания и к сети.

5. Выключателем сети включить питание (при этом должна загореться индикаторная лампочка) и дать прибору прогреться 2—3 *мин*.

6. Переключатель диапазонов поставить в промежуточное (между двумя рабочими) положение. При таком положении ручки генератор не будет генерировать.

7. Ручкой «установка несущ.» установить стрелку прибора «μ*A*» — измерителя напряжения выхода — на нуль.

8. Ручкой переключателя диапазонов установить диапазон, в котором находится нужная частота.

9. Ручкой «настройка» по шкале настройки установить нужную частоту.

10. Точная установка частоты осуществляется с помощью верньерной ручки. Следует иметь в виду, что частоты поддиапазона обозначены ниже черты, против которой находится цифра, указывающая поддиапазон.

11. Ручкой «установка несущ.» установить стрелку измерителя напряжения выхода на деление *1*. При этом Г4-1 будет давать на входе делителя напряжение, равное 1 *в*. Стрелка измерителя напряжения выхода должна находиться на делении 1 в течение всего времени работы генератора (в этом случае погрешность в установке и определении выходного напряжения будет минимальной).

12. Установить необходимую величину выходного напряжения. Выходное напряжение генератора выводится через переходные гнезда 0—0,1 *в* кабелем с делительной головкой и 0—1 *в* кабелем без головки.

Выходное напряжение 0,1 *в* снимается с зажимов 10, 1 или 0,1 делительной головки кабеля, подключенного к гнезду 0—0,1 *в*. В этом случае выходное напряжение можно изменять: выбором зажима делительной головки (ступенями в 10 раз), переключателем «множитель» (ступенями в 10 раз), ручкой «микровольты» (плавно), ручкой «установка несущ.» (плавно).

Величина выходного напряжения в микровольтах определяется перемножением показаний измерителя напряжения выхода, лимба «микровольты», ручки «множитель» и цифры используемого зажима делительной головки. Следует иметь в виду, что таким перемножением можно определить напряжение на переходном гнезде 0—0,1 *в* только при использовании кабеля с делительной головкой.

Выходное напряжение до 1 *в* снимают с гнезда 0—1 *в*. Величину выходного напряжения в вольтах определяют перемножением показаний измерителя напряжения выхода на показания лимба «микровольты» и коэффициент 0,1.

Работа с прибором. Могут быть три различных варианта работы с прибором Г4-1: работа без модулятора, работа с внутренней модуляцией, работа с внешней модуляцией. Наиболее часто, особенно при настройке простых радиоприемников, применяется второй вариант.

Для работы модулированными колебаниями с внутренней модуляцией нужно:

установить необходимую частоту генератора;

переключатель модуляции поставить в положение «вн. мод.»;

ручкой «установка *m*%» установить необходимый процент глубины модуляции (нормальная глубина 30%);

установить необходимое выходное напряжение.

Сигнал-генераторы устроены проще, чем генераторы стандартных сигналов. У них отсутствуют приборы для измерения уровня сигнала и глубины модуляции. В качестве аттенюаторов в сигнал-генераторах часто применяют обычные потенциометры и переключатели и меньше внимания уделяют вопросам экранизации и стабилизации питания.

Сигнал-генераторы применяют при налаживании и ремонте радиоприемников.

10. Испытатели радиоламп и полупроводниковых приборов

Испытатели радиоламп — измерительные приборы для проверки величины тока эмиссии, анодного тока, крутизны характеристики, вакуума в лампе, наличия короткого замыкания между электродами или плохих контактов внутри лампы, а также для снятия статических характеристик ламп.

Испытатель ламп Л1-3 позволяет измерять параметры приемно-усилительных и маломощных генераторных ламп (до 25 *вт* мощности рассеивания на аноде), кенотронов, диодов и стабилитронов.

На рис. 107 изображен вид передней панели прибора Л1-3.

Прибор Л1-3 состоит из четырех основных блоков: блока питания, крутизномера, микроамперметра и лампового вольтметра, коммутирующего устройства.

В *блок питания* входят силовой трансформатор, четыре выпрямителя (три кенотронных и один на полупроводнико-

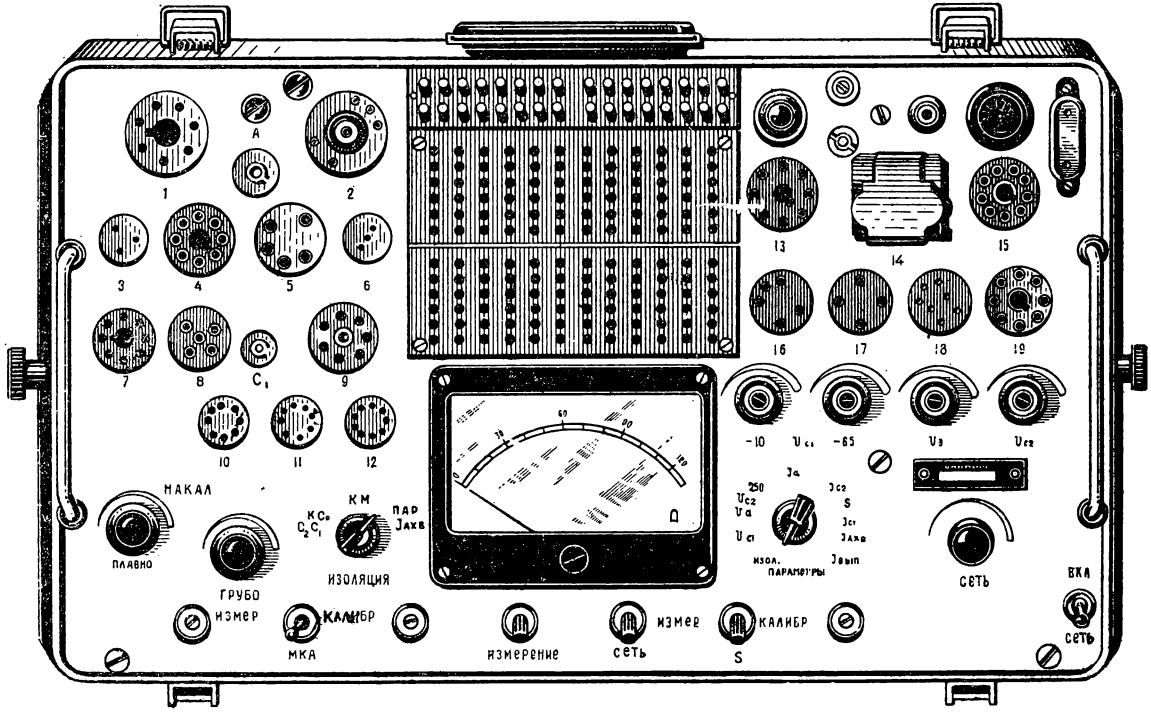


Рис. 107. Вид передней панели прибора Л1-3 (МИЛУ-1)

вых диодах) и три стабилизатора напряжения. Нить накала испытуемой лампы питается постоянным током.

Крутизномер служит для измерения крутизны анодно-сеточных характеристик приемно-усилительных и маломощных генераторных ламп. Он состоит из генератора на 1200 *гц* и лампового вольтметра.

На первую сетку испытываемой лампы с делителя напряжения генератора подают напряжение возбуждения U_c. В анодную цепь лампы включают нагрузку — резистор R_a. Переменное напряжение на нагрузке

$$U_a = U_c S R_a,$$

где S — крутизна характеристики испытываемой лампы.

При $U_c = \text{const}$ и $R_a = \text{const}$ переменное напряжение на нагрузке зависит только от крутизны, т. е.

$$U_a = dS,$$

где $d = U_c R_a$ — постоянный коэффициент.

В этом случае показания измерительного прибора — крутизномера, измеряющего U_a, пропорциональны значениям измеряемой крутизны.

Напряжение от генератора через делитель подается на сетку испытываемой лампы. Ламповый вольтметр измеряет переменное напряжение частотой 1200 *гц*, снимаемое с анодной нагрузки испытываемой лампы.

Ламповый микроамперметр служит для измерения обратного тока первой сетки, анодного тока в начале характеристики и тока утечки между электродами. Микроамперметр собран по балансной схеме. Установку нуля и установку чувствительности микроамперметра осуществляют специальными потенциометрами. С помощью тумблера ламповый микроамперметр может быть превращен в ламповый вольтметр.

Коммутирующее устройство включает в себя 19 ламповых панелей, блок штепсельного коммутатора, два переключателя, кнопки, выключатели, систему шунтов и добавочных резисторов. Штепсельный коммутатор с набором испытательных карт — основной орган коммутации режимов испытываемых ламп. Каждая испытательная карта составлена на один определенный тип лампы. На карте указаны тип лампы, номер ламповой панели, номер испытательной карты. В верхней части испытательной карты даны режимы испытания и шкалы измерительного прибора,

а в нижней ее части — нормы измеряемых параметров и шкалы.

Подготовка прибора к работе. Перед включением прибора ручки регулировки напряжений накала, сеток и анода ставят в крайнее левое положение. Переключатель «изоляция» ставят в положение «пар.» (параметры). Переключатель «параметры» — в положение S, тумблеры «мка» и «S» — в положение «измер.». Затем прибор включают в сеть и прогревают 30—40 *мин*.

Испытательную карту, соответствующую испытываемому типу лампы, накладывают на штепсельный коммутатор.

Ручкой «сеть» при нажатой кнопке «сеть» стрелку измерительного прибора устанавливают на красную черту. Затем калибруют крутизномер. Для этого тумблер «S» ставят в положение «калибр.» Нажимают кнопку «измерение», стрелку измерительного прибора устанавливают на красную черту при помощи потенциометра, ось которого выведена под шлиц справа от тумблера «S». Затем тумблер ставят в положение «измер.». Переключатель «параметры» должен находиться в положении «S».

Далее устанавливают нуль и калибруют микроамперметр. Переключатель «параметры» из положения «S» переводят в положение «I_c». Тумблер «мка» ставят в положение «измер.» и при нажатии кнопки «измерение» стрелку измерительного прибора ставят на нуль потенциометром, выведенным под шлиц, слева от тумблера «мка». Затем этот тумблер из положения «измер.» ставят в положение «калибр.» и при нажатой кнопке «измерение» стрелку измерительного прибора устанавливают на красную черту с помощью потенциометра, выведенного под шлиц справа от тумблера «мка». Далее тумблер «мка» ставят в положение «измер.».

Проверка параметров кенотронов. 1. После коммутации испытательной карты переключатель «изоляция» поставить в положение «пар.», а переключатель «параметры» — в положение $I_{вып}$.

2. Включить испытатель, вставить испытываемую лампу, установить напряжение накала, затем нажать кнопку «измерение» и по прибору определить значение выпрямленного тока.

3. При измерении $I_{вып}$ запрещается ставить переключатель «изоляция» в положение $I_{ахв}$.

4. Кенотроны проверяют только при питании установки от сети частотой 50 *гц*.

Проверка параметров диодов. 1. Перед измерением параметров диодов переключатель «изоляция» поставить в положение «КМ», переключатель «параметры» — в положение «изол.» (изоляция).

2. Калибровку микроамперметра произвести до наложения на коммутатор испытательной карты диода по указанному выше способу. При этом необходимо заполнить отверстия 20/1, 26/1, 40/11, 52/11. Если непосредственно перед испытанием диодов осуществлялась калибровка микроамперметра при испытании других типов ламп, то повторять ее не следует.

3. Наложить карту, вставить лампу в соответствующую панель, установить напряжение накала и при нажатой кнопке «измерение» по прибору отсчитать значение тока проводимости между катодом и подогревателем.

4. После прогрева лампы измерить ток эмиссии (ток анода). Порядок измерения тока электронной эмиссии, в тех случаях когда заданы наименьшие допустимые значения тока электронной эмиссии (т. е. в тех случаях, когда в верху испытательной карты указано устанавливаемое напряжение анода $U_а$, а внизу — ток анода $I_а$), следующий.

Переключатель «параметры» из положения «изол.» перевести в положение «$U_а$» и при нажатой кнопке «измерение» ручкой «$U_а$» установить анодное напряжение, указанное на карте, после чего переключатель «параметры» поставить в положение «$I_а$». Затем при нажатой кнопке «измерение» перевести переключатель «изоляция» из положения «КМ» в положение «пар.» и по стрелочному прибору отсчитать ток электронной эмиссии, после чего переключатель «изоляция» снова ставится в положение «КМ». Длительность измерения при этом (т. е. время с момента перевода переключателя «изоляция» из положения «КМ» в положение «пар.» до момента возвращения этого переключателя в положение «КМ») не должна превышать 2 *сек*.

Порядок измерения тока электронной эмиссии, в тех случаях когда задано только наименьшее допустимое значение тока электронной эмиссии (т. е. в тех случаях, когда в верху испытательной карты указан устанавливаемый ток эмиссии $I_а$, а внизу — напряжение анода $U_а$), следующий.

Переключатель «параметры» из положения «изол.» перевести в положение «$I_а$», а переключатель «изоляция» из положения «КМ» в положение «пар.». Затем при нажатой кнопке «измерение» ручкой «$U_а$» установить анодный ток (ток эмиссии), указанный на карте, после чего переключатель «параметры» из положения «$I_а$» переводится в положение «$U_а$» и при нажатой кнопке «измерение» по стрелочному прибору отсчитывается значение анодного напряжения. Переключатель «изоляция» снова поставить в положение «КМ». Длительность измерения при этом (т. е. время с момента перевода переключателя «изоляция» из положения «КМ» в положение «пар.» до момента возвращения этого переключателя в положение «КМ») не должна превышать 5 *сек*.

Проверка параметров триодов, тетродов и пентодов.

1. Испытываемая лампа вставляется в панель, указанную на испытательной карте. С помощью переключателя «параметры» и потенциометров «$U_с$», «накал», «$U_а$» и «$U_{с2}$» в последовательности, указанной на испытательной карте, устанавливаются значения напряжений.

2. Определяют ток утечки (короткого замыкания) между электродами. Для этого переключатель «параметры» переводится в положение «изол.» и измеряется изоляция между сетками *1* и *2*, сеткой *1* и катодом, катодом и подогревателем путем установки переключателя «изоляция» в соответствующее положение и нажатия кнопки «измерение». Ток утечки измеряют по шкале прибора 150 *мка*.

3. Для измерения других параметров испытываемой лампы переключатель «изоляция» поставить в положение «пар.». Переводя переключатель «параметры» в положение «$I_а$», «$I_{с2}$», «S», «$I_с$» и нажимая кнопку «измерение», отсчитывают по показанию стрелочного прибора значения указанных параметров.

Перед измерением крутизны нужно проверить калибровку крутизномера для повышения точности измерения.

Для каждой последующей лампы контролируется напряжение накала. Воспрещается производить какие-либо переключения при нажатой кнопке «измерение». Напряжение накала устанавливается при вставленной и прогретой лампе (кнопки «сеть» и «измерение» должны быть отжаты).

Испытатель плоскостных транзисторов Л2-1 (ИПТ-1). Прибор Л2-1 (рис. 108) предназначен для быстрой проверки годности маломощных плоскостных транзисторов *p—n—p*-

и n—p—n-типов и измерения их основных параметров.

Прибором Л2-1 можно проверять отсутствие пробоя переходов эмиттер — коллектор; измерять обратный ток коллектора $I_{к0}$ при разомкнутой цепи эмиттера; измерять выходную проводимость транзистора h_{22} в режиме холостого хода на его входе; измерять коэффициент усиления по току α при коротком замыкании в цепи коллектора.

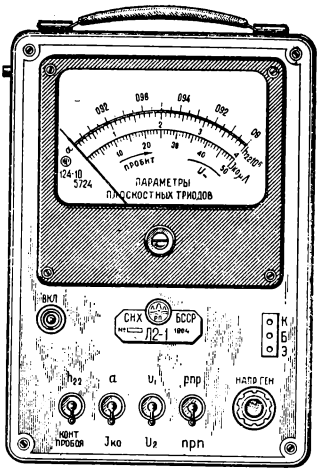


Рис. 108. Вид передней панели испытателя плоскостных транзисторов Л2-1.

Измерения производят в одном режиме по постоянному току при напряжении $U_к = 4{,}5$ *в* и $I_э = 1$ *ма* при включении транзистора по схеме с общей базой.

Питание испытателя — от двух сухих элементов типа 3336Л. Габариты 210 × 150 × × 90 *мм*. Масса 2 *кг*.

Прибор Л2-1 состоит из генератора низкой частоты (700 *гц*), схемы коммутации, усилителя низкой частоты, отсчетного прибора и блока питания.

Генератор выполнен на транзисторе П14 по схеме с индуктивной связью. Входное напряжение снимается с дополнительной обмотки контурного трансформатора и может регулироваться при помощи потенциометра.

Схема отсчетного прибора работает на транзисторах типа П13Б и П14. Первый каскад выполнен по схеме с общим коллектором, а остальные три по схеме с общим эмиттером. Температурная стабилизация коэффициента усиления достигается правильным выбором сопротивления резистора в цепи эмиттера и делителем в цепи базы. Для получения нужного коэффициента усиления эмиттер одного каскада шунтирован конденсатором большой емкости. На выходе схемы отсчетного прибора имеется симметричный выпрямительный мост, выполненный на четырех кристаллических диодах Д2В.

Схема коммутации осуществляется при помощи пружинных ключей типа КТРО: ключа отсчета h_{22} и контроля

пробоя, ключа отсчета α и $I_{ко}$, ключа контроля напряжения батарей, ключа переключения *p—n—p* и *n—p—n*.

Техника измерений с помощью испытателя Л2-1.

1. Включить испытываемый триод в колодку «КБЭ».

2. Переключатель «*pnp — npn*» поставить в соответствующее положение.

3. Проверить напряжение батарей. Для этого переключатель контроля батарей поставить в крайнее положение (вверх — для контроля U_1 и вниз — для контроля U_2) и нажать кнопку включения питания. Остальные переключатели должны быть в среднем положении. При этом стрелка прибора не должна выходить за пределы сектора отмеченного значком «U =».

4. Проверить испытуемый триод на пробой между эмиттером и коллектором. Для этого переключатель «h_{22} — конт. пробоя» поставить в положение «контроль пробоя». Остальные переключатели должны быть в среднем положении. Если триод не пробит, то стрелка отсчетного прибора не отклоняется.

5. Для измерения параметров нужно откалибровать прибор. Поставив переключатели отсчета параметров и контроля батарей в среднее положение и нажав кнопку, вращают ручку «напр. ген.» до тех пор, пока стрелка отсчетного прибора не станет в положение полного отклонения.

При определении α и h_{22} устанавливают переключатели в соответствующие положения. Величины α и h_{22} отсчитывают по соответствующим шкалам прибора.

Для смены батарей необходимо отвернуть четыре винта, крепящих крышку отсека батарей. Батареи разместить согласно гравировке. После установки батарей проверить их напряжение указанным выше способом.

Глава 6

ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

1. Основные параметры переменного тока. Понятие о токах промышленной, звуковой, высокой и сверхвысокой частот

Электрический ток, изменяющийся с течением времени по величине и направлению, называется переменным током. Чаще всего применяется так называемый периодический синусоидальный переменный ток — ток, изменяющийся по синусоидальному закону.

В радиотехнических устройствах имеют дело также с пульсирующим током, который изменяет свою величину подобно переменному току, но протекает только в одном направлении.

Источником переменного тока служат генераторы переменного тока, принцип действия которых основан на использовании явления электромагнитной индукции. Простейшая конструкция такого генератора — проводник в виде рамки, вращающийся в магнитном поле постоянного магнита или электромагнита. График изменения э. д. с. e в рамке за время одного оборота показан на рис. 109. Аналогичный вид имеет и график переменного тока.

Величины, определяющие характер изменения переменного тока, называются его параметрами. К ним относятся период, частота и амплитуда тока.

Время, в течение которого происходит полный цикл изменений переменного тока или одно полное колебание тока, называется периодом. Период обычно обозначается буквой T.

Частота переменного тока — число полных колебаний тока (или число периодов) в 1 *сек*. Частота переменного тока обозначается буквой f и измеряется в герцах (*гц*). Частота равна 1 *гц*, если в секунду происходит одно полное колебание тока (э. д. с.). Частота измеряется и в кратных

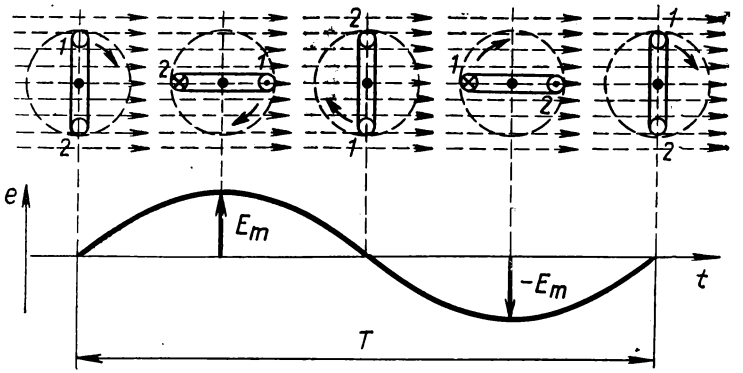


Рис. 109. График изменения э. д. с. *e* в рамке за время одного оборота.

единицах (мегагерцах и килогерцах). 1 *Мгц* = 1000 *кгц* = = 1 000 000 *гц*.

Частота и период колебаний являются величинами обратными, т. е.

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

Наибольшая величина тока за время одного периода называется амплитудой и обычно обозначается I_m. За одно полное колебание ток дважды достигает амплитудного значения: один раз при изменении в одном — положительном направлении, второй раз в противоположном — отрицательном.

Переменный ток, применяемый в промышленности, имеет частоту $f = 50$ *гц* и называется током промышленной частоты. Продолжительность периода такого тока 0,02 *сек*.

Переменные токи, частота которых соответствует частоте звуковых колебаний (примерно от 16 до 20 000 *гц*), называются токами звуковой частоты или токами низкой частоты.

Переменные токи с частотой в сотни тысяч, миллионы и десятки миллионов герц называются токами высокой частоты.

Переменные токи, частота которых исчисляется сотнями миллионов, тысячами миллионов и даже сотнями тысяч миллионов герц, называются токами сверхвысокой частоты.

2. Активное, индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока

В цепях переменного тока различают три вида сопротивлений: активное, индуктивное и емкостное.

Активным сопротивлением называется сопротивление переменному току со стороны материала проводника (при прохождении переменного тока по проводнику последний нагревается, т. е. потребляет мощность). Сопротивление проводника, измеренное при постоянном токе, иногда называют омическим. На низких частотах разница между активным и омическим сопротивлением проводника очень мала и ею практически пренебрегают. На высоких частотах активное сопротивление в десятки раз больше омического.

При включении активного сопротивления в цепь переменного тока амплитудные и нулевые значения напряжения u и тока i совпадают между собой — напряжение и ток совпадают по фазе (рис. 110).

На переменный ток влияют не только напряжение и сопротивление цепи, но и индуктивность проводников, включенных в цепь. При включении в цепь переменного тока катушки индуктивности в ней индуцируется э. д. с. самоиндукции (так как магнитный поток, пронизывающий витки катушки, изменяется), которая препятствует нарастанию тока при его увеличении и уменьшению тока при спаде его величины. Иными словами, когда напряжение в цепи переменного тока с включенной катушкой индуктивности достигнет максимума, ток не успеет достигнуть той величины, которой он достиг бы в цепи без катушки индуктивности. Между напряжением u и током i возникает сдвиг по фазе φ (рис. 111).

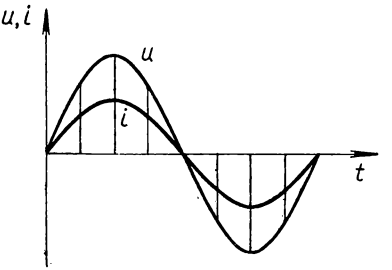


Рис. 110. График изменения переменных напряжения и тока при включении активного сопротивления в цепь переменного тока.

Таким образом, действие индуктивности в отношении величины переменного тока подобно действию сопротивления проводника. С увеличением индуктивности сопротивление цепи переменному току

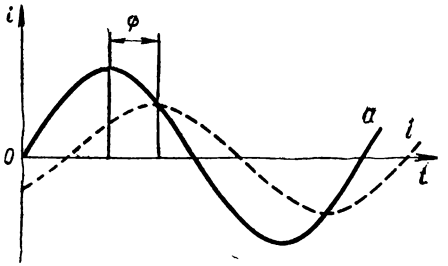


Рис. 111. График изменения переменных напряжения и тока в цепи с активным и индуктивным сопротивлениями.

увеличивается. Сопротивление, которым обладает цепь вследствие наличия в ней индуктивности, называется **индуктивным сопротивлением**.

Индуктивное сопротивление цепи зависит от величины индуктивности L и частоты переменного тока f. Чем больше индуктивность L и частота переменного тока f, тем больше индуктивное сопротивление. Рассчитывается индуктивное сопротивление по формуле

$$X_L = 2\pi f L, \text{ или } X_L = \omega L,$$

где X_L — индуктивное сопротивление, *ом*;
f — частота переменного тока, *гц*;
L — индуктивность, *гн*;
ω — угловая (или круговая) частота, равная $2\pi f$.

Иногда в отличие от активного сопротивления индуктивное сопротивление называют **реактивным сопротивлением**.

Если в цепь переменного тока включить конденсатор, переменный ток не исчезнет, как это случилось бы с постоянным током. В цепи будет продолжать течь ток заряда или разряда конденсатора, т. е. переменный ток. Величина этого тока зависит от емкости конденсатора: чем больше емкость, тем больше ток заряда и разряда. Следовательно, конденсатор можно рассматривать как некоторое сопротивление переменному току, возникающее вследствие того, что при заряде конденсатора между его обкладками возникает напряжение (U_C), направленное навстречу напряжению ($U_з$), ко-

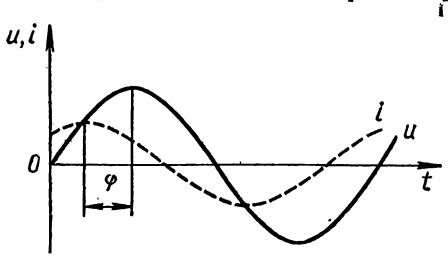


Рис. 112. График изменения переменных напряжения и тока в цепи с активным и емкостным сопротивлениями.

торое приложено на зажимах. Это дополнительное сопротивление, вносимое конденсатором в цепь, называется емкостным сопротивлением.

Чем больше частота переменного тока (напряжения, приложенного к конденсатору), тем большее число раз в секунду конденсатор будет заряжаться и разряжаться, тем большее количество электричества пройдет в цепи конденсатора в секунду, т. е. тем больше будет ток.

Таким образом, емкостное сопротивление зависит от величины емкости конденсатора C и частоты тока f: чем больше емкость конденсатора C и частота тока f, тем меньше емкостное сопротивление.

Емкостное сопротивление X_C определяется по формуле

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C},$$

где X_C — емкостное сопротивление, *ом*;
f — частота, *гц*;
C — емкость конденсатора, *ф*;
ω — угловая частота, равная $2\pi f$, *сек*$^{-1}$.

Емкость в цепи переменного тока так же, как и индуктивность, приводит к сдвигу фаз между током и напряжением, но в этом случае ток опережает напряжение (рис. 112). Так же как и индуктивное сопротивление, емкостное сопротивление является реактивным. Конденсатор в течение одного периода изменения напряжения источника дважды заряжается и дважды разряжается, не потребляя практически энергии от источника.

3. Получение электромагнитных колебаний в колебательном контуре. Резонанс напряжений и резонанс токов

Колебательный контур — один из важнейших элементов большинства радиотехнических устройств. Он представляет собой электрическую цепь, состоящую из катушки индуктивности (L), конденсатора (C) и соединительных проводов (рис. 113). Основное назначение колебательного контура — получение электромагнитных колебаний высокой частоты.

Если конденсатор колебательного контура зарядить от какого-либо источника тока, а затем подключить к нему катушку индуктивности, конденсатор станет разряжаться

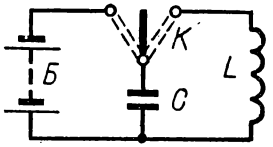


Рис. 113. Электрическая цепь с колебательным контуром *LC*.

через эту катушку и в цепи колебательного контура потечет ток. Катушка индуктивности обладает индуктивным сопротивлением, и ток нарастает в цепи постепенно, достигая наибольшей величины в тот момент, когда конденсатор полностью разрядится. За счет энергии, накопленной в магнитном поле катушки, ток продолжает течь в том же направлении, постепенно убывая. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться противоположно. Энергия будет накапливаться в электрическом поле конденсатора, и, когда она достигнет максимума, ток в контуре прекратится. Но в тот же момент конденсатор снова начнет разряжаться. В контуре потечет ток, но уже в обратном направлении. Он постепенно возрастет до максимальной величины, а затем снова постепенно упадет до нуля. Этот цикл составляет одно полное колебание. Затем колебательный процесс повторяется.

Проходя по соединительным проводам и виткам катушки, ток совершает работу по преодолению активного сопротивления. Часть энергии электрических колебаний превращается при этом в тепло, которое рассеивается (нагреваются током провода катушки и диэлектрик конденсатора). Вследствие этих неизбежных потерь колебания в контуре в течение малых долей секунды затухают (амплитуда их быстро уменьшается, и колебания прекращаются).

Для поддержания незатухающих колебаний в колебательном контуре воздействие внешней периодической э. д. с. должно быть тем сильнее, чем больше разница между частотой внешней э. д. с. и собственной частотой контура. Если частота внешней э. д. с. равна собственной частоте контура, амплитуда колебаний в контуре становится максимальной и для поддержания этих колебаний достаточно незначительной энергии. Это явление называется **резонансом**.

Практически резонанс может быть получен двумя способами: изменением частоты э. д. с. внешнего источника при неизменной частоте собственных колебаний контура и изменением частоты колебаний контура (изменением емкости, индуктивности или того и другого) при неизменной частоте э. д. с. внешнего источника.

Для резонанса характерно получение мощных колебаний при небольшой затрате энергии внешнего источника, необходимой только для компенсации потерь энергии при колебаниях в контуре.

Имеются два вида резонанса в колебательных контурах: резонанс напряжений и резонанс токов.

Резонанс напряжений получается тогда, когда источник внешней э. д. с. включен внутрь контура, т. е. соединен последовательно с катушкой индуктивности и конденсатором контура. В этом случае общее реактивное сопротивление контура равно разности индуктивного и емкостного сопротивлений

$$X = X_L - X_C,$$

так как индуктивное и емкостное сопротивления оказывают противоположные влияния на ток (напряжения на катушке и на конденсаторе всегда действуют навстречу друг другу).

При равенстве частот источника внешней э. д. с. f и контура f_0 или индуктивного и емкостного сопротивлений общее реактивное сопротивление контура оказывается равным нулю, а общее сопротивление контура — активному сопротивлению. Благодаря этому ток в контуре становится максимальным, превышая ток источника внешней э. д. с. в Q раз (Q — добротность контура). Добротность контура тем выше, чем меньше активное сопротивление контура.

Если частота внешнего источника э. д. с. больше собственной частоты контура, индуктивное сопротивление преобладает над емкостным. Если частота внешнего источника э. д. с. меньше частоты контура, то емкостное сопротивление больше индуктивного. В любом из этих случаев при отклонении от резонанса полное сопротивление контура возрастает по сравнению с его величиной при резонансе и ток в контуре будет меньше, чем при резонансе.

Резонанс напряжений широко используется в радиотехнике для получения максимального тока и напряжения на контуре при помощи настройки контура на нужную частоту.

Резонанс токов наблюдается при параллельном включении внешнего источника э. д. с. по отношению к индуктивности и емкости контура (источник находится вне контура). Условия получения резонанса токов те же, что и для резонанса напряжений: $f = f_0$ и $X_L = X_C$.

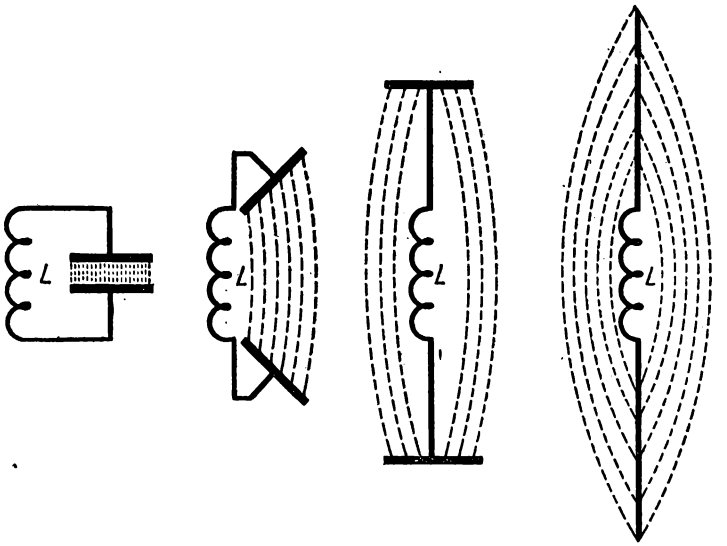


Рис. 114. Превращение замкнутого колебательного контура в открытый.

Но так как в данном случае весь контур является нагрузкой для внешнего источника э. д. с., внешний источник э. д. с. и контур соединены последовательно. В данном случае при резонансе сопротивление контура максимально, а ток внешнего источника э. д. с. минимален. В самом контуре при резонансе токов происходят сильные колебания, амплитуда которых во много раз (в Q раз) больше, чем амплитуда тока внешнего источника э. д. с.

Резонанс токов используется в радиотехнике в ламповых генераторах и усилителях высокой частоты для создания большого сопротивления для токов определенной частоты.

В колебательном контуре емкость и индуктивность сосредоточены соответственно в конденсаторе и катушке, вследствие чего электрическое и магнитное поля ограничены небольшим объемом. Такой колебательный контур называется **замкнутым колебательным контуром**. Способность замкнутого колебательного контура излучать электромагнитные волны практически ничтожна. Если раздвигать пластины конденсатора и одновременно

увеличивать их размеры (при увеличении расстояния между пластинами конденсатора емкость его уменьшается и частота колебаний изменяется), то интенсивность излучения электромагнитных волн в пространство возрастает.

На рис. 114 показано, как замкнутый колебательный контур превращается в открытый колебательный контур — антенну. Емкость у открытого колебательного контура образована двумя длинными проводами. Один из проводов можно зарыть в землю, так как земля является хорошим проводником и может заменить одну из пластин конденсатора, а второй провод следует поднять как можно выше над землей.

Если в антенне происходят колебания электрического тока, то вокруг нее существуют переменные магнитное и электрическое поля. Их совокупность называется электромагнитным полем. Это электромагнитное поле распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Частота колебаний электромагнитного поля соответствует частоте колебаний тока в антенне, а интенсивность электромагнитного поля — амплитуде тока в антенне. Чем больше интенсивность электромагнитного поля, тем на более далеком расстоянии оно может быть принято радиоприемником.

В практике интенсивность электромагнитного поля часто характеризуют напряженностью E его электрического поля — величиной э. д. с., которую наводит поле в проводнике длиной 1 *м*. Если, например, э. д. с., равная 150 *мкв*, наводится в проводнике, длина которого 2 *м*, то напряженность электрического поля в месте приема будет равна 75 *мкв/м*.

Глава 7

РАДИОВОЛНЫ, ОСОБЕННОСТИ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РАДИОСВЯЗИ

1. Понятие о длине волны. Длинные, средние, короткие и ультракороткие радиоволны

Важнейшим свойством электромагнитных волн является их способность распространяться в окружающем пространстве со скоростью, близкой к скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ *м/сек*.

Расстояние, на которое распространяется волна за время одного колебания тока в антенне, называется д л и н о й в о л н ы. Длина волны λ зависит от частоты колебаний (или периода колебаний) тока в антенне:

$$\lambda = cT, \text{ или } \lambda = \frac{c}{f}.$$

Чем больше частота тока в антенне, тем меньше длина излучаемых радиоволн, и наоборот.

Зная длину волны, нетрудно вычислить частоту тока в антенне:

$$f = \frac{c}{\lambda}.$$

Для практических расчетов очень удобны следующие формулы:

$$f = \frac{300}{\lambda} \text{ и } \lambda = \frac{300}{f},$$

где f — частота колебаний, *Мгц;*

λ — длина волны, *м*.

Электромагнитные волны, занимающие спектр частот примерно от $3 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^{12}$ *гц*, называются радиоволнами. Так как в зависимости от длины радиоволн изменяются особенности их распространения, весь спектр радиоволн разбивают на отдельные диапазоны, наименования которым даны по длинам волн (табл. 24).

Таблица 24

Классификация радиоволн

Наименование диапазона	Длина волны, *м*	Частота, *гц*	Области применения
Мириаметровые (сверхдлинные)	10^5—10^4	$3 \cdot 10^3$—$3 \cdot 10^4$	Радионавигация, грозовое предупреждение
Километровые (длинные)	10^4—10^3	$3 \cdot 10^4$—$3 \cdot 10^5$	Радиосвязь, радионавигация
Гектометровые (средние)	10^3—10^2	$3 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^6$	Радиосвязь, радиовещание, радионавигация
Декаметровые (короткие)	10^2—10^1	$3 \cdot 10^6$—$3 \cdot 10^7$	Радиосвязь, радиовещание
Ультракороткие:			
метровые	10—1	$3 \cdot 10^7$—$3 \cdot 10^8$	Радиосвязь, радиовещание, телевидение, радиолокация, радиорелейная связь, радионавигация и др.
дециметровые	1—0,1	$3 \cdot 10^8$—$3 \cdot 10^9$	
сантиметровые	0,1—0,01	$3 \cdot 10^9$—$3 \cdot 10^{10}$	
Миллиметровые	0,01—0,001	$3 \cdot 10^{10}$—$3 \cdot 10^{11}$	То же
Децимиллиметровые	0,001—0,0001	$3 \cdot 10^{11}$—$3 \cdot 10^{12}$	

В последние годы был открыт способ генерирования электромагнитных колебаний оптического диапазона с помощью квантовых генераторов (лазеров). Предполагается, что электромагнитные колебания оптического диапазона в ближайшем будущем найдут широкое применение для радиосвязи (особенно с космическими кораблями), радиолокации, радионавигации и т. д.

2. Особенности распространения радиоволн различной длины

Общие сведения. В однородной среде радиоволны распространяются прямолинейно. Скорость распространения радиоволн в средах с различными электрическими свойствами неодинакова. Практически для радиоприема это не имеет значения, так как средой между приемником и передатчи-

ком является воздух или вакуум, а скорость распространения радиоволн в них практически одинакова. Но переход радиоволн из одной среды в другую (например, в среду, являющуюся плохим проводником электрического тока) вследствие изменения скорости их распространения приводит к преломлению радиоволн, т. е. к изменению направления их распространения. Преломление радиоволн тем меньше, чем короче их длина, и тем больше, чем больше разница между диэлектрическими проницаемостями граничащих сред.

Если среда, в которой распространяются радиоволны, является проводником электрического тока, то происходят потери энергии на ее нагрев возбуждаемыми токами.

От гладкой поверхности вещества, обладающего электропроводностью, радиоволны отражаются; при этом угол падения равен углу отражения. Если на отражающей поверхности имеются неровности, размеры которых соизмеримы с длиной волны, наблюдается рассеянное отражение.

Радиоволны, излучаемые антенной, распространяются вдоль земной поверхности (поверхностные радиоволны) и под углом к горизонту (пространственные радиоволны).

Поверхностные радиоволны хорошо огибают (явление дифракции) предметы, встречающиеся на пути их распространения, если размеры этих предметов меньше длины волны. Связь поверхностными радиоволнами устойчива. Но поверхностные радиоволны частично поглощаются почвой (электромагнитная энергия расходуется на нагревание почвы), поэтому интенсивность электромагнитных колебаний по мере удаления их от места излучения снижается. Величина потерь зависит от частоты колебаний радиоволн и проводимости почвы (чем выше частота и меньше проводимость почвы, тем больше потери). Степень затухания поверхностной радиоволны возрастает пропорционально квадрату частоты.

По мере удаления радиоволны от передатчика величина ее энергии в каждой точке пространства уменьшается. Это явление называется р а с с е я н и е м э н е р г и и.

Распространение пространственных радиоволн во многом зависит от свойств атмосферы, состав которой неоднороден. Под влиянием солнечных и космических лучей происходит ионизация воздуха. На больших высотах резко увеличивается число свободных электронов. Верхний слой

атмосферы называется ионосферой. Ионосфера в свою очередь разделена на несколько слоев, в которых степень ионизации достигает наибольшего значения. Эти слои разделены областями с меньшей степенью ионизации. Максимальная концентрация от слоя к слою повышается и для верхнего слоя может достигать $2 \cdot 10^6$ электронов на кубический сантиметр. Ионизированный слой D (рис. 115) расположен на высоте 60—80 *км* (он образуется только в летнее время, днем), слой E — на высоте 100—120 *км* (на границе области с однородным составом атмосферы и области молекулярного кислорода), слой F_1 — на высоте 180—250 *км* (неустойчивый, обусловленный ионизацией молекулярного азота), слой F_2 — на высоте 250—500 *км* (обусловлен ионизацией атомного кислорода) *.

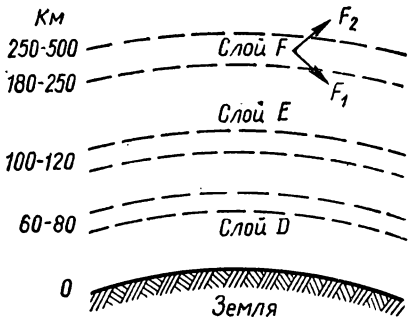


Рис. 115. Ионизированные слои атмосферы.

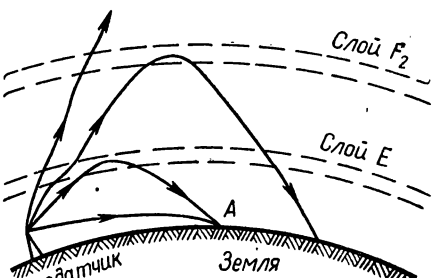


Рис. 116. Пути радиоволн в атмосфере.

Высота ионизированных слоев и концентрация электронов в них зависят от интенсивности солнечных лучей, от времени суток и года. Днем ионизация сильнее, чем ночью, летом сильнее, чем зимой. В периоды наибольшей солнечной деятельности (периодичность составляет 11 лет) наблюдается наибольшая концентрация электронов в слоях ионосферы. Так как изменение высоты слоев ионосферы происходит через значительные отрезки времени, практически это не мешает при приеме радиосигналов.

