

В. И. БУЛЫЧ

# ЭКОНОМУ РАДИО- КОНСТРУКТОРУ



**В. И. БУЛЫЧ**

# **ЮНОМУ РАДИО- КОНСТРУКТОРУ**

**МОСКВА —  
ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»  
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР —  
1976**

Булыч В. И.

Б90      Юному радиоконструктору. М., ДОСААФ, 1977.  
80 с. с ил.

В брошюре приведены основные сведения о радиодеталях, широко применяемых в радиолюбительской практике, даны способы их проверки и условные обозначения на схемах.

На основе принципиальных схем и монтажных печатных плат достаточно подробно рассмотрены конструкция и работа приемников прямого усиления и усилителей низкой частоты, методика наладки этих устройств.

Брошюра предназначена для начинающих радиолюбителей.

Б  $\frac{30404-105}{072(02)-76}$  101 — 77

6Ф2.124

# I. КАК ПРОЧИТАТЬ РАДИОСХЕМУ

## 1. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Структурная схема содержит наиболее общие сведения о радиоприборе. На ней в виде прямоугольников, соединенных между собой прямыми линиями со стрелками, изображаются основные функциональные узлы прибора. Взаимосвязь между ними указывают направления стрелок.

В качестве примера рассмотрим структурную схему наиболее простого по своей конструкции детекторного радиоприемника (рис. 1). Он состоит из антенны, вход-

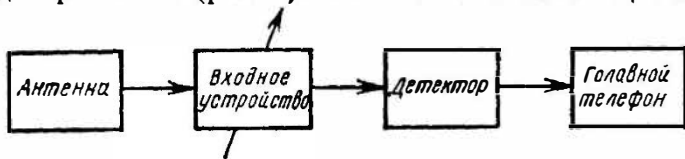


Рис. 1. Структурная схема детекторного радиоприемника

ного устройства (перестраиваемого колебательного контура), детектора и головного телефона.

Принятые антенной высокочастотные колебания поступают на входное устройство, где путем настройки колебательного контура выделяется сигнал требуемой радиостанции. Далее из колебательного контура высокочастотный сигнал поступает на детектор и преобразуется в электрические колебания низкой частоты. С детектора низкочастотный сигнал подается на головной телефон, где получают звуковые колебания.

Таким образом, не зная еще, из каких именно элементов будет собран приемник и как они будут электрически соединены между собой, по структурной схеме уже можно понять принцип работы детекторного приемника, назначение функциональных частей и взаимосвязь между ними.

## 2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Подробные сведения о содержании отдельных узлов устройства, об особенностях его функциональных частей, деталях, из которых оно состоит, содержит принципиальная схема. На ней показываются условными графическими обозначениями (символами) все элементы,

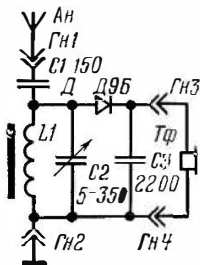


Рис. 2. Принципиальная схема детекторного радиоприемника

соединения и связи между ними в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Рассмотрим принципиальную схему детекторного радиоприемника (рис. 2), структурная схема которого представлена на рис. 1.

Все элементы