Достигнув ионизированного слоя, радиоволна преломляется в сторону земли (рис. 116) из-за изменения скорости

* Слои F_1 и F_2 образуются в дневные часы из слоя F.

распространения. Степень преломления зависит от плотности ионизации, от угла падения пространственной радиоволны и ее длины (чем длиннее радиоволна, тем сильнее она преломляется).

Под влиянием электромагнитного поля радиоволн электрические заряды, находящиеся в ионосфере, начинают колебаться, сталкиваться друг с другом. При этом выделяется тепло. Таким образом, в ионосфере происходит потеря энергии радиоволн. В отличие от поглощения радиоволн в земле степень поглощения радиоволн в ионосфере с увеличением частоты уменьшается, а не возрастает.

Особенности распространения длинных волн. Длинные волны при распространении огибают встречающиеся на пути препятствия: леса, горы, возвышенности. Но энергия длинных поверхностных волн в значительной степени поглощается земной поверхностью. Поэтому для осуществления радиосвязи на длинных волнах требуется передатчик большой мощности (мощность радиовещательных станций достигает сотен и даже тысяч киловатт).

Пространственные длинные волны в дневное время поглощаются ионизированными слоями атмосферы D и E. Вечером и ночью, когда ионизированный слой D исчезает, пространственная длинная волна отражается слоями E и F_1 ионосферы при малых потерях и может быть отражена от земной поверхности и ионосферы многократно. Эта особенность распространения пространственных длинных волн используется для дальней радиосвязи.

Особенности распространения средних волн. Средние волны, подобно длинным волнам, распространяются поверхностной и пространственной волнами.

Так как частота колебаний волн средневолнового диапазона значительно выше частоты колебаний волн длинноволнового диапазона, затухание поверхностной волны в диапазоне средних волн сильнее, чем в длинноволновом диапазоне. Поэтому дальность радиосвязи поверхностными волнами средневолнового диапазона не превышает 1 000—1500 *км*.

Пространственные средние волны значительно глубже проникают в ионосферу, чем длинные, достигая области, где концентрация оказывается достаточной для полного внутреннего отражения. Это является причиной их сильного затухания. В дневное время нижняя граница слоя E опускается, и средним волнам приходится пройти в ионосфере

более длинный путь до слоя, от которого они отражаются. Поэтому поглощение их в ионосфере настолько велико, что радиосвязь на средних волнах в дневное время осуществляется только поверхностными волнами. В ночное время нижняя граница слоя *E* поднимается, и пространственные волны средневолнового диапазона затухают значительно слабее. Но главную роль для радиосвязи на средних волнах и в ночное время играет поверхностная волна, так как напряженность ее поля остается устойчивой.

На распространение средних волн существенное влияние оказывает случайное изменение высоты отражающего слоя, потому что к месту приема могут прийти пространственная и поверхностная волны. Так как эти волны проходят разный по длине путь, то в месте приема они могут оказаться как в фазе, так и в противофазе. Если волны приходят в фазе, то напряженность поля в месте приема окажется равной сумме напряженностей (в данной точке), создаваемых поверхностной и пространственной волнами. Если же они оказываются в противофазе, то напряженность поля в месте приема будет равна разности напряженностей, создаваемых поверхностной и пространственной волнами. В последнем случае в месте приема происходят так называемые замирания сигналов (фединги).

Рассмотренное явление носит название интерференции волн (взаимное усиление и ослабление волн).

Замирания на средних волнах наблюдаются лишь в ночное время. Они могут также быть результатом интерференции нескольких пространственных волн. Интервалы между замираниями могут быть от единиц до десятков секунд, что затрудняет прием радиопередачи.

Существуют различные методы борьбы с замираниями. Один из них — применение антенн, излучающих пространственные волны с небольшим углом возвышения. В результате в местах приема отраженных пространственных волн вообще не обнаруживается или их интенсивность мала по сравнению с интенсивностью поверхностной волны. Другой метод борьбы с замираниями — применение автоматической регулировки усиления в радиоприемниках.

Особенности распространения коротких волн. Поверхностные волны коротковолнового диапазона затухают еще в большей степени, чем средние волны. Поэтому связь на большие расстояния на коротких волнах осуществляется пространственными волнами. Короткие пространственные волны

отражаются от слоя F_2. Но на пути к слою F_2 короткие волны проходят слои D и E, в которых происходит их поглощение. Величина поглощения обратно пропорциональна квадрату частоты. Поэтому использование низкочастотной части коротковолнового диапазона для устойчивой радиосвязи требует значительного увеличения мощности радиопередатчика.

На практике стремятся работать на возможно более высоких частотах, но при этом учитывается концентрация электронов в слое F_2, которая изменяется со временем: днем для радиосвязи выбирают волны длиной 10—25 *м* (дневные волны), в часы полуосвещенности 25—35 *м* (промежуточные волны), ночью 35—100 *м* (ночные волны).

Отражение коротких волн от ионосферы обусловливает существование зон, в пределах которых радиосвязь невозможна. Эти зоны называются зонами молчания (мертвыми зонами). Зоны молчания — это области между зонами слышимости, в пределах которых наблюдается полное отсутствие приема коротковолновой передающей радиостанции.

Зоны молчания образуются потому, что поверхностная короткая волна, распространяющаяся вблизи земли, сильно поглощается последней и на сравнительно небольшом расстоянии от передатчика (порядка нескольких десятков

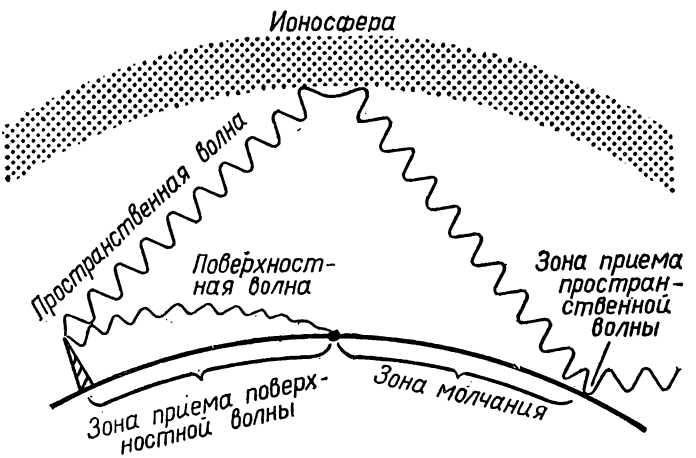


Рис. 117. Распространение коротких волн.

километров) практически полностью затухает, а пространственная волна, отразившись от ионосферы, возвращается на землю обычно на гораздо большем расстоянии — порядка сотен или тысяч километров. В области, до которой поверхностная волна не доходит и в которую не проникает пространственная волна, образуется так называемая зона молчания (рис. 117).

При работе на коротких волнах наблюдаются замирания с периодом от десятых долей секунды до нескольких десятков секунд.

Для коротких волн характерно также явление обратного эха — достижение радиоволной приемника по кратчайшему пути и по наидлиннейшему противоположному пути (так как волны от передатчика распространяются по разным направлениям, огибая земной шар; в место приема они могут прийти разными путями). Таким образом, сигнал передатчика достигает приемника дважды: один раз — по короткому пути, второй раз — по удлиненному. Получается так называемое обратное эхо. Но прямая волна может обогнуть землю даже несколько раз. Это также ухудшает качество радиоприема.

Особенности распространения ультракоротких волн (УКВ). Связь на УКВ осуществляется поверхностной волной, так как ультракороткие волны не отражаются от ионосферы. В нижних слоях атмосферы происходит сильное затухание УКВ (затухание возрастает с уменьшением длины волны). Явление дифракции при радиосвязи на УКВ практически не наблюдается. Поэтому можно считать, что УКВ вблизи земной поверхности распространяются прямолинейно (если не учитывать влияния неоднородности тропосферы по своим электрическим свойствам), т. е. в пределах прямой видимости. Но под влиянием тропосферы и ионосферы УКВ распространяются значительно дальше прямой видимости, так как вследствие неоднородности электрических свойств нижних слоев атмосферы в них происходит преломление УКВ в направлении к земной поверхности. Это явление называется атмосферной рефракцией. Степень преломления в различных слоях атмосферы различна (с высотой убывает).

В некоторых случаях радиоволны, излучаемые под небольшим углом к горизонту, искривляются так, что они снова доходят до земли, отражаются от нее, а затем, отразившись от нижних слоев атмосферы, снова возвращаются на

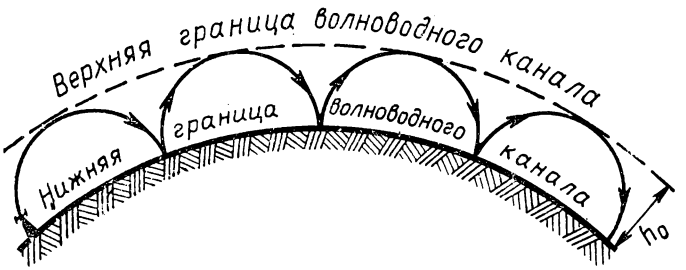


Рис. 118. Распространение радиоволн по атмосферному волноводному каналу.

землю и т. д. (рис. 118). Это явление называется сверхрефракцией, а область пространства, в которой оно происходит, называется волноводным каналом. В волноводном канале дальность радиосвязи может в десятки раз превышать дальность прямой видимости.

Чаще всего условия для возникновения сверхрефракции создаются при распространении УКВ с длиной волны короче 1 *м*, но иногда при благоприятных условиях могут создаваться волноводные каналы и для волн метрового диапазона.

В связи с тем, что ионосфера неоднородна в различных своих областях из-за «ионосферных ветров», метеорной ионизации и других явлений, электромагнитные волны, достигая этих областей, рассеиваются в различных направлениях (в пределах некоторого угла). Этим объясняются, например, случаи сверхдальнего приема телевизионных передач на расстоянии нескольких тысяч километров. Радиосвязь, при которой используется это явление, весьма устойчива.

В отличие от длинных, средних и коротких волн, затуханием которых в атмосфере пренебрегают, УКВ (особенно сантиметрового и миллиметрового диапазонов) заметно поглощаются в тропосфере. Поглощение радиоволн в тропосфере увеличивается с уменьшением их длины и увеличением концентрации пыли и влаги (туман, облака, дождь, снег). Поглощение имеет резонансный характер: наибольшее поглощение получается на частотах, совпадающих с собственными частотами колебаний молекул кислорода и водяного пара.

Глава 8

ПРИНЦИПЫ РАДИОПЕРЕДАЧИ И РАДИОПРИЕМА

Радиосвязь, радионавигация, радиолокация, телевидение, радиоуправление, радиотелеметрия и многие другие отрасли радиотехники основаны на передаче сигналов при помощи электромагнитных волн высокой частоты и их приеме.

Радиосвязь осуществляется при помощи радиостанций. Радиостанция имеет радиопередатчик и радиоприемник (в переносных радиостанциях передатчик и приемник монтируются в общей упаковке). Радиопередатчик служит для генерирования и излучения в пространство (с помощью антенны) колебаний высокой частоты, несущих «отпечаток» передаваемых сигналов (речи, музыки, телеграфных знаков). Радиоприемник предназначен для приема (с помощью антенны) радиоволн и воспроизведения речи, музыки, телеграфных сигналов.

На рис. 119 показана схема линии двухсторонней радиосвязи (схема передачи и приема радиосигналов). В зависимости от вида передачи сигналов радиосвязь делят на радиотелеграфию, радиотелефонию, радиофототелеграфию, телевидение и радиовещание.

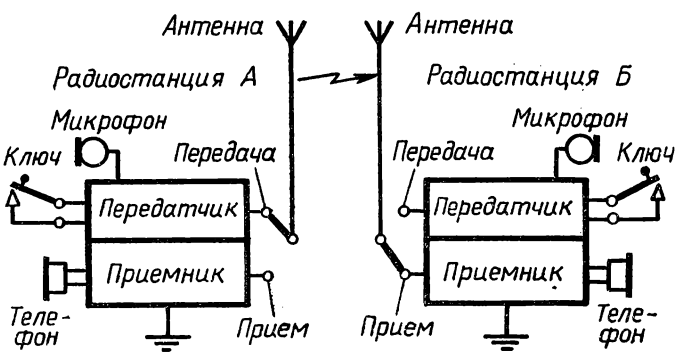


Рис. 119. Схема линии двухсторонней радиосвязи.

1. Радиопередатчики

В радиопередатчике энергия постоянного тока или переменного тока промышленной частоты (50 *гц*) преобразуется в энергию токов высокой частоты, которая с помощью антенны излучается в пространство в виде электромагнитных волн.

Токи высокой частоты создаются (генерируются) с помощью ламповых генераторов, которые являются преобразователями электрической энергии постоянного тока в электрическую энергию переменного тока. Основными деталями генераторов являются электронные лампы и колебательные контуры. Мощности генераторов могут быть от долей ватта до тысяч киловатт.

На рис. 120 изображена структурная схема радиопередатчика. В нее входят следующие элементы: задающий генератор (возбудитель), который служит для генерирования токов высокой частоты; усилитель мощности, предназначенный для усиления генерируемых задающим генератором колебаний (получения заданной мощности высокой частоты); антенно-фидерное устройство, предназначенное для излучения радиоволн; устройство, управляющее колебаниями высокой частоты (манипулятор, например телеграфный ключ при передаче телеграфных знаков, модулятор при передаче речи или музыки); источники питания.

Основные электрические показатели, характеризующие передатчик, следующие:

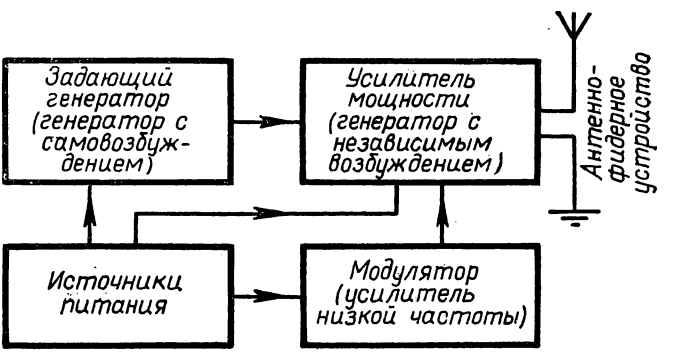


Рис. 120. Структурная схема радиопередатчика.

диапазон волн, в пределах которого должен работать передатчик (в зависимости от его назначения);

мощность передатчика — мощность колебаний в антенне, от которой зависит дальность и надежность радиосвязи;

коэффициент полезного действия η — отношение мощности передатчика ($P_{ант}$) ко всей потребляемой мощности от источников питания ($P_{потр}$):

$$\eta = \frac{P_{ант}}{P_{потр}};$$

стабильность и точность установки частоты, определяющие в значительной мере надежность связи;

отсутствие заметных искажений при передаче сигнала.

В передатчиках используются ламповые генераторы с самовозбуждением, в которых высокочастотные колебания генерируются автоматически (без всякого воздействия со стороны), и генераторы с независимым (посторонним) возбуждением, в которых генерирование колебаний высокой частоты происходит в результате воздействия постороннего возбудителя (генератора с самовозбуждением).

Задающий генератор (возбудитель) представляет собой ламповый генератор высокой частоты с самовозбуждением (рис. 121).

Принцип работы лампового генератора с самовозбуждением состоит в превращении свободных затухающих колебаний в колебательном контуре в незатухающие путем восполнения потерь энергии в колебательном контуре за счет анодного тока электронной лампы, в анодную цепь которой включен данный колебательный контур. Это достигается с помощью обратной связи между анодной цепью и цепью сетки (рис. 122, 123).

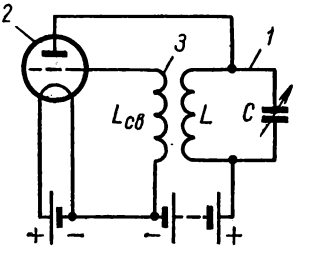


Рис. 121. Схема лампового генератора с самовозбуждением:

1 — колебательный контур; *2* — электронная лампа; *3* — катушка обратной связи.

Основным условием получения незатухающих колебаний является восполнение потерь энергии колебательного контура в такт с колебаниями в нем. Для этого с помощью обратной связи сигнал с колебательного контура подается на управляющую сетку

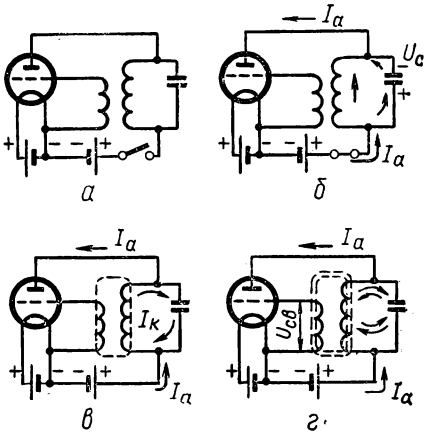


Рис. 122. Физические процессы в схеме лампового генератора с самовозбуждением:

а — анодная цепь разомкнута, анодного тока нет; *б* — анодная цепь замкнута — появление анодного тока $I_а$ вызвало заряд конденсатора; *в* — конденсатор разряжается на катушку, в контуре возникают колебания; *г* — за счет напряжения обратной связи лампа открывается и анодный ток подзаряжает конденсатор.

в фазе с колебаниями в анодной цепи. Если сигнал подавать на управляющую сетку в противофазе, колебания в контуре затухнут. Поэтому всегда необходимо следить за правильностью монтажа элементов обратной связи. Кроме того, величина переменного напряжения в цепи сетки должна быть достаточно большой, чтобы вызванные ею импульсы анодного тока компенсировали потери колебательной энергии в контуре.

Существует несколько способов связи колебательного контура с управляющей сеткой лампы: трансформаторная связь — при помощи отдельной катушки связи $L_{св}$ (рис. 123, *а*); автотрансформаторная связь — при помощи части витков L_2 катушки контура (рис. 123, *б*); емкостная связь — при помощи конденсатора связи C_2 (рис. 123, *в*). Возможна также комбинированная обратная связь, представляющая собой комбинацию описанных выше способов.

Частота колебаний генератора с самовозбуждением зависит от индуктивности и емкости его колебательного контура и определяется по формуле

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_к C_к}},$$

где f_0 — частота собственных колебаний контура;
$L_к$ — индуктивность контура;
$C_к$ — емкость контура.

Генераторы высокой частоты с самовозбуждением часто называют **автогенераторами**.

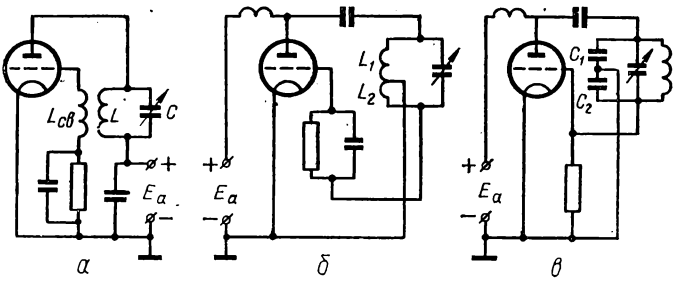


Рис. 123. Способы связи колебательного контура с управляющей сеткой:

а — трансформаторная; *б* — автотрансформаторная; *в* — емкостная.

Усилитель мощности. Роль усилителя мощности выполняют генераторы с посторонним возбуждением. Это постороннее возбуждение поступает от задающего генератора — генератора с самовозбуждением.

Принцип работы лампового генератора с посторонним возбуждением состоит в использовании колебательного контура, включенного в анодную цепь в качестве переменного реактивного сопротивления. На контуре образуется падение переменного напряжения за счет переменной составляющей анодного тока, возникающей при подаче переменного напряжения на управляющую сетку лампы.

Переменное напряжение на зажимах контура вызывает появление в контуре вынужденных колебаний. Чем больше переменное напряжение на зажимах контура, тем больше амплитуда вынужденных колебаний в контуре. Максимальную амплитуду колебаний в контуре можно получить при наибольшем переменном напряжении на зажимах контура, что достигается настройкой колебательного контура (с помощью конденсатора переменной емкости) в резонанс с подводимыми колебаниями (резонанс токов). Момент наступления резонанса определяют по наибольшему току в контуре. Колебания в анодном контуре получаются значительно большей мощности, чем в цепи сетки, т. е. происходит усиление мощности колебаний.

В передатчике в зависимости от его назначения может быть несколько ступеней усиления. Первые каскады усиления называются промежуточными. Они служат для увеличения амплитуды колебаний задающего генератора до

уровня, необходимого для возбуждения выходного каскада; для повышения частоты генерируемых колебаний; для развязки задающего генератора и выходного каскада, режим которого резко изменяется при модуляции.

В промежуточных каскадах коротковолновых передатчиков часто осуществляют умножение частоты путем настройки контура в анодной цепи промежуточного каскада на вторую или третью гармонику, т. е. на частоту в два или три раза более высокую, чем частота возбудителя. При умножении частоты легче обеспечить ее стабилизацию, так как при этом уменьшается влияние анодной цепи на цепь сетки, что увеличивает устойчивость работы схемы. Но к. п. д. каскада в режиме умножения ниже, чем в режиме усиления.

Выходные каскады передатчиков могут быть связаны с антенной путем непосредственного включения антенны в анодную цепь лампы (простая схема выхода) и при помощи включенного в анодную цепь колебательного контура, настроенного на частоту переменного напряжения на сетке и связанного с антенной (сложная схема выхода).

В усилителях мощности обычно применяют пентоды (или тетроды), так как они обладают значительно меньшей емкостью между анодом и управляющей сеткой, чем триоды, и позволяют получить большую мощность колебаний в анодном контуре. Большая емкость между сеткой и анодом приводит к увеличению связи между контурами усилителя и возбудителя, что отрицательно влияет на стабильность частоты задающего генератора. Маломощные генераторы работают на лампах приемно-усилительной серии.

Стабилизация частоты в передатчиках. Современная радиоаппаратура должна обеспечивать беспоисковую и бесподстроечную связь, так как подстройка приемника в процессе работы приводит к перерыву в связи и создает потерю большого количества передаваемых сигналов. Для обеспечения беспоисковой и бесподстроечной связи необходима высокая стабильность (постоянство) частоты передатчика. По существующим нормам допустимые отклонения частоты передатчика от номинальной не превышают тысячных долей процента.

Имеется два вида стабилизации частоты: параметрическая и кварцевая. Параметрическая стаби-

лизация заключается в подборе таких параметров схемы, при которых частота генератора мало зависит от внешних причин (особенно от температуры внешней среды и изменения питающих напряжений), и осуществляется при работе передатчика на всех частотах заданного диапазона. При кварцевой стабилизации в схему возбудителя включают пластинку кварца, обладающую пьезоэлектрическим эффектом. Эту пластинку помещают в кварцедержателе между двумя металлическими обкладками. Если к металлическим обкладкам подвести переменное напряжение, то кварц будет совершать механические колебания (сжиматься и расширяться).

Кварцевая пластинка по своим свойствам эквивалентна колебательному контуру с очень высокой стабильностью. Кварцевая стабилизация может осуществляться только на одной или нескольких кратных частотах.

Антенное устройство. Антенна передатчика — устройство, служащее для излучения в пространство радиоволн. Кроме антенны, в антенное устройство может входить фидерная линия, которая служит для передачи с наименьшими потерями токов высокой частоты от передатчика к антенне.

Конструктивно антенна представляет систему проводников, составляющих так называемый открытый колебательный контур. В этом контуре емкость и индуктивность распределены вдоль всего провода, который в данном случае является двухлучевой антенной. Если один из проводов двухлучевой антенны заменить металлическим корпусом радиостанции, системой проводов (противовесом) или заземлить, то получится штыревая антенна. Двухлучевая антенна — симметричный вибратор и однолучевая антенна — несимметричный вибратор (рис. 124) применяются в большинстве случаев в качестве основных излучающих элементов антенны передатчика. Собственная частота антенны определяется длиной провода антенны.

Между двумя проводниками симметричного вибратора включена питающая линия — фидер, которая соединяет антенну с передатчиком или приемником. Наиболее часто применяется симметричный вибратор длиной в половину длины волны $\left(l = \frac{\lambda}{2}\right)$, называемый полуволновым (см. рис. 124, *а*). Вследствие отражения тока и напряжения у концов проводников антенн (если на концах не включены

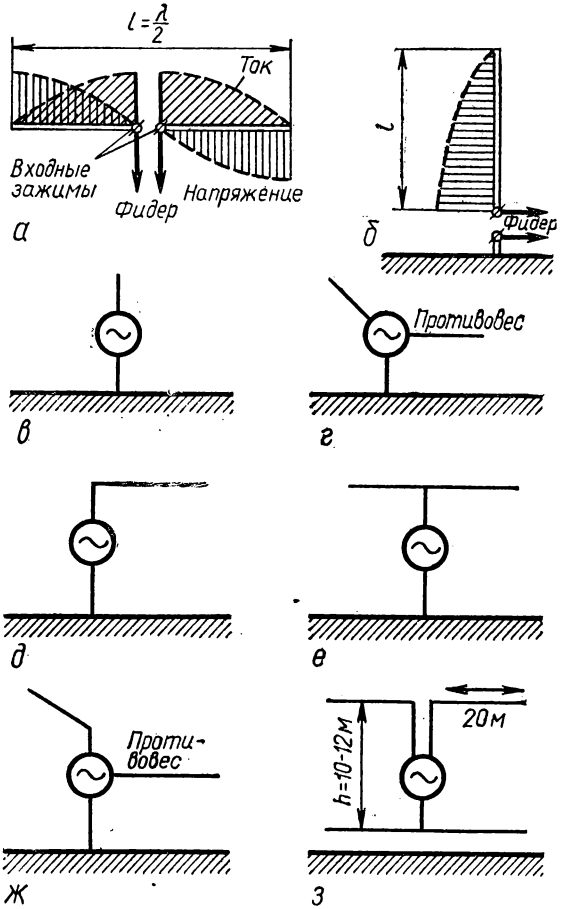


Рис. 124. Типы симметричных и несимметричных антенн:

а — симметричный вибратор; *б* — несимметричный вибратор; *в* — штыревая антенна; *г* — антенна «наклонный луч»; *д* — Г-образная антенна; *е* — Т-образная антенна; *ж* — Z-образная антенна; *з* — симметричный горизонтальный диполь.

специальные нагрузочные элементы) вдоль проводников устанавливается стоячая волна тока и напряжения. Вдоль полуволнового вибратора «укладывается» полуволна тока и напряжения. На концах ненагруженных проводников антенны всегда устанавливается узел тока (пучность напряжения).

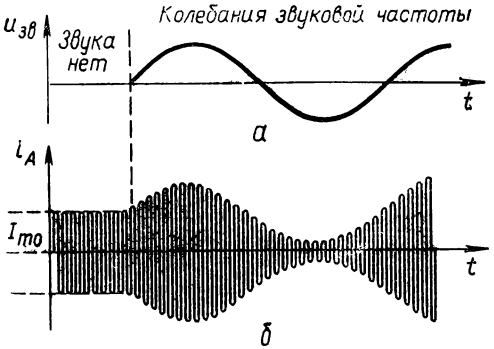


Рис. 125. Амплитудная модуляция:

а — колебания звуковой частоты (первичный сигнал); *б* — ток в антенне передатчика.

Длина штыревых антенн УКВ радиостанций равна или близка к четверти длины рабочей волны.

Управление колебаниями передатчика. Управление высокочастотными колебаниями при радиотелефонии осуществляется изменением их амплитуды (или частоты) в такт с колебаниями звуковой частоты, получаемыми от микрофона. Этот процесс называется модуляцией. Модуляция происходит в генераторе высокой частоты и осуществляется с помощью модулятора, который одновременно служит усилителем колебаний низкой (звуковой) частоты, получаемых от микрофона. Полученные при модуляции колебания называются модулированными колебаниями.

Существуют различные виды модуляции: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ), импульсная (ИМ), фазовая (ФМ) и др. В основном в радиосвязи применяются амплитудная и частотная модуляции. При амплитудной модуляции (рис. 125) амплитуда тока высокой (несущей) частоты I_{m0} изменяется соответственно звуковым колебаниям. При частотной модуляции высокая частота изменяется в такт звуковым колебаниям передаваемого сигнала (рис. 126). Частотную модуляцию используют при радиопередаче на УКВ диапазоне (например, при передаче звукового сопровождения в телевидении).

Управлять колебаниями высокой частоты при радиотелеграфии в простейшем случае можно телеграфным ключом.

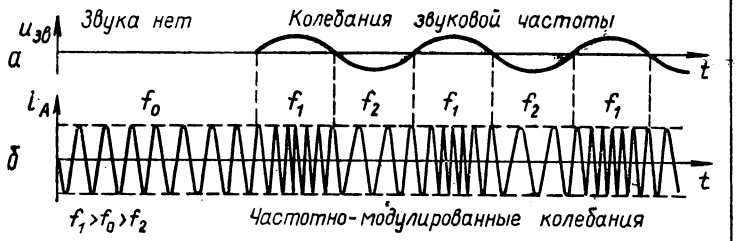


Рис. 126. Частотная модуляция:

а — напряжение звуковой частоты; *б* — изменение тока в антенне передатчика.

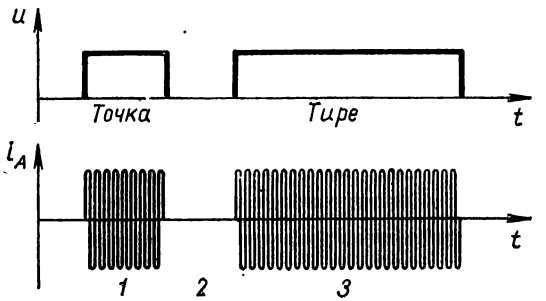


Рис. 127. Амплитудная манипуляция:

1 — ключ нажат; *2* — ключ отжат; *3* — ключ нажат.

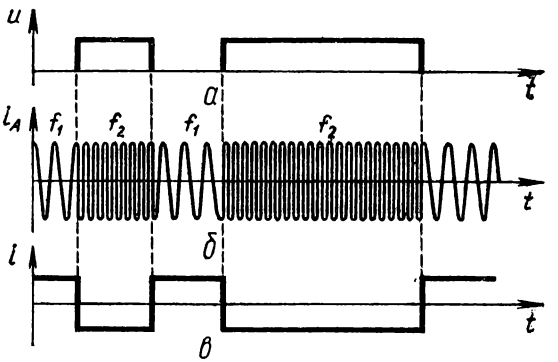


Рис. 128. Частотная манипуляция:

а — первичные телеграфные сигналы; *б* — ток в антенне передатчика; *в* — ток в приемнике.

Когда ключ нажат, антенна излучает радиоволны; при отжатом ключе излучение прекращается. Этот процесс называется манипуляцией. Работают ключом в соответствии с азбукой Морзе. Прием ведется на слух, на ондуляторную ленту или на буквопечатающее устройство.

Применяют два вида манипуляции: амплитудную (рис. 127) и частотную (рис. 128). Принцип амплитудной манипуляции состоит в том, что при нажатом ключе передатчик излучает колебания с определенной амплитудой, а при отжатом ключе амплитуда колебаний падает до нуля, излучение прекращается. При частотной манипуляции во время передачи сигнала ток в антенне имеет одну частоту (f_2), а во время паузы — другую (f_1), что позволяет в приемнике получить постоянный ток двух противоположных направлений при нажатом и отжатом ключе на передатчике.

2. Радиоприемники

Сущность приема модулированных и немодулированных сигналов. Радиоволны, излучаемые антеннами радиопередатчиков, распространяются в пространстве, пересекают встречающиеся на их пути приемные антенны и наводят в них переменные э. д. с. По фидеру (или непосредственно) ток из антенны поступает в приемник. Так как в приемной антенне наводится очень небольшая э. д. с. (миллионные доли вольта), то сигналы, на частоту которых настроен приемник, необходимо усилить. Затем в приемнике происходит процесс, обратный модуляции, — детектирование.

Детектирование — это преобразование модулированных колебаний высокой частоты в колебания с частотой модуляции (например, в колебания звуковой частоты при радиотелефонном приеме).

Детектирование осуществляется с помощью устройства, которое пропускает ток только в одном направлении. Это устройство называется детектором. Электрические колебания, которые подводятся к детектору, превращаются в ряд импульсов тока одного направления. Если амплитуда детектируемых колебаний не изменяется, постоянная составляющая этих импульсов имеет неизменную величину. Если же детектируются модулированные колебания, то амплитуда импульсов (а значит, и постоянная составляющая этих импульсов) соответственно изменяется, т. е.

возникает переменная составляющая тока, повторяющая изменения амплитуды подводимых колебаний. Таким образом, в составе тока детектора получаются постоянная составляющая и колебания с частотой модуляции, которые подвергаются после детектирования дополнительному усилению и подаются на воспроизводящее устройство (телефон или громкоговоритель), преобразующее подводимый ток в звуковые колебания.

Для приема немодулированных телеграфных сигналов в приемнике применяют гетеродин — маломощный генератор, создающий колебания с постоянной частотой. Эта частота отличается от частоты колебаний сигналов или промежуточной частоты (фиксированных по частоте колебаний, получаемых после преобразования частоты принимаемых сигналов) примерно на 1000 *гц* в большую или меньшую сторону. Колебания от гетеродина подаются на детектор. От их сложения с колебаниями сигнала образуются биения с разностной частотой 1000 *гц*, которые после детектирования дают колебания низкой частоты 1000 *гц*.

Параметры радиоприемника. Важнейшими параметрами радиоприемника, характеризующими его качество, являются избирательность, чувствительность, выходная номинальная мощность и качество воспроизведения сигнала.

Избирательность радиоприемника — его способность выделять из всех различных по частоте сигналов только те, на частоту которых он настроен. Требуемая избирательность достигается путем усиления в приемнике принятого сигнала в пределах узкой полосы частот (полосы пропускания приемника) и ослабления во много раз сигналов тех мешающих станций, которые работают на частоте, близкой к принимаемой. Для этого в высокочастотной части приемника (входной цепи, УВЧ и УПЧ) используются резонансные свойства колебательных контуров. Графическое изображение зависимости коэффициента усиления высокочастотной части радиоприемника от частоты усиливаемых колебаний показано на рис. 129 в виде резонансных кривых.

Чтобы не было частотных искажений принимаемых сигналов, полоса пропускания высокочастотной части приемника выбирается в пределах 6—10 *кгц* при приеме АМ сигналов и 100—120 *кгц* при приеме ЧМ сигналов.

Ослабление радиосигналов соседней по частоте радиостанции у приемников высшего класса должно быть не

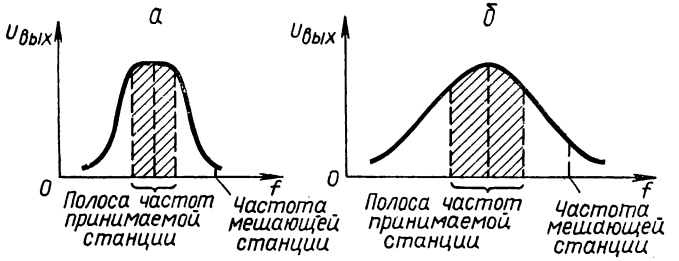


Рис. 129. Резонансные кривые радиоприемника:

а — хорошая избирательность; *б* — плохая избирательность

менее 60 *дб* (в тысячу раз), I класса — 46 *дб*, II класса — 34 *дб*, III класса — 26 *дб*, IV класса — 16 *дб* *.

Чувствительностью радиоприемника называют его способность принимать слабые радиосигналы. Чувствительность приемника оценивается минимальной величиной напряжения (или мощности) радиосигнала, подведенного ко входу приемника, при которой на выходе приемника получается напряжение (выходная мощность), необходимое для нормального воспроизведения приходящего сигнала в телефонах, громкоговорителе или записывающем устройстве.

Через цепи приемника проходят не только полезные сигналы, но и мешающие сигналы (помехи), которые усиливаются наравне с полезными. Способность приемника принимать слабые сигналы, одновременно выделяя их из помех, оценивается реальной чувствительностью. Количественно реальная чувствительность выражается такой минимальной величиной сигнала на входе приемника, при котором на выходе приемника получается нормальная мощность при заданном отношении сигнал/шум.

В соответствии с ГОСТом установлены следующие нормы чувствительности: радиоприемники высшего класса должны иметь чувствительность не хуже 5 *мкв* на длинных, сред-

* Децибел (*дб*) — одна десятая бела, единицы логарифмической шкалы для измерения усиления или ослабления напряжений, токов и мощностей.

$$N_{дб} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}, \quad N_{дб} = 20 \lg \frac{I_2}{I_1}, \quad N_{дб} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1},$$

где U_1, I_1, P_1 и U_2, I_2, P_2 — соответственно напряжения, токи и мощности до и после усиления (ослабления).

них и коротких волнах; I и II классов — 150 *мкв* на длинных и средних и 200 *мкв* на коротких волнах; III и IV классов — 200—300 *мкв* на длинных и средних волнах.

За номинальную выходную мощность принимают такое ее значение, при котором искажения сигналов не превышают допустимых. Номинальная выходная мощность приемника находится в пределах от десятых долей ватта до нескольких ватт и зависит от целевого назначения приемника. Величина номинальной выходной мощности зависит от коэффициента амплитудной модуляции, поэтому, говоря о номинальной выходной мощности, имеют в виду, что коэффициент амплитудной модуляции равен 1.

Параметр качества воспроизведения сигнала показывает, в какой степени принимаемый сигнал искажается в трактах радиоприемника. Чем меньше искажения, тем выше качество воспроизведения.

Радиоприемник прямого усиления. В радиоприемнике прямого усиления (рис. 130) усиление принятых сигналов высокой частоты происходит без преобразования частоты вплоть до детектора. Полученные после детектирования колебания звуковой частоты обычно тоже усиливаются для получения нужной выходной мощности.

Для радиоприемника прямого усиления применяются следующие условные обозначения: буквой V обозначают детектор, цифрой до буквы V — количество каскадов высокой частоты, цифрой после буквы V — количество каскадов усиления низкой частоты (например: 1-V-2 — четырехламповый приемник прямого усиления, имеющий один каскад УВЧ и два каскада УНЧ).

Приемники прямого усиления просты по устройству и надежны в эксплуатации.

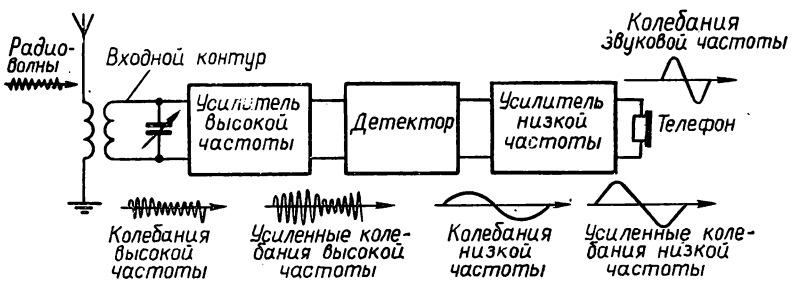


Рис. 130. Функциональная схема радиоприемника прямого усиления.

Основные недостатки приемников прямого усиления: непостоянство чувствительности и избирательности по диапазону; на коротких и ультракоротких волнах чувствительность и избирательность невелики.

Принцип работы и функциональная схема супергетеродинного приемника. Супергетеродинный приемник имеет ряд преимуществ по сравнению с приемником прямого усиления: высокие чувствительность и избирательность; постоянство чувствительности и избирательности по диапазону; более совершенную схему.

В супергетеродинном приемнике (рис. 131), в отличие от приемника прямого усиления, происходит два преобразования частоты колебаний принимаемых сигналов. Сначала в преобразователе, состоящем из смесителя и гетеродина, принимаемая высокая частота преобразуется в промежуточную частоту, на которой происходит основное усиление и которая выше звуковой частоты и несколько ниже частоты принятого сигнала. После усиления по промежуточной частоте происходит второе преобразование в детекторе — детектирование, т. е. преобразование модулированных колебаний промежуточной частоты в колебания низкой (звуковой) частоты (как в приемнике прямого усиления), которые усиливаются и подаются на громкоговоритель или акустическую систему. При приеме телеграфных незатухающих сигналов применяется, как уже указывалось, маломощный генератор — второй гетеродин.

Входное устройство связывает вход приемника с первой лампой или транзистором. К входным устройствам относятся контуры настройки, фильтры, катушки и конденсаторы связи с антенной. Три вида связи антенны с входным контуром изображены на рис. 132.

Контур настройки определяет диапазон приемника. Входной колебательный контур настраивают на нужную частоту конденсатором переменной емкости — основным органом настройки и в большинстве случаев дополнительно подстроечным конденсатором и подстроечным сердечником катушки индуктивности.

Основные характеристики входного устройства: избирательность, полоса пропускания и коэффициент передачи напряжения. Избирательность колебательного контура в основном зависит от его добротности. Резонансная кривая контура тем острее, чем больше его добротность. Но во избежание искажений из-за сужения полосы пропускания

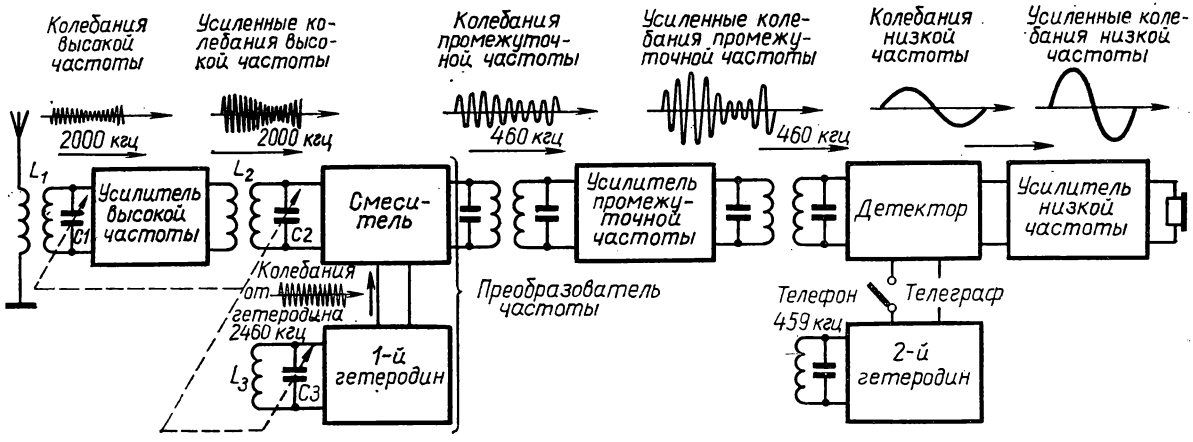


Рис. 131. Функциональная схема супергетеродинного приемника.

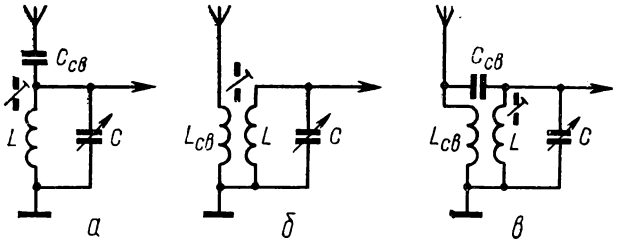


Рис. 132. Виды связи антенны с входным контуром:
а — емкостная; *б* — индуктивная; *в* — комбинированная.

частот избирательность делают не максимальной, а максимально допустимой. Коэффициент передачи напряжения представляет собой отношение напряжения, снимаемого с входной цепи, к э. д. с. в антенне.

При емкостной связи антенны с входным контуром коэффициент передачи напряжения при перестройке изменяется в больших пределах, значительно изменяя чувствительность приемника. При индуктивной трансформаторной связи антенны с входным контуром коэффициент передачи при перестройке приемника изменяется мало. При комбинированной (индуктивно-емкостной) связи входного устройства коэффициент передачи изменяется по диапазону еще меньше.

Между антенной и входными контурами приемника обычно устанавливают так называемые фильтры-пробки. Они служат для ослабления приема на частоте, равной промежуточной частоте. Эти фильтры настроены на промежуточную частоту и вместе с входными контурами обеспечивают необходимую избирательность относительно сигналов, частота которых совпадает с промежуточной частотой приемника.

Усилитель высокой частоты (УВЧ) предназначен для усиления колебаний принимаемого сигнала. Принцип работы УВЧ основан на использовании усилительных свойств электронных ламп или транзисторов. На управляющую сетку лампы УВЧ подается переменное напряжение (напряжение принимаемого сигнала) с входного контура или с контура предыдущего каскада. Под воздействием этого напряжения анодный ток становится пульсирующим. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. На нагрузочном сопротивлении в анод-

ной цепи анодный ток создает пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если нагрузочное сопротивление достаточно велико, то амплитуда переменного напряжения на нем значительно больше амплитуды переменного напряжения на сетке.

Отношение амплитуды напряжения на нагрузочном сопротивлении в анодной цепи к амплитуде напряжения на управляющей сетке называется коэффициентом усиления ступени. Коэффициент усиления ступени показывает, во сколько раз данная ступень усиливает переменное напряжение.

В приемниках и передатчиках в усилителях высокой частоты в качестве анодного нагрузочного сопротивления широко применяется колебательный контур, настраиваемый на частоту усиливаемых колебаний (резонансные усилители). Такой контур при резонансе токов имеет большое и чисто активное сопротивление. Постоянная составляющая анодного тока свободно проходит через катушку индуктивности, а переменная составляющая создает на контуре переменное напряжение, усиленное по сравнению с напряжением на сеточном контуре. Усиленное напряжение подается на следующий каскад усиления или на смеситель.

В каскадах УВЧ обычно используют пентоды.

Схема однокаскадного усилителя на пентоде приведена на рис. 133. Такую схему имеют как высокочастотные, так и низкочастотные усилительные каскады приемников. Нить накала питается переменным напряжением 6,3 *в*. Питание анода осуществляется через клеммы + А и — А, к которым подключают соответствующие им выводы выпрямителя, дающего постоянное напряжение 200—250 *в*. R_c — резистор, являющийся входным элементом усилителя (в усилителях высокой частоты вместо резистора может быть колебательный контур). В анодную цепь лампы включен колебательный контур (или рези-

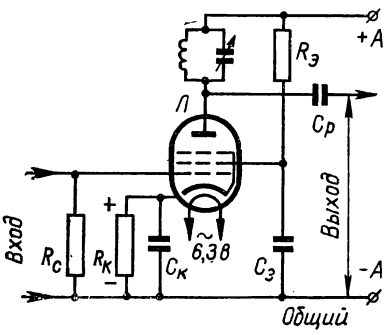


Рис. 133. Схема усилителя высокой частоты на пентоде.

стор $R_а$), через который на анод подается питание. На нем же выделяется усиленное напряжение сигнала. $R_э$ — резистор в цепи питания экранирующей сетки. Вследствие наличия этого резистора напряжение на экранирующую сетку подается меньшее, чем на анод. $C_э$ — конденсатор, предотвращающий нежелательные колебания в цепи экранирующей сетки. $C_р$ — разделительный (переходный) конденсатор преграждает путь постоянной составляющей тока к управляющей сетке лампы следующего каскада (свободно пропуская переменную составляющую усиленного сигнала). Резистор $R_к$ и конденсатор $C_к$ включены между общим проводом питания и катодом лампы и служат для создания на управляющей сетке лампы начального напряжения смещения (некоторого постоянного отрицательного напряжения). Постоянная составляющая анодного тока, проходя через резистор $R_к$, создает на нем падение напряжения («+» приложен к катоду, «—» через резистор $R_с$ к управляющей сетке). Чем больше анодный ток (и сопротивление резистора $R_к$), тем больше величина напряжения смещения. $R_к$ называется резистором автоматического смещения. Без смещения лампа искажает усиливаемый сигнал. Для разных типов ламп смещение различно (например, на управляющую сетку пентода 6К4П в каскадах УВЧ подается около 1*в*, на управляющую сетку пентода 6П14П в выходном каскаде УНЧ — около 6 *в*).

До тех пор пока на управляющую сетку лампы усилителя переменное напряжение не поступает, в анодной цепи течет анодный ток покоя (ток, не изменяющийся по величине). При подаче на управляющую сетку переменного напряжения анодный ток изменяется по величине в соответствии с колебаниями напряжения на управляющей сетке (при положительных полупериодах анодный ток увеличивается, при отрицательных — уменьшается), причем мощность колебаний анодного тока во много раз больше мощности колебаний во входной цепи усилителя. Анодной нагрузкой лампы УВЧ обычно служит колебательный контур. Анодной нагрузкой лампы УНЧ могут быть головные телефоны или громкоговорители. На входе УНЧ часто включается переменный резистор, выполняющий роль регулятора громкости.

Основным показателем работы УВЧ является коэффициент усиления, который тем больше, чем больше крутизна характеристики лампы и резонансное сопротивле-

ние колебательного контура. Если УВЧ содержит несколько каскадов, то общий коэффициент усиления равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов.

Преобразователи частоты служат для получения промежуточной частоты. Чем меньше промежуточная частота, тем легче получить большой коэффициент усиления. Промежуточная частота должна находиться в диапазоне частот, где работает наименьшее количество мощных радиостанций (100—120 и 400—500 *кгц*). ГОСТом установлена промежуточная частота 465 ± 2 *кгц* (в приемниках УКВ — 6,75; 8,4 и 10,7 *Мгц*).

Принцип работы преобразователя частоты основан на одновременном воздействии на поток электронов в лампе принимаемого сигнала и напряжения гетеродина, вырабатывающего собственные колебания высокой частоты. Контуры УВЧ и контур гетеродина взаимно расстроены на величину промежуточной частоты. Конденсаторы переменной емкости этих контуров (конденсаторы настройки) находятся на одной оси. В этом случае при настройке разность частот гетеродина и принимаемой станции равна промежуточной частоте.

Преобразователь состоит из смесителя и гетеродина. В смесителях применяют пентоды и более сложные лампы. Схемы преобразователей на этих лампах делят на односеточные и двухсеточные. Односеточные схемы (напряжение от УВЧ и гетеродина подается на одну сетку) просты, но контуры гетеродина и УВЧ оказываются связанными, и при изменении режима УВЧ частота гетеродина меняется. Поэтому обычно применяют двухсеточные схемы преобразователей (рис. 134). Функции смесителя и гетеродина чаще всего выполняет одна и та же многоэлектродная лампа (например, типов 1А2П, 6А2П, 1И2П, 6И1П и др.).

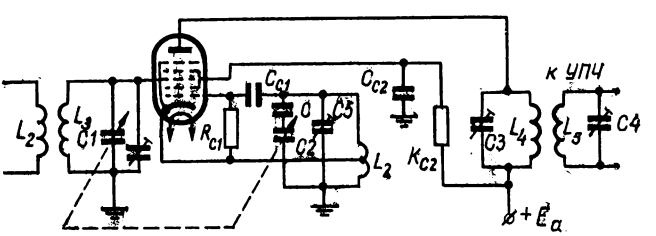


Рис. 134. Схема двухсеточного преобразователя частоты.

Наиболее распространены двухсеточные преобразователи на комбинированной лампе 6И1П — триоде-гептоде. В схеме смесителя работает гептод, в схеме гетеродина — триод. Вторая и четвертая сетки лампы — экранирующие, они соединены между собой. На третью сетку смесительной части лампы подается отрицательное напряжение смещения, возникающее на резисторе при работе гетеродина. Поэтому при работе лампы между второй и третьей сетками возникает пространственный заряд (на анод проникают лишь отдельные электроны). В зависимости от напряжения на гетеродинной (третьей) сетке сквозь нее из этого пространственного заряда попадает на анод больший или меньший поток электронов, т. е. анодный ток гептода изменяется в соответствии с изменениями высокочастотного напряжения на третьей сетке. Если на сигнальную (первую) сетку подать также высокочастотное напряжение, то анодный ток начинает изменяться под действием и этого напряжения. Таким образом, в составе анодного тока гептода возникнут колебания с частотой гетеродина $f_г$, частотой сигнала $f_с$, а также колебания разностной частоты $f_г - f_с$. Сигнал разностной частоты, являющейся промежуточной частотой приемника, выделяется фильтром промежуточной частоты.

Работа преобразователя оценивается по крутизне преобразования $S_{пр}$ (*ма/в*) — отношению амплитуды тока промежуточной частоты к амплитуде напряжения сигнала на первой сетке.

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) предназначен для основного усиления принимаемого сигнала, преобразованного в сигнал промежуточной частоты, и получения необходимой избирательности приемника. В супергетеродинных приемниках применяют от одного до трех каскадов УПЧ (в зависимости от необходимой чувствительности и избирательности приемника). Принцип их работы не отличается от принципа работы УВЧ. В качестве нагрузки в анодных цепях УПЧ обычно используют двухконтурные фильтры промежуточной частоты (рис. 135, *а*). Оба колебательных контура фильтров связаны индуктивно, настроены на промежуточную частоту, имеют одинаковые параметры. Для точной настройки на промежуточную частоту используют катушки с перемещающимися сердечниками. Эти фильтры называются полосовыми, так как они пропускают сигналы только в определенной полосе частот. Их резонансная характеристика имеет П-образную форму (рис. 135, *б*).

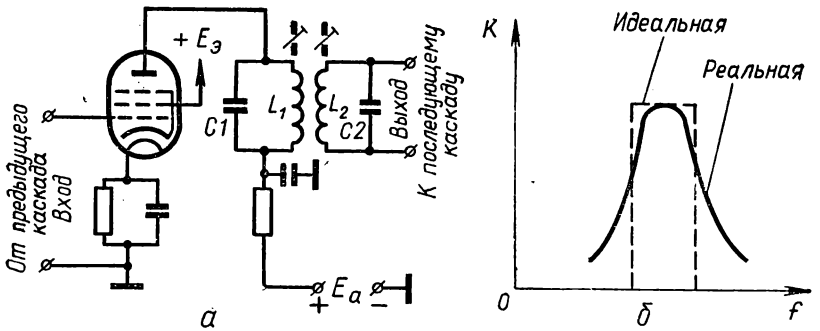


Рис. 135. Усилитель промежуточной частоты:

а — принципиальная схема; *б* — резонансная кривая.

Чем больше связь между контурами (т. е. чем больше взаимоиндукция), тем шире полоса пропускания. Обычно подбирают связь между контурами, близкую к критической, т. е. к такой, при которой на резонансной кривой появляются два максимума (она становится «двугорбой»). Количественно связь между контурами характеризуется коэффициентом связи. Наиболее сильной связи между контурами соответствует коэффициент связи, равный единице. Часто коэффициент связи выражают в процентах.

Усиленное переменное напряжение промежуточной частоты подается на детекторный каскад приемника.

Детекторный каскад служит для выделения низкочастотной составляющей сигнала из модулированных колебаний высокой или промежуточной частоты. Этот же каскад в большинстве случаев является также источником напряжения для автоматической регулировки усиления и электронно-оптического индикатора настройки.

В современных супергетеродинах применяют диодные детекторы для детектирования АМ колебаний и специальные частотные детекторы для детектирования ЧМ колебаний.

Упрощенная схема диодного детектора показана на рис. 136, *а*. С контура *II* фильтра последнего каскада УПЧ напряжение промежуточной частоты подается на последовательно включенный диод *Д* и резистор $R_н$ — нагрузку детектора. Параллельно этому резистору включен конденсатор *С*. В положительные полупериоды высокочастотного напряжения через диод проходит ток (рис. 136, *б*), образуя падение напряжения на резисторе $R_н$, которое заряжает

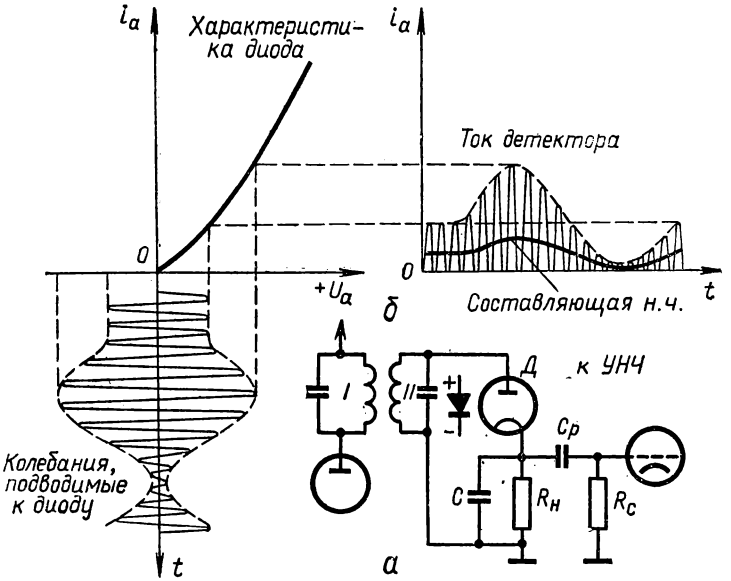


Рис. 136. Диодный детектор амплитудно-модулированных колебаний: *а* — упрощенная принципиальная схема; *б* — детектирование модулированных колебаний.

конденсатор *С* (то больше, то меньше — в зависимости от величины амплитуды высокочастотных импульсов тока, проходящих через диод). В этом заключается принцип работы диодного детектора: напряжение на конденсаторе *С* изменяется в соответствии с изменением огибающей модулированного высокочастотного сигнала, т. е. со звуковой частотой. Это напряжение звуковой частоты подается через разделительный конденсатор $C_р$ на усилитель низкой частоты приемника.

Чем больше входное сопротивление детектора (сопротивление детектора для тока промежуточной частоты), тем меньше детектор шунтирует фильтр промежуточной частоты и тем выше избирательность приемника.

Частотный детектор предназначен для детектирования частотно-модулированных колебаний (выходное напряжение детектора должно быть пропорционально отклонению частоты принимаемых колебаний от средней промежуточной частоты). Во избежание искажений рабочий участок ха-

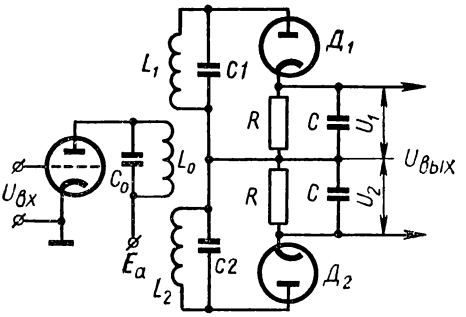


Рис. 137. Частотный детектор.

рактеристики детектора должен быть шириной не менее 150 *кгц*. Нулевое напряжение на выходе детектора должно соответствовать номинальной промежуточной частоте 8,4 или 6,5 *Мгц*.

На рис. 137 изображена схема частотного детектора. Принцип его работы заключается в следующем. Контур L_0C_0 настроен на принимаемую частоту f_0, отклонения от которой (со звуковой частотой) должны быть преобразованы в изменения напряжения на выходе частотного детектора. Контуры L_1C_1 и L_2C_2 настроены соответственно на частоты f_1 и f_2, из которых одна больше f_0, а другая меньше f_0 на одну и ту же величину. Пока частота колебаний, подаваемых на детектор, равна f_0, колебания в контурах L_1C_1 и L_2C_2 равны по амплитуде, вследствие чего напряжения U_1 и U_2, создаваемые диодными детекторами $Д_1$ и $Д_2$, равны по величине, и выходное напряжение $U_{вых} = 0$. При отклонении частоты от f_0 амплитуды колебаний в контурах изменяются в противоположные стороны. В том контуре, к настройке которого частота сигнала приблизилась, амплитуда возрастает, и наоборот, в контуре, от настройки которого частота сигнала удалилась, амплитуда падает. Вследствие этого появляется напряжение на выходе частотного детектора, причем это напряжение меняет полярность при уходе частоты сигнала в разные стороны от f_0, и величина $U_{вых}$ оказывается пропорциональной отклонению частоты.

Частотный детектор, работающий по описанному принципу, называется дискриминатором.

Усилитель низкой частоты (УНЧ) предназначен для усиления колебаний звуковой частоты. В зависимости от назначения УНЧ подразделяют на усилители напряжения (каскад или каскады предварительного усиления) и усилители мощности (выходной каскад).

Принцип работы лампового УНЧ состоит в использовании усилительных свойств лампы. Анодный ток изменя-

ется в зависимости от поступающего на управляющую сетку лампы переменного напряжения низкой частоты. Переменная составляющая анодного тока проходит через нагрузку в анодной цепи (например, резистор) и создает на ней переменное напряжение, величина которого тем больше, чем больше сопротивление нагрузки. Поэтому величина выходного напряжения может быть во много раз больше напряжения сигнала, подводимого к сетке. Основные характеристики УНЧ: коэффициент усиления, номинальная выходная мощность, чувствительность, полоса пропускания, к. п. д., искажения, вносимые усилителем.

Коэффициент усиления представляет собой отношение выходного напряжения усилителя к его входному напряжению. Общий коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов усиления его отдельных каскадов. Коэффициент усиления можно выразить в децибелах:

$$K_{дб} = 20 \lg \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = 20 \lg K,$$

где $K_{дб}$ — коэффициент усиления, *дб*;

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$ — коэффициент усиления УНЧ.

Номинальная выходная мощность — наибольшая мощность, отдаваемая усилителем в нагрузку при заданной величине нелинейных искажений.

Чувствительность — наименьшее напряжение звуковой частоты на входе УНЧ, при которой на его выходе (телефон, громкоговоритель) развивается номинальная выходная мощность.

Полоса пропускания — диапазон частот, в котором коэффициент усиления изменяется в пределах, допустимых техническими условиями (1—3 *дб* или 12—30%).

Коэффициент полезного действия — это отношение полезной мощности, развиваемой УНЧ, к мощности, потребляемой от источника питания анода (электрический к. п. д.), или к мощности, потребляемой от всех источников питания (промышленный к. п. д.).

Искажения, вносимые усилителем, — это изменение формы кривой напряжения на выходе относительно кривой напряжения на входе. Различают искажения частотные и нелинейные. Частотные искажения — это неоди-

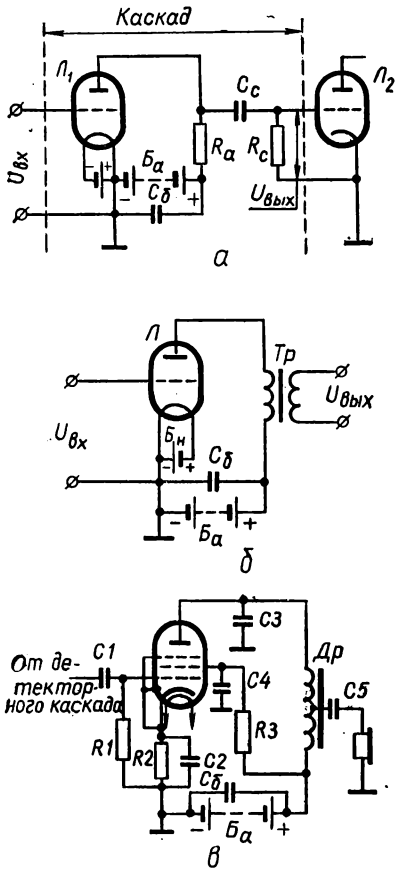


Рис. 138. Усилители низкой частоты:

а — резистивный; *б* — трансформаторный; *в* — дроссельный.

наковое усиление составляющих разных частот спектра, вследствие чего нарушается соотношение между амплитудами различных частот. Нелинейные искажения выражаются в появлении на выходе, кроме напряжения основной частоты, новых частот (второй и третьей гармоник и комбинированного тона), которых не было в сигнале на входе усилителя. Причина нелинейных искажений — наличие в схеме усилителя нелинейных элементов: электронных ламп, транзисторов, трансформаторов или дросселей с ферромагнитными сердечниками.

Нагрузкой в анодной цепи усилителя может быть не только резистор, но и дроссель или трансформатор (рис. 138). В УНЧ применяются триоды, лучевые тетроды, транзисторы.

Усилители на транзисторах. Когда через входную цепь транзистора (эмиттер — база) начинает протекать ток $I_б$, в выходной цепи (база — коллектор) появляется ток $I_к$, изменяющийся в соответствии с изменением тока во входной цепи. Таким образом в транзисторе выходным током (током коллекторного перехода) управляет входной ток (ток эмиттерного перехода) так же, как в электронной лампе выходным (анодным) током управляет напряжение на управляющей сетке. При этом небольшие изменения тока базы приводят к значительным изменениям тока коллектора.

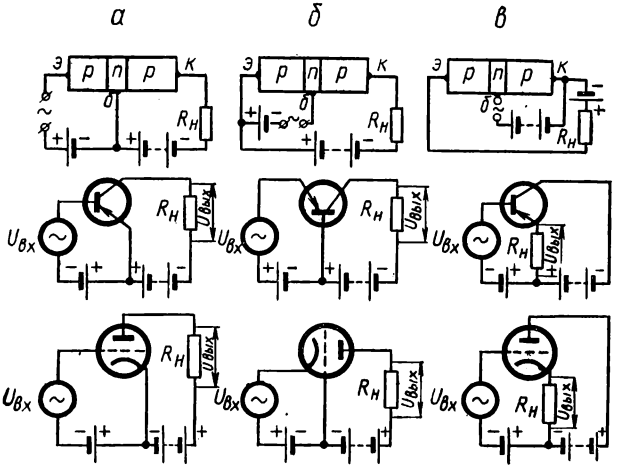


Рис. 139. Схемы усилителей на транзисторах:

а — с общим эмиттером; *б* — с общей базой; *в* — с общим коллектором (схемы на вакуумных триодах приведены для аналогии).

На этом свойстве транзистора основан принцип работы усилителей на транзисторах.

Чтобы транзистор работал как усилитель (или генератор электрических колебаний), на коллектор транзистора *p—n—p*-типа должно быть подано отрицательное напряжение (10—30 *в*), а на эмиттер — положительное напряжение (порядка десятых долей — единиц вольта) по отношению к базе (или база должна иметь небольшой отрицательный потенциал по отношению к эмиттеру).

В транзисторах *n—p—n*-типа полярность подаваемого напряжения должна быть обратной: на коллектор подается положительное напряжение, на эмиттер — отрицательное напряжение по отношению к базе (или база должна иметь небольшой положительный потенциал по отношению к эмиттеру).

Усилительный каскад имеет два входных и два выходных зажима. Транзистор же имеет три вывода. Поэтому всегда один из его выводов является общим для входной и выходной цепи. Существуют три основные схемы включения транзистора: с общим эмиттером, с общей базой и с общим коллектором (рис. 139). Во всех трех схемах принцип усиления оди-

наков. Общая точка входной и выходной цепи может соединяться с металлическим корпусом устройства (заземляться). В этом случае схема включения транзистора называется схемой с заземленным эмиттером, схемой с заземленной базой или схемой с заземленным коллектором.

Схема с общим эмиттером аналогична схеме усилителя на электронной лампе с заземленным катодом. Данная схема включения транзистора дает наибольшее усиление по мощности (по сравнению с другими схемами включения транзистора) и усиление по току больше единицы.

Схема включения транзистора с общей базой дает усиление по току меньше единицы и меньшее усиление по мощности, чем в схеме с общим эмиттером. Плоскостной транзистор в схеме с общим коллектором дает относительно небольшое усиление по мощности; его усиление по току несколько больше, чем в схеме с общим эмиттером.

Выходной каскад — усилитель мощности — предназначен для отдачи определенной мощности во внешнюю нагрузку (головные телефоны, громкоговорители, пишущие устройства и т. д.), включенную на выходе УНЧ. Поэтому в оконечных усилителях лампа должна работать в таких условиях, при которых обеспечивается максимальная отдача мощности в нагрузку при допустимых частотных и нелинейных искажениях. Если выходная мощность порядка нескольких ватт, оконечный каскад выполняется по однотактной схеме с одной лампой. Гораздо большую мощность с меньшими нелинейными искажениями, чем у однотактной схемы, позволяет получить двухтактная (симметричная) схема выходного каскада. Для уменьшения искажений входной трансформатор двухтактной схемы можно заменить фазоинверсной (фазопереворачивающей) предоконечной ступенью. Она работает на одной или двух лампах и создает на выходе два равных, но противоположных по фазе переменных напряжения, которые подаются на сетки ламп оконечной двухтактной ступени. В последнее время появились оконечные каскады, собранные по бестрансформаторной схеме, в которых через сопротивление нагрузки (порядка сотен ом) не протекает постоянный ток.

В случаях, требующих расширения диапазона частот УНЧ, применяют схемы широкополосных усилителей, в которых используются лампы с более высокой крутизной и малой входной емкостью (специальные широкополосные пентоды).

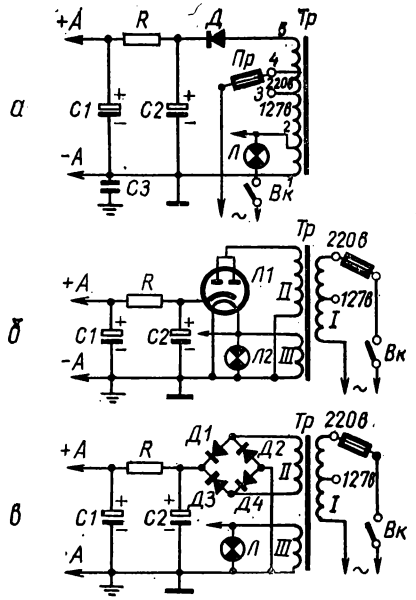


Рис. 140. Схемы блоков питания:

а и *б* — однополупериодные выпрямители; *в* — двухполупериодный выпрямитель (фильтр для сглаживания пульсаций выпрямленного тока — резистор *R* и два конденсатора C_1 и C_2).

Оконечные каскады предназначены для согласования приемника с нагрузкой. В маломощных радиостанциях нагрузкой приемников чаще всего служат головные телефоны и телефонная линия (или то и другое вместе).

Блок питания. Блок питания имеется в любом сетевом радиоприемнике. В него входит трансформатор питания, предназначенный для преобразования электрической энергии переменного тока электрической сети в электрическую энергию переменного тока нужного напряжения при той же частоте и мощности, и выпрямитель с фильтром для сглаживания пульсаций выпрямленного тока. В выпрямителях используются кенотроны, полупроводниковые плоскостные диоды или селеновые выпрямительные столбики. На рис. 140 показаны три варианта схем наиболее распространенных блоков питания.

В схеме рис. 140, *а* применяется автотрансформатор. Вся обмотка автотрансформатора (выводы *1—5*) является повышающей обмоткой, часть обмотки (выводы *1—2*) — секцией питания нитей накала ламп. Переключение на напряжение электросети 220 или 127 *в* осуществляется перестановкой плавкого предохранителя *Пр* соответственно на контакты *4* или *3*. Лампочка *Л* — сигнальная (на напряжение 6,3 *в*) — при включении блока питания освещает шкалу настройки. *Вк* — выключатель питания (обычно совмещается с резистором регулятора громкости). С выводов + *А* и — *А* снимается напряжение для питания анодно-экранных цепей приемника (до 230—250 *в*), выпрямленное одним или двумя последовательно соединенными мощными

полупроводниковыми диодами или селеновым столбиком и сглаженное фильтром. C_8 — конденсатор, через который к приемнику подключается заземление.

В схеме рис. 140, *б* используется трансформатор с тремя обмотками (*I* — сетевая, *II* — повышающая — напряжение на ее зажимах составляет около 250 *в*, *III* — общая обмотка питания нитей накала всех ламп — напряжение 6,3 *в*). $Л_2$ — сигнальная лампочка. Переключение на различное напряжение электросети достигается перестановкой плавкого предохранителя.

Схема рис. 140, *в* отличается от схемы рис. 140, *б* только выпрямителем. Здесь используются четыре выпрямительных элемента ($Д_1$—$Д_4$), включенных по мостовой схеме.

Во всех приведенных схемах блоков питания провод — *А* является общим проводом цепей анодов, экранирующих сеток и нитей накала всех ламп приемника. Этим проводником обычно служит металлическое шасси приемника.

Регулировка громкости в приемниках. Для хорошей работы приемника в любых условиях чаще всего применяют регулировку громкости (усиления или чувствительности). Эта регулировка может быть ручной (РРГ) или автоматической (АРГ). Иначе ее называют АРУ (автоматическая регулировка усиления) или АРЧ (автоматическая регулировка чувствительности).

РРГ может быть осуществлена в различных каскадах приемника. Например, при помощи потенциометра можно изменять напряжение на экранирующих сетках ламп УВЧ и УПЧ. АРУ автоматически выравнивает слышимость при изменении интенсивности сигналов вследствие их замирания и устраняет перегрузки приемника при слишком сильных сигналах. Для этого используется постоянное напряжение, которое получается в результате детектирования. Это напряжение подается в виде отрицательного смещения на управляющие сетки ламп, работающих в усилительных каскадах до детектора, и уменьшает усиление в этих каскадах. Чем сильнее принимаемый сигнал, тем больше постоянное напряжение после детектора, тем больше отрицательное напряжение смещения на управляющих сетках усилительных ламп в каскадах до детектора и тем меньше усиление в этих каскадах.

Прием частотно-модулированных колебаний. Частотно-модулированные колебания принимаются супергетеродином с помощью включенных в схему приемника дополнительных

каскадов: амплитудного ограничителя и частотного детектора. Амплитудный ограничитель служит для устранения паразитной амплитудной модуляции, возникающей вследствие помех. В качестве амплитудного ограничителя обычно используется каскад УПЧ, работающий в режиме с порогом ограничения (при определенной величине входного напряжения выходное напряжение становится постоянным и не увеличивается при увеличении входного напряжения). Частотный детектор преобразует колебания, модулированные по частоте, в колебания звуковой частоты. Работа частотного детектора была рассмотрена выше.

Некоторые особенности ультракоротковолновых приемников. Для местного радиовещания и радиосвязи на небольшие расстояния на ультракоротких волнах (УКВ) применяют частотную модуляцию. Частотная модуляция (ЧМ) более помехоустойчива по сравнению с амплитудной модуляцией (АМ). ЧМ приемники нечувствительны к амплитудным помехам, которые в основном создаются электрическими установками. Частотный детектор реагирует только на изменение частоты колебаний, поступающих в антенну, а не на изменение амплитуды, поэтому он не воспринимает амплитудные помехи.

УКВ приемники частотно-модулированных колебаний обычно строятся по супергетеродинной схеме с отдельным гетеродином. Стабильность работы таких приемников повышается при введении системы автоподстройки частоты.

Глава 9

СБОРКА И НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ. УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОФОНОВ

1. Порядок сборки и монтажа радиоаппаратуры

В современных радиоэлектронных устройствах различают следующие основные типы монтажа: свободный (плоскостной), объемный, блочный, печатный.

При свободном монтаже крупные детали размещают на плоском шасси радиоаппарата. При объемном монтаже детали располагаются внутри каркаса с использованием всего внутрикаркасного пространства. Блочный монтаж — это монтаж, при котором радиоустройство конструктивно состоит из отдельных блоков (имеющих свои каркасы), выполняющих определенные функции и соединенных между собой электрическими разъемами и монтажными проводами. В последнее время широкое распространение получил так называемый печатный монтаж, особенно при производстве ультракоротковолновой аппаратуры. Печатный монтаж имеет преимущества перед другими типами монтажа: уменьшаются масса и габариты радиоустройства, упрощается и ускоряется процесс производства радиоаппаратуры, повышается ее механическая прочность и стабильность работы, при ремонте заменяется плата с вышедшим из строя элементом схемы.

Перед началом монтажа необходимо проверить исправность всех деталей при помощи специальных измерительных приборов или авометра. Во время монтажа смонтированные участки схемы обводятся на вычерченных чертежах чернилами по соединительным линиям и контурам деталей.

Устанавливать детали на шасси начинают с мелких и легких (ламповых панелей, монтажных стоек и планок и др.). Потом постепенно переходят к установке более крупных и тяжелых деталей. Это исключает возможность повреждения деталей при установке.

При монтаже нужно соблюдать следующие правила:

1. Не делать «висячих» паек, т. е. не припаивать выводных концов деталей один к другому или к соединительному проводу (особенно длинному) без опоры. Делать такие соединения при необходимости следует только на контактных стойках, лепестках или используя свободные лепестки ламповых панелей.

2. Не паять концы проводников к лепесткам или контактам в стык или внакладку, так как такие пайки ненадежны.

3. Располагать при пайке постоянные конденсаторы и резисторы так, чтобы можно было прочитать обозначенные на них номинальные значения.

4. Если необходимо разместить друг над другом конденсатор и резистор, следует монтировать сначала конденсатор, над ним резистор.

5. Во избежание замыканий монтировать соединительные провода надо так, чтобы не было излишне оголенных мест провода. Изоляция провода должна начинаться непосредственно от места пайки. Полихлорвиниловая изоляция монтажных проводов при неаккуратном облуживании и пайке оплавляется, обнажая провод, поэтому облуживать и паять такие провода нужно очень осторожно.

6. Расстояние между перекрещивающимися оголенными соединительными проводниками и выводными концами деталей должно быть не менее 3 *мм*. При меньшем расстоянии на один из проводников нужно надевать изоляционную (полихлорвиниловую) трубочку.

7. Прочность каждой пайки проверять, покачав припаянный проводник пинцетом.

8. Своевременно отмечать все припаянные соединения на рабочей принципиальной схеме и чертеже компоновки.

9. Если часть монтажа сделана на монтажных планках, то планки желательно крепить вертикально (в этом случае они занимают меньшую площадь шасси).

10. Соединения с землей (шасси) должны быть возможно более короткими.

11. При прокладке экранированных соединительных проводов нужно следить, чтобы экран провода не замкнулся с какой-либо пайкой, и в опасных местах надевать на него изоляционные трубочки.

12. Длинные соединительные провода, идущие в одном направлении, можно связывать толстыми нитками в один жгут.

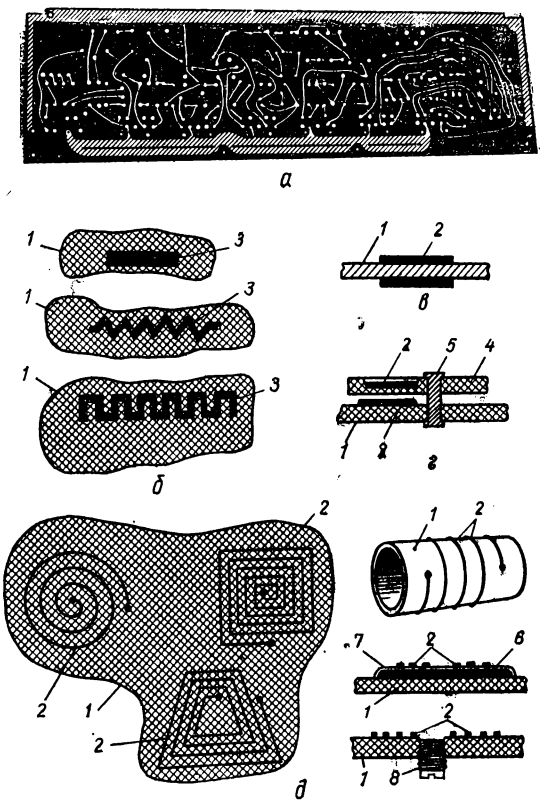


Рис. 141. Печатная схема и ее элементы:

а — печатная плата; *б* — резисторы; *в* — конденсатор постоянной емкости; *г* — конденсатор переменной емкости (подстроечный); *д* — катушки индуктивности. *1* — изолирующее основание; *2* — металлизированный токопроводящий слой; *3* — углеродистый токопроводящий слой; *4* — керамический диск ротора конденсатора переменной емкости; *5* — ось ротора; *6* — магнитная краска; *7* — изоляционный слой лака; *8* — сердечник из магнитодиэлектрика.

Сборочные, монтажные и регулировочные работы при производстве радиоаппаратуры, у которой электрические соединения радиодеталей выполнены посредством кабельных изделий, еще недостаточно механизированы, связаны с применением высококвалифицированного ручного труда

и составляют в отдельных случаях 60—70% всех прямых производственных расходов на радиоприбор в целом.

Печатные схемы (рис. 141) являются принципиально новыми элементами радиоаппаратов. При их производстве можно широко использовать механизацию и автоматизацию технологических процессов.

Элементы монтажа печатных схем (печатные проводники) представляют собой тонкие слои из электропроводящего материала на поверхности плат из диэлектрика. Печатные платы изготовляют либо из обычного диэлектрика, на который затем наращивают металлизированную схему, либо из диэлектрика, покрытого сплошным слоем металла (фольгированный диэлектрик), на котором затем вытравляют лишний металл. Печатный проводник должен обладать удельным сопротивлением, близким к удельному сопротивлению меди.

Для печатных плат используют гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, керамику, стекло и прессопорошки. Печатные платы изготовляют квадратной и прямоугольной формы. Их размеры не превышают 220 × 380 *мм*, толщина 2 *мм* (при значительных механических нагрузках 3 и 4 *мм*). В конструкцию печатных плат вводится координатная сетка, которая необходима для механизации производства системы расположения отверстий в печатной плате. В узлах координатной сетки располагают центры всех отверстий. Шаг координатной сетки 3 *мм* (иногда 1 *мм*).

Существует ряд способов создания на печатных платах токопроводящих покрытий: электрохимическое осаждение, электролитическое осаждение с переносом, фольгирование, вжигание токопроводящих красок, вакуумное распыление. Изображения печатных проводников наносят фотографическим, офсетным, сеточнографическим способами, прессованием, тиснением, гравированием по шаблону.

Сборочно-монтажные работы при печатном монтаже осуществляются в такой последовательности: на плате размещают и механически закрепляют навесные элементы (рис. 142, *а*), при этом их выводы пропускают в отверстия; затем методом погружения производится одновременная (групповая) запайка выводов всех установленных на плате элементов (рис. 142, *б*), после этого устанавливают остальные детали с механическим креплением.

Навесные радиоэлементы размещают на плате рядами в определенном порядке (под различными углами элементы

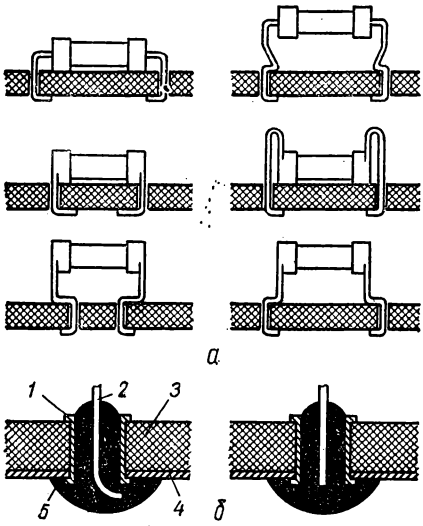


Рис. 142. Способы крепления навесных радиодеталей:

а — установка; *б* — пайка выводов (*1* — пистон; *2* — вывод радиодетали; *3* — плата; *4* — печатный проводник; *5* — припой).

располагать нельзя). Расстояние между корпусом или выводом элемента и краем платы должно быть не менее 2 *мм*, между корпусами соседних элементов или узлов — не менее 0,5 *мм*, а от края корпуса элемента до центров отверстий под выводы других элементов, расположенных перпендикулярно, — не менее 1 *мм*.

Крупные детали крепят на плате путем пайки к токоведущим выводам или с помощью специальных отростков от корпусов, которые припаивают или к отдельным участкам фольги, или к общему заземленному широкому проводнику.

Подготовка к групповой пайке заключается в следующем. Выводы элементов пропускают в отверстия, а затем подгибают под платой в любом направлении, чтобы предотвратить выпадение в процессе транспортировки и групповой пайки (длина подогнутого участка должна быть не менее 0,6 *мм*, место сгиба вывода должно быть не ближе 2 *мм* от корпуса элемента, а длина вывода от корпуса радиоэлемента до места впая должна соответствовать ГОСТу или ТУ на этот элемент). Навесные радиоэлементы устанавливают на плате таким образом, чтобы при пайке погружением исключалось воздействие припоя на эти элементы (поэтому независимо от назначения и габаритов все элементы в одноплатной конструкции располагают с одной стороны платы, а в многоплатной — между платами в вертикальном положении).

Пайка методом погружения в расплавленный припой — наиболее простой и распространенный способ пайки при печатном монтаже, позволяющий одновременно пропаивать десятки и сотни соединений. При этом методе могут образоваться непропаи отдельных соединений элементов

и «сосульки» припоя. Эти недостатки устраняют, применяя вибрацию плат. Температура расплавленного припоя 225—230° С. Глубина погружения платы 50—70% ее толщины. После 2—3-секундной выдержки включают вибратор с амплитудой колебаний 0,1—0,3 *мм* при частоте 100 *гц*.

Основной дефект пайки погружением — вспучивание или пузырение (местные отслоения) платы. Поэтому на радиозаводах применяют способ селективной пайки — пайки погружением с защитной маской (из лакоткани, стеклоткани, кремнийорганической резины, бумаги), способ избирательной пайки с принудительной подачей припоя в каждую точку платы (через специальную фильеру), что исключает вспучивание плат, и способ пайки волной припоя (печатная плата проходит по гребню принудительно подаваемой устойчивой волны припоя).

Переход с одной платы на другую при монтаже осуществляется при помощи перемычек, переходных колодок или разъемов.

После окончательной сборки печатный узел покрывают лаком.

2. Проверка монтажа

Монтаж лучше всего проверять по принципиальной схеме. Чтобы не запутаться на принципиальной схеме, нужно обвести все соединения, имеющиеся на проверяемом участке. Если при проверке обнаруживаются неправильные или пропущенные соединения, нужно исправить ошибку и лишь после этого продолжать проверку. При проверке особое внимание нужно уделять проверке качества паек и изоляции монтажных проводов в местах их взаимного пересечения.

До включения приемника для налаживания необходимо обязательно проверить при помощи авометра, нет ли короткого замыкания высокого напряжения на шасси приемника. Для этого авометр включают на высший диапазон измерения сопротивлений (*ом* × 1000) и прикасаются щупом, вставленным в гнездо авометра «—» или «общ.», к плюсовому выводу какого-либо конденсатора фильтра, а другим щупом (вставленным в гнездо «*ом* × 1000») к шасси приемника. Если короткого замыкания нет, стрелка авометра должна сделать быстрый бросок вправо (к нулю) и медленно возвратиться обратно (не обязательно до начала

шкалы). При полном коротком замыкании стрелка будет все время показывать нуль. При неполном коротком замыкании стрелка будет показывать небольшое сопротивление. Такую предварительную проверку следует производить после каждой перепайки в цепях высокого напряжения при налаживании.

Перед включением сетевых приемников нужно проверить, правильно ли включена колодка переключателя напряжения (или предохранитель, выполняющий эту роль) и соответствует ли номинальному напряжению (127 или 220 *в*) напряжение сети.

Проверка приемника начинается с проверки блока питания.

3. Проверка выпрямителя

Выпрямитель проверяют только под нагрузкой, т. е. когда в приемнике установлены все лампы. Сначала проверяют напряжение накала ламп. Щупами авометра, включенного на измерение переменного напряжения с верхним пределом 10—15 *в*, касаются лепестков ламповых панелей, к которым подведены нити накала. При полной исправности цепей накала авометр должен показывать на лепестках каждой панели не менее 6 и не более 7 *в*. Затем проверяют высокое напряжение, отдаваемое выпрямителем. Авометр переключают на высший диапазон измерения постоянных напряжений, и щуп, вставленный в гнездо «—» или «общ.», присоединяют к шасси. Вторым щупом касаются плюсового вывода выпрямителя. Если выпрямитель исправен, прибор должен показать от 180 до 270 *в*. Спустя час-полтора после включения приемника проверяют тепловой режим силового трансформатора. Если пальцы руки могут удерживать сердечник трансформатора в течение 5 *сек* и дольше, то нагрев его нормален.

При испытании батарейных приемников сначала авометром проверяют, нет ли в приемнике короткого замыкания. Затем проверяют напряжение анодной батареи. После этого, внимательно следя за полярностью включения, сначала присоединяют к приемнику батареи накала, проверяют напряжение накала (нормальное от 1,2 до 1,4 *в*) на лепестках ламповых панелей и, не отключая батареи накала, подключают анодную батарею.

4. Проверка режимов ламп

Режимы ламп проверяют, измеряя напряжения на их электродах. Нужный режим работы лампы устанавливают главным образом путем подбора сопротивлений резисторов в ее анодной и катодной цепях. Напряжение на электродах ламп измеряют по отношению к шасси (общему минусовому проводу), касаясь плюсовым щупом авометра соответствующего лепестка ламповой панельки. В батарейных приемниках измеряют напряжения только на анодах и экранирующих сетках. Допускаются отклонения напряжений от номинала до $\pm 20\%$.

При проверке режима сначала обычно определяют напряжение смещения лампы. Необходимое напряжение смещения устанавливают путем подбора сопротивлений резисторов в цепях катодов ламп. Затем подгоняют напряжение на анодах ламп и экранирующих сетках (также подбором сопротивлений резисторов).

5. Проверка усилителя низкой частоты

Усилитель низкой частоты проверяют, включив его в электросеть и испытав его работу при помощи генератора звуковой частоты или осциллографа. Если УНЧ не работает или работает с искажениями, нужно проверить силовую часть, входную и выходную цепи, измерить режимы ламп. Сначала надо убедиться в наличии анодного напряжения (после селенового столбика около 250 *в*, после гасящего резистора 220 *в*) и напряжения в цепи накала ламп 6,3 *в*. Анодного напряжения может не быть по следующим причинам: перегорел предохранитель, плохой контакт в переключателе, обрыв в сетевой или повышающей обмотке силового трансформатора, неисправность или неправильное включение селенового выпрямителя. Если и после подгонки режимов ламп усилитель не работает нормально, то производят покаскадную проверку (при этом ручку регулятора громкости ставят на максимальную громкость).

6. Неисправности приемников и методика их устранения

Исправным может считаться только такой приемник, который имеет нормальные для данного типа приемников

чувствительность и избирательность при хорошем качестве воспроизведения звука. Иными словами, приемник должен принимать как мощные, так и слабые, далеко расположенные станции с нормальной громкостью, без свистов и помех перестраиваться с одной станции на другую и воспроизводить звук без искажений. Если приемник не отвечает этим требованиям, то его следует считать неисправным.

Неисправности приемника можно разделить на две основные группы: при включении приемник не работает; при включении приемник работает, но работу его нельзя считать нормальной (пониженная громкость, слабая чувствительность, искажение передачи и т. п.).

Неисправности, связанные с первой группой, определяются и устраняются, как правило, легче, чем неисправности, относящиеся ко второй группе.

Причины, вызывающие неисправности в приемниках, могут быть разделены на следующие категории:

неисправности в лампах приемников — обрывы нитей накала, потеря эмиссии, замыкание электродов внутри баллона лампы и т. п.;

обрывы электрических цепей, связанные с обрывом проводов, наличием сгоревших резисторов в схеме и т. п.;

короткие замыкания в электрических цепях, связанные с пробоем конденсаторов, пробоем изоляции проводов, обмоток трансформаторов и т. п.;

утечки тока в цепях, которые не должны проводить постоянного тока, связанные главным образом с утечками в конденсаторах схемы;

перегрев деталей, вызванный ненормальным током, протекающим через них;

ненормальная работа приемника, связанная с неправильным режимом ламп или вредными взаимосвязями между отдельными каскадами приемника;

ненормальная работа приемника, связанная с расстройкой его контуров.

Для определения неисправности в приемнике желательно знать, при каких условиях приемник вышел из строя: пропал ли прием внезапно или постепенно ослабевал, сопровождалось ли появление неисправности щелчками внутри схемы, чувствовался ли запах гари из приемника и т. п. Знание этих обстоятельств очень часто облегчает определение неисправностей в схеме. Однако для ремонта

приемника наличие таких данных хотя и желательно, но не обязательно.

Бывают случаи, при которых ненормальная работа приемника не определяется неисправностью в его схеме. Недостаточное напряжение питающей сети часто вызывает пониженную громкость, ослабленную чувствительность, пропадание приема на участке поддиапазона, обычно в длинноволновой его части. Наличие вблизи места расположения приемника промышленных предприятий, близкое расположение линий городского электрического транспорта (трамвай, троллейбус) может создавать значительные помехи радиоприему, особенно при расположении приемника в нижних этажах городских зданий. Все это иногда приводит к ошибочному заключению о неисправности приемника. Поэтому, приступая к ремонту плохо работающего приемника, следует выяснить условия, при которых приемник эксплуатируется: насколько постоянно напряжение электрической сети, какая применена антенна и где она расположена, нет ли вблизи местонахождения приемника источника помех и т. п.

Если неисправность в приемнике нельзя устранить заменой какой-либо лампы, следует вынуть приемник из ящика или открыть дно ящика, внимательно осмотреть состояние монтажа, прощупывая пинцетом те места схемы, где возможен обрыв или замыкание проводов. Часто такой наружный осмотр позволяет найти неисправную деталь по ее внешнему виду. В некоторых типах конденсаторов при пробое появляются вздутия. При замыкании в обмотках внутри дросселей и трансформаторов из них обычно вытекает изолирующая масса. Дроссели и трансформаторы со сгоревшей обмоткой большей частью имеют потемневшую верхнюю обкладку, а приемник издает характерный запах гари. Запах гари сопровождает также перегорание проволочных резисторов и катушек контура.

Основная масса неисправностей определяется в результате измерений в цепях схемы.

Убедившись в нормальной работе выпрямителя и усилителя низкой частоты описанным выше методом, переходят к проверке каскадов предварительного усиления низкой частоты, детектора, усилителя промежуточной частоты, смесителя и гетеродина и, наконец, каскада усилителя высокой частоты. Таким образом, проверка работы приемника начинается с выходного каскада усиления низкой частоты и заканчивается антенной частью.

Покаскадную проверку приемника проводят следующим образом. При включенном приемнике и введенном регуляторе громкости прикасаются к сетке лампы предварительного усилителя низкой частоты. При работающем усилителе низкой частоты динамик должен издавать громкий гудящий звук. Если звука нет, неисправность следует искать в каскадах усиления низкой частоты. При исправных каскадах усиления низкой частоты прикосновение отверткой к сетке лампы усилителя промежуточной частоты должно вызывать резкий щелчок в динамике. Если щелчка нет, неисправность следует искать в детекторном каскаде или усилителе промежуточной частоты.

Нормально работающий приемник при подключении антенны к клемме *А* издает резкий щелчок в динамике. Одновременно увеличивается шипящий («суперный») шум. Если этих признаков при работающих усилителе промежуточной частоты и усилителе низкой частоты нет, то неисправны гетеродин или входные цепи.

7. Устройство электрофона и его эксплуатация

Наиболее простым и дешевым способом воспроизведения звука является воспроизведение грамзаписи.

Электрофон (радиограммофон, электропроигрыватель) — аппарат, воспроизводящий звук, записанный на грампластинку. Его основными элементами являются: звукосниматель, электродвигатель, усилитель низкой частоты и акустический агрегат. В настоящее время грампластинки обеспечивают звучание, превышающее 20 мин. А с применением специальных автоматических проигрывающих устройств это время увеличивается в 5—10 раз.

Различают два вида грамзаписи: монофоническую и стереофоническую.

Если грамзапись производится от одного приемника сигнала и воспроизводится одним акустическим агрегатом, то такая запись на грампластинку называется монофонической (одноканальной) записью. Стереофоническая грамзапись осуществляется от двух разделенных приемников сигналов и наносится на грампластинку в виде двух независящих друг от друга дорожек записи, расположенных

в одной звуковой канавке на противоположных ее стенках. Воспроизведение стереофонической записи производится путем подачи двух самостоятельных сигналов через раздельные усилительные каналы на две разнесенные акустические системы (колонки). В результате слушатель ощущает положение источника звука в пространстве, чувствует его перемещение, объемность.

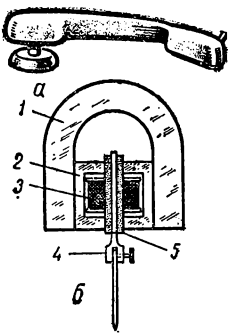


Рис. 143. Звукосниматель:

а — внешний вид пьезоэлектрического звукоснимателя; *б* — устройство электромагнитной головки (*1* — постоянный магнит; *2* — полюсные наконечники; *3* — катушка; *4* — иглодержатель; *5* — якорь с демпфером).

Звукосниматель (рис. 143) состоит из двух частей: головки с устройством для преобразования механических колебаний иглы в электрические сигналы и тонарма, на котором укреплена головка звукоснимателя. По принципу работы и конструкции различают следующие системы головок: магнитные, пьезоэлектрические, оптические и полупроводниковые.

В настоящее время наибольшее распространение получили магнитные и пьезоэлектрические преобразователи.

Магнитная головка (рис. 143, *б*). Во время воспроизведения записи якорь с иглодержателем и иглой отклоняется то в одну, то в другую сторону от среднего (нейтрального) положения. Под влиянием колебаний иглы происходит изменение магнитного потока, который возбуждает пропорциональную ему по величине переменную э. д. с. в витках катушки.

Магнитные головки отличаются высокой механической прочностью, малыми нелинейными искажениями (дополнительными тонами) и хорошей частотной характеристикой.

Пьезоэлектрическая головка (рис. 144). В головках этой системы используется пьезоэффект (возникновение электрических зарядов на гранях некоторых кристаллов при их деформации). Величина заряда прямо пропорциональна величине деформации, вызванной иглой звукоснимателя.

Пьезоэлемент может быть кристаллическим (сегнетовая соль) или керамическим. Кристаллический пьезоэлемент хрупок, боится влаги и разрушается при 40° С. Керамические головки более совершенны. Они обладают достаточ-

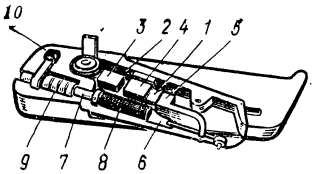


Рис. 144. Устройство головки с керамическим пьезоэлементом:

1 — пьезоэлемент; *2* — резиновый карман; *3* — две контактные пластины из металлической фольги; *4* — демпфирующий блок П-образной формы для выравнивания частотной характеристики; *5* — поводок из легкой пластмассы; *6* — иглодержатель; *7* — рычаг переключения; *8* — резиновая муфта; *9* — цилиндрическая пружина для устранения люфта рычага в корпусе; *10* — плоская пружина, фиксирующая положение рычага при переключении игл.

ной механической прочностью, не боятся влаги. Керамический пьезоэлемент состоит из двух склеенных керамических пластин, поверхность которых металлизирована. Во время воспроизведения записи колебания иглы через иглодержатель передаются на пьезоэлемент. При этом на его поверхности образуются противоположные по знаку заряды, снимаемые проводящими ток обкладками. Пьезоэлектрические звукосниматели чувствительнее, проще и дешевле электромагнитных, но их электрические параметры и механическая прочность значительно уступают электромагнитным.

Головки стереофонического типа оцениваются по величине рассогласования каналов по всем параметрам, кроме нагрузки на иглу.

Тонарм — основной несущий узел звукоснимателя. На нем закрепляется головка звукоснимателя, через него проходят горизонтальная и вертикальная оси, обеспечивающие перемещение звукоснимателя в двух плоскостях и его правильное положение относительно звуковой канавки. Тонарм производят из легких алюминиевых сплавов или пластмассы, чтобы обеспечить устойчивость иглы в канавках пластинки и избежать повышенной нагрузки на пластинку. Для уменьшения (и регулировки) давления иглы на пластинку, в тонарме устанавливают отжимную пружину или противовес.

Параметры звукоснимателей: чувствительность, частотная характеристика, нагрузка на иглу.

Чувствительность характеризует величину напряжения, развиваемого на нагрузке в 1 *Мом* (47 *ком* для электромагнитного звукоснимателя) на частоте 1000 *гц* при амплитуде колебательной скорости иглы, равной 1 *см/сек*. Измеряется чувствительность в *мв·сек/см*. Чем выше чувствительность звукоснимателя, тем более простой усилитель может быть использован в электрофоне.

Чувствительность пьезокерамических звукоснимателей составляет 50—100 *мв·сек/см*, электромагнитных — 0,5—2 *мв·сек/см*.

Частотная характеристика — это зависимость чувствительности звукоснимателя от воспроизводимой частоты. Современные пьезокерамические звукосниматели обеспечивают качественное воспроизведение частоты от 30 до 12 000—15 000 *гц*. Чем шире частотная характеристика, тем естественнее воспроизведение звукозаписи.

Нагрузка на иглу — это направленная вертикально сила, действующая через иглу на горизонтально расположенную немодулированную канавку пластинки. Нагрузка на иглу должна быть минимальной. Чем меньше нагрузка на иглу, тем чувствительнее игла к конфигурации модулированных стенок звуковой канавки и тем меньше искажение при звуковоспроизведении. Предельная нагрузка на иглу установлена ГОСТом в 12 *г*. (у некоторых типов звукоснимателей она может регулироваться и достигать 1—2 *г*.),

Электродвигатель. Для вращения грампластинки с постоянной скоростью служит электрический привод, состоящий из электродвигателя и набора передаточных шкивов, переключаемых механическим путем при перемене скорости вращения пластинок. Вращательное движение вала электро-

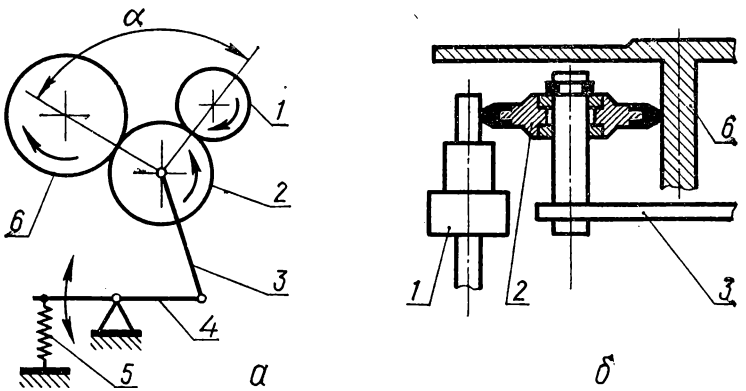


Рис. 145. Кинематическая схема фрикционной передачи обрезиненным роликом (*а*) и ступенчатая фрикционная передача (*б*):

1 — ведущий вал двигателя; *2* — обрезиненный ролик; *3*, *4* — двухзвенный самоустанавливающийся рычаг; *5* — натяжная пружина; *6* — ведомый диск электропроигрывающего устройства; *α* — угол, равный 100—130°.

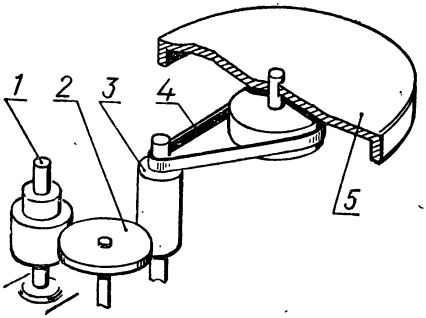


Рис. 146. Передача с гибкой связью (конструкция ступенчатого переключателя скорости вращения диска):

1 — насадка на ось электродвигателя; *2* — фрикционный ролик; *3* — промежуточный вал; *4* — пассик; *5* — диск электропроигрывающего устройства.

двигателя передается через один из промежуточных шкивов (имеющих разные диаметры в зависимости от необходимой скорости) передаточному ролику, который фрикционно связан с бортиком диска и сообщает ему движение.

Существует несколько систем передачи вращения от двигателя к диску электропроигрывающего устройства: с помощью фрикционов (рис. 145), гибкой связью посредством эластичных пассиков (рис. 146), комбинацией фрикционов и элементов гибкой связи.

Массивность дисков и стабильность скорости вращения ротора электродвигателя способствуют достижению равномерности вращения грампластинки.

В современных электрофонах, питающихся от сети переменного тока, наиболее широко используются маломощные однофазные асинхронные двигатели типа ЭДГ. Электродвигатели этого типа разработаны специально для применения в звуковоспроизводящей аппаратуре и, в частности, в электропроигрывающих устройствах различных типов. На рис. 147 приведена схема включения электродвигателей типа ЭДГ.

В батарейных электрофонах применяются коллекторные двигатели постоянного тока типа ДРВ-0,1 с центробежным электрическим регулятором оборотов для стабилизации скорости их вращения. Электродвигатели этого типа обеспечивают нормальную работу при колебаниях напряжения источника питания от 6,3 до 9,9 *в*.

Электродвигатель может явиться источником вибрационных помех, если его ротор разбалансирован (в этом случае частота помех $f = n/60$, где n — скорость вращения ротора). Эти помехи устраняются следующими способами: 1) тщательной балансировкой ротора и установкой двигателя на резиновые амортизаторы; 2) укреплением двигателя в кор-

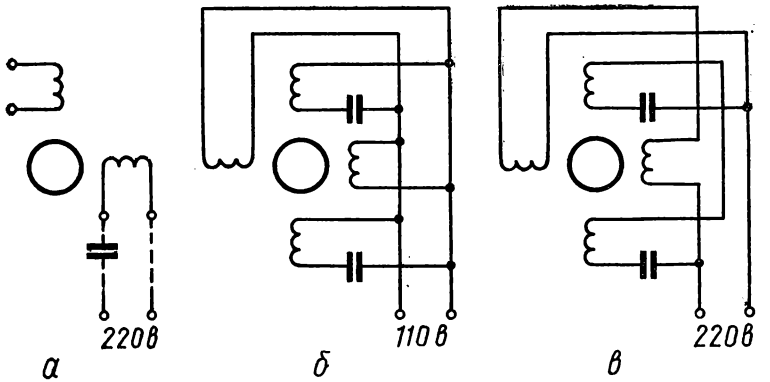


Рис. 147. Схема включения электродвигателей серии ЭДГ:

а — схема включения двигателя ЭДГ-1; *б* — схема включения двигателя ЭДГ-4 на напряжение 110 *в*; *в* — схема включения ЭДГ-4 на напряжение 220 *в*.

пусе электропроигрывающего устройства на массивном основании, не имеющем жесткого контакта с его панелью, которая крепится к корпусу тоже на амортизаторах.

В табл. 25 приведены основные параметры наиболее употребительных электродвигателей для электрофонов и радиол.

Усилитель низкой частоты. Для усиления сигнала, развиваемого звукоснимателем до мощности, необходимой для нормальной работы акустической системы, в электрофонах применяются усилители низкой частоты (как на радиолампах, так и на транзисторах). В качестве примера принципиальная и монтажная схемы простого усилителя низкой частоты, собранного на одной лампе 6Ф3П, приведены на рис. 148. Усилитель низкой частоты не должен искажать воспроизводимый электрофоном звуковой сигнал больше допустимого. Обычно он имеет регуляторы громкости и тембра.

Наша промышленность выпускает электрофоны и электропроигрывающие устройства трех классов, отличающиеся друг от друга качественными показателями и наличием тех или иных эксплуатационных удобств. Автоматические электропроигрыватели содержат ряд механизмов, предназначенных для смены грампластинок (без их переворачивания).

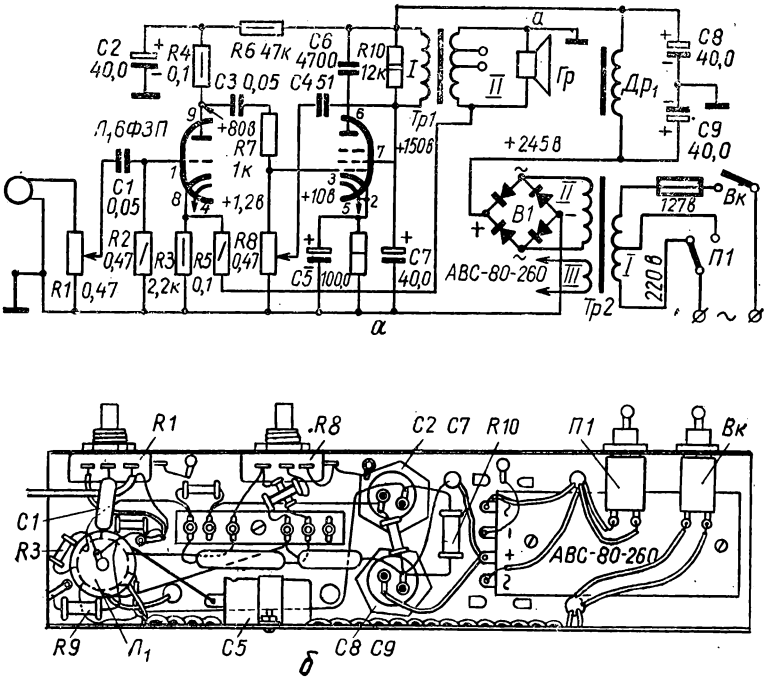


Рис. 148. Схемы усилителя низкой частоты для радиограммофонов на лампе 6Ф3П:

а — принципиальная; *б* — схема соединений.

Громкоговоритель обычных переносных электрофонов имеет низкоомную звуковую катушку с сопротивлением 4,5—6,5 *ом*.

Электрофоны получают питание от сети. В последнее время выпускаются портативные переносные электрофоны на транзисторах с питанием от батарей.

Подготовка к работе, включение и выключение электрофона. При проигрывании обычных или долгоиграющих пластинок необходимо соблюдать следующие правила:

1. Радиограммофоны, выпускаемые заводами, обычно подготовлены для включения в сеть напряжением 220 *в*. Их можно переключить на напряжение 127 *в* переключателем напряжения электрической сети. Для правильной установки колодки переключателя напряжения электро-

Таблица 25

Электродвигатели для радиол и электропроигрывателей

Технические характеристики	Тип двигателя						
	ЭДГ-1, ЭДГ-4	ДАП-1	ДАГ-1	ЭПУ	ЭДГ-2, ЭДГ-2П	АД-2	АД-5
Напряжение питания, *в*	220	$\frac{127}{220}$	$\frac{110}{220}$	110	110	127	127
Скорость вращения ротора, *об/мин*	2800	2800	1200	2500	2800	1480	1460
Мощность на валу, *вт*	2	1	2	2	3	5	5
Потребляемая мощность, *вт*	13	20	14	15	14	36	35
Пусковой момент, *гс · см*	80	30	80	80	120	500	500
Емкость конденсатора, *мкф*	0,5	—	—	1,5	3,4	2,5	2
Добавочное сопротивление, *ом*	—	—	—	—	—	500	500
Размеры корпуса, *мм*	74×74×67,5	65×65×40	70×100	64×64×60	74×74×67,5	100×70	80×78
Масса, *кг*	0,6	0,4	1,4	0,45	0,5	1,5	1,35

Примечание. Все указанные электродвигатели рассчитаны на работу в вертикальном положении. Они имеют подшипники скольжения и опорный подшипник-подпятник, установленный на нижнем щитке.

сети ее следует вынуть из панели (потянув на себя) и снова вставить так, чтобы стрелка на колодке была направлена на надпись напряжения, соответствующего напряжению электросети.

2. Необходимо убедиться в том, что предохранитель исправен и рассчитан на ток 0,5 *а* при напряжении питания 220 *в* или на 1 *а* при напряжении питания 127 *в*.

3. Ручка регулятора громкости должна быть установлена в среднее положение.

4. Включение электрофона осуществляется нажатием клавиши «включено» или поворотом соответствующего

переключателя. После включения примерно через полминуты лампы усилителя низкой частоты нагреются и засветится оптический индикатор.

5. Перемещением ручки переключения скорости вращения диска устанавливается соответствующая скорость вращения пластинки. Ручка переключателя должна быть против цифр $33^1/_3$, 45 или 78 (переключение следует делать при выключенном проигрывателе).

6. Переключатель игл устанавливается в положение, соответствующее скорости, указанной на пластинке: для проигрывания обычных пластинок — против числа 78, для проигрывания долгоиграющих пластинок с числом оборотов 45 и $33^1/_3$ — против знака М.

7. В связи с изменением ГОСТа на граммофонные пластинки при проигрывании ранее выпущенных пластинок увеличивают отверстие в центре пластинки до размера, обеспечивающего нормальную установку пластинки на диск. При проигрывании грампластинок с центровым отверстием диаметром 38 *мм* на ось диска ставится дополнительный центр. После этого грампластинка кладется на диск электрофона.

8. Двумя пальцами тонарм снимается с опоры, затем отводится влево (без поднятия вверх) так, чтобы торцовый выступ головки звукоснимателя находился над начальной канавкой грампластинки.

9. Перемещением ручки «пуск» вправо включается проигрыватель.

10. При проигрывании миниатюрных пластинок автостоп выключают переводом ручки «автостоп» в положение «автостоп выключ.».

11. После полного проигрывания грампластинки диск останавливается автоматически, а тонарм приподнимается с грампластинки микролифтом.

12. При повторном проигрывании грампластинки тонарм следует поставить на опору и только после этого снова отвести влево до начальной канавки записи, иначе автостоп может не сработать.

13. По окончании пользования электрофоном тонарм рукой отводится вправо и ставится на стойку.

14. Дополнительный центр является одновременно щеткой для чистки пластинок. Не снимая тонарма с опоры, нажимают ручку «пуск» и во время движения пластинки чистят ее.

Уход за электрофоном. Электрофон — сложный прибор, требующий внимательного и бережного обращения. При его эксплуатации запрещается:

при нажатии на клавиши и вращении ручек управления прилагать большие усилия;

трогать монтажные провода, отдельные детали и узлы, расположенные в корпусе;

оставлять без присмотра включенным электрофон на длительное время;

применять самодельные и нестандартные предохранители.

При длительных перерывах в работе электрофона рекомендуется вилку шнура питания отключить от штепсельной розетки.

В случае падения напряжения сети нельзя устанавливать переключатель напряжения на меньшее значение, так как в любой момент напряжение сети может стать нормальным, и это вызовет повреждение электрофона.

Чтобы не поломать иглу или пьезоэлемент, не следует проигрывать слишком изношенные, пыльные, треснувшие, а также игранные стальной иглой пластинки. Иглы звукоснимателя нужно оберегать от случайных ударов и не трогать их руками.

Нельзя останавливать диск рукой, а во время его вращения менять пластинки.

Не реже одного раза в год или после 200 рабочих часов необходимо смазывать электрофон, употребляя для этого турбинное или обычное машинное масло. При этом надо следить за тем, чтобы масло не попало на резиновые детали и латунную насадку на оси мотора.

После окончания срока службы, установленного для игл (150—200 *ч*), меняют иглодержатель. Для смены иглодержателя снимают предохраняющую скобу, тем самым освобождая доступ к иглодержателю. Надежно захватив иглодержатель пинцетом, осторожно вынимают его из корпуса головки, не нажимая иглодержателем на вилку под ним. После этого устанавливают запасной иглодержатель. Иглодержатель должен хорошо прилегать к выступам вилки, в которую он укладывается. После смены иглодержателя головка звукоснимателя вставляется плотно в тонарм.

Способы устранения простейших неисправностей радиограммофона указаны в табл. 26.

Таблица 26

Простейшие неисправности радиограммофонов и способы их устранения

Вид неисправности	Возможная причина неисправности	Способ устранения неисправности
При включении диск радиограммофона не вращается, не горит индикаторная лампочка	Обрыв в шнуре питания (чаще всего в вилке)	Вынуть вилку шнура питания из штепсельной розетки и, разобрав вилку, устранить обрыв
При включении диск радиограммофона не вращается, но индикаторная лампочка горит	Обрыв в цепи питания электродвигателя	Проверить цепь питания электродвигателя и устранить обрыв
Нет воспроизведения грамзаписи	Неплотно вставлена головка звукоснимателя	Нажатием плотно вставить головку
Воспроизведение грамзаписи есть, но с искажением	Неисправна игла или головка звукоснимателя	Заменить иглодержатель головки звукоснимателя; если это не помогает, заменить всю головку
	Обрыв в цепи звукоснимателя	Разобрать звукосниматель Устранить обрыв
Резко искажается воспроизведение грамзаписи	В кристалле пьезоэлектрического звукоснимателя появились трещины	Разобрать звукосниматель и вынуть кристалл, провести несколько раз вдоль трещины горячей иглой (кристалл в местах соприкосновения с иглой будет плавиться и трещина зальется). Работать надо с лупой

Глава 10

УКВ РАДИОСТАНЦИИ

УКВ РАДИОСТАНЦИЯ Р-126 *

1. Тактико-технические данные

Радиостанция Р-126 — приемопередающая, телефонная, ультракоротковолновая с частотной модуляцией, переносная — предназначена для обеспечения связи при управлении войсками. Она может работать на ходу (при переноске в руках и на ремне), в движении на автомобиле и на стоянке.

Радиостанция работает в диапазоне частот от 48,5 до 51,5 *Мгц* (6,18—5,83 *м*). Для удобства настройки установлена 31 рабочая (фиксированная) частота, которая обозначается на шкале радиостанции цифрами и рисками. Риски нанесены через каждые 100 *кгц*, а цифры — через 500 *кгц*. Цифра, умноженная на 100, дает значение рабочей частоты в килогерцах.

Мощность передатчика 0,3—0,4 *вт*. Чувствительность приемника не хуже 2 *мкв*. Дальность надежной двухсторонней связи с однотипной радиостанцией: при работе на штыревую антенну (в положении радиотелефониста стоя) — около 2 *км*, при работе на лучевую антенну — до 4—5 *км*.

Масса действующего комплекта радиостанции 2,8 *кг*. Габариты радиостанции (с выступающими частями) 210 × × 180 × 105 *мм*.

2. Материальная часть радиостанции

Действующий комплект радиостанции Р-126 (рис. 149) состоит из одной упаковки — ранца, снабженного ремнями для переноски в руках и на боку. В действующий комплект радиостанции входят: приемопередатчик в ранце, антенное

* Ряд положений взят из руководства по устройству и эксплуатации радиостанции Р-126.

устройство (штыревая и лучевая антенны), источники питания (два аккумулятора СЦД-12), ларинготелефонная гарнитура (ларингофоны и одноухий телефон) и щекофон с одноухим головным телефоном.

Ранец радиостанции. Радиостанция Р-126 смонтирована в ранце из алюминиевого или магниевого сплава, который служит корпусом радиостанции. Внутренняя его часть разделена на два отсека, в которых размещены приемопередатчик и два аккумулятора СЦД-12. Отсеки ранца закрываются крышками с резиновыми уплотнителями, исключающими проникание внутрь радиостанции атмосферных осадков и воды при погружении радиостанции в воду (до 3 *мин* на глубину до 0,5 *м*). К ранцу прикреплен ремень для переноски радиостанции. На задней стенке ранца имеется скоба для фиксации радиостанции на поясном ремне радиотелефониста.

Антенное устройство. В комплект радиостанции входит два типа антенн: штыревая гибкая антенна (конструкции Куликова) с надставкой общей высотой 1,45 *м* и лучевая

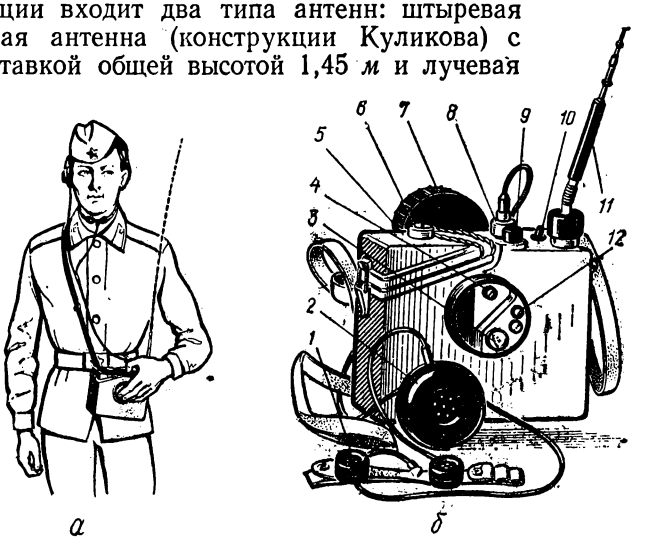


Рис. 149. Радиостанция Р-126:

а — в рабочем положении; *б* — действующий комплект (*1* — ларингофон; *2* — головной телефон; *3* — шкала приемопередатчика; *4* — ручка установки рабочей частоты; *5* — крышка аккумуляторного отсека; *6* — заглушка, снятая с патрубка фишки подключения ларинготелефонной гарнитуры (навернута на выступ на крышке аккумуляторного отсека); *7* — заглушка органов настройки приемопередатчика; *8* — колодка ларинготелефонной гарнитуры; *9* — кнопка переключения радиостанции с приема на передачу; *10* — выключатель питания; *11* — антенна; *12* — кнопка включения лампочки подсвета шкалы).

антенна длиной 40 *м* с противовесом длиной 1 *м*. Штыревая антенна состоит из следующих элементов: стального троса, на который нанизаны мелкие дюралюминиевые звенья с убывающим от основания к вершине диаметром, звена, навитого из стальной проволоки, шарового шарнира (в основании), замка для натяжения антенны (двух складывающихся рычагов для натяжения троса), буферного устройства (пружины), препятствующего изгибанию антенны и обеспечивающего постоянство ее натяжения, резинового грибка для защиты антенного изолятора с гнездом от влаги, наконечника для крепления в гнезде антенного изолятора, регулировочной гайки для регулировки натяжения троса в процессе эксплуатации.

Противовесом для гибкой штыревой антенны служит корпус радиостанции. В сложенном виде штыревую антенну кладут в карман чехла, а в рабочем положении устанавливают на кронштейне антенного изолятора. В рабочее положение штыревая антенна приводится путем спрямления рычагов, натягивающих трос. При натяжении трос сжимает буферную пружину, а штифт на рычаге заходит в паз и удерживается в нем силой пружины. При этом звенья антенны сближаются и образуют гибкий штырь.

Наилучшая слышимость корреспондента, а следовательно, и наибольшая дальность действия получаются при наклоне штыревой антенны в сторону, противоположную направлению на корреспондента. При работе лежа ослабляют зажимной винт и при помощи шарнира придают антенне вертикальное положение, которое фиксируется этим же зажимным винтом.

Ларинготелефонная гарнитура состоит из головного телефона ТА-56М с резиновой заглушкой, оголовья, скрепляемого с заглушкой кнопками, и ларингофонов с двумя электромагнитными капсюлями ДЭМШ, соединенными последовательно. Кабель гарнитуры оканчивается колодкой для подключения к радиостанции.

В комплект радиостанции входит щекофон с одноухим головным телефоном. Щекофон с телефоном может подключаться к радиостанции вместо ларинготелефонной гарнитуры.

Источники питания. Первичными источниками питания радиостанции служат два последовательно соединенных аккумулятора СЦД-12. Они отличаются высокой удельной емкостью и в три раза легче щелочных кадмиево-никеле-

вых аккумуляторов. Напряжение двух свежезаряженных аккумуляторов СЦД-12 равно 3,6 *в*, разряженных — 2,6 *в*. Номинальное напряжение аккумуляторов СЦД-12, соответствующее наибольшей части времени его разрядки, равно 1,5 *в*. Потребляемый радиостанцией ток от аккумуляторов при работе на прием составляет 0,75 *а*, при работе на передачу — 1,5 *а*. Продолжительность непрерывной работы радиостанции от одного комплекта аккумуляторов при соотношении времени приема к времени передачи 3 : 1 около 12 *ч*. Срок службы аккумуляторов СЦД-12 составляет 50 циклов «заряд — разряд». Сохранность в залитом состоянии 6 месяцев. Длительность зарядки аккумуляторов (током 1,2 *а*) 10 *ч*. Масса двух аккумуляторов СЦД-12 равна 400 *г*.

Анодные и экранные цепи приемопередатчика питаются высоким напряжением от имеющегося в радиостанции преобразователя постоянного напряжения на полупроводниковых приборах, который работает от аккумуляторов СЦД-12.

Приемопередатчик. Приемопередатчик состоит из восьми блоков: блока возбудителя-гетеродина, блока усилителей высокой частоты, усилителя мощности и смесителя, блока конденсаторов переменной емкости, блока усилителей промежуточной частоты, блока ограничителя-дискриминатора, блока усилителей низкой частоты, блока преобразователя постоянного напряжения, блока фильтров гарнитуры и ларингофонного автотрансформатора.

Блоки приемопередатчика размещаются на литом (под давлением) каркасе возбудителя и имеют механическое и электрическое сочленение. Блоки могут сниматься независимо один от другого.

В отсеке *блока возбудителя-гетеродина* размещается угольник, который крепится к корпусу двумя винтами (опаянными после закрепления). На угольнике смонтированы детали внутреннего контура, лампа возбудителя, частотный модулятор, блокировки, резисторы цепей питания анода и экранирующей сетки, дроссели цепи накала, подстроечные конденсаторы режимов «прием» и «передача». В том же отсеке находится подшипниковый механизм конденсаторов переменной емкости. Подшипники несут ось переменных конденсаторов основной и дополнительной секций возбудителя. Ротор конденсатора основной секции сделан в форме полуцилиндра без верхнего основания.

Нижнее основание полуцилиндра имеет отросток, который запрессовывается в отверстие оси. Статор имеет такую же форму, что и ротор. Он припаян к перегородке катушки индуктивности. Между внешней поверхностью ротора и внутренней поверхностью статора образуется емкость основной секции конденсатора, а между внешней поверхностью статора и внутренней поверхностью полуцилиндра (большего диаметра), который крепится к боковой стенке каркаса катушки, — емкость конденсатора связи.

Дополнительная секция конденсатора возбудителя, выполненная из латуни, имеет форму полукруга. Ротор состоит из трех пластин (две крайние имеют разрезы для сопряжения), статор — из двух пластин, которые крепятся пайкой в керамическом изоляторе.

Для получения постоянной разности частот, равной 1880 *кгц*, в режимах «прием» и «передача» по всему диапазону произведено сопряжение дополнительной секции (через отверстие в корпусе подшипникового механизма, которое после сопряжения запаивается).

Катушка индуктивности изготовлена из посеребренного провода диаметром 0,8 *мм*, намотанного на керамический каркас. Концы катушки выведены через проходные изоляторы.

Возбудитель-гетеродин после предварительной настройки закрывается кожухом и герметически запаивается. Замена ламп и доступ к подстроечным конденсаторам осуществляется через имеющиеся в кожухе отверстия.

Подача питающих напряжений, напряжений модуляции и соединение с анодным контуром производится через керамическую плату, впаянную в каркас.

На внешнем конце оси роторов конденсаторов основной и дополнительной секций возбудителя крепится безлюфтовая шестеренка, при помощи которой осуществляется зубчатое зацепление с блоком конденсаторов переменной емкости, шкалой и ручкой установки частоты.

Блок усилителей высокой частоты, усилителя мощности и смесителя смонтирован на керамической плате. На одной стороне платы размещены лампы двух усилителей высокой частоты, контурные и блокировочные конденсаторы, резисторы цепей питания и кросс питания всего блока. С этой стороны блок закрыт крышкой. Вход, выход и межкаскадное соединение усилителей высокой частоты экранированы. В экраны впаяны цилиндрические упругие ламподержатели,

в которых закреплены лампы блока. На другой стороне керамической платы размещены лампы усилителя мощности и смесителя, три катушки контуров усилителей высокой частоты и анодный контур смесителя. Блок крепится к каркасу тремя винтами.

В корпусе *блока конденсаторов переменной емкости,* разделенном перегородками на три отсека, размещены трехсекционный блок переменных конденсаторов и три подстроечных конденсатора (в каждом отсеке — один конденсатор переменной емкости и один подстроечный). Статорные пластины переменного и подстроечного конденсаторов крепятся пайкой к керамическим осям. Роторы подстроечных конденсаторов вращаются во втулках, завальцованных в корпус. Блок крепится к каркасу со стороны выхода оси тремя винтами.

Монтаж *блока усилителей промежуточной частоты* осуществлен на плате из фольгированного гетинакса. Цепи питания анодов, экранирующих сеток и нитей накаливания ламп имеют печатный монтаж. Детали крепятся на плате шпильками, закрепленными в гетинаксе, лампы — в пружинных ламподержателях.

В катушках фильтров применен провод ПЭЛШО. Витки катушки скреплены бакелитовым клеем. Катушка контура состоит из двух секций, соединенных последовательно. Она размещается в сердечнике из магнитодиэлектрика, который помещается в экране, завальцованном в плату. Дроссели в цепях накала также находятся в экранах.

Вход и выход усилителя разнесены. Питание подается через керамическую плату. К каркасу блок крепится двумя винтами.

Блок ограничителя-дискриминатора смонтирован на плате из фольгированного гетинакса. Элементы блока аналогичны элементам блока промежуточной частоты. В блоке имеется воздушный подстроечный конденсатор. Для его подстройки в крышке блока сделано отверстие, которое после окончательной подстройки дискриминатора запаивается.

Цепи питания, вход, выход и измерительные точки блока выведены через керамическую плату. Блок крепится к каркасу двумя винтами.

Блок усилителей низкой частоты смонтирован на фольгированной гетинаксовой плате. С одной стороны платы размещены лампа и детали усилителя напряжения, с дру-

гой — лампа и детали выходного каскада. Выходной трансформатор расположен в вырезе платы. Выводы цепей блока осуществлены через керамическую панель. Блок помещен в герметически опаянном кожухе и крепится к каркасу тремя винтами.

Блок *преобразователя постоянного напряжения* смонтирован на стальной скобе. На верхней стороне скобы прикреплены два кристаллических триода П4П или П4В и выходная контактная колодка. На нижней стороне скобы размещен трансформатор в экране. Внутри скобы снизу расположены два конденсатора МБМ емкостью по 0,5 *мкф*. К двум противоположным сторонам скобы прикреплены две гетинаксовые платы с печатными соединительными проводниками. На этих платах смонтированы остальные детали преобразователя. К этим же платам экранированными проводами подводится напряжение от аккумуляторов (помимо контактной колодки).

Блок фильтров гарнитуры и ларингофонного автотрансформатора состоит из трех дросселей высокой частоты и автотрансформатора. Катушки дросселей помещены в сердечники из магнитодиэлектрика. Дроссели склеены основаниями один к другому и приклеены к корпусу блока клеем БФ-2. Автотрансформатор крепится к корпусу скобой.

3. Структурная схема радиостанции

Структурная схема радиостанции Р-126 показана на рис. 150. Схема приемопередатчика построена так, что часть его элементов используется как при передаче, так и при приеме.

Передатчик содержит следующие каскады: возбудитель колебаний (задающий генератор) на лампе $Л_5$ (1Ж29Б), усилитель мощности на лампе $Л_4$ (1П24Б), частотный модулятор на кристаллическом диоде Д9Ж с подмодулятором (УНЧ) на лампах $Л_{10}$ (1Ж24Б) и $Л_{11}$(1Ж29Б).

Колебания высокой частоты, возбужденные в задающем генераторе, с его анодного контура подаются на управляющую сетку лампы $Л_4$ усилителя мощности, усиливаются и через антенный контур, имеющий индуктивную связь с антенной, поступают в антенну. Управление колебаниями передатчика осуществляется модуляторным каскадом (модулятором), подключенным к сеточному контуру возбудителя. Модуляция частотная. Напряжение низкой (звуко-

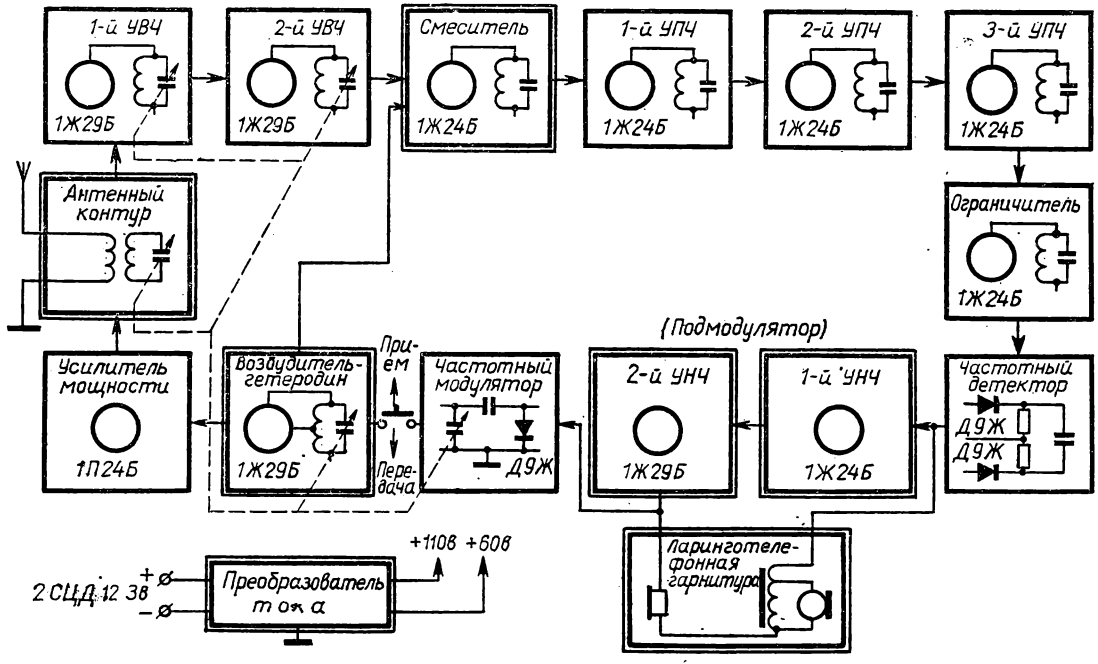


Рис. 150. Структурная схема радиостанции Р-126.

вой) частоты от ларингофонов поступает через подмодулятор, в котором оно усиливается, на модулятор. В зависимости от амплитуды и частоты звуковых колебаний, воздействующих на ларингофон, частота излучаемых антенной передатчика колебаний изменяется.

Приемник радиостанции супергетеродинный, десятиламповый, для приема частотно-модулированных сигналов. Приемник содержит следующие каскады: 1 и 2-й усилители высокой частоты на лампах $Л_1$ и $Л_2$ (1Ж29Б), возбудитель-гетеродин на лампе $Л_5$ (1Ж29Б), смеситель на лампе $Л_3$ (1Ж24Б), 1, 2 и 3-й усилители промежуточной частоты на лампах $Л_6$, $Л_7$, $Л_8$ (1Ж24Б), ограничитель на лампе $Л_9$, (1Ж24Б), частотный детектор (дискриминатор) на кристаллических диодах Д9Ж и двухкаскадный усилитель низкой частоты на лампах $Л_{10}$ и $Л_{11}$ (1Ж24Б и 1Ж29Б).

При приеме сигнала напряжение ультравысокой частоты, выделяемое на антенном контуре приемной антенны, подается с него на двухкаскадный усилитель высокой частоты, усиливается каскадами на лампах $Л_1$ и $Л_2$ и с анодного контура лампы $Л_2$ подается на управляющую сетку лампы $Л_3$ смесителя, на которую одновременно подается напряжение гетеродина ($Л_5$). В результате на анодном контуре смесителя выделяется напряжение промежуточной частоты, которое подается на управляющую сетку первого УПЧ. После усиления тремя каскадами УПЧ ($Л_6$, $Л_7$ и $Л_8$) напряжение промежуточной частоты подается на ограничитель $Л_9$, ограничивается по амплитуде и поступает на дискриминатор. В дискриминаторе колебания высокой частоты детектируются. Полученные в результате детектирования колебания звуковой частоты усиливаются двумя каскадами УНЧ ($Л_{10}$ и $Л_{11}$) и через выходной трансформатор $Тр_1$ подаются на головные телефоны.

Принципиальная схема радиостанции Р-126 показана на рис. 151 (см. вклейку в конце книги).

Переключателем «прием—передача» осуществляется переход с режима «прием» в режим «передача». При этом происходят следующие переключения: выключается накал ламп УВЧ, смесителя, УПЧ и ограничителя, включается накал лампы $Л_4$ усилителя мощности, к внутреннему колебательному контуру возбудителя подключается дополнительная секция его основного конденсатора (переменной емкости) C_{46} (это обеспечивает постоянную разность частот при переходе с приема на передачу во всем диапазоне) и два конденсатора C_{44} и C_{45} (под-

строечный), с помощью которых понижается частота генератора на 1880 *кгц*, к возбудителю подключается частотный модулятор, на вход УНЧ подключаются ларингофоны.

4. Правила эксплуатации радиостанции

Подготовка радиостанции к работе. Для подготовки радиостанции к работе необходимо:

открыть чехол, вынуть антенну и гарнитуру;

открыть крышку аккумуляторного отсека и поставить в отсек два аккумулятора СЦД-12 так, чтобы «+» одного аккумулятора и «—» другого были бы с одной стороны;

подключить аккумуляторы к контактной колодке в соответствии с обозначениями на ней;

отвернув заглушку, закрывающую шкалу, установить нужную рабочую частоту, точно совместив риску на шкале с риской визира, и завернуть заглушку (при завинчивании заглушки лампочка подсвета шкалы выключается);

вставить колодку ларинготелефонной гарнитуры в патрубок и плотно затянуть гайкой;

взвести штыревую антенну, укрепить ее резиновый грибок в основании штыря, повернув его по часовой стрелке;

проверить работоспособность радиостанции: включить питание (поставить выключатель питания в положение «вкл.»), проверить наличие шумов в телефоне приемника (но лучше установить связь с другой радиостанцией).

Ведение связи. Для ведения связи необходимо:

установить заданную рабочую частоту;

надеть на себя радиостанцию (ремень надевается на правое плечо);

надеть телефон, для чего резиновое оголовье уложить вокруг головы по лбу и затылку, предварительно подогнав его по длине;

надеть ларингофоны так, чтобы они плотно прижимались к горлу, но не затрудняли дыхания;

включить питание радиостанции, поставив выключатель питания в положение «вкл.» (в телефоне будет слышен ровный шум, исчезающий, когда корреспондент начинает работу);

при работе на передачу нажать кнопку «передача», нажать и говорить нормальным голосом, внятно, не торопясь;

при переходе на прием отпустить кнопку и слушать.

На передачу можно переходить только тогда, когда корреспондент перешел на прием.

При работе в противогазе телефон нужно прижимать к уху.

После получения указания об окончании связи об этом необходимо сообщить корреспонденту и свернуть радиостанцию в таком порядке: выключить питание, снять гарнитуру, снять радиостанцию с себя, снять штыревую антенну и свернуть ее, сложить надставку антенны, уложить антенну и гарнитуру в чехол.

Указания по эксплуатации аккумуляторов СЦД-12. Аккумуляторы СЦД-12 непроливные (долив электролита при правильной эксплуатации не требуется). При эксплуатации и зарядке пробки не вывинчиваются. Нельзя допускать засорений вентиляционных отверстий в пробках. При появлении налета солей его смывают водой и протирают сухой тряпкой.

О разрядке аккумулятора можно судить по уровню электролита, который виден через полупрозрачную стенку аккумулятора, на которой имеются две красные черты: если аккумулятор заряжен, электролит находится на уровне верхней черты, если аккумулятор разряжен — на уровне нижней. Значительное снижение уровня собственных шумов приемника также является признаком разрядки аккумулятора.

Уход за радиостанцией и ее сбережение. Радиостанция Р-126 прочна и надежна. Однако она требует постоянного и тщательного ухода и соблюдения определенных правил при ее эксплуатации. Нельзя допускать ударов, толчков и падения радиостанции. Ее следует содержать в чистоте (особенно следует следить за тем, чтобы не загрязнялись фишки и антенный изолятор). Резьбу заглушки необходимо смазывать пушсмазкой. Нельзя допускать попадания воды внутрь радиостанции. Необходимо оберегать от сырости ларинготелефонную гарнитуру. После работы в условиях сырой погоды или низкой температуры воздуха просушить радиостанцию в сухом, хорошо вентилируемом помещении. Нужно следить за исправностью телефона, ларингофонов и резиновой оболочки кабеля, не закручивать и не перегибать под острым углом кабели телефона и ларингофонов, не тянуть за кабель гарнитуру при надевании радиостанции и снятии с головы телефона. Антенное устройство следует очищать и обтирать сухой тряпкой и следить за тем, чтобы

не был поврежден слой защитного покрытия. Запрещается перегибать антенну на звеньях во взведенном состоянии. Нельзя допускать резких перегибов при складывании антенны. Замок и надставку нужно периодически смазывать пушсмазкой. Необходимо проводить систематический внешний осмотр радиостанции. Вынимать приемопередатчик из ранца и вскрывать блоки разрешается только в радиомастерской. Там же периодически нужно проверять основные технические характеристики радиостанции.

5. Краткие сведения по ремонту радиостанции

Категории ремонта. Различают три категории ремонта радиостанции: текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт не требует разборки радиостанции и заключается в замене ларинготелефонной гарнитуры, антенны, лампочки подсветки шкалы, ремонте оголовья гарнитуры, ранцевых ремней, брезентового чехла.

Средний ремонт состоит в частичной разборке радиостанции: замене ламп и деталей схемы, смене неисправных блоков и устранении неисправностей внутри блоков (не требующих значительной разборки и распайки).

Капитальный ремонт заключается в значительном перемонтаже схемы, устранении серьезных повреждений и регулировке основных узлов.

Общие правила при ремонте. 1. При ремонте радиостанции необходимо пользоваться схемами и спецификациями, имеющимися в заводской инструкции ремонтируемой радиостанции, так как в процессе производства радиостанций в их схему могут вноситься отдельные изменения.

2. Номинальное напряжение аккумуляторной батареи 2СЦД-12 должно быть 3 *в*.

3. Во время ремонта необходимо соблюдать аккуратность и быть внимательным, так как объемный монтаж радиостанции отличается большой плотностью.

4. Во время ремонта нельзя касаться паяльником изоляции проводников.

5. Блок усилителей высокой частоты и блок возбудителя-гетеродина замене при ремонте не подлежат.

6. Вскрывать возбудитель можно только в мастерской при его явной неисправности.

Последовательность отыскания и устранения неисправностей. Причиной частичного или полного выхода радио-

станции из строя или ухудшения ее работы являются неисправности. По способам отыскания и устранения неисправности делят на две группы: механические (поломки, вмятины и т. д.) и неисправности в электрических цепях.

В первую очередь производится внешний осмотр и проверка работоспособности радиостанции. Затем проверяют исправность цепей питания. Если они исправны, то по признакам характерных неисправностей с помощью измерительных приборов отыскивают неисправный блок. После нахождения неисправности ее устраняют и проводят послеремонтное испытание радиостанции.

Внешний осмотр и проверка работоспособности радиостанции. При внешнем осмотре радиостанции проверяют

Таблица 27

Электрические параметры ламп, применяемых в радиостанции

Электрические данные	Единица измерения	Значение параметров		
		1Ж24Б	1Ж29Б	1П24Б
Напряжение накала	*в*	1,2	1,2/2,4	1,2/2,4
Ток накала	*ма*	11,5	60/30	240/120
Напряжение на аноде	*в*	60	60	150
Напряжение на второй сетке	*в*	45	45	125
Анодный ток	*ма*	0,675	5,3	18
Ток второй сетки	*ма*	0,05	0,5	3
Крутизна характеристики	*ма/в*	0,8	2	2,7
Внутреннее сопротивление	*Мом*	0,75	—	—
Входная емкость	*пф*	3,6	5	6,6/7,7
Выходная емкость	*пф*	2,4	3,2	2,3—4,5
Проходная емкость	*пф*	0,008	0,005	0,005
Емкость анод — катод	*пф*	0,025	0,025	0,035
Входное сопротивление	*ком*	100	60	50
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов, не более	*ком*	7,0	7,0	7,0
Напряжение виброшумов, не более	*мв* эфф.	150	150	—

исправность переключателей, шкалы (четкость надписей и рисок на ней, плавность хода шкалы), кабеля ларинготелефонной гарнитуры и колодки кабеля, антенного изолятора и надежность закрепления антенны, ее взведение и свертывание, состояние ранца (нет ли в нем вмятин и пробоев, нет ли грязи и электролита в аккумуляторном отсеке), исправность телефона, ларингофонов и оголовья.

При проверке работоспособности радиостанции в первую очередь определяют годность аккумуляторов и исправность ларинготелефонной гарнитуры (путем их замены на заведомо исправные). Для проверки работоспособности основных узлов радиостанции можно установить двухстороннюю связь (на нескольких частотах) с исправной (контрольной) радиостанцией, находящейся на небольшом удалении.

Проверка и замена ламп и полупроводниковых приборов. Лампы, впаянные в схему, обладают большим сроком службы. Поэтому заменять лампы следует лишь в случае выхода их из строя. Электрические параметры ламп, применяемых в радиостанции, приведены в табл. 27, а их режимы — в табл. 28. Цоколевка ламп и расположение выводов полупроводникового триода показаны на рис. 152.

После замены лампы возбудителя нужно при помощи его подстроечных конденсаторов откорректировать частоту возбудителя на высшей частоте диапазона в режиме приема, так чтобы разность между частотой гетеродина и возбуди-

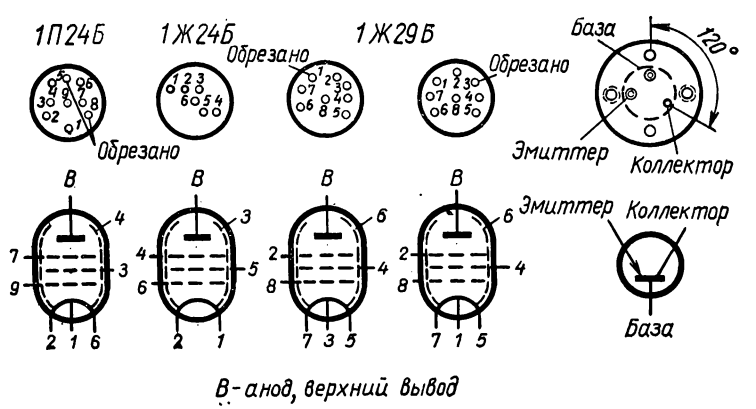


Рис. 152. Цоколевка радиоламп и расположение выводов полупроводникового триода.

Таблица 28

Таблица напряжений на электродах ламп приемопередатчика

Тип лампы	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Напряжение накала, *в*
1-й УВЧ (1Ж29Б)	20—26	12—20	1,1—1,2
2-й УВЧ (1Ж29Б)	20—26	12—20	1,1—1,2
Смеситель (1Ж24Б)	33—41	26—32	1,1—1,2
1-й УПЧ (1Ж24Б)	46—52	28—42	1,1—1,2
2-й УПЧ (1Ж24Б)	46—52	28—42	1,1—1,2
3-й УПЧ (1Ж24Б)	46—52	28—42	1,1—1,2
Ограничитель (1Ж24Б)	2—5	8—12	1,1—1,2
1-й УНЧ (1Ж24Б)	24—36	18—30	1,1—1,2
2-й УНЧ (1Ж29Б)	50—65	36—48	1,1—1,2
Усилитель мощности (1П24Б)	105—115	80—90	2,3—2,5
Возбудитель (1Ж29Б)	60—75	35—45	1,1—1,2

теля была равна 1880 *кгц*. Затем проверяют градуировку при работе на передачу и коррекцию частоты подстроечным конденсатором дополнительной секции контура возбудителя.

Полупроводниковые приборы проверяют путем измерения их сопротивлений постоянному току в проводящем и обратном направлениях (для этого нужно дважды менять полярность омметра, т. е. положение его выводов).

Для смены лампы возбудителя или кристаллического диода в цепи модуляции необходимо отпаять заглушки и открыть два окна экрана сзади и с внешней стороны блока. Для смены лампы возбудителя-гетеродина нужно распаять две заглушки: сверху блока и одну овальную на боковой стенке кожуха (расположенную под верхней заглушкой).

Ремонт блоков приемопередатчика. Неисправный блок можно определить с помощью диаграммы напряжений (рис. 153) и признаков характерных неисправностей.

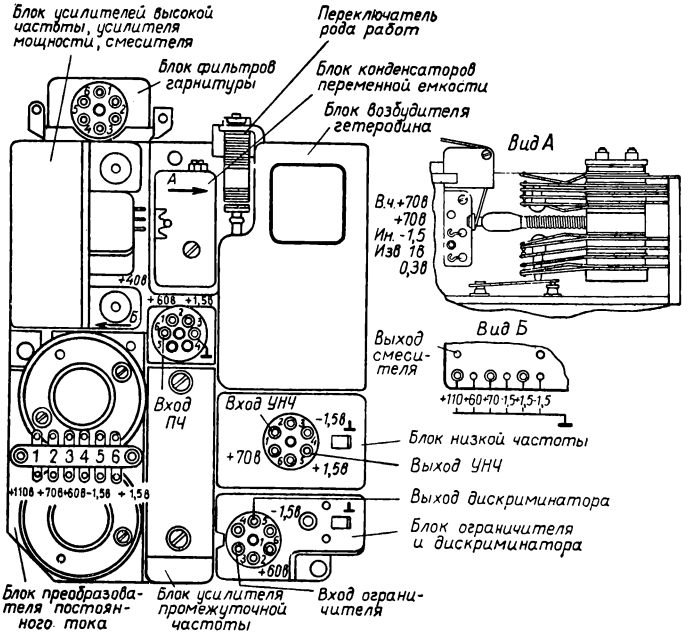


Рис. 153. Диаграмма напряжений на контактных панелях блоков приемопередатчика.

В первую очередь проверяют цепи питания — измеряют токи потребления от аккумуляторов при работе на прием и на передачу и напряжение на контактных платах блоков. Причиной значительного возрастания тока, вероятнее всего, может быть короткое замыкание в цепях низкого напряжения радиостанции. Для нахождения места короткого замыкания поочередно отпаивают от блоков провода, идущие от аккумуляторов. Если ток потребления резко уменьшается, необходимо проверить наличие питающих напряжений на выходных контактах платы преобразователя постоянного напряжения.

Исправность выключателя питания и переключателя «прием—передача» можно проверить путем измерения сопротивления проходящих через них цепей.

Наличие колебаний высокой частоты в возбудителе проверяется с помощью кварцевого калибратора или волномера.

После ремонта герметизированные блоки должны быть запаяны.

Для извлечения блока приемопередатчика из ранца необходимо: отвернуть четыре винта на боковой крышке ранца и снять крышку, отвернуть винт, крепящий ручку установки частоты, и снять ручку, отпаять провода соединения блока приемопередатчика с элементами, установленными на ранце (провод от антенного стержня, два провода от выключателя питания и три провода, идущих к фильтру гарнитуры), отвернуть три винта, крепящих блок приемопередатчика к ранцу, извлечь блок приемопередатчика из ранца. Извлечение блока следует начинать с распайки кросса.

Для извлечения блока высокой частоты следует: отвернуть два винта крепления экрана и снять экран, осторожно отвернуть три винта крепления блока к шасси, отпаять заземляющий провод между блоком УВЧ и блоком переменных конденсаторов, отпаять провода, соединяющие блок с конденсатором переменной емкости и кроссом (блок несколько отодвигают).

6. Развертывание радиостанции

От правильного выбора места для развертывания радиостанции зависит быстрота установления радиосвязи и ее устойчивость. При выборе места для развертывания радиостанции необходимо выяснить примерное нахождение корреспондента, так как в направлении на корреспондента по возможности не должно быть леса, холмов, высоких строений и других преград (рис. 154).

Выбирая место для радиостанции, необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Площадка для развертывания радиостанции должна отвечать требованиям маскировки.

2. Радиостанция должна быть по возможности удалена от линий электропередачи, многопроводных телефонно-телеграфных линий (на 150—200 *м*), работающих электромашин, телеграфных аппаратов, зарядных станций и других источников электрических помех так, чтобы они не оказались между радиостанцией и корреспондентом.

3. Для увеличения радиуса действия радиостанции лучше всего развертывать ее на господствующей возвышенности (вершине горы, высоком дереве и т. д.).

4. На резко пересеченной местности радиостанцию следует развертывать на скате холма или высоты, обращен-

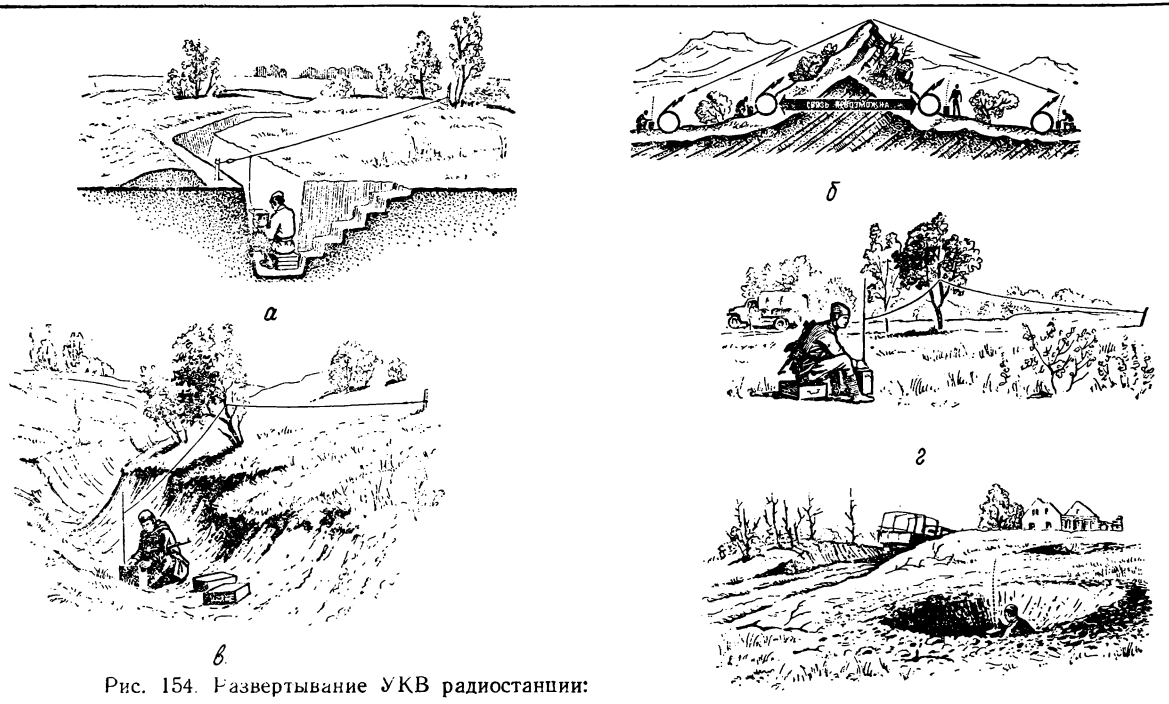


Рис. 154. Развертывание УКВ радиостанции:

а — в укрытии; *б* — при наличии на трассе связи острой горной вершины; *в* — в овраге; *г* — на ровной местности; *д* — в воронке.

ной к корреспонденту, в оврагах, низинах и котлованах — на склоне, противоположном направлению на корреспондента, в горах — на вершинах или в ущельях, идущих в сторону корреспондента, в лесу — на опушке, полянах или просеках, направленных в сторону корреспондента. Если необходимо развернуть радиостанцию на обратном скате крутой возвышенности, то место нужно выбрать как можно ближе к вершине и к боковому скату. Следует иметь в виду, что вдоль рек и озер дальность радиосвязи значительно увеличивается.

5. Нельзя развертывать радиостанцию в непосредственной близости от местных препятствий, расположенных в направлении на корреспондента, металлических сооружений и перпендикулярно идущих линий проводной связи.

6. В условиях большого города наблюдается явление интерференции ультракоротких волн, так как высокие здания обладают экранирующими свойствами. При перемещениях слышимость может резко уменьшаться, связь становится неустойчивой и даже невозможной. Поэтому при плохой слышимости необходимо изменить место расположения радиостанции в пределах до 20 *м*.

7. При развертывании радиостанций внутри зданий (при работе на штыревую антенну) радиостанцию следует располагать в верхних этажах (но не под самой железной крышей) у окон и дверей, обращенных в сторону корреспондента. На чердаке под железной крышей работа возможна только в случае установки антенны на крыше.

При развертывании радиостанции в подвалах и на первых этажах на поверхности устанавливают антенны направленного действия. Развертывание в этих случаях антенны на крышах не дает должного эффекта, так как провода, соединяющие радиостанцию с антенной, поглощают много энергии.

8. Развертывать радиостанцию следует не ближе 50 *м* от другой радиостанции при разнице частот в две — четыре фиксированные частоты (например, 346 и 349) и не ближе 100 *м* при работе радиостанций на соседних частотах (например, 346 и 347).

9. При длительной работе радиостанции на одном месте есть опасность, что ее запеленгует противник. Поэтому радиостанцию следует размещать в щелях, окопах, подвалах, землянках. Антенна (бóльшая ее часть) должна быть снаружи укрытия.

УКВ РАДИОСТАНЦИЯ Р-105

Тактико-технические данные

Радиостанция Р-105 приемо-передающая, телефонная с механическим полудуплексом, ультракоротковолновая с частотной модуляцией, переносная. Она может работать на ходу, в движении на автомобиле и на стоянке. Радиостанция работает в диапазоне частот от 36,0 до 46,1 *Мгц* (8,33 ÷ 6,51 *м*). Для удобства настройки установлены фиксированные частоты, которые обозначаются на шкале радиостанции цифрами и рисками. Количество рабочих фиксированных частот 203. Мощность передатчика 1 *вт*. Дальность действия на ходу 6 *км*.

Радиостанция надежно работает при температурах от —40 до +50°С и при относительной влажности до 98%. Масса полного комплекта радиостанции 21 *кг*.

Радиостанция обеспечивает работу с телефонного аппарата МБ, расположенного на расстоянии до 2 *км* от радиостанции и соединенного с ней двухпроводной линией, а также может быть использована в качестве ретранслятора в линии связи или телефонного аппарата без вызова.

Радиостанция Р-105 смонтирована в ранце из дюралюминия, который служит ее корпусом. Спереди и сзади ранец закрыт крышками. Крышки снабжены резиновыми уплотнителями, которые исключают проникновение внутрь радиостанции атмосферных осадков и воды при погружении радиостанции в воду (до 3 *мин* на глубину до 0,5 *м*). Внутренняя часть упаковки ранца разделена глухой перегородкой на два отсека. В переднем отсеке находятся приемопередатчик с вибропреобразователем, а в заднем отсеке (за задней крышкой) — две аккумуляторные батареи 2НКН-24, штыревая антенна (в нерабочем состоянии) с противовесом, микротелефонная гарнитура и запасное и вспомогательное оборудование (комплект ламп, два вибратора, аккумулятор, микротелефонная гарнитура, электрический фонарь, запасная неоновая лампочка, лампочка карманного фонаря, лучевая антенна, микротелефонная трубка, изоляционная лента и инструмент).

На рис. 155 изображена радиостанция Р-105. В верхней части ранца расположены: гнездо для включения антенны, зажим «противовес» для подключения противовеса, зажим «линия» для подключения одного из проводов телефонной

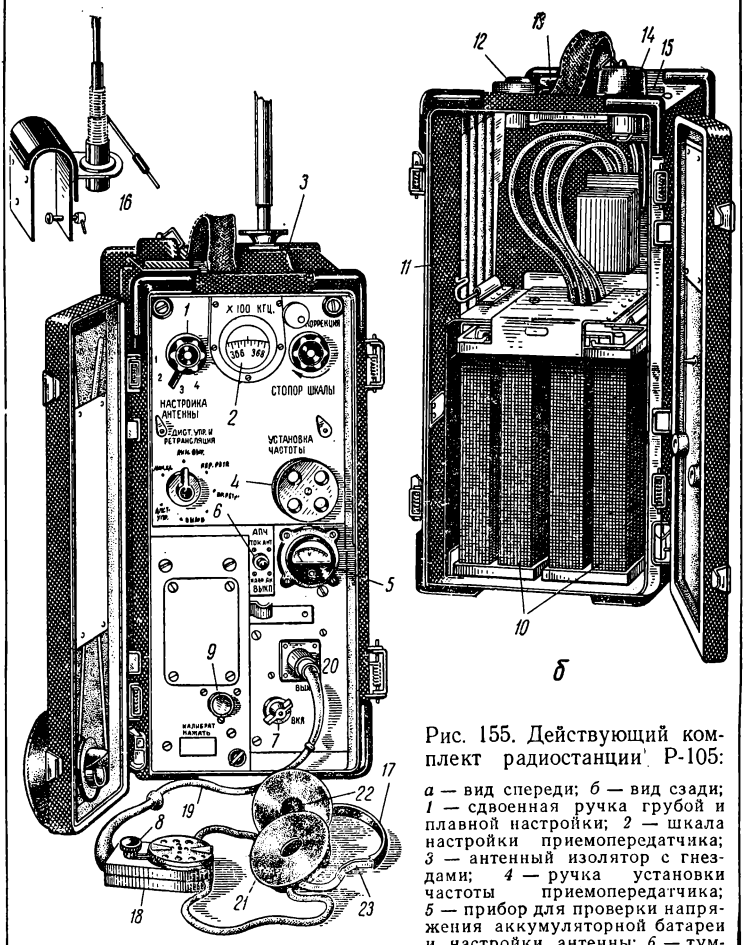


Рис. 155. Действующий комплект радиостанции Р-105:

а — вид спереди; *б* — вид сзади; *1* — сдвоенная ручка грубой и плавной настройки; *2* — шкала настройки приемопередатчика; *3* — антенный изолятор с гнездами; *4* — ручка установки частоты приемопередатчика; *5* — прибор для проверки напряжения аккумуляторной батареи и настройки антенны; *6* — тумблер включения системы АПЧ (автоподстройки частоты) приемника и переключения прибора; *7* — выключатель питания; *8* — кнопка переключателя «прием — передача»; *9* — кнопка включения кварцевого калибратора и освещения шкалы; *10* — аккумуляторы; *11* — четыре колена штыревой антенны; *12* — зажим «линия»; *13* — зажим «противовес»; *14* — колпачок, закрывающий колодку включения микротелефонной гарнитуры; *15* — гнезда для включения фары освещения; *16* — антенный кронштейн для работы на кузове автомобиля; *17* — оголовье; *18* — корпус микрофона; *19* — соединительный кабель; *20* — колодка и фишка для подключения микротелефонной гарнитуры; *21* — резиновые заглушки; *22* — телефоны; *23* — пружина оголовья.

линии, второй провод телефонной линии подключается к зажиму «противовес», колодка для подключения микротелефонной гарнитуры. На перегородке ранца укреплена колодка питания, через которую аккумуляторы подключаются к приемопередатчику. На передней стенке ранца имеется ручка для переноски радиостанции, а на боковой расположены петли крепления заплечных ремней.

На передней крышке радиостанции находится ручка выключения питания, при помощи которой можно включать и выключать радиостанцию при закрытом ранце.

Наряду с радиостанцией Р-105 применяют радиостанцию этого же типа Р-108 и Р-109. По внешнему виду, конструкции и принципиальной схеме они не отличаются от радиостанции Р-105. Отличаются они одна от другой только диапазонами частот:

Р-108 — диапазон рабочих частот 28,0 ÷ 36,5 *Мгц* (10,71 ÷ 8,22 *м*); количество рабочих фиксированных частот 171;

Р-109 — диапазон рабочих частот 21,5 ÷ 28,5 *Мгц* (13,95 ÷ 10,52 *м*); количество рабочих фиксированных частот 141.

Первичным источником питания радиостанции являются два последовательно соединенных щелочных кадмиево-никелевых аккумулятора НКН-24 (напряжение 2,4 *в*, емкость батареи 24 *а·ч*), от которых питаются накальные цепи ламп приемопередатчика, микрофон и реле. Анодные и экранные цепи передатчика питаются от выпрямителя с вибропреобразователем.

Потребляемый ток при работе на прием равен 1,6 *а*, при работе на передачу — 2,6 *а*. Длительность непрерывной работы радиостанции от одного комплекта аккумуляторов 12 *ч* при соотношении времени приема и передачи 3 : 1.

В комплект радиостанции входят два типа антенн: штыревая гибкая (аналогичная по конструкции антенне радиостанции Р-126) и лучевая.

Глава 11

ПОЛЕВЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ

1. Тактико-технические данные, общее устройство и принцип работы полевых телефонных аппаратов ТАИ-43, ТАИ-43Р и ТА-57

Для управления войсками наряду с радиосвязью используется проводная связь. На рис. 156 показаны способы включения телефонных аппаратов на оконечной и промежуточной станциях. Телефонные аппараты используют также в радиосвязи для дистанционного управления КВ и УКВ радиостанциями. В этом случае прием и передачу, а также перевод радиостанции с приема на передачу и обратно можно вести через включенный в нее телефонный аппарат. Аппарат может находиться у командира на пункте управления на некотором удалении от радиостанции, что позволяет антенну УКВ радиостанции располагать на открытом возвышенном месте, а пункты управления — в глубоких подвалах, блиндажах, закрытых помещениях зданий. При работе радиостанций в режиме дистанционного управления дальность их действия не уменьшается.

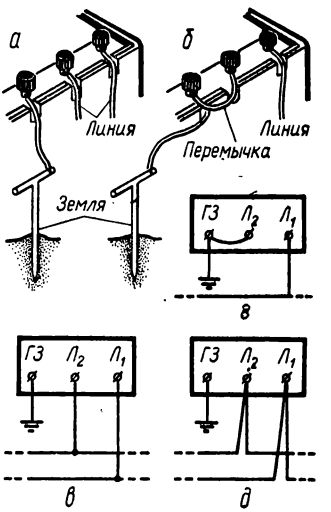


Рис. 156. Способы включения телефонных аппаратов:

а — в двухпроводную линию; *б* — в однопроводную линию; *в*, *г* и *д* — в двухпроводную и однопроводную линии на промежуточной телефонной станции.

Для дистанционного управления маломощной радиостанцией применяется двухпроводный кабель (может быть использован

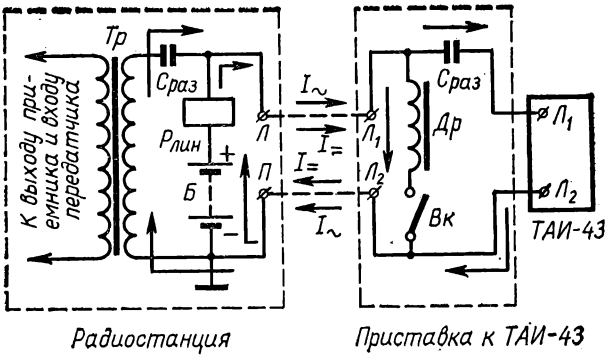


Рис. 157. Упрощенная схема дистанционного управления радиостанциями.

обычный полевой кабель), а к обычному полевому телефонному аппарату добавляется несложная приставка. Перевод радиостанции с приема на передачу и обратно осуществляется при помощи посылок постоянного тока по тому же двухпроводному кабелю, по которому протекает переменный ток звуковой частоты. Разделение этих токов достигается при помощи конденсатора и низкочастотного дросселя.

Упрощенная схема дистанционного управления радиостанциями показана на рис. 157. На схеме стрелками показаны цепи прохождения постоянного тока I_- и токов звуковой частоты $I_\sim$. При замыкании контактов тумблера *Вк* в линии протекает постоянный ток, линейное реле $P_{лин}$ срабатывает и переводит радиостанцию с приема на передачу. При размыкании контактов тумблера *Вк* обмотка реле обесточивается и радиостанция переключается на прием. Обмотка линейного реле обладает большой индуктивностью, поэтому она выполняет роль дросселя. Реле питается от источников питания радиостанции.

Полевой телефонный аппарат ТАИ-43 — аппарат с питанием от местной батареи (аппарат системы МБ) и индукторным вызовом. Обеспечивает надежную проводную двухстороннюю связь на расстоянии до 25 *км* по полевым кабелям (ПТФ-7) и свыше 100 *км* по воздушным телефонным линиям связи. Надежно работает в любых климатических условиях. Отличается высокой прочностью. Прост в обращении. Невелик по размерам. Масса — 5 *кг*. При использо-

вании для дистанционного управления радиостанцией переключение радиостанции с приема на передачу и обратно осуществляет радист.

Аппарат ТАИ-43 (рис. 158, 159) состоит из пластмассового ящика с крышкой и наплечным ремнем, каркаса, на котором внутри размещены все основные детали аппарата, и микротелефонной трубки с разговорным клапаном (тангентой). На внешней верхней стороне каркаса расположена подставка для микротелефонной трубки. Одновременно подставка выполняет роль крышки камеры, в которой помещается источник питания — сухой элемент типа 3С. На верхней стороне каркаса имеются три зажима (два — для включения аппарата в линию и один — для присоединения заземления), зажимы для подключения источников питания, трехконтактная вилка для подключения штепсельной колодки микротелефонного шнура, шунтирующая кнопка, при помощи которой проверяется исправность вызывной цепи аппарата. На боковой стенке ящика сделано отверстие для ручки индуктора, которая при переносе аппарата помещается внутри ящика.

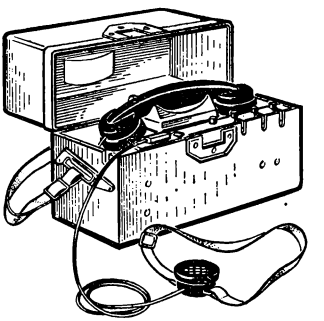


Рис. 158. Внешний вид телефонного аппарата ТАИ-43.

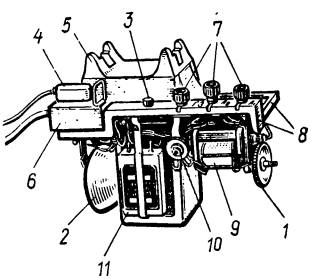


Рис. 159. Конструкция телефонного аппарата ТАИ-43:

1 — индуктор с шунтирующим устройством (генератор переменного тока частотой 15—20 *гц* с ручным приводом); *2* — поляризованный одночашечный звонок переменного тока; *3* — шунтирующая кнопка для проверки исправности вызывной цепи; *4* — вилка дополнительного телефона; *5* — крышка камеры для элемента (подставка для микротелефонной трубки); *6* — штепсельная колодка микротелефонного шнура; *7* — зажимы для подключения линейных проводов и заземления; *8* — каркас; *9* — автотрансформатор; *10* — грозоразрядник; *11* — конденсаторный блок.

В комплект аппарата входит дополнительный головной телефон, который подключается через два гнезда на колодке шнура микротелефонной трубки. Угольный микрофон типа МК-10 микротелефонной трубки питается от одного гальванического элемента напряжением 1,5 *в*.

Чтобы в аппарате абонента зазвонил звонок *Зв*, поворачи-

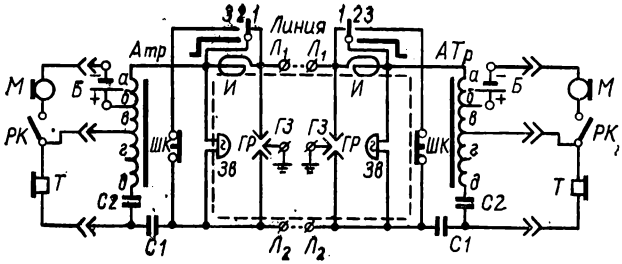


Рис. 160. Принципиальная схема телефонного аппарата ТАИ-43.

вают ручку индуктора *И*. При этом размыкаются контакты *1* и *2* (рис. 160) шунтирующей системы и к аппарату абонента по линии связи поступает вызывное напряжение. В то же время контакты *2* и *3* шунтирующей системы индуктора замыкают накоротко звонок вызывающего аппарата, и он не звонит. В цепи автотрансформаторов *АТр* вызывной ток не поступает, так как на его пути находятся линейные конденсаторы C_1.

Для проверки исправности вызывного устройства аппарата достаточно нажать шунтирующую кнопку *ШК* и вращать ручку индуктора. Контакты шунтирующей кнопки разомкнутся, вызывной ток пойдет по обмоткам своего звонка, он зазвенит, и это будет свидетельствовать об исправности вызывного устройства аппарата.

Во время передачи нажимают клапан микротелефонной трубки, при этом контакты клапана *РК* замыкаются и разговорная цепь («+» элемента *Б*, обмотка автотрансформатора *АТр* (секция *б — в*), микрофон *М*, «—» элемента *Б*) оказывается замкнутой.

Для защиты аппарата от высоких напряжений в нем имеется самовосстанавливающийся грозоразрядник *ГР*, средняя пластинка которого соединена с заземленным зажимом *ГЗ*, а две крайние пластинки с линейными зажимами $Л_1$ и $Л_2$.

Полевой телефонный аппарат ТАИ-43Р, принципиальная схема которого приведена на рис. 161, позволяет командиру самостоятельно управлять радиостанцией на расстоянии, переключать ее с приема на передачу. Для этого в отличие от ТАИ-43 в аппарате ТАИ-43Р имеется приставка дистанционного управления радиостанцией. В приставке

смонтирован дроссель низкой частоты *Др* и конденсатор C_3. В ТАИ-43Р в связи с необходимостью коммутации дополнительных цепей при дистанционном управлении имеется большее число контактных пружин разговорного клапана. В остальном аппарат ТАИ-43Р ничем не отличается от аппарата ТАИ-43.

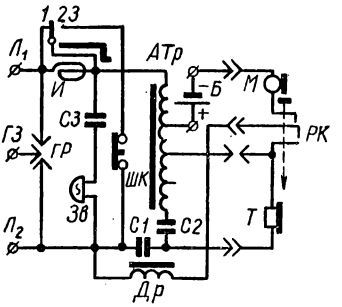


Рис. 161. Принципиальная схема телефонного аппарата ТАИ-43Р.

Полевой телефонный аппарат ТА-57. В отличие от аппаратов ТАИ-43 и ТАИ-43Р аппарат ТА-57 (рис. 162 и 163) универсального типа (системы МБ—ЦБ). Он обеспечивает надежную телефонную связь: по кабелю П-275 — до 20 *км*, по кабелю П-274 — до 40 *км*, по кабелю П-271 — до 100 *км*; по постоянным воздушным линиям из стального провода диаметром 3 *мм* — до 170 *км*. Так же как и аппарат ТАИ-43Р, аппарат ТА-57 может быть использован для самостоятельного дистанционного управления КВ и УКВ радиостанциями. Аппарат ТА-57 может быть включен в однопроводную или двухпроводную линию связи как на оконечной, так и на промежуточной станциях, а также в сеть телефонной станции системы МБ или ЦБ.

Питание аппарата осуществляется от батареи ГБ-10-У-1,3 напряжением 10 *в*. Ток, потребляемый аппаратом, — 6—7 *ма*. Батарея обеспечивает работу аппарата без

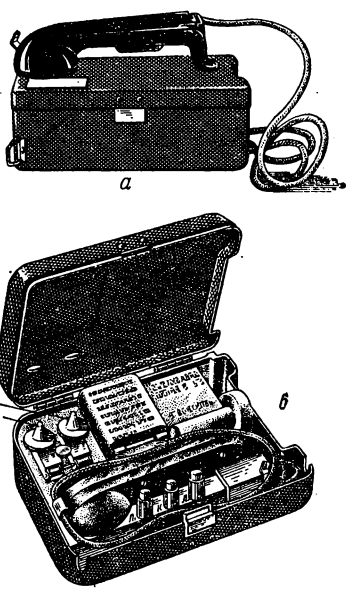


Рис. 162. Телефонный аппарат ТА-57:

а — внешний вид; *б* — аппарат в футляре (*1* — кнопка переключателя ПУ; *2* — кнопка переключателя РП).

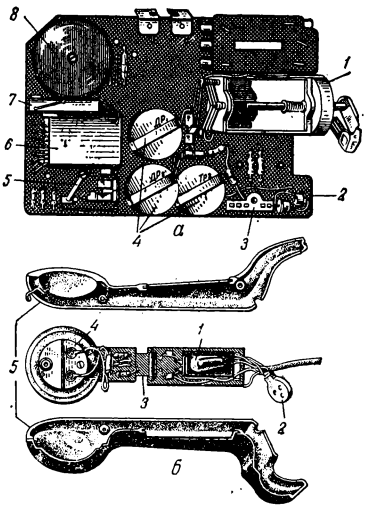


Рис. 163. Конструкция телефонного аппарата ТА-57:

а — аппаратный блок (*1* — индуктор; *2* — гетинаксовая панель; *3* — вилка для колодки микротелефонной трубки; *4* — герметизированные блоки; *5* — переключатель ПРР; *6* — переключатель ПУ; *7* — переключатель РП; *8* — звонок); *б* — микротелефонная трубка (*1* — разговорный клапан; *2* — микрофонный капсюль; *3* — гетинаксовая панель; *4* — телефонный капсюль; *5* — пластмассовая разъемная трубка).

замены ее в течение трех-четырех месяцев. Габариты аппарата 222 × 166 × 78 *мм*. Масса аппарата с источником питания — около 3 *кг*.

Увеличение дальности надежной связи аппарата ТА-57 по сравнению с аппаратами ТАИ-43 и ТАИ-43Р достигается введением в аппарат ТА-57 микрофонного трехкаскадного транзисторного усилителя низкой частоты (рис. 164): T_1 — 1-й каскад усиления на транзисторе типа П14 (МП40), T_2 и T_3 — 2-й и 3-й каскады усиления на транзисторах типа П13 (МП39). Для усиления принимаемых сигналов 3-й каскад усилителя можно включать в цепь телефона (переключателем ПУ на панели аппаратного блока). Индуктор аппарата малогабаритный. Звонок соленоидного типа. Грозоразрядника и шунтирующей кнопки в аппарате нет. Для защиты аппарата от перегрузок в нем имеется амплитудный ограничитель. Аппарат включается в линию на промежуточной станции через зажим *К*, соединенный с зажимом $Л_1$ через резистор R_{14}. В микротелефонной трубке применяются микрофонный капсюль ДЭМШ-1 и телефонный капсюль ДЭМК-6А. Внутри корпуса микротелефонной трубки находятся также детали 1-го каскада микрофонного усилителя. Остальные детали аппарата размещены на каркасе аппаратного блока.

Аппаратный блок смонтирован на гетинаксовой панели печатным методом. В блок входят: индуктор, звонок, переключатель рода работы *ПРР* (МБ—ЦБ), переключатель усилителя *ПУ*, рычажный переключатель *РП*, служащий для выключения всей разговорной цепи при укладке микро-

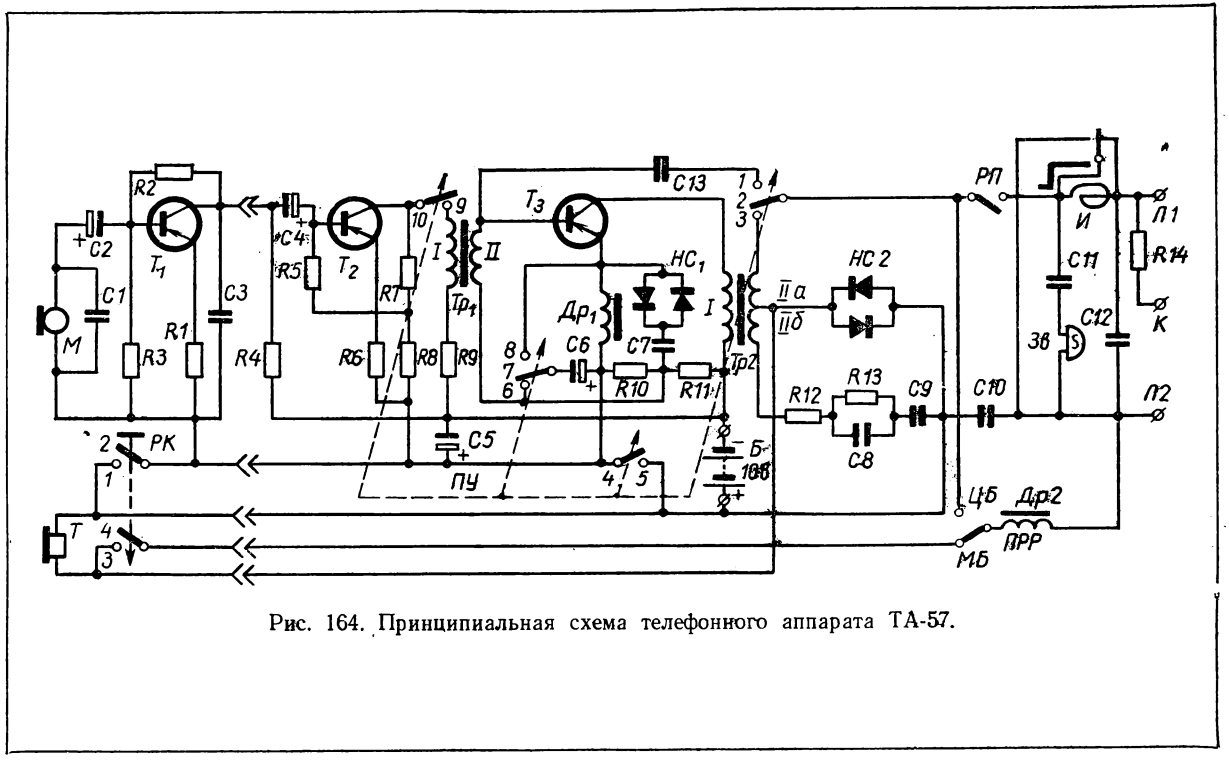


Рис. 164. Принципиальная схема телефонного аппарата ТА-57.

телефонной трубки на крышку ящика и для посылки вызова и отбоя при включении аппарата в сеть станции системы ЦБ, зажимы и другие детали.

Головки кнопок переключателей *ПУ* и *РП* выступают через два отверстия на крышке ящика (в гнезде для телефона). В панели аппаратного блока имеется отверстие, через которое отверткой осуществляется переключение аппарата по системе МБ или ЦБ (переключатель *ПРР*).

Принцип работы аппарата ТА-57 по вызову абонента и дистанционному управлению радиостанцией такой же, как и аппарата ТАИ-43Р.

Во время передачи разговора контакты переключателя *РП* и контакты *1—2* и *3—4* разговорного клапана *РК* замкнуты. Контакты *9—10*, *7—6* и *2—3* переключателя *ПУ* тоже замкнуты, а *4—5* разомкнуты. Через контакты *1—2* разговорного клапана «+» батареи *Б* подается к эмиттерным и базовым цепям усилителя. Напряжение звуковой частоты от микрофона через конденсатор C_2 подается на транзистор T_1, усиливается им и с нагрузочного резистора R_4 через конденсатор C_4 подается на вторую ступень усиления — транзистор T_2. Чтобы избежать самовозбуждения усилителя при повышении внутреннего сопротивления батареи питания в процессе ее разрядки, батарея шунтируется конденсатором C_5. В выходном каскаде имеется противоместное устройство для подавления местных помех и шумов во время паузы в разговоре (при нажатом разговорном клапане). Оно представляет собой цепь из двух встречно и параллельно включенных диодов (нелинейное сопротивление) $НС_1$, конденсатора C_7 и дросселя $Др_1$. Конденсатор и дроссель разделяют ток в этой цепи на его составляющие. $НС_1$ является переменным сопротивлением в цепи отрицательной обратной связи в выходном каскаде. При слабых шумах (сигналах) на входе усилителя его сопротивление по переменному току большое, следовательно, отрицательная обратная связь глубокая. Вследствие этого транзистор каскада практически заперт. При разговоре (т. е. при увеличении сигнала) уменьшается сопротивление $НС_1$ переменному току, уменьшается величина отрицательной обратной связи, усиление каскада возрастает.

Во время приема разговора принимаемый сигнал поступает к телефону микротелефонной трубки непосредственно с линии связи: от зажима $Л_1$ через вторичную обмотку выходного трансформатора $Тр_2$ (секция *IIа*), от зажима $Л_2$

через дроссель $Др_2$ и замкнутые контакты *3—4* разговорного клапана *РК*.

Как было сказано выше, при необходимости усиления принимаемых сигналов (при плохой слышимости) 3-й каскад усилителя при помощи переключателя *ПУ* может включаться в цепь телефона. Контакты *1—2*, *7—8* и *4—5* переключателя *ПУ* замыкаются, транзистор T_3 подключается к линии, напряжение звуковой частоты усиливается транзистором и подается на телефон. Одновременно при нажатой кнопке контакты *9—10* переключателя *ПУ* размыкаются и первичная обмотка трансформатора $Тр_1$, а вместе с ней и минус батареи питания отключаются от 2-го каскада усилителя. Конденсатор C_{13} при этом защищает транзистор T_3 от индукторного тока с линии при включенном усилителе приема. Нелинейное сопротивление $НС_2$ (цепь из двух встречно и параллельно включенных диодов) защищает телефон от импульсов высоких напряжений и включено параллельно телефону.

2. Правила пользования полевыми телефонными аппаратами

Перед включением в линию телефонные аппараты ТАИ-43 и ТАИ-43Р следует проверить и подготовить к работе в следующем порядке:

1. Открыть крышку ящика аппарата и на ось индуктора навинтить ручку.

2. Подсоединить колодку микротелефонного шнура (если она отсоединена).

3. Подключить источник питания (элемент *Б*), для чего отверткой, находящейся под крышкой ящика, отвинтить винт крепления крышки камеры для элемента, установить его и подключить к зажимам, соблюдая полярность.

4. Проверить пригодность сухого элемента. Первый способ: нажать разговорный клапан и подуть в микрофон; если в телефоне слышен шорох, элемент пригоден и подключен правильно. Второй способ: подключив элемент к аппарату, проверяют его под нагрузкой при помощи вольтмиллиамперметра; если прибор показывает напряжение не менее 1,2 *в*, значит, элемент пригоден.

5. Проверить исправность цепи вызова другого абонента. Для этого накоротко замкнуть проводником линейные зажимы $Л_1$ и $Л_2$, нажать шунтирующую кнопку и вращать

ручку индуктора. Если вызывная цепь исправна, звонок должен звонить.

6. Проверить исправность вызывной цепи своего аппарата путем подключения его к другому исправному аппарату. При вращении якоря индуктора исправного аппарата должен звонить звонок проверяемого аппарата.

7. Для проверки исправности грозоразрядника нажимают шунтирующую кнопку и вращают ручку индуктора (не замыкая зажимы $Л_1$ и $Л_2$). Если звонок не звонит, значит, грозоразрядник исправен.

8. Заделать концы телефонного кабеля. С конца кабеля на 3 *см* снять оплетку и изоляцию, зачистить и скрутить жилы кабеля. Края оплетки обмотать одним слоем изоляционной ленты. Зачищенный конец кабеля изогнуть крючком и подложить под зажим по ходу его вращения.

9. Для вызова абонента нужно сделать два-три оборота ручкой индуктора. При этом под действием тока индуктора в вызываемом аппарате зазвонит звонок. Услышав в телефоне ответ вызываемого абонента, нажимают разговорный клапан микротелефонной трубки и ведут разговор.

Основные правила пользования аппаратом ТА-57 те же, что и для аппаратов ТАИ-43 и ТАИ-43Р. Кроме того, при эксплуатации аппарата ТА-57 надо иметь в виду, что:

аппарат эксплуатируют с закрытой крышкой ящика;

аппарат включают в линию через зажимы $Л_1$ и $Л_2$, а на промежуточной станции — через зажимы $Л_2$ и $К$;

при работе в режиме ЦБ аппарат устанавливают только крышкой вверх;

когда телефонные переговоры не ведутся, микротелефонная трубка должна лежать в гнездах на крышке аппарата;

при плохой слышимости абонента необходимо нажать кнопку переключателя *ПУ*, а при передаче речи отпустить.

3. Правила эксплуатации и сбережения телефонных аппаратов

1. Не допускать резких сотрясений аппарата, при перевозке подкладывать под него мягкую подстилку.

2. При установке аппарата на землю, траву, снег подкладывать под него доски, брезент, ветки и т. д.

3. Не вскрывать аппараты и микрофоны без крайней необходимости.

4. Следить за тем, чтобы микротелефонный шнур не закручивался.

5. В теплое время года зажим *ГЗ* должен быть всегда заземлен.

6. На морозе прикрывать микрофон рукой (перчаткой) или обтянуть неплотной тканью, по возможности не дышать на него, а элемент покрывать ватником (чехлом из теплой материи) или положить его в карман и подсоединить к аппарату куском провода. Через 3—4 *ч* работы на холоде капсюль заменяют запасным, а отсыревший отогревают и просушивают. Не вносить аппарат с мороза сразу в теплое помещение; просушить капсюль микрофона, дать оттаять металлическим частям аппарата и затем протереть их насухо.

7. Хранить аппараты следует в сухом помещении.

4. Устройство полевых кабелей и правила их прокладки для дистанционного управления радиостанциями

Полевые телефонные кабели бывают однопроводными и двухпроводными.

Однопроводный телефонный кабель ПТФ-7 состоит из одной жилки, свитой из трех медных и четырех стальных проволок. Медные проволоки обладают хорошей проводимостью электрического тока, стальные проволоки, являясь проводниками электрического тока, придают кабелю прочность. Кабель помещен в теплостойкую резиновую изоляцию и пропитанную специальным составом хлопчатобумажную оплетку.

Кабель длиной 500—600 *м* наматывают на катушку. Масса катушки с кабелем около 12 *кг*. Катушка имеет барабан, приводимый во вращение рукояткой через зубчатую передачу. Рукояткой пользуются только при намотке кабеля на катушку. При разматывании кабеля зубчатую передачу выключают и рукоятка не вращается.

При разматывании кабеля катушку держат в руке. При наматывании кабеля радиотелефонист укрепляет ее на плечевом ремне впереди себя на уровне пояса.

При сращивании концы кабеля освобождают от оплетки и изоляции и тщательно зачищают. Медные проволочки отдельно свертывают в жгутки и отгибают. Стальные проволочки тоже отдельно скручивают и связывают двойным прямым узлом, лишние концы удаляют кусачками.

Затем узел обвивают медными жгутиками и обматывают двумя слоями изоляционной ленты.

Двухпроводные телефонные кабели (П-275, П-274, П-271) — стальные, многожильные. Эти кабели нельзя сращивать в одном месте. Сросток одного провода должен быть несколько смещен относительно сростка другого.

На открытой слабопересеченной местности кабельные линии прокладывают по кратчайшему направлению прямо по земле. Через каждые 150—200 *м* кабель следует закреплять двойной петлей за колышки, дерн или за основание кустарника у самой земли. Между местами закрепления кабель не натягивают, оставляя слабину, чтобы избежать разрывов. В лесу кабель подвешивают к деревьям (закрепляя его через каждые 300—400 *м*) на высоте не менее 2 *м* также с запасом слабины, чтобы избежать разрывов при раскачивании деревьев.

На заболоченных безлесных участках кабель подвешивают к шестам или прокладывают по кочкам, закрепляя его колышками или рогульками.

При пересечении лесных, проселочных и грунтовых дорог кабель укладывают в канавку глубиной 30—40 *см*, которую отрывают поперек дороги и после укладки кабеля закапывают и утрамбовывают. По краям дороги кабель закрепляют колышками, оставляя между ними слабину. Закапываемая часть кабеля не должна иметь повреждений и сростков. При пересечении линии с шоссейной дорогой для прокладки кабеля прежде всего следует использовать мосты и водопропускные трубы. При необходимости через любую дорогу можно устроить воздушный переход на высоте не менее 4 *м*.

Через железную дорогу переход делают под рельсами между шпал или используют мост (водопропускную трубу). Воздушный переход через железную дорогу должен иметь высоту не менее 7,5 *м*.

Переходы через водные преграды (реки, каналы, озера) чаще всего делают подводными, для чего к исправному кабелю без сростков прикрепляют в качестве груза камни, кирпичи, тяжелые металлические предметы и укладывают его на дно. Через узкую речку можно устроить воздушный переход.

В населенных пунктах переходы через улицы и проезды делают воздушными на высоте не менее 4 *м* с использованием для закрепления кабеля сохранившихся стен зданий и

сооружений. Телефонно-кабельная линия значительно лучше сохраняется, если ее прокладывать не по улицам и проездам, а по дворам, через разделяющие их заборы и ограждения, а также по проходам между дворами. При каждом изменении направления прокладки кабель следует закреплять, обязательно оставляя слабину. На наиболее важных направлениях необходимо прокладывать обходные линии, на случай выхода из строя основных.

5. Определение расстояния до места повреждения изоляции проводов

Нарушение изоляции кабельных жил является причиной их повреждения. Различают четыре вида повреждений:

сообщение — изоляция нарушена между жилами соседних пар;

короткое — изоляция нарушена между жилами одной и той же пары;

земля — изоляция нарушена между жилой кабеля и его металлической заземленной оболочкой;

обрыв — обрыв линии.

Чтобы определить расстояние до места повреждения *короткое* при отсутствии исправных жил (рис. 165), нужно:

в пункте *Б* изолировать концы жил кабеля;

в пункте *А*, где выполняют измерение, подключить жилы кабеля к зажимам $Л_1$ и $Л_2$ моста;

измерить сопротивление $r_л$;

в пункте *Б* жилу *б* соединить с заземлением;

измерить асимметрию сопротивления $r_{ас}$;

определить расстояние до места повреждения *короткое* по формуле:

$$l_x = \frac{r_л - r_{ас}}{2r},$$

где l_x — расстояние до места повреждения *короткое, км*;

r — сопротивление 1 *км* поврежденной жилы при температуре измерения, *ом*;

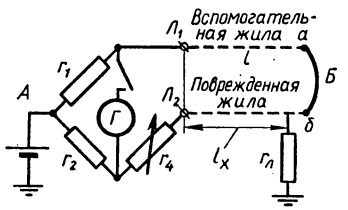


Рис. 165. Схема для определения расстояния до места повреждения «короткое» при отсутствии исправных жил.

$r_л$ — сопротивление линии до места короткого замыкания, *ом*;

$r_{ас}$ — асимметрия сопротивления, *ом*.

Чтобы определить расстояние до места повреждения *земля* при наличии исправной жилы (рис. 166), нужно:

концы исправной и поврежденной жил на одном конце (пункт *Б*) соединить между собой;

в пункте *А*, где выполняют измерение, присоединить жилы к зажимам $Л_1$ и $Л_2$ моста;

измерить сопротивление линии $r_л$;

измерить асимметрию цепи $r_{ас}$;

определить расстояние l_x до места повреждения *земля* по формуле:

$$l_x = \frac{r_л - r_{ас}}{2r}.$$

Чтобы определить расстояние до места повреждения *обрыв* при наличии исправной жилы (рис. 167), нужно:

в пункте *А*, где выполняют измерение, подключить жилы к зажимам моста;

жилы кабеля в пункте *Б* должны быть изолированы;

измерить емкость исправной и поврежденной жил по отношению к земле;

определить расстояние от пункта измерения до места повреждения *обрыв* по формуле:

$$l_x = l\frac{C_а}{C_{аб}},$$

где l_x — расстояние до места обрыва жилы, *км*;

l — длина линии, *км*;

$C_а$ — емкость поврежденной жилы, измеренная в пункте *А*, *мкф*;

$C_{аб}$ — емкость исправной жилы, *мкф*.

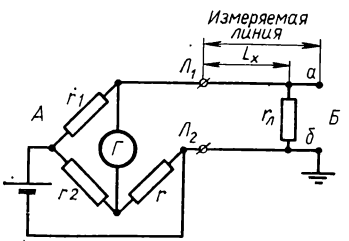


Рис. 166. Схема для определения расстояния до места повреждения «земля» при наличии исправной жилы.

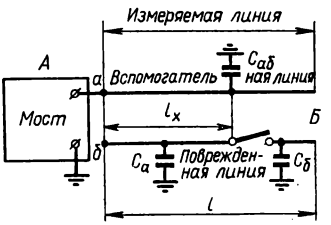


Рис. 167. Схема для определения расстояния до места повреждения «обрыв» при наличии исправной жилы.

Глава 12

РАДИОСВЯЗЬ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

1. Общие сведения

Радиосвязь позволяет в любой обстановке наиболее успешно управлять войсками, обеспечивать их взаимодействие. Радиосвязь может осуществляться в любое время года и суток, в любых климатических условиях. Сообщение можно быстро передать практически неограниченному числу корреспондентов. Радиосвязь — единственный вид надежной связи с самолетами, автомобилями, танками, надводными и подводными кораблями, войсками на марше.

Наряду с большими преимуществами по сравнению с другими видами связи радиосвязь имеет и существенные недостатки: передаваемые сообщения могут быть перехвачены противником, местонахождение работающих радиостанций может быть определено при помощи пеленгации, противник может нарушать радиосвязь преднамеренно создаваемыми помехами.

Радиосвязь между корреспондентами может быть радиотелефонной, радиотелеграфной, радиофототелеграфной и телевизионной. Независимо от вида работы радиосвязь может быть односторонней или двухсторонней, симплексной, дуплексной или полудуплексной. При двухсторонней радиосвязи радиостанции ведут между собой прием и передачу. Симплексная радиосвязь — такой вид двухсторонней радиосвязи, при которой в каждом из пунктов передача и прием ведутся поочередно. При дуплексной радиосвязи работа между корреспондентами ведется одновременно на передачу и прием на разных частотах. При полудуплексной радиосвязи переход с передачи на прием происходит автоматически (на одной частоте). Для радиотелефонных переговоров с помощью КВ и УКВ радиостанций применяется полудуплексная радиосвязь.

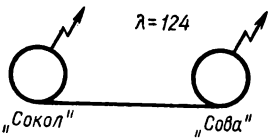


Рис. 168. Схема радионаправления.

Радиосвязь организуется по радионаправлениям и радиосетям.

Радионаправление (рис. 168) — это способ организации радиосвязи между двумя командирами (штабами), при котором у каждого из них выделяется радиостанция, работающая на радиоданных, установленных для данного направления. Этот способ радиосвязи наиболее надежный, позволяет быстро входить в связь, но требует большого количества радиостанций и радиочастот. Он не позволяет вести циркулярную (одновременно для нескольких корреспондентов) передачу. Радионаправления создаются только на важных направлениях связи.

Радиосеть (рис. 169) — это способ радиосвязи между несколькими (тремя и более) командирами (штабами), работающими на общих для них радиоданных. Радиосеть позволяет вести циркулярные передачи, требует меньшего числа радиостанций и рабочих частот. По радиосети возможен не только разговор командира с подчиненным, но и связь подчиненных между собой.

Если расстояние между оконечными радиостанциями больше радиуса их действия, радиосвязь может быть установлена через промежуточную радиостанцию, которая находится между оконечными радиостанциями и называется переприемной. Переприемная радиостанция принимает сообщения одной оконечной станции, а затем передает их другой оконечной станции.

Радиостанция, находящаяся при старшем начальнике, является главной радиостанцией во всех радиосетях и радионаправлениях. Она следит за соблюдением радиодисциплины и правил радиообмена остальными радиостанциями.

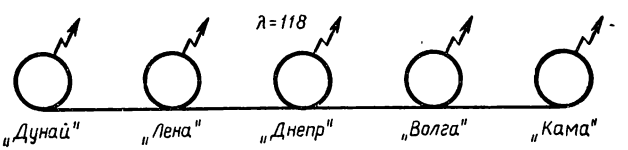


Рис. 169. Схема радиосети.

2. Радиоданные

Каждой радиостанции выдаются радиоданные: позывные, частоты (волны), ключи к переговорной таблице дежурного радиста и радиосигналы.

Позывным радиостанции называется условное обозначение, по которому определяется ее принадлежность. Позывными для радиотелефонной связи могут быть отдельные слова: «Сокол», «Нева», «Клен» и т. п. Если позывной, назначенный радиостанции, не используется другими радиостанциями, он называется индивидуальным позывным. Позывной главной радиостанции, используемый для одновременного вызова нескольких подчиненных радиостанций, называется циркулярным. Позывные могут быть сменными, если они действуют определенное время, а потом заменяются другими, и постоянными, если они замене не подлежат.

Радиоданные выдаются дежурному радиотелефонисту под расписку на специальном бланке или вписываются в аппаратный журнал начальником радиостанции.

Назначаемые частоты (волны) для радиосвязи могут быть рабочими (основными), промежуточными, запасными, дневными, ночными, переходными (для утренних и вечерних часов), индивидуальными и общими. Если на рабочих частотах радиосвязь ухудшается (появляются помехи, сигнал не проходит и т. д.), рабочая частота заменяется запасной.

3. Установление радиосвязи и ведение радиообмена (служебных переговоров) при работе микрофоном

Радиосвязь устанавливается только по указанию должностных лиц. О разрешении или запрещении работы радиостанции на передачу дежурный радиотелефонист делает запись в аппаратном журнале.

Перед установлением радиосвязи радиотелефонист должен проверить путем прослушивания, не работают ли другие радиостанции своей радиосети на рабочей частоте. Если рабочая частота свободна, дежурный радиотелефонист вызывает радиостанцию, с которой должна быть установлена

радиосвязь, следующим образом: «Орел, я Сокол, Орел, я Сокол, Орел, я Сокол, как слышно, прием» и переходит на прием.

Корреспондент должен ответить: «Сокол, я Орел, Сокол, я Орел, слышу хорошо, я Орел, прием» или «Сокол, я Орел, Сокол, я Орел, слышу слабо, дайте настройку, я Орел, прием».

Настройка дается счетом цифр от одного до десяти и от десяти до одного. Если ответ не получен в течение 2 *мин*, вызов повторяется до трех раз, через каждые 2—3 *мин*. При передаче второго и третьего вызова после слов «как слышно» передаются слова: «вас не слышу». В случае неполучения ответа на третий вызов радиотелефонист должен доложить об этом начальнику и сделать отметку в аппаратном журнале о нарушении радиосвязи.

После этого радиотелефонист должен повторять вызов через каждые 15—20 *мин*, проверить исправность своей радиостанции, правильность установки и включения антенны.

При наличии сильных помех или плохой слышимости на рабочей частоте вызов может повторяться без перерыва до пяти раз, а знак конца передачи — слово «прием» — один раз после передачи последнего вызова. При устойчивой радиосвязи и хорошей слышимости вызов и ответ на него могут передаваться сокращенно: «Орел, я Сокол, как слышно, прием».

При сильных помехах или плохой слышимости на рабочей частоте ответ на вызов может быть передан два-три раза подряд без перерыва (слова текста передаются два раза повторением).

После установления радиотелефонной связи, получив приказание передать радиограмму, радиотелефонист передает запрос: «Орел, я Сокол, примите радиограмму, я Сокол, прием».

В ответ он должен получить согласие на прием или просьбу подождать: «Сокол, я Орел, передавайте радиограмму, прием».

После получения согласия на прием можно передавать текст радиограммы.

Передачу радиограммы нужно вести так, чтобы принимающий мог успеть без напряжения ее записать. Труднопроизносимые слова передаются по буквам (буквы заменяются словами, начинающимися с данной буквы):

А — Анна	Л — Леонид	Ц — Цапля
Б — Борис	М — Михаил	Ч — Человек
В — Василий	Н — Николай	Ш — Шура
Г — Григорий	О — Ольга	Щ — Щука
Д — Дарья	П — Павел	Э — Эхо
Е — Елена	Р — Роман	Ю — Юрий
Ж — Женя	С — Семен	Я — Яков
З — Зина	Т — Татьяна	Ы — Еры
И — Иван	У — Ульяна	Ь — мягкий знак
Й — Иван краткий	Ф — Федор	Ъ — твердый знак
К — Константин	Х — Харитон	

Другие обозначения букв алфавита применять запрещается.

Произношение слов и цифр должно быть ясным, неторопливым, с выделением окончаний.

Цифровой текст передается двух-, трех-, четырех- и пятизначными группами (51 34 26 — пятьдесят один — тридцать четыре — двадцать шесть, 148 632 221 — сто сорок восемь — шестьсот тридцать два — двести двадцать один и т. д.). Во время передачи между группами делаются короткие паузы. При плохой слышимости можно каждую цифру передавать отдельно: единица, двойка, тройка, четверка, пятерка, шестерка, семерка, восьмерка, девятка, нуль.

Радиограммам в зависимости от степени важности и срочности присваиваются серии: «Воздух», Шторм», «Г», «Самолет», «Авиа», «Срочная» и «Обыкновенная». В первую очередь (или вне очереди) без всякой задержки передаются радиограммы серии «Воздух», затем серии «Шторм», «Г», «Самолет», «Авиа», «Срочная» и «Обыкновенная». Радиотелефонист, получивший вызов для приема радиограммы серии более срочной, чем серия радиограммы, передаваемой им другой радиостанции, сообщает своему корреспонденту «ждать». Затем передает вызвавшей его радиостанции согласие на прием и приступает к приему.

При поступлении на радиостанцию радиограмм для передачи одинаковых серий очередность их передачи устанавливает радиотелефонист главной радиостанции.

Радиограмма считается задержанной, если к ее передаче радиотелефонист не приступил: для серии «Воздух» — через 1 *мин*, для серии «Шторм», «Г», «Самолет» и «Авиа» — через 15 *мин*, для серии «Срочная» — через 30 *мин*, для

серии «Обыкновенная» — через 90 *мин* после поступления радиограммы на радиостанцию.

Получив радиограмму для передачи, радиотелефонист записывает в аппаратный журнал ее номер, число групп (слов), время передачи и серию, а затем приступает к ее передаче.

После получения согласия на прием радиограмма передается следующим порядком: заголовок (Сокол 36 48 110 50 1637), раздел, адрес, раздел, текст, подпись, «Как меня слышите, прием». По требованию принимающего радиотелефониста текст радиограммы может быть повторен.

При уверенной радиосвязи радиограммы могут передаваться по нескольку штук подряд (общее количество групп всех передаваемых радиограмм не должно превышать 100). В этом случае радиотелефонист делает запрос: «Орел, я Сокол, могу ли я передать четыре радиограммы, прием». При получении ответа «Сокол, я Орел, передайте три радиограммы сразу, прием» радиотелефонист передает радиограммы, передавая после каждой: «Продолжаю передачу».

Радиограммы более 100 групп должны передаваться по частям. В каждой части должно быть не более 50 групп. В этом случае в начале передачи радиотелефонист передает: «Орел, я Сокол, примите радиограмму по частям, прием».

При передаче первой части радиограммы даются по одному разу позывной своей радиостанции, номер радиограммы, серия радиограммы, число групп всей радиограммы — номер последней группы первой части радиограммы, раздел, текст первой части радиограммы, «прием».

После подтверждения корреспондента о приеме первой части радиограммы с указанием количества принятых групп передаются последующие части радиограммы.

Обмен радиограммами между радиостанциями может осуществляться следующими способами:

квитанционным, когда принявшая радиостанция передает на передавшую радиостанцию квитанцию — подтверждение о приеме;

бесквитанционным — квитанция на принятую радиограмму не передается;

способом обратной проверки — на радиостанцию, передавшую радиограмму, радиостанция, принявшая радиограмму, передает в качестве подтверждения о приеме ее полный текст.

При бесквитанционном способе каждая радиограмма передается два раза подряд (после первой передачи передается один раз слово «Повторяю»), двухсторонняя связь не устанавливается.

Квитанционный способ и способ обратной проверки обычно применяются при помехах на рабочих частотах.

При циркулярном способе радиообмена используется циркулярный позывной (он имеется в радиоданных на всех радиостанциях радиосети, например «Нева»). Циркулярный вызов передается в следующем порядке: «Нева, я Сокол, Нева, я Сокол, Нева, я Сокол, примите радиограмму, прием». При помехах на рабочей частоте циркулярный вызов может повторяться несколько раз (но не более 2 *мин*). Циркулярная передача должна последовать не позднее, чем через 1 *мин* после циркулярного вызова. При хорошей слышимости циркулярная передача может вестись без предварительного вызова.

Порядок передачи циркулярной радиограммы: «Нева, я Сокол, Нева, я Сокол, Нева, я Сокол; серия радиограммы (один раз); число групп (один раз); время передачи (один раз); текст (один раз); «Прием» (один раз)».

Если на одной из радиостанций радиосети циркулярная радиограмма не принята или принята не полностью, радиотелефонист этой радиостанции не позднее, чем через 2—3 *мин* после окончания передачи, передает запрос о повторении. Циркулярная радиограмма повторяется полностью.

При бесквитанционном способе радиопередачи запрос и подтверждение в приеме циркулярных радиограмм не производится, но в этом случае циркулярная передача повторяется два раза.

Если радиотелефонист принимающей радиостанции пропустил группу в приеме или сомневается в правильности приема, он может остановить работу радиотелефониста передающей радиостанции и запросить повторение отдельных групп текста. Радиотелефонист, передающий радиограмму, в этом случае прерывает передачу и повторяет передачу текста.

Команды при работе микрофоном передаются без предварительного вызова и получения согласия на прием. Например: «Орел, я Сокол, справа танки, уничтожить, прием» (при плохой слышимости команды передаются два раза подряд). Принятую команду немедленно дословно повторяет радиотелефонист принявшей радиостанции.

Радиосигналы — короткие обозначения. Их применяют для быстрой передачи команд, донесений и других сообщений. Радиосигналы позволяют сократить до минимума работу передающих радиостанций и затрудняют радиоразведку противника. Радиосигналы передаются без предварительного вызова радиостанций и предложений на прием.

Радиотелефонист, убедившись, что другие радиостанции не работают на рабочей частоте, передает радиосигнал в следующем порядке: «Орел, я Сокол, Орел, я Сокол, сигнал 400 400, прием». Если передаются одновременно два или три сигнала, каждый из них повторяется дважды и отделяется словом «Раздел». Ответ на сигнал дается немедленно: «Сокол, сигнал 400 принял, прием».

4. Обязанности дежурного радиотелефониста

Дежурство на радиостанции является выполнением боевой задачи.

Дежурный радиотелефонист подчиняется непосредственно старшему радисту или начальнику радиостанции.

Дежурный радиотелефонист при несении дежурства обязан:

строго соблюдать правила радиообмена;

немедленно сообщать установленным порядком сигналы атомной, химической, воздушной или танковой опасности;

строго соблюдать радиодисциплину; при сигнале «Призыв к порядку» или «Сменить радиста» немедленно прекратить работу и доложить начальнику радиостанции;

устанавливать радиосвязь, передавать и принимать радиограммы в установленный срок независимо от сложности окружающей обстановки, работать на передачу только по распоряжению начальника радиостанции;

не отлучаться с радиостанции без разрешения старшего начальника;

не допускать на радиостанцию посторонних лиц без разрешения начальника радиостанции;

наизусть знать свои позывные и позывные радиостанции основных корреспондентов, постоянные служебные знаки, все сигналы;

бережно обращаться с радиостанцией, следить за ее техническим состоянием, точностью приборов; о неисправностях немедленно ставить в известность начальника радиостанции, мелкие неисправности исправлять самому;

следить за правильностью установки частоты передатчика;

принимать в установленное время передачу эталонных частот, сигналов точного времени;

в случае пожарной опасности немедленно выключить радиостанцию, отключить источники питания, доложить начальнику радиостанции и действовать по инструкции о противопожарной безопасности.

При сдаче дежурства дежурный радиотелефонист обязан сообщить вновь заступающему на дежурство радиотелефонисту о состоянии радиосвязи, об особенностях ведения радиообмена и наличии радиопомех, сдать ему все документы и распоряжения, поступившие на радиостанцию от начальника радиостанции, сдать имущество радиостанции, в аппаратном журнале подвести итог за смену: количество принятых и переданных радиограмм (радиосигналов с указанием общего количества групп), расписаться в аппаратном журнале о сдаче дежурства.

В случае угрозы неминуемого захвата радиостанции противником радиотелефонист (при отсутствии вблизи должностных лиц) обязан лично уничтожить документы и привести в негодное состояние радиостанцию. Об этом радиотелефонист дает сигнал корреспондентам радиосети.

5. Радиодисциплина

В настоящее время составной частью вооруженных сил многих капиталистических стран является служба радиоразведки, снабженная специальной радиоэлектронной аппаратурой, с помощью которой добываются нужные сведения о расположении, действиях, вооружении, техническом оснащении войск.

В связи с этим радиопередачи ведутся в соответствии с существующими для данного случая правилами. Даже самое незначительное нарушение этих правил может нанести большой вред.

Основными правилами радиодисциплины являются:

точное выполнение своих функций дежурным радиотелефонистом;

ведение радиопередачи на минимально необходимой мощности.

Передаче подлежит только текст, записанный на бланке радиограммы. Радиотелефонист не имеет права передавать

ничего лишнего. Передача должна вестись четко и ясно, чтобы избежать повторений (говорить в микрофон надо полным голосом, но не кричать, так как от крика нарушается четкость и ясность передачи). Необходимо сохранять в строжайшей тайне все мероприятия по организации связи, тщательно маскировать сооружения и средства связи.

Заступая на дежурство, радиотелефонист должен всегда помнить: «Внимание! Противник подслушивает».

6. Ретрансляция

Для увеличения дальности связи между корреспондентами применяют ретрансляцию сигналов.

Ретрансляция сигналов корреспондентов — это способ связи, при котором на пункте ретрансляции происходит прием сигналов одного корреспондента на частоте f_1, усиление и передача этих сигналов другому корреспонденту на частоте f_2. Для обеспечения двухсторонней связи между корреспондентами на ретрансляционном пункте используют две приемопередающие радиостанции.

Ретрансляция (автоматическая и ручная) сигналов корреспондентов применяется не только в тех случаях, когда расстояние между корреспондентами превышает дальность действия УКВ радиостанции, но и если с одной и той же радиостанции необходимо вести связь в двух различных радиосетях, причем связь в одной из сетей ведется вне диапазона частот данной радиостанции (в этом случае в пункте ретрансляции устанавливают радиостанции, соответствующие диапазонам частот обеих радиосетей).

На рис. 170 показана схема радиосвязи между двумя корреспондентами через один пункт ретрансляции.

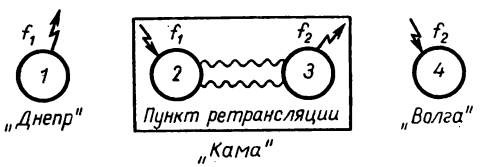


Рис. 170. Схема радиосвязи при ретрансляции сигналов корреспондента «Днепр» к корреспонденту «Волга».

Дальность связи между оконечными станциями может быть увеличена применением нескольких промежуточных пунктов ретрансляции. Но с увеличением числа пунктов ретрансляции возрастают различного рода искажения сигнала и шумы, затрудняющие ведение радиосвязи. При одном пункте ретрансляции дальность связи между двумя оконечными станциями увеличивается в 1,7—1,8 раза, при двух пунктах ретрансляции — в 2,3—2,4 раза. Целесообразнее всего использовать только один пункт ретрансляции. Располагать его следует не на предельной дальности действия радиостанции, а на меньшем расстоянии, чтобы шумы приемника подавлялись несущей сигнала.

Ретрансляционный пункт может быть расположен на земле, в автомобиле, вертолете или самолете. Если корреспонденты разделены горной грядой, то пункт ретрансляции располагают на горной возвышенности. При установке ретрансляционного пункта в самолете или вертолете дальность связи значительно увеличивается (в зависимости от высоты полета). Преимущества пункта ретрансляции на подвижной машине — маневренность пункта и быстрота вхождения в связь на новом месте.

На пункте ретрансляции радиостанции располагают на расстоянии от 25 до 100 *м* одну от другой. Подсоединяют к ним штыревые или лучевые антенны (в зависимости от расстояния до корреспондентов). Выбор частот связи с корреспондентами осуществляется с учетом исключения взаимных помех между радиостанциями. Разность между частотами связи с конечными корреспондентами должна быть не менее пяти рабочих волн (250 *кгц*), а также не должна равняться 6,5; 10; 10,5; 11 и 13 (650 *кгц*) рабочим волнам. При расположении пункта ретрансляции в автомобиле, самолете, вертолете разность частот радиостанций должна быть значительно большей, чем при расположении их на земле.

Глава 13

ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ И ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОНАВИГАЦИИ И РАДИОЛОКАЦИИ

1. Физические основы телевидения. Общие сведения

Телевидение — это видение на расстоянии, осуществляемое с помощью электрических сигналов по радио и проводам. Слово «телевидение» происходит от греческого слова «теле» («далеко») и русского «видение».

Человек видит окружающие предметы, если в его зрительный аппарат попадают электромагнитные волны, длиной от 0,38 до 0,76 *мкм*, излучаемые или отражаемые поверхностью этих предметов. Эти электромагнитные волны называются световыми, а видимое излучение электромагнитных волн — световым излучением или просто светом. Световые волны возникают в результате электрических колебаний, происходящих в отдельных атомах тела под влиянием его нагревания, облучения потоком электронов или световым излучением другого тела и т. д.

Свет испускается и поглощается атомами или молекулами вещества отдельными порциями определенной величины — световыми квантами (от лат. «квантум» — количество) или фотонами (от греч. «фотос» — свет).

Часть падающих на предмет световых волн отражается, другая — проходит через его толщу, а остальная — поглощается. Это перераспределение потока световых волн зависит от свойств поверхности тела, химического состава и структуры его вещества.

Различные точки предметов по-разному отражают свет, который падает на них от источника. Чем больше света отражает тот или иной участок предмета, тем он кажется светлее. Темными местами являются те части предмета, которые плохо или почти совсем не отражают свет. Поэтому для точной передачи изображения объекта оно должно

быть разбито на возможно большее количество элементов. В широковещательном телевидении нашей страны изображение разбивают на 520 000 элементов, что делает его высококачественным.

В основу принципа телевидения положено также свойство человеческого зрения сохранять ощущение действия света еще некоторое время после того, как он перестал действовать на глаз (примерно 1/10 *сек*). Этот эффект получил название инерционности зрительного восприятия и используется в кино и телевидении, где путем последовательной проекции отдельных кадров, фиксирующих положения движущихся объектов, создается впечатление плавности движения этих объектов. Это свойство зрения дает возможность выбрать минимальную частоту сигналов телевизионного изображения, так называемую частоту кадров.

Для преобразования света в электрические сигналы используют так называемые внутренний и внешний фотоэлектрические эффекты. Сущность внутреннего фотоэлектрического эффекта состоит в том, что при потере связи электронов с ядрами атомов в массе тела образуются свободные электроны, т. е. происходит увеличение электрической проводимости (фотопроводимость). При внешнем фотоэлектрическом эффекте под действием световых лучей, падающих на поверхность вещества, свободные электроны выходят из массы вещества (фотоэлектронная эмиссия); их количество в некоторых пределах зависит от степени освещенности. Явление внешнего и внутреннего фотоэффектов используется в электроннолучевых передающих трубках для передачи элементов изображения.

Передача и прием телевизионных изображений складывается из следующих процессов:

разложения изображения передаваемого объекта в месте передачи на отдельные элементы;

преобразования этих элементов в электрические сигналы;

передачи и приема электрических сигналов;

превращения электрических сигналов в месте приема в элементы передаваемого изображения и соединение этих элементов в видимое изображение.

Для передачи и приема изображения применяют электроннолучевые трубки. Впервые предложение применять электроннолучевую трубку для приема изображения было

сделано еще в 1897 г. преподавателем Петербургского технологического института Б. Л. Розингом. Приемные электроннолучевые телевизионные трубки называются к и н е с к о п а м и. В 1931 г. советским ученым С. И. Катаевым была разработана конструкция передающей телевизионной трубки — и к о н о с к о п а. Позднее были разработаны и другие типы передающих трубок — с у п е р и к о н о с к о п (иконоскоп с переносом изображения), а р т и к о н, в и д и к о н.

Процесс передачи и приема изображений заключается в следующем.

Изображение передаваемого объекта при помощи объектива проектируется на светочувствительную пластину передающей трубки и вызывает накопление электрических зарядов на элементах ее поверхности. Величина электрических зарядов на участках поверхности пластины тем больше, чем больше величина светового потока, падающего на этот участок. Так как любое видимое изображение состоит из светлых, темных и полутемных участков, то различные точки светочувствительной пластины электризуются поразному, и на пластине создается электрическое изображение, отображающее картину распределения ярких и темных мест на передаваемом объекте. Электронный луч передающей трубки последовательно, элемент за элементом обегает всю светочувствительную пластину слева направо и сверху вниз. Движением электронного луча управляет развертывающее устройство, которое под действием импульсов, вырабатываемых генератором (синхрогенератором), создает меняющиеся по величине напряжения, которые в свою очередь воздействуют на электронный луч. В результате на выходе передающей трубки возникают импульсы тока — электрические сигналы, пропорциональные зарядам отдельных точек пластины (т. е. яркостям элементов передаваемого объекта). Эти сигналы называются в и д е о с и г н а л а м и (видеоимпульсами или сигналами изображения).

Видеосигналы усиливаются видеоусилителем, так как они очень слабы, и попадают под влияние синхронизирующих импульсов синхрогенератора, которые согласуют во времени движение электронных лучей в передающей и приемной трубках.

Усиленный видеоусилителем сигнал поступает на передатчик и модулирует (по амплитуде) вырабатываемые им

колебания высокой частоты. Модулированные видеосигналом колебания высокой частоты поступают в передающую антенну, которая излучает в окружающее пространство радиоволны. Достигая приемной телевизионной антенны, радиоволны наводят в ней э. д. с., частота и форма которой соответствуют передаваемым сигналам.

Принятые сигналы поступают в приемник импульсных сигналов (канал изображения), где они усиливаются и детектируются. На выходе детектора получаются импульсы, соответствующие видеосигналам. Они усиливаются, подаются на управляющий электрод кинескопа и модулируют яркость (интенсивность) электронного луча.

Модулированный по яркости электронный луч приемной трубки в точности повторяет движения электронного луча передающей трубки, создавая на экране кинескопа светлые, темные и полутемные точки в той же последовательности, какую представляло передаваемое изображение.

В передающих и приемных трубках фокусировка электронного луча в тонкий пучок достигается установкой непосредственно в трубке дополнительных цилиндрических электродов, между которыми создается электрическое поле. Их действие можно сравнить с действием собирательных и рассеивающих оптических линз. Такой способ фокусировки электронного луча называется электростатическим.

Отклонение электронного луча в передающей и приемной трубках осуществляется электромагнитным способом: электронный луч отклоняется от первоначальной траектории под воздействием магнитного поля, создаваемого катушками на горловине передающей трубки и кинескопа. По этим катушкам пропускается ток (пилообразной формы), создаваемый генератором развертки. Генераторы развертки состоят из трех элементов: генератора импульсов, ступени формирования напряжения и усилителя мощности.

Принцип развертки телевизионного изображения заключается в следующем.

Любое изображение можно представить состоящим из элементов, образующих горизонтальные строки и столбцы. Как в передающих трубках, так и в кинескопах электронный луч пробегает слева направо по строке, затем гаснет и возвращается справа налево. Затем луч переходит на следующую строку и прочерчивает следующую строку и т. д. Это движение луча в электроннолучевой трубке

называется **развертко**й, а совокупность прочерченных электронным лучом строк — **растро**м.

Поле изображения на экране электроннолучевой трубки, которое образуется в результате прочерчивания электронным лучом всех горизонтальных строк, называется **кадро**м. Формат кадра (отношение его ширины к длине) в телевидении принят равным 4:3 в кинескопах с углом отклонения 70° и 5:4 в новых приемных трубках с углом отклонения 110°.

По принятому в Советском Союзе стандарту полный кадр изображения развертывается на 625 строк, что обеспечивает хорошее качество изображения. В телевидении применяют **чересстрочную развертку** кадра, при которой сначала передаются все нечетные строки кадра, а затем все четные. При таком способе развертки изображение передается в виде двух половин (двух полей), одна из которых содержит только нечетные, а другая только четные строки. Смена полей происходит с частотой 50 смен в секунду, что составляет 25 кадров в секунду. При такой частоте смены полей и кадров глаз не замечает мельканий.

Получение четкого устойчивого изображения на экране телевизора возможно лишь в том случае, когда развертки изображения приемной и передающей трубок синхронизированы. Для обеспечения такой синхронизации телевизионный передатчик в конце каждой строки во время обратного хода луча (когда сигнал не проходит) и после каждого полукадра посылает специальные синхронизирующие импульсы (вырабатываемые синхрогенератором), которые передаются вместе с сигналами изображения. После каждой строки передается гасящий импульс в течение времени, необходимого для гашения обратного движения луча по горизонтали, и синхронизирующий строчный импульс. После каждого поля (т. е. передачи всех четных или нечетных строк) через 0,02 *сек* (время, меньшее чем инерция зрительного восприятия) передается гасящий импульс в течение времени, необходимого для гашения обратного движения луча по вертикали, и синхронизирующий кадровый импульс.

Строчные синхронизирующие импульсы синхронизируют работу генератора строчной развертки передатчика и приемника. Длительность строчного импульса составляет около 10% длительности строчного хода, что соответствует нескольким микросекундам. Форма строчных импульсов

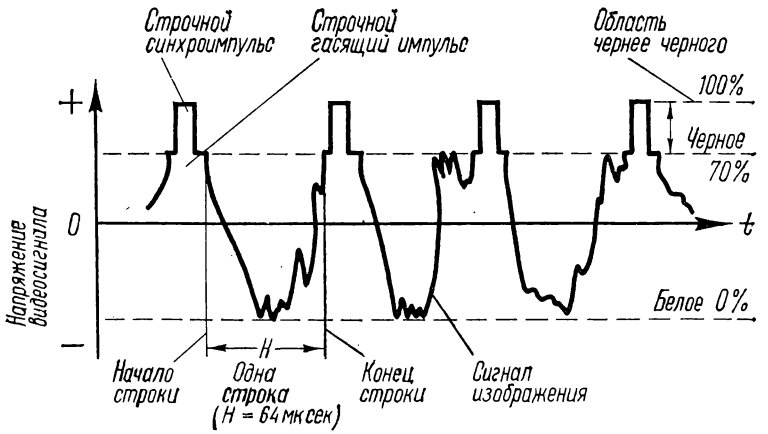


Рис. 171. Полный телевизионный сигнал.

должна быть прямоугольной. Синхронизирующие импульсы передаются на уровне «чернее черного», т. е. с максимальной амплитудой сигнала, чтобы гасить луч полностью.

Совокупность синхронизирующих импульсов, гасящих импульсов и видеосигналов называется полным телевизионным сигналом (рис. 171).

По принятому в СССР стандарту уровень напряжения видеосигналов должен находиться в пределах от 12,5 до 75% от максимального сигнала, длительность строчного гасящего импульса должна быть равной 10,8 *мксек*, длительность строчного синхроимпульса — 4,8 *мксек*, длительность кадрового гасящего импульса — 1540 *мксек*, длительность кадрового синхроимпульса — 192 *мксек*. В большинстве трубок темным элементам соответствует большой сигнал, а светлым — малый. Такую полярность сигнала называют отрицательной.

Полный телевизионный сигнал принимается приемным телевизионным устройством и разделяется в нем на сигнал изображения и синхронизирующие импульсы, которые управляют разверткой телевизора.

Радиосигналы телевизионного передатчика и передатчика звукового сопровождения обычно излучаются одной антенной (передатчики подключаются к антенне через специальный разделительный фильтр) и принимаются одной антенной телевизионного приемника. После усиления сиг-

налы звуковой частоты отделяются и подаются на громкоговоритель приемника.

В канале звукового сопровождения используется частотная модуляция.

В Советском Союзе передача и прием телевизионных сигналов осуществляется в диапазоне метровых волн. Для этой цели отведено 12 каналов, которые занимают спектр частот 48,5 ÷ 100 *Мгц* (каналы с 1-го по 5-й) и 174—230 *Мгц* (каналы с 6-го по 12-й). В настоящее время в целях борьбы с взаимными помехами, создаваемыми телецентрами, осваивается диапазон дециметровых волн (ДЦВ), в котором для телевидения выделено 19 каналов в спектре частот 470—622 *Мгц*. Разнос между несущими частотами звука и изображения — 6,5 *Мгц*. Ширина каждого канала — 8 *Мгц*. Промежуточные частоты изображения и звукового сопровождения — 38 и 31,5 *Мгц* соответственно.

Применение телевидения в народном хозяйстве: телевизионное вещание; управление производственными процессами; наблюдение за различными участками промышленных, торговых и других предприятий, учебных заведений и научных учреждений, железных дорог и портов, строек и шахт с вредными излучениями и высокими температурами; подводное телевидение для поисков затонувших кораблей и обследования шлюзов; исследование космического пространства и т. д.

Применение телевидения в военном деле: управление войсками; наблюдения и разведка, сопровождение и наведение на цель; определение местонахождения объекта; телевизионная связь и т. д. Телевидение позволяет значительно повысить эффективность боевого применения самых различных видов оружия. Телевизионное изображение поля боя может наблюдаться одновременно многими лицами.

2. Передача изображений

Упрощенная схема телевизионной передачи показана на рис. 172. Передающая электроннолучевая трубка является ее основным элементом. Именно в передающей трубке происходит преобразование оптического изображения передаваемого объекта в электрические видеосигналы. В основе этого преобразования лежит принцип накопления зарядов на специальном электроде, установленном внутри трубки и получившем название м и ш е н и. Благодаря фотоэлек-

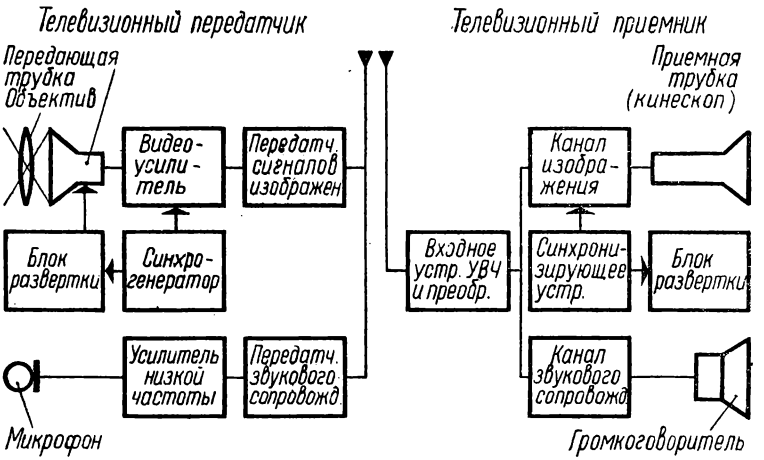


Рис. 172. Упрощенная схема телевизионной передачи и телевизионного приема.

трическому эффекту на мишени в соответствии с освещенностью каждого элементарного участка образуется так называемый потенциальный рельеф, который считывается электронным лучом. При считывании через резистор нагрузки, являющийся элементом электрической схемы передающей трубки, протекает ток, амплитуда которого изменяется в соответствии с потенциальным рельефом мишени. Напряжение на резисторе изменяется, в свою очередь, в соответствии с изменениями амплитуды протекающего через него тока. Это напряжение усиливается и подается на передатчик сигналов изображения.

Устройство передающей трубки. Одной из наиболее совершенных и самых малогабаритных передающих трубок и поэтому нашедших широкое применение в переносных передающих телевизионных камерах является в и д и к о н. Работа видикона основана на использовании явления внутреннего фотоэффекта — изменении сопротивления полупроводника при изменении его освещенности. Таким свойством обладает селен, сернистый свинец, трехсернистая сурьма и другие вещества.

Разработаны различные конструкции видиконов, отличающиеся друг от друга способом съема выходного сигнала.

На рис. 173 показано устройство видикона.

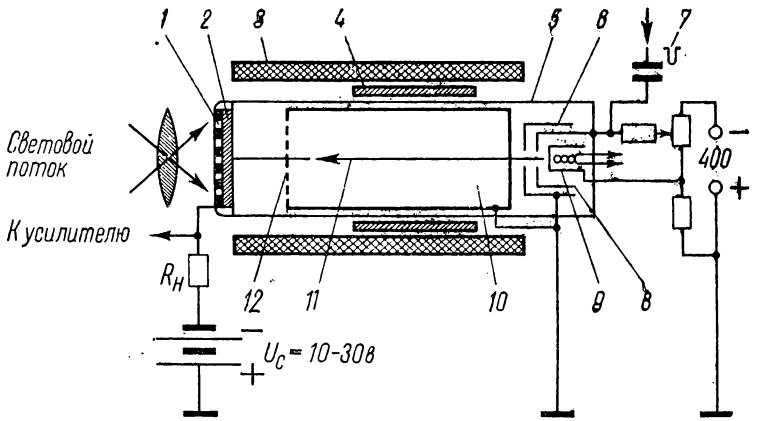


Рис. 173. Схема устройства видикона:

1 — сигнальная пластина; *2* — мишень; *3* — фокусирующая катушка; *4* — отклоняющая катушка; *5* — баллон; *6* — первый анод; *7* — гасящие импульсы; *8* — управляющий электрод; *9* — катод; *10* — цилиндрический анод; *11* — электронный луч; *12* — тормозящая сетка.

В небольшой стеклянной цилиндрической колбе помещена полупрозрачная металлическая сигнальная пластина. На нее нанесена очень тонкая (1—3 *мкм*) полупроводниковая пленка (из селена или трехсернистой сурьмы), являющаяся фотопроводящей мишенью. Через оптическую систему на эту мишень проецируется нужное изображение. Сигнальная пластина и мишень замыкаются на металлическое кольцо, к которому подключены резистор нагрузки $R_н$ и источник постоянного напряжения. В противоположном конце колбы расположен электронный прожектор, испускающий электронный луч. Он состоит из катода, управляющего электрода и первого анода. На сигнальную пластину подается постоянное напряжение + 20 *в* относительно катода прожектора. Между первым анодом и мишенью находится второй — цилиндрический анод. Второй анод со стороны мишени имеет металлическую мелкоструктурную сетку, которая создает равномерное тормозящее поле перед фотослоем. Этим обеспечивается нормальное направление электронного луча по всей поверхности растра на фотослое.

Фокусировка луча обеспечивается совместным действием равномерного магнитного поля длинной фокусирующей катушки и электрического поля второго анода (фоку-

сирующего электрода). Второй анод занимает почти все расстояние от электронного прожектора до мишени. В зависимости от конструкции видикона второй анод выполняется сплошным или разрезным, состоящим из двух частей. Вторая часть предназначается для применения так называемой динамической фокусировки луча. Для этого на ближнюю к мишени часть второго анода, кроме постоянного напряжения, подается еще напряжение специальной формы (смесь напряжений строчной и кадровой частот), что обеспечивает оптимальное фокусирующее напряжение при всех положениях луча на мишени.

Для управления перемещением луча (развертки) служат две пары отклоняющих катушек.

Изображение через полупрозрачную сигнальную пластину проецируется на фотомишень. В соответствии с изображением одни участки мишени будут освещены больше, другие — меньше. Для удобства понимания представим себе мишень видикона состоящей из множества отдельных элементов. Каждый элемент обладает емкостью и сопротивлением и может быть представлен как конденсатор и переменный резистор. Если свет не попадает на данный элемент, то его сопротивление очень велико, а при сильном освещении сопротивление элемента становится малым. На обратной стороне мишени, обращенной к электронному прожектору, возникает потенциальный рельеф: сильно освещенные участки имеют более высокий потенциал, слабо освещенные — более низкий (возникает скрытое «электрическое» изображение).

Электронный луч, пробегая последовательно по всем элементам мишени (по всему растру), заряжает все элементарные конденсаторы до одинакового напряжения. За промежуток времени до следующего пробегания луча конденсаторы разрядятся через резисторы элементов неодинаково, так как сопротивление каждого элемента зависит от освещенности данного участка мишени. Следующее пробегание луча по мишени выравнивает потенциалы всех конденсаторов. Для тех конденсаторов, которые разрядились значительно (в зависимости от величины сопротивления резистора), требуется больший ток заряда (большее количество электронов). Те конденсаторы, которые разрядились мало, требуют меньшего тока заряда (меньшего количества электронов). Таким образом, ток подзаряда конденсаторов будет промодулирован в соответствии с потенциальным

рельефом мишени. Ток заряда каждого конденсатора (каждого элемента) протекает по цепи: минус источника тока, резистор нагрузки, сигнальная пластина, фотопроводящая мишень, электронный луч, катод, корпус, плюс источника тока (рис. 173).

Чем ниже был потенциал элемента, тем больший ток заряда протекает через резистор нагрузки. Таким образом, изображение передаваемого объекта преобразуется в ряд последовательных электрических импульсов, из которых складывается сигнал изображения. Напряжение сигнала изображения, возникающее на резисторе нагрузки, очень мало — не более сотых долей вольта. Поэтому оно подается на вход усилителя видеосигнала. Видеоусилитель представляет собой обычный ламповый усилитель или усилитель на полупроводниковых приборах. По принципу работы видеоусилители аналогичны усилителям звуковых частот. Усиленный видеосигнал поступает в передатчик сигналов изображения, а из него в антенну.

Телевизионная радиостанция передачи изображения и звука предназначена для дальнейшего усиления видеосигналов и сигналов звукового сопровождения, преобразования их в высокочастотные модулированные колебания и излучения.

В состав оборудования телевизионной радиостанции входят: телевизионный передатчик, передатчик звукового сопровождения, высокочастотные разделительные фильтры, фидер, передающий энергию высокочастотных модулированных колебаний к антенне, антенна (расположенная на мачте или башне), вспомогательные устройства (системы питания, охлаждения, контроля, блокировки, сигнализации, пульт управления и др.).

Так как при передаче телевизионного изображения принимают ультракороткие волны, то телевизионная связь осуществляется только в пределах прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Подъем антенны телевизионного передатчика на бо́льшую высоту позволяет обеспечить бо́льшую дальность его действия.

Другим способом увеличения дальности телевизионных передач являются ретрансляционные станции. Ретранслирующая телевизионная станция принимает слабый сигнал, усиливает его и через другой телевизионный канал (чтобы исключить взаимные помехи) снова транслирует его окружающим станцию абонентам.

Телевизионный сигнал можно передать на очень большие расстояния по коаксиальному кабелю или по цепочке ретрансляторов в виде радиорелейной линии. Для целей ретрансляции используют также искусственные спутники Земли.

Особенности эксплуатации передающей аппаратуры. При эксплуатации передающих телевизионных камер должны соблюдаться следующие условия.

На фотомишень передающей трубки не допускается попадание прямого света от прожекторов и других источников света, а также превышение ее освещенности, так как при этом снижается чувствительность. Не рекомендуется длительное время проецировать на фотомишень передающей трубки неподвижное изображение. Передающие трубки не следует переворачивать фотомишенью вниз, так как на нее могут попасть мельчайшие частицы пыли (они будут просматриваться на изображении в виде пятен). Отклонение от температурных режимов, указанных в паспорте передающей трубки, вызывает падение силы видеосигнала и четкости изображения.

Хранить и переносить передающие трубки необходимо в горизонтальном положении.

В схемах, в которых устанавливаются передающие телевизионные трубки, имеются устройства для мгновенного отключения высокого напряжения при прекращении разверток, так как при остановке луча на мишени передающей трубки остаются невосстанавливаемые прожоги в виде полос или точек.

Качество телевизионной передачи оценивается параметрами телевизионного изображения на выходе телевизионной системы. К числу их относятся размеры и формат изображения, минимальная и максимальная яркость, уровень помех, резкость и степень геометрических искажений (растянутость и сжатость изображения).

3. Принципы телевизионного приема

Прием изображений осуществляется с помощью телевизионной антенны и телевизионного приемника — телевизора.

Антенны и фидеры. Для приема телевизионных сигналов на небольших расстояниях от передающего центра чаще всего применяют симметричный вибратор из трубок диа-

метром 8—10 *мм*, длиной, приблизительно равной половине длины принимаемой волны. Вибратор устанавливают горизонтально, как можно выше над поверхностью земли. Так как у вибратора наиболее интенсивное излучение происходит в направлении, перпендикулярном его оси, вибратор нужно располагать перпендикулярно направлению на телевизионный передатчик.

Для приема телевизионных сигналов на больших расстояниях применяют более сложные антенны (из трех, пяти и более элементов).

Основными параметрами приемной телевизионной антенны являются направленность ее действия, входное сопротивление и ширина полосы пропускания частот.

Направленность действия антенны характеризуется коэффициентом направленного действия, показывающего, во сколько раз усиление сигнала направленной антенной больше усиления того же сигнала ненаправленной антенной.

Входное сопротивление антенны — это отношение наведенного в антенне напряжения (на ее зажимах) к вызванному этим напряжением току на входе антенного фидера (зависит от типа антенны и степени согласования фидера с антенной).

Ширина полосы пропускания частот антенны определяется степенью изменения входного сопротивления антенны при изменении принимаемой частоты.

Антенну соединяют с входом телевизионного приемника фидером (высоковольтным коаксиальным кабелем) при помощи согласующих устройств, так как присоединение кабеля не должно нарушать симметрии антенны (волновое сопротивление кабеля *, входное сопротивление антенны и входное сопротивление приемника должны быть равными. Входное сопротивление всех телевизоров равно 75 *ом*).

Коаксиальные кабели выполняются из одного или нескольких медных проводников, заключенных в высокочастотную изоляцию: поверх изоляции надета медная оплетка, которая играет роль второго провода и экрана; сверху

---

* Волновое сопротивление — отношение напряжения к току в бегущей электромагнитной волне (электромагнитная волна, переносящая энергию). Волновое сопротивление симметричных вибраторов и высокочастотных кабелей лежит в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен *ом*.

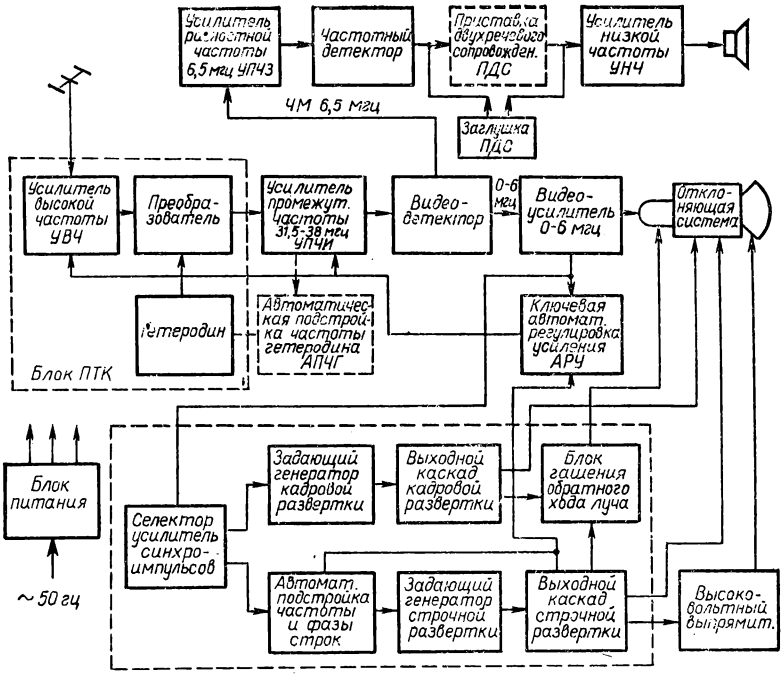


Рис. 174. Структурная схема современного телевизора для приема черно-белого изображения.

экран закрыт оболочкой из прочного изоляционного материала. Благодаря экранирующим свойствам коаксиального кабеля повышается устойчивость приема к помехам и искажениям. Кроме того, в коаксиальном кабеле незначительны потери мощности, что особенно важно для обеспечения приема на больших расстояниях. Качество воспроизведения изображения во многом зависит не только от точной установки антенны, но и от качества соединения антенны с фидером и фидера со входом приемника, а также от качества самого фидера, который не допускает резких изгибов сочленения кусков с различным волновым сопротивлением и т. д.

Телевизор (рис. 174) состоит из приемника сигналов изображения (видеосигналов), приемника звукового сопровождения, развертывающих и синхронизирующих устройств, приемной телевизионной трубки (кинескопа) и

устройств питания. Современные телевизоры имеют несколько автоматических регулировок — усиления, подстройки частоты строк, частоты гетеродина.

Каскады телевизора обычно объединяют в восемь основных блоков.

Высокочастотный блок служит для выбора нужного канала (настройки на передающую телевизионную станцию), усиления принимаемого сигнала и преобразования его в сигнал промежуточной частоты. Этот блок является общим для сигналов изображения и звука и выпускается промышленностью в виде отдельного унифицированного блока. Блок снабжен переключателем телевизионных каналов. Подстройка частоты гетеродина в зависимости от схемы блока может осуществляться либо вручную, либо автоматически.

Канал изображения предназначен для усиления промежуточной частоты сигналов изображения (34, 25 или 38 *Мгц*) и промежуточной частоты сигналов звука (27, 75 или 31,5 *Мгц*), выделения видеосигнала и усиления его до уровня, необходимого для модуляции тока луча кинескопа. Образующаяся после видеодетектора разностная частота 6,5 *Мгц* (непосредственно или после видеоусилителя) поступает в канал звукового сопровождения. С каналом изображения связана регулировка контрастности и яркости.

Канал звукового сопровождения усиливает разностную частоту, преобразует частотно-модулированные колебания в колебания низкой частоты, усиливает их для получения с помощью громкоговорителя звуковых колебаний воздуха. Здесь же регулируются громкость и тембр.

Блок развертки смещает луч по экрану кинескопа, создавая на нем светящийся прямоугольник из горизонтальных линий (растр). В блок развертки входят каскады отклонения луча по горизонтали (строчная развертка), каскады отклонения луча по вертикали (кадровая развертка) и отклоняющая система.

Высоковольтный выпрямитель преобразует импульсы, которые возникают в повышающей обмотке строчного трансформатора при обратном ходе луча, в постоянное напряжение 12—16 *кв*, необходимое для питания анода кинескопа.

Блок синхронизации выполняет задачу отделения сигналов синхронизации от видеосигнала и разделения их на кадровые и строчные синхронизирующие импульсы. Это

необходимо для того, чтобы сигналы синхронизации могли выполнять свою основную функцию: управлять временем окончания каждой строки и каждого полукадра.

Низковольтный выпрямитель служит для питания анодов, экранирующих и управляющих сеток ламп.

Кинескоп и органы управления электронным лучом. Кинескопом называют электровакуумный прибор, предназначенный для воспроизведения телевизионных изображений путем преобразования энергии электронного луча в световую энергию. К органам, управляющим электронным лучом, относятся регулировки яркости, центровки и фокусировки.

Для приема телевизионного изображения применяют трубки с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча.

По назначению кинескопы разделяются на кинескопы прямого видения и проекционные, для черно-белого и цветного телевидения. У кинескопов прямого видения изображение наблюдается непосредственно на их экране, у проекционных — оно проецируется с помощью специального оптического устройства на внешний экран, обычно больших размеров.

Схематически устройство кинескопа черно-белого телевидения изображено на рис. 175. Он состоит из стеклянной или металлостеклянной колбы, электронного прожектора (расположенного в горловине кинескопа) и экрана, покрытого люминофором — веществом (соединение цинка с кремнием, серой или кислородом), которое светится под действием ударяющихся о него электронов. Слой люминофора покрыт очень тонкой (0,5—1 *мкм*) зеркальной пленкой алюминия, увеличивающей яркость освещения экрана. Такой экран называется металлизированным.

Электронный прожектор состоит из катода, управляющего электрода, ускоряющего электрода и анода. Видеосигнал подается на управляющий электрод и модулирует яркость свечения луча.

Экран трубки покрыт изнутри токопроводящим слоем мельчайших частичек графита (аквадагом). Это покрытие служит для отвода вторичных электронов, выбиваемых из экрана, поглощения лучей света, попадающих в трубку, и уменьшения отражения света от внутренних стенок колбы, мешающего наблюдать изображение. Кроме того, на аквадаг, как и на анод, подается положительное напря-

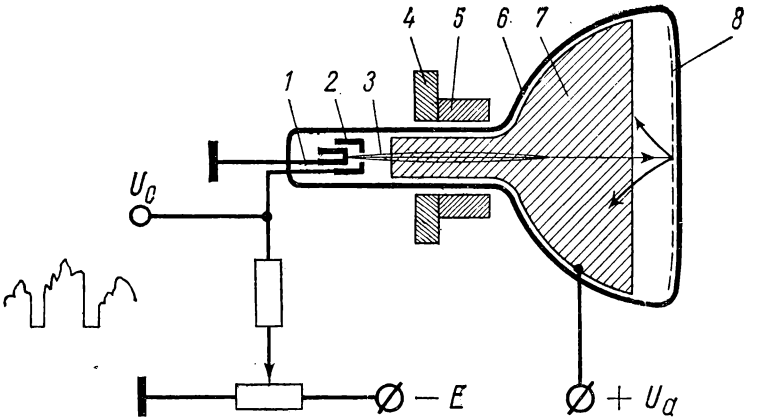


Рис. 175. Схема устройства кинескопа:

1 — управляющий электрод; *2* — катод; *3* — электронный луч; *4* — фокусирующая катушка; *5* — отклоняющие катушки; *6* — баллон; *7* — токопроводящее покрытие (аквадаг); *8* — экран.

жение (порядка 10—18 *кв*), ускоряющее до больших скоростей движение электронов луча. Попадая на экран, эти электроны вызывают его свечение в виде яркой точки.

На горловину трубки надеты фокусирующая и отклоняющие катушки. Отклоняющие электромагнитные поля вызывают смещение луча в горизонтальном и вертикальном направлениях, образуя на экране светящийся растр из горизонтальных линий.

Условные обозначения кинескопов состоят из следующих четырех элементов: первые две цифры показывают в сантиметрах размер диагонали прямоугольного экрана или диаметр круглого; буквы указывают способ отклонения луча: ЛК — кинескоп с электромагнитным отклонением луча; ЛО — кинескоп с электростатическим отклонением луча; цифры после букв — порядковый номер типа трубки; последняя буква соответствует цвету свечения экрана (А — синий, Б — белый, Ж — голубовато-зеленый, И —зеленый, П — красный, Т — желтовато-зеленый).

4. Эксплуатация телевизоров

Технические показатели телевизора. К основным техническим показателям, определяющим качество современных телевизоров, относятся следующие:

1. Качество изображения на экране (оно должно быть четким, неискаженным) и звучания.

2. Чувствительность, обеспечивающая высококачественный прием телевизионных передач на наружную антенну в радиусе 50—70 *км* от телевизионного центра (это расстояние может изменяться в зависимости от местных условий приема, типа и высоты антенны, а также и от мощности принимаемого телевизионного центра).

3. Экономичность телевизора — мощность, потребляемая телевизором от электросети (должна быть возможно меньше).

4. Возможность питания телевизора от сети переменного тока (частотой 50 *гц*) с напряжением как 110, 127, так и 220 *в*.

5. Простота управления телевизором.

6. Эксплуатационная надежность телевизора.

7. Величина экрана, масса и габариты телевизора.

8. Добротное и изящное внешнее оформление телевизора.

Параметры телевизора характеризуют как работу телевизора в целом, так и работу его отдельных узлов и блоков. К параметрам телевизионного приемника относятся чувствительность, яркость свечения экрана, контрастность изображения, четкость изображения, нелинейные искажения, устойчивость изображения (надежность синхронизации), качество звучания.

Чувствительность характеризует способность телевизора воспроизводить нормальное изображение и обеспечивать получение нормального звучания при определенной минимальной величине принимаемого сигнала в микровольтах.

Яркость свечения экрана — степень свечения экрана телевизора. Яркость можно изменять с помощью регулятора для получения наиболее естественного изображения.

Контрастность изображения показывает отношение яркости наиболее темного участка изображения к яркости наиболее светлого его участка. При нормальной контрастности изображение получается четким, естественным, сочным, рельефным. При недостаточной контрастности изображение выглядит серым, безжизненным. Контрастность регулируется регулятором контрастности, который одновременно является регулятором чувствительности.

Четкость изображения характеризуется воспроизведением наибольшего числа мелких деталей на экране телеви-

зора. Четкость в центре экрана и по углам неодинаковая (по углам четкость всегда несколько меньше, чем в центре).

Нелинейные искажения. Под линейностью изображения понимается правильное соотношение размеров отдельных его частей (их соразмерность). Нелинейными (масштабными) искажениями растра называют искажения, проявляющиеся в сжатии отдельных частей растра. Нелинейные искажения растра можно считать допустимыми, когда они незаметны на глаз. Если же при приеме нелинейные искажения заметно влияют на качество изображения и при помощи регуляторов их не удается уменьшить, то это указывает на неисправность в строчном или кадровом блоке развертывающего устройства.

Устойчивость изображения характеризует способность телевизора удерживать получающуюся на экране картину в определенном положении — в пределах рамки. Перемещение изображения по экрану вверх или вниз является признаком неустойчивости по вертикали. Разрывы, искривление строк, повторение отдельных частей изображения — это признаки нарушения устойчивости по горизонтали.

Качество звучания — степень приближения звуков, воспроизводимых громкоговорителем, к натуральному звучанию. Качество звучания зависит от качества работы звукового канала телевизора и громкоговорителя, а также от степени защищенности телевизора от помех.

Подготовка телевизора к работе. Так как для питания кинескопа используется высокое напряжение (12—16 *кв*), категорически запрещается включать телевизор без задней крышки. Перед включением необходимо установить колодку для переключения напряжения сети, находящуюся на задней стенке телевизора, так, чтобы стрелка на колодке указывала число, соответствующее напряжению электросети; проверить соответствие предохранителей действительному напряжению сети. Для напряжения сети 220 *в* служит предохранитель на 2 *а*, для напряжения 127 *в* — 3 *а* (в некоторых телевизорах — на 4—5 *а*).

Подключить снижение антенны к вводу A_1 («Антенна»). Если телевизор находится вблизи от телевизионного центра, сигнал может оказаться слишком велик. В этом случае снижение антенны подключить к вводу A_2, где часть сигнала гасится, а в гнездо A_1 включают штекер с сопротивлением 75 *ом*, входящий в комплект телевизора.

Вставить вилку шнура в розетку осветительной сети.

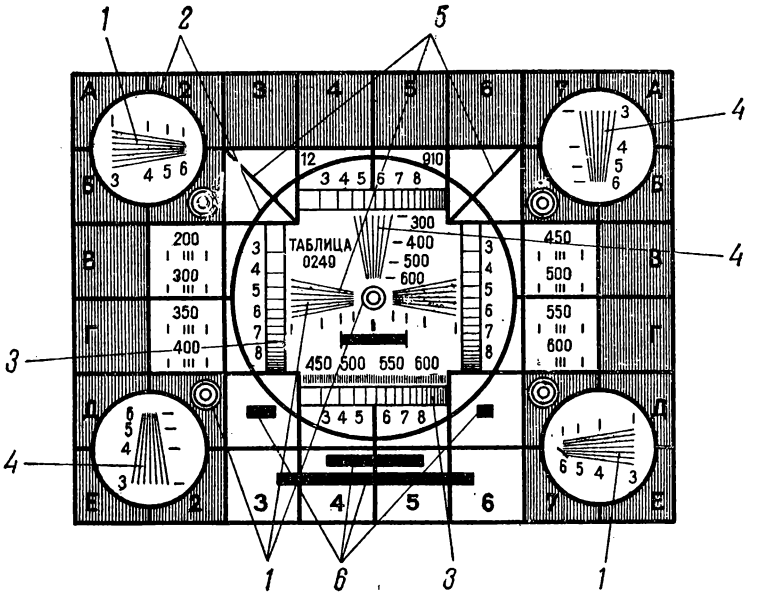


Рис. 176. Телевизионная испытательная таблица ТИТ-0249 (буквы А и Е телецентром не передаются) для проверки:

1 — фокусировки; *2* — линейности; *3* — контрастности и яркости; *4* — четкости; *5* — устойчивости чересстрочной развертки; *6* — частотных и фазовых искажений.

Поставить переключатель программ в нужное положение, нажатием тумблера или поворотом ручки выключателя по часовой стрелке включить телевизор.

Регулировка телевизора. Регулировать телевизор рекомендуется после прогрева — через 15—20 *мин* после включения.

Проверить готовность телевизора к правильному воспроизведению изображения и звука можно только по телевизионной испытательной таблице ТИТ-0249 (рис. 176) и звуковому сопровождению, передаваемым телевизионным центром перед началом вечерних программ и днем.

Изображение должно поместиться в обрамлении экрана с правильным соотношением сторон 4:3 или 4:5.

Линейность изображения определяют по квадратам и кругам (четыре круга в углах таблицы и один в центре). При регулировке нужно добиться, чтобы квадраты и круги

приняли правильную геометрическую форму. Если же квадраты превращаются в прямоугольники, а круги в эллипсы, — изображение искажается.

Контрастность и яркость изображения на испытательной таблице определяются по центральному кругу, в котором имеется четыре полосы (две вертикальные и две горизонтальные), разделенные по длине на десять равных частей, отличающихся одна от другой световым оттенком (от белого до черного). В правильно отрегулированном телевизоре на экране должны быть различимы шесть—семь градаций яркости на этих полосах. При этом изображение будет наиболее естественным.

Правильное воспроизведение изображения достигается с помощью ручек «контрастность» и «яркость».

После установления нормальной контрастности и яркости изображение все же может быть расплывчатым. Чтобы оно было отчетливым, его необходимо сфокусировать.

Фокусировка — это сведение электронов пучка, бомбардирующих экран кинескопа, в одну точку. Изображение фокусируется по малым концентрическим окружностям (одна из которых расположена в центре таблицы, а четыре по бокам) при помощи специального регулятора «фокусировка» или (если такой регулятор отсутствует) при помощи незначительного поворота и перемещения вдоль оси магнитного кольца ионной ловушки, расположенного на горловине кинескопа. Необходимо добиться, чтобы толщина линий этих окружностей была везде одинаковая, а горизонтальные линии (строки) резко очерчены. После того как изображение сфокусировано, обычно бывает необходимо окончательно подрегулировать контрастность и яркость.

Четкость изображения определяется по горизонтальным и вертикальным клиньям, расположенным в центральном (три) и в угловых (четыре) кругах. Эти клинья состоят из тонких сходящихся черных линий. Рядом с центральным вертикальным клином (в центральном круге) проставлены числа 300, 400, 500, 600, а рядом с вертикальными и горизонтальными клиньями, находящимися в кругах, по углам таблицы, — цифры 3, 4, 5, 6. Для определения четкости в вертикальном направлении служит горизонтальный клин, а в горизонтальном — вертикальный.

Число (цифра), стоящее возле отметки, где линии клина начинают сливаться, характеризует четкость воспроизводимого изображения. Например, если до отметки 400 черно-

белые линии центрального вертикального клина просматриваются совершенно отчетливо, а ниже этой отметки сливаются, то это означает, что четкость изображения на экране телевизора по горизонтали составляет 400 линий. Четкость по горизонтали всегда ниже четкости по вертикали. Четкость изображения на экранах современных телевизоров в центральной части составляет 450—500 линий (когда отдельные линии клина в центральном круге ясно видны между цифрами 400—500).

Устойчивость чересстрочной развертки определяется по диагональным линиям в квадратах Б3,Б6. Если эти линии становятся ступенчатыми, значит, есть нарушение чересстрочной развертки.

Частотные и фазовые искажения определяются по черным горизонтальным прямоугольникам, находящимся в квадратах Д3, Д6, Е3, Е4, Е5, Е6. О наличии искажений свидетельствуют темные или белые полоски за прямоугольниками, а также узкие белые полоски справа от тонких черных вертикальных или наклонных линий. Причиной таких искажений могут быть дефекты приемной антенны или провода снижения.

Настройка телевизора осуществляется ручками «настройка» и «четкость».

Телевизоры снабжены регуляторами громкости и тембра. При помощи регулятора громкости устанавливается нужная интенсивность звучания. Регулятор тембра служит для подбора окраски звучания (подчеркивания низких либо высоких частот).

В современных телевизорах на задней стенке или сбоку расположены вспомогательные ручки настройки.

Ручкой «частота кадров» пользуются при самопроизвольном перемещении изображения в вертикальном направлении (бегут кадры). Ручку вращают вправо или влево до получения устойчивого изображения.

Ручкой «размер по вертикали» (размер по кадрам) пользуются, если изображение меньше размера рамки или не помещается в обрамлении экрана (растянуто).

Ручка «линейность по вертикали» (линейность по кадрам) служит для устранения искажения, когда изображение искажено в вертикальном направлении (сжато снизу или растянуто наверху или наоборот).

Ручкой «частота строк» осуществляется регулировка в случае, когда изображение неустойчиво в горизонтальном

направлении (выгибается и с правой стороны экрана появляется черная полоса или изображение состоит из отдельных разорванных по горизонтали кусков).

Ручка «размер изображения» служит для регулировки размера изображения (если изображение не соответствует обрамлению экрана по вертикали или горизонтали).

Двумя магнитами, расположенными под колпаком на горловине кинескопа, пользуются для центровки изображения (если оно смещено от нормального положения вправо, влево, вверх, вниз).

Неисправности телевизора. Телевизоры могут давать изображение с искажениями или вовсе прекращать свою работу вследствие ряда причин: неправильной регулировки, изменения напряжения в питающей сети, неправильной установки антенны, выхода из строя ламп и радиодеталей и т. п.

Во всех случаях нарушения работы телевизора следует убедиться в том, что колодка переключателя сети включена в соответствии с питающим напряжением; величина напряжения сети находится в пределах, обеспечивающих нормальную работу телевизора; антенна исправна и в ее цепи нет никаких обрывов или плохих контактов. Влияние и устранение первопричин неисправностей телевизоров является основной для правильного его ремонта и сохранения работоспособности.

Поскольку разные неисправности телевизоров могут иметь одинаковые внешние признаки, необходимо перед тем, как приступить к ремонту, выявить дефектный блок или узел. В этом значительную помощь может оказать табл. 29.

Большинство случаев нарушения работы телевизоров приходится на долю некачественной работы электровакуумных приборов. Дефекты электровакуумных приборов являются также чаще всего причиной, вызывающей выход из строя резисторов, конденсаторов и намоточных деталей.

Проще определить неисправность электровакуумных приборов методом их замены на заведомо исправные. Кроме того, о работе лампы можно судить по измерению ее режима во включенном телевизоре. При измерении режимов на управляющих сетках радиоламп, цепей смещения, АРУ и АПЧГ желательно применять ламповые ампервольтметры, так как они позволяют выполнить измерения с большой точностью.

Таблица 29

Определение неисправного блока телевизора по внешним признакам

Внешние признаки неисправности	Блок (или узел), подлежащий проверке
Нет растра при наличии звукового сопровождения	Блок разверток, видеоусилитель, кинескоп
Нет растра и звукового сопровождения	Блок питания, блок строчной развертки
На экране вместо растра узкая горизонтальная полоса	Блок кадровой развертки, отклоняющая система
На экране вместо растра узкая вертикальная полоса	Выходной каскад строчной развертки, отклоняющая система
Геометрические и нелинейные искажения растра	Выходные каскады строчной и кадровой разверток, отклоняющая система
Нет изображения и звука при наличии свечения экрана	Переключатель телевизионных каналов (ПТК), автоматическая регулировка усиления (АРУ), усилитель промежуточной частоты изображения (УПЧИ), видеоусилитель
Нет звука и растра. Лампы накаливаются	Блок питания
Мал или велик размер изображения по горизонтали	Блок питания, блок строчной развертки
Мал или велик размер изображения по вертикали	Блок кадровой развертки
Нет звука при наличии изображения	Усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения (УПЧЗ), усилитель низкой частоты (УНЧ), ПТК, детектор звука
Нет изображения при наличии звука и растра	ПТК, видеодетектор, кинескоп
Нет общей синхронизации	УПЧИ, селектор, видеоусилитель, блок строчной развертки
Нет кадровой синхронизации	УПЧИ, видеоусилитель, селектор, блок питания, задающий генератор кадровой развертки
Нет строчной синхронизации	Селектор, система автоматической подстройки частоты и фазы (АПЧиФ), задающий генератор и выходной каскад строчной развертки

Современные телевизоры надежны в работе. Но радиолампы имеют ограниченный срок службы в результате разрушения электродов и потери эмиссии. Кроме того, от сильного нагрева ослабляется жесткость крепления электродов, вследствие чего может произойти межэлектродное замыкание. От качества радиоламп зависит вся работа телевизора. В среднем радиолампы работают по тысяче часов. Поэтому их приходится периодически заменять новыми.

Лампу из панели можно вынимать только за цоколь. Иногда лампа сидит в панели очень прочно. В этом случае ее нужно при вытаскивании осторожно (чтобы не отломить направляющую ножку с ключом) покачивать. В телевизорах всех последних марок применяются семи- и девятиштырьковые пальчиковые лампы; штырьки впаяны непосредственно в баллон лампы и расположены по окружности. Между двумя нижними штырьками расстояние больше, чем между остальными. Ориентируясь на эти два штырька, лампу вставляют в панель. Вставлять радиолампы можно только при отключенном телевизоре, так как напряжение в нем достигает 12—16 *кв*.

Так как на кинескоп подается постоянное высокое напряжение, на его аноде после выключения сохраняется остаточное напряжение. Перед заменой радиолампы необходимо замкнуть анод кинескопа на массу (проводом или длинной отверткой соединить анод кинескопа с шасси). Это нужно сделать очень аккуратно, чтобы не повредить кинескоп.

Устанавливать лампу в панель нужно лишь после тщательной сверки со схемой, убедившись, что лампа вставляется на свое место.

В табл. 30 приводятся сведения о взаимозаменяемости радиоламп в телевизорах.

Техника безопасности при устранении неисправностей телевизора. 1. Шасси телевизора должно быть соединено с нулевым проводом сети или заземлено.

2. При смене ламп, осмотре монтажа и других работах, связанных с отысканием и устранением неисправностей, вилку шнура телевизора нужно вынуть из штепсельной розетки.

3. Нельзя прикасаться одновременно к шасси телевизора и хорошо заземленному предмету (например, водопроводным трубам).

Таблица 30

Возможная замена ламп в телевизорах

Наименование вышедших из строя ламп	Заменяющие лампы		Наименование вышедших из строя ламп	Заменяющие лампы	
	отечественные	стран СЭВ		отечественные	стран СЭВ
1Ц1С	—	—	6Ж9П	—	Е7180, Е7109,
1Ц11П	—	Е-7001			Е7114
1Ц21П	—	—	6Ж32П	—	Е7027, Е7108
5Ц3С	5Ц4С	—	6И1П	—	Е7052
5Ц4С	5Ц3С	—	6К4П	6Ж1П	Е7028
6Г2	—	—		6Ж1П-Е, 6Ж2П	Е7112, Е7113
6Д14П *	6Ц19Р, 6Д20П, 6Ц10П	Е7012		6Ж2П-Е, 6Ж3П	Е7116
6Д20П *	6Д14, 6Ц119П, 6Ц10П	Е7012	6Н1П	6Н1П-Е, 6Н5П, 6Н2П, 6Н2П-Е	Е7016, Е7100, Е7101, Е7018
6Ж1П	6Ж1П-Е, 6Ж2П, 6Ж2П-Е, 6Ж3П, 6Ж5П, 6К4П, 6К4П-2, 6Ж38П	Е7028, Е7112, Е7113, Е7114	6Н2П	6Н1П	Е7016, Е7100, Е7101, Е7018
			6Н3П	—	—
			6Н7С	—	—
6Ж3П	6Ж1П, 6Ж1П-Е, 6Ж2П, 6Ж2П-Е, 6Ж5, 6Ж38П,	—	6Н8С	6Н5С	—
			6Н9С	—	—
			6Н14П	6Н23П **, 6Н24П **,	Е7019, Е7016
6Ж4	6П9	—	6Н24П	6Н23П, 6Н14П **	Е7019, Е7106
6Ж5П *	6Ж3П *	—	6П1П	—	—
6Ж8	6Ж3, 6Ж4, 6П9	—	6П3С	6Н3С-Е, 6П6С, 6Ф6С **	Е7121

Продолжение

Наименование вышедших из строя ламп	Заменяющие лампы		Наименование вышедших из строя ламп	Заменяющие лампы	
	отечественные	стран СЭВ		отечественные	стран СЭВ
6П6С	6П3С, 6Ф6О **	Е7121	6Ф5П	—	—
			6Х2П	6Х2П-Е	Е7004, Е7099
6П9	6Ж4 **	—	—	—	—
6П14П	6П15П, 6П18П	Е7035, Е7038, Е7039	6Х6С	6Н5С, 6Н8С	— —
			6Ц4П	—	—
6П15П	6П14П, 6П18П	То же	6Ц5П	—	—
6П18П	6П14П, 6П15П	То же	6Ц10П *	6Д14П, 6Ц19П, 6Д20П	Е7012
6С2С	—	—	6Ц19П *	6Д14П,	Е7012
6Ф1П	—	Е7086		6Д20П, 6Ц10П	
6Ф3П	—	Е7053	Г-807	—	—
6Ф4П	—	Е7088	ГУ-50	—	—

* При замене этой лампы необходимо обращать внимание на монтажную схему ламповой панели телевизора, так как заменяющие лампы имеют выводы электродов на дополнительные штырьки.

** Замена лампы сопряжена с перегрузкой и более быстрым выходом из строя или не всегда полноценной работой на всем диапазоне частот (для высокочастотных цепей).

4. Ручки инструментов должны быть выполнены из изоляционного материала или покрыты хорошим изоляционным материалом.

5. При замене неостывших ламп необходимо пользоваться перчатками.

6. После каждого выключения телевизора следует снимать остаточный заряд со второго анода кинескопа, разряжать конденсаторы фильтров низковольтных выпрямителей и проверять отсутствие напряжений.

7. При осмотре, проверке и замене кинескопа нужно пользоваться перчатками и защитной маской (или защит-

ными очками с матерчатым продолжением) для защиты лица.

8. При приближении и во время грозы работать с телевизором нельзя.

5. Радионавигация и радиолокация

Радионавигация — вождение кораблей, самолетов и других подвижных объектов при помощи специальных радионавигационных средств (радиополукомпасов, радиокомпасов, радиопеленгаторов, радиомаяков и т. д.). Радионавигация обеспечивает безопасность плавания кораблей и полетов самолетов, помогая определить их маршрут и местонахождение, особенно при отсутствии видимых ориентиров.

В основе радионавигации лежит принцип направленного излучения радиоволн передатчиками и направленного радиоприема при помощи антенн особой конструкции. Наиболее простой антенной направленного приема является рамочная антенна. Прием на такую антенну осуществляется тогда, когда плоскость ее витков параллельна направлению на передающую станцию. Если плоскость витков такой приемной антенны расположена перпендикулярно направлению на передающую станцию, прием будет очень слабым. Таким образом, вращая приемную рамочную антенну, можно найти направление на передающую радиостанцию. Эта операция носит название пеленгации или взятия пеленга. По пеленгу можно вывести корабль или самолет на радиостанцию. Это осуществляется при помощи радиополукомпасов или радиокомпасов.

Радиостанции, служащие специально для привода на нее кораблей или самолетов, называются приводными или радиомаяками.

К наземным средствам радионавигации относятся также стационарные (или установленные на автомобилях) радиопеленгаторы. Два таких радиопеленгатора, удаленные один от другого на несколько десятков километров, могут засечь с двух направлений (иногда с трех) радиопередатчик самолета или корабля и определить его координаты.

Радионавигация — наиболее надежный способ самолето- и кораблевождения, особенно ночью и в условиях плохой видимости.

Радиолокация — обнаружение и определение координат объектов (надводных, наземных, воздушных и космичес-

ких) путем облучения их высокочастотной электромагнитной энергией и приема ее после отражения от этих объектов.

Еще А. С. Попов заметил, что радиоволны имеют способность отражаться. На этом и основан принцип действия радиолокационной станции.

Вначале для радиолокации применялись волны длиной в несколько метров, но потом перешли на сантиметровые и даже на миллиметровые волны. Чем короче длина волны, тем более узким лучом будет излучать электромагнитную энергию антенна радиолокационной станции (при прочих равных условиях). А чем уже луч (чем острее диаграмма направленности антенны станции), тем точнее можно определить координаты объекта.

Практически радиолокация объектов осуществляется путем посылки зондирующих импульсов с промежутками, в течение которых ведется прием отраженных сигналов.

Радиолокационная станция (радиолокатор) представляет собой, по существу, приемопередающую радиостанцию.

Важнейшей частью радиолокатора является хронизатор — блок, вырабатывающий импульсы, которые управляют включением передатчика для посылки зондирующего импульса, его выключением, разверткой по экрану и т. д.

Индикация отраженных импульсов осуществляется с помощью электроннолучевой трубки, в которой электронный луч можно заставить отклоняться с большой скоростью. Электронный луч прочерчивает горизонтальную строку по диаметру экрана. В момент посылки зондирующего импульса на электронный луч действует отклоняющее от вертикали напряжение, вызывая в начале горизонтальной строки всплеск. В течение интервала между посылками импульсов луч с равномерной скоростью движется по строке с таким расчетом, чтобы он закончил прочерчивание строки за время интервала. Затем луч очень быстро перемещается к началу строки, и весь процесс повторяется сначала. Если во время прочерчивания строки будет принят отраженный сигнал, то на вертикально отклоняющие пластины трубки поступит соответствующее напряжение, а на строке получится всплеск — импульс отраженного сигнала. Так как скорость распространения электромагнитной энергии известна (300 000 *км/сек*), нетрудно определить расстояние до объекта, поместив у строки, прочерчиваемой лучом, шкалу, проградуированную в расстояниях.

Обычно антенна радиолокатора осуществляет поиск — качается или вращается, — определяя, кроме расстояния, направление на объект. Если объект движется, то движется и всплеск, что позволяет судить о направлении движения объекта и его скорости.

Есть радиолокаторы кругового обзора, дающие на экране карту местности. В таких радиолокаторах луч прочерчивает строку по радиусу, а радиус обходит весь круг, в центре которого находится радиолокационная станция.

Радиолокация находит широкое применение в авиации, морском и речном флоте. Большие суда и самолеты имеют даже по нескольку радиолокационных станций.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕРНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа № 1. Заготовка и разделка монтажных проводов (напайка наконечников на концы соединительных проводов)

Оборудование: провода, наконечники, кусачки, плоскогубцы, приспособление для снятия изоляции с проводов (или нож), шабер, наждачная шкурка, паяльник, припой и флюс.

Выполнение работы:

1. Срезать изоляцию провода на длину желобка наконечника.
2. Зачистить каждую жилу провода ножом и желобок наконечника шабером.
3. Скрутить жилы плоскогубцами.
4. Облудить свитый конец паяльником: нанести нагретым до 300—400° С паяльником на спаиваемые поверхности флюс, затем небольшое количество олова или оловянно-свинцового припоя, передвигая его по поверхности (паяльником коснуться канифоли, а затем припоя).
5. Облудить желобок наконечника.
6. Обжать подготовленный наконечник плоскогубцами вокруг провода.
7. Прогреть наконечник паяльником до заполнения припоем всего желобка.
8. Заделать волокнистую изоляцию ниткой.

Практическая работа № 2. Крепление деталей и проводов пайкой к лепесткам

Оборудование: провода, резисторы, конденсаторы, ламповая панель, шабер, напильник, мелкая наждачная шкурка, паяльник, пинцет, марлевая тряпочка, припой, флюс, этиловый спирт.

Выполнение работы:

1. Тщательно очистить спаиваемые поверхности шабером и наждачной шкуркой.
2. Облудить спаиваемые поверхности.
3. Конец проводника пинцетом продеть в одно из отверстий лепестка и крепко обжать его плоскогубцами.
4. Нанести припой на место пайки паяльником (для этого дотронуться рабочей частью паяльника до места спая и придержать его у места спая до тех пор, пока это место не прогреется и припой не зальет

проводники, заведенные в контакт детали с обеих сторон, проникнет в зазоры между проводниками и полностью зальет отверстие лепестка).

5. Очистить место спая от нагара и остатков флюса деревянной палочкой и протереть марлевой тряпочкой, укрепленной на конце деревянной палочки и смоченной в этиловом спирте.

Примечание. Хорошая пайка должна блестеть.

Практическая работа № 3. Проверка исправности трансформатора низкой частоты

Оборудование: трансформатор низкой частоты, авометр, звуковой генератор.

Выполнение работы:

1. Произвести внешний осмотр трансформатора.
2. Проверить трансформатор на короткое замыкание между обмотками (подключить омметр между выводами разных обмоток).
3. Проверить трансформатор на короткое замыкание между обмотками и корпусом (подключить омметр между одним из выводов и корпусом).
4. Проверить трансформатор на межвитковые замыкания измерением индуктивности обмоток и измерением коэффициента трансформации на холостом ходу (к первичной обмотке подключить звуковой генератор, ко вторичной — вольтметр).

Практическая работа № 4. Разборка и сборка трансформатора низкой частоты

Оборудование: трансформатор низкой частоты, комплект монтажного инструмента.

Выполнение работы:

1. Распаять герметизированный кожух и отделить крышку.
2. Отпаять выводные проводники от крепежных лепестков.
3. Нагреть кожух до расплавления заливки.
4. Вынуть трансформатор.
5. Очистить трансформатор от заливки и покрытия.
6. Разобрать сердечник.
7. Смотать обмотку на шпулю.
8. Собрать трансформатор (в обратном порядке).

Примечание. Разбирать и собирать трансформатор следует осторожно, чтобы не повредить пластины сердечника и провода обмоток.

Практическая работа № 5. Проверка исправности электронных ламп (в механическом отношении и их режимов электрического питания)

Оборудование: электронные лампы, авометр, радиоприемник, соединительные провода, таблица режимов электронных ламп.

Выполнение работы:

1. Вынуть лампы из радиоприемника.
2. Сделать чертеж цоколевок проверяемых ламп.

3. Проверить целостность нити накала: щупы омметра присоединить к тем штырькам цоколя, к которым подведена нить накала (у исправной лампы омметр должен показать короткое или почти короткое замыкание — стрелка должна отклониться).

4. Проверить, нет ли короткого замыкания между другими электродами: присоединить щупы омметра последовательно к другим парам штырьков (у исправной лампы стрелка омметра не должна отклоняться, отклонение стрелки укажет на короткое замыкание между электродами).

5. Вставить электронную лампу в соответствующую панельку схемы приемника.

6. Авометром проверить напряжение на электродах ламп по отношению к общему минусовому проводу: минусовый щуп авометра прижать к шасси, а плюсовым щупом поочередно прикоснуться к лепесткам ламповой панельки (к выводам управляющей сетки, анода и экранирующей сетки).

Практическая работа № 6. Снятие статических характеристик триода

Оборудование: триод, источник переменного напряжения 6,3 *в* для питания подогревателя нити накала, источник постоянного напряжения 300 *в* для питания анода, источник постоянного напряжения 30 *в* для питания цепи управляющей сетки, потенциометр R_1 для регулирования напряжения на аноде, потенциометр R_2 для регулирования напряжения на сетке, переключатель *П* для изменения полярности напряжения на сетке, вольтметр и миллиамперметр, резистор $R_а$ — сопротивление нагрузки в анодной цепи, ключ *К*, соединительные провода.

Выполнение работы:

1. Записать паспортные данные триода и зарисовать его цоколевку.

2. Собрать схему для снятия характеристик триода (рис. 177) и показать учителю.

3. Снять семейство статических анодных характеристик триода $I_а = f(U_а)$ для нескольких значений напряжения на управляющей сетке (в том числе и для номинального напряжения на сетке). Напряжение на аноде изменять от нуля до значения, ограничиваемого кривой предельной мощности, рассеиваемой на аноде.

4. Снять семейство сеточно-анодных характеристик триода $I_с = f(U_а)$ для нескольких значений положительного напряжения на управляющей сетке.

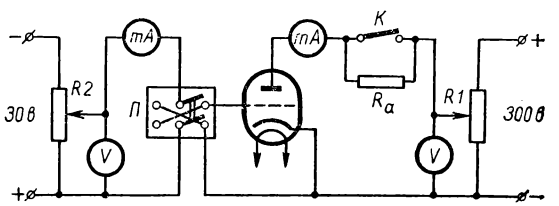


Рис. 177. Схема для снятия характеристик триода.

5. Снять семейство статических анодно-сеточных характеристик триода $I_a = f(U_c)$ для нескольких значений напряжения на аноде (в том числе и для номинального напряжения на аноде). Напряжение на сетке изменять от напряжения запирания до напряжения, соответствующего максимально допустимому анодному току (создающему предельную мощность, рассеиваемую на аноде).

6. Снять сеточные характеристики триода $I_c = f(U_c)$ для нескольких значений положительного напряжения на аноде.

Практическая работа № 7. Снятие рабочих анодно-сеточных и сеточных характеристик триода

Оборудование: то же, что и в практической работе № 6.

Выполнение работы:

1. Записать паспортные данные триода и зарисовать его цоколевку.
2. Собрать схему (рис. 177) и показать учителю.
3. Включить в анодную цепь триода резистор R_a (разомкнув ключ K).
4. Установить постоянное напряжение питания анода (E_a).
5. Снять рабочую анодно-сеточную характеристику триода (величину анодного тока в зависимости от напряжения на сетке).
6. Снять рабочую сеточную характеристику триода (величину тока в цепи сетки в зависимости от напряжения на сетке).

Практическая работа № 8. Проверка исправности и отбраковка транзисторов

Оборудование: транзисторы (с панелью), авометр (напряжение батареи не более 10 *в*), прибор ИПТ-1, соединительные провода.

Выполнение работы:

1. Записать тип транзистора, его назначение и параметры.
2. Определить внешнее состояние транзистора (целостность, качество защитного антикоррозионного покрытия металлических частей, наличие клейма, качество лужения выводов).
3. Проверить авометром с батареей напряжением не более 10 *в* целостность выводов и нет ли пробоя переходов.
4. Вставить транзистор в панель.
5. Измерить обратный ток коллектора $I_{ко}$:

собрать схему (рис. 58, *а*) и показать ее учителю;

при разомкнутой цепи эмиттера подать на коллектор напряжение смещения, указанное в паспорте;

спустя 2 *сек* измерить ток в цепи коллектора (если транзистор исправен, ток $I_{ко}$ не превышает значения, указанного в паспорте, и остается постоянным).

6. Измерить коэффициент усиления по току β:

определить при помощи прибора ИПТ-1 параметр α;

определить β по формуле:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}.$$

Примечание. Если при проверке параметров транзистора стрелка прибора медленно перемещается, транзистор неисправен.

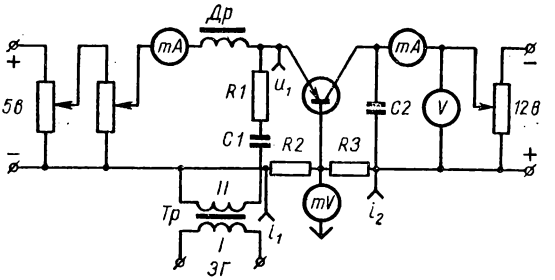


Рис. 178. Схема для измерения параметров h_{11} и h_{21} транзисторов.

Практическая работа № 9. Ознакомление с методами измерения h-параметров (h_{11} и h_{21}) транзисторов

Оборудование: транзистор (с панелью), звуковой генератор, разделительный трансформатор *Тр*, конденсаторы C_1 и C_2, резисторы R_2 и R_3, дроссель *Др*, ламповый милливольтметр, миллиамперметр, соединительные провода.

Выполнение работы:

1. Записать паспортные данные исследуемого транзистора и зарисовать схему расположения выводов.
2. Вставить транзистор в панель, собрать схему с общей базой (рис. 178) для измерения параметров транзистора h_{11} и h_{21} и показать учителю.
3. Установить напряжение на эмиттере и коллекторе равным нулю.
4. Установить номинальный режим испытания транзистора по постоянному току и измерить $h_{11ном}$ и $h_{21ном}$.
5. Снять зависимости h_{11} и h_{21} от тока эмиттера $I_э$ при номинальном напряжении коллектора $U_{к\ ном}$.
6. Снять зависимость h_{21} от коллекторного напряжения $U_к$ при номинальном токе эмиттера $I_{э\ ном}$.

Практическая работа № 10. Градуировка омметра

Оборудование: омметр, магазин резисторов или нерегулируемые резисторы, соединительные провода.

Выполнение работы:

1. На шкале омметра отметить точкой положение стрелки при разомкнутых зажимах. Крайнее левое положение установить корректором.
2. Замкнуть накоротко зажимы омметра.
3. Ручкой «установка нуля омметра» установить стрелку в крайнее правое положение и отметить точкой на шкале.
4. Соединить зажимы омметра с магазином сопротивлений.
5. Отметить на шкале омметра делениями (в омах) показания омметра при подключениях к омметру различных резисторов.

Примечание. При отсутствии магазина резисторов для увеличения точности градуировки рекомендуется включать поочередно несколько резисторов с одинаковыми номинальными значениями и нанести на шкалу среднее значение отклонения стрелки.

Практическая работа № 11. Смена иглодержателя

Оборудование: проигрыватель, пинцет, запасной иглодержатель.

Выполнение работы:

1. Вынуть головку звукоснимателя из тонарма.
2. Снять предохранительную скобу.
3. Захватить иглодержатель пинцетом и осторожно вынуть его из корпуса головки (рис. 179).

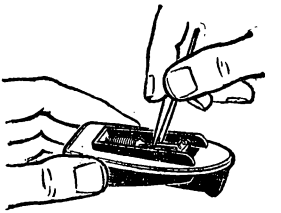


Рис. 179. Смена иглодержателя.

4. Установить запасной иглодержатель в корпус головки.
5. Вставить предохранительную скобу.
6. Вставить головку звукоснимателя в тонарм.

Практическая работа № 12. Зарядка щелочных аккумуляторов

Оборудование: щелочной аккумулятор, выпрямитель, соединительные провода, реостат, амперметр, вольтметр.

Выполнение работы:

1. Собрать схему зарядки аккумулятора и показать учителю.
2. По паспорту аккумулятора определить величину зарядного тока.
3. Подсчитать напряжение зарядки с учетом числа последовательно соединенных аккумуляторов в батарее.
4. Включить выпрямитель.
5. По прибору при помощи реостата установить необходимую величину зарядного тока.

Примечание. Для щелочных аккумуляторов признаком окончания заряда является повышение напряжения до 1,75 *в*.

Практическая работа № 13. Проверка исправности выпрямителя

Оборудование: радиоприемник, авометр, соединительные провода.

Выполнение работы:

1. Включить радиоприемник.
2. Проверить авометром напряжение накала ламп:

включить авометр на измерение переменного напряжения с верхним пределом 10—15 *в*;

коснуться поочередно щупами авометра лепестков ламп, к которым подведены нити накала (при полной исправности цепей накала авометр должен показывать на лепестках каждой панели напряжение не менее 6 и не более 7 *в*).

3. Проверить высокое напряжение на выходе выпрямителя:

переключить авометр на высший диапазон измерения постоянных напряжений;

щуп, вставленный в гнездо «—» или «общ.», присоединить к шасси, а вторым щупом коснуться плюсового вывода выпрямителя (если выпрямитель исправен, прибор должен показать напряжение от 180 до 270 *в*).

4. Проверить тепловой режим силового трансформатора: через час-полтора после включения приемника прикоснуться пальцами к сердечнику трансформатора (если в течение 5 *сек* и дольше пальцы можно удержать прижатыми к сердечнику, нагрев его нормален).

Условные обозначения основных радиодеталей на принципиальных схемах

Название	Обозначение	Название	Обозначение
Антенна		Выключатель однополюсный	
Антенна магнитная		Выключатель двухполюсный	
Заземление		Переключатель однополюсный	
Соединение с шасси (корпусом)		Переключатель многополюсный	
Место соединения проводов		Предохранитель	
Перекрещивание проводов		Головные телефоны (наушники)	
Провод экранированный		Громкоговоритель	
Штепсельное гнездо		Звукосниматель	
Штепсельная вилка		Катушка индуктивности без сердечника	
Зажим		Катушка индуктивности с отводами без сердечника	
		Катушка индуктивности с сердечником из магнитодиэлектрика	

Название	Обозначение	Название	Обозначение
Дроссель со стальным сердечником		Элемент гальванический или аккумулятор	
Трансформатор без сердечника		Батарея гальваническая или аккумуляторная	
Трансформатор с сердечником из магнитодиэлектрика		Диод	
Трансформатор с сердечником из стали		Двойной диод	
Резистор нерегулируемый		Триод	
Резистор регулируемый		Двойной триод	
Конденсатор постоянной емкости		Двойной диод-триод	
Конденсатор электролитический			
Конденсатор подстроечный			
Конденсатор переменной емкости			
Блок конденсаторов переменной емкости			

Название	Обозначение	Название	Обозначение
Тетрод		Гексод	
Лучевой тетрод		Гептод	
Пентод		Октод	
Двойной диод-пентод		Индикатор настройки	
Двойной триод-пентод		Полупроводниковый диод	
		Транзистор	

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Глава первая. **Радиотехнические материалы. Провода и детали** 5

1. Классификация радиотехнических материалов . . . . . —
2. Проводниковые материалы . . . . . —
3. Электроизоляционные материалы (диэлектрики) 7
4. Магнитные материалы 14
5. Вспомогательные материалы 18
6. Применение радиотехнических материалов 21
7. Провода 23
8. Радиодетали 24

Глава вторая. **Работа с радиотехническими материалами и радиомонтажные работы** 39

1. Рабочее место для работы с радиотехническими материалами, радиомонтажных работ и ремонта радиоаппаратуры. Оборудование. Инструменты. Приспособления . . . . . —
2. Общие сведения по технике безопасности 42
3. Сведения о технологии обработки радиотехнических материалов 47
4. Радиосхемы 62

Глава третья. **Электровакуумные и полупроводниковые приборы** 64

1. Устройство и принцип работы электровакуумных приборов —
2. Основные параметры электронных ламп 72
3. Определение параметров электровакуумного триода 73
4. Проверка исправности радиоламп 75
5. Классификация, цоколевка и система наименований электронных ламп 76
6. Полупроводниковые материалы 82
7. Полупроводниковые диоды 84
8. Полупроводниковые триоды (транзисторы) 90
9. Проверка исправности и отбраковка полупроводниковых диодов и транзисторов 96
10. Особенности монтажа и эксплуатации полупроводниковых приборов 99
11. Преимущества и недостатки полупроводниковых приборов 101
12. Система обозначений полупроводниковых приборов . . . . . —

Глава четвертая. **Источники питания** 105

1. Общее устройство, основные технические данные и правила эксплуатации гальванических элементов и щелочных аккумуляторов . . . . . —

2. Зарядка аккумуляторов. Зарядное устройство на полупроводниках для малогабаритных аккумуляторов 116
3. Выпрямители 118

Глава пятая. **Электрорадиоизмерения** 127

1. Основные сведения об измерительной технике . . . . . —
2. Устройство и принцип действия электрорадиоизмерительных приборов 132
3. Способы измерения электрических величин 140
4. Ламповые вольтметры 147
5. Омметры 149
6. Поверка и градуировка электрорадиоизмерительных приборов 151
7. Амперовольтомметры (авометры, тестеры) 154
8. Осциллографы 157
9. Измерительные генераторы 164
10. Испытатели радиоламп и полупроводниковых приборов . . . 169

Глава шестая. **Переменный электрический ток и электромагнитные колебания** 177

1. Основные параметры переменного тока. Понятие о токах промышленной, звуковой, высокой и сверхвысокой частот . . . —
2. Активное, индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока 179
3. Получение электромагнитных колебаний в колебательном контуре. Резонанс напряжений и резонанс токов 181

Глава седьмая. **Радиоволны, особенности их распространения и применения для радиосвязи** 186

1. Понятие о длине волны. Длинные, средние, короткие и ультракороткие радиоволны . . . . . —
2. Особенности распространения радиоволн различной длины 187

Глава восьмая. **Принципы радиопередачи и радиоприема** 195

1. Радиопередатчики 196
2. Радиоприемники 205

Глава девятая. **Сборка и налаживание радиоаппаратуры. Устройство и эксплуатация электронофонов.** 226

1. Порядок сборки и монтажа радиоаппаратуры . . . . . —
2. Проверка монтажа 231
3. Проверка выпрямителя 232
4. Проверка режимов ламп 233
5. Проверка усилителя низкой частоты . . . . . —
6. Неисправности приемников и методика их устранения . . . —
7. Устройство электрофона и его эксплуатация 236

Глава десятая. **УКВ радиостанции** 247

УКВ радиостанция Р-126 . . . . . —
1. Тактико-технические данные . . . . . —
2. Материальная часть радиостанции . . . . . —

3. Структурная схема радиостанции 253
4. Правила эксплуатации радиостанции 256
5. Краткие сведения по ремонту радиостанции 258
6. Развертывание радиостанции 263
УКВ радиостанция Р-105. 266
Тактико-технические данные . . . . . —

Глава одиннадцатая. **Полевые телефонные аппараты** 269

1. Тактико-технические данные, общее устройство и принцип работы полевых телефонных аппаратов ТАИ-43, ТАИ-43Р и ТА-57 . . . . . —
2. Правила пользования полевыми телефонными аппаратами 277
3. Правила эксплуатации и сбережения телефонных аппаратов 278
4. Устройство полевых кабелей и правила их прокладки для дистанционного управления радиостанциями 279
5. Определение расстояния до места повреждения изоляции проводов 281

Глава двенадцатая. **Радиосвязь в военном деле** 283

1. Общие сведения . . . . . —
2. Радиоданные 285
3. Установление радиосвязи и ведение радиообмена (служебных переговоров) при работе микрофоном . . . . . —
4. Обязанности дежурного радиотелефониста 290
5. Радиодисциплина 291
6. Ретрансляция. 292

Глава тринадцатая. **Принципы телевизионной передачи и телевизионного приема. Общие сведения о радионавигации и радиолокации** 294

1. Физические основы телевидения. Общие сведения . . . . . —
2. Передача изображений 300
3. Принципы телевизионного приема 305
4. Эксплуатация телевизоров 310
5. Радионавигация и радиолокация 321

Приложения 324

Приложение 1. Примерные практические работы . . . . . —
Приложение 2. Условные обозначения основных радиодеталей на принципиальных схемах 330

Марк Маркович Ельянов

ПРАКТИКУМ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

Редакторы **А. В. Врублевский** и **Т. А. Чамаева**

Переплет **А. Р. Косолапова**

Художественный редактор **В. М. Прокофьев**

Технический редактор **В. В. Новосёлова**

Корректор **И. А. Короткова**

Подписано к печати с матриц 4/VIII 1976 г. 84×108 1/32. Бум. тип. 3. Печ. л. 10,5+вкл. 0,16. Усл. печ. л. 17,64+0,27 вкл. Уч.-изд. л. 17,98+0,17 вкл. А05045. Тираж 155 тыс. экз.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с матриц в типографии изд-ва «Уральский рабочий», г. Свердловск, просп. Ленина, 49. Заказ № 517.

Цена 31 коп.

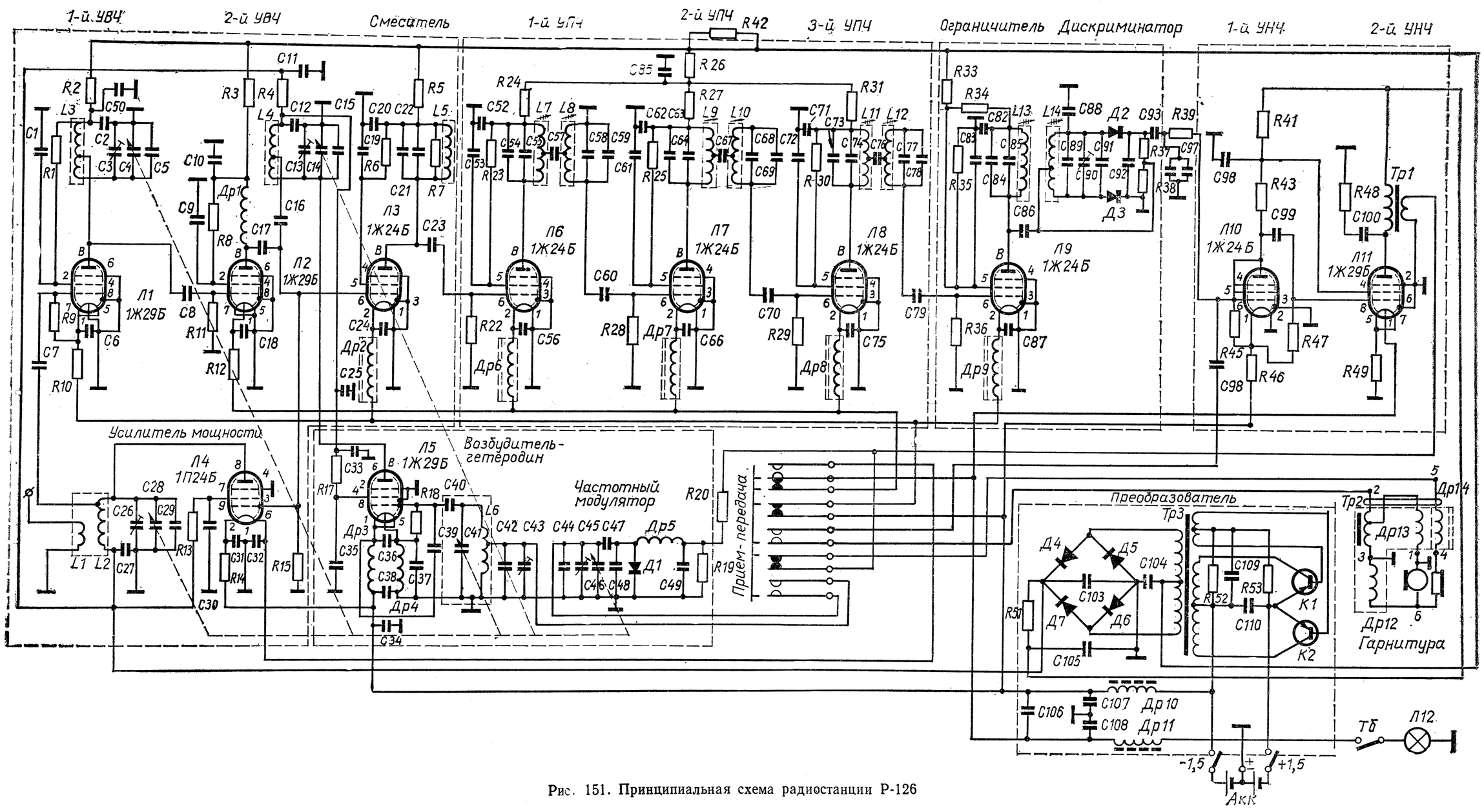


Рис. 151. Принципиальная схема радиостанции Р-126

31 коп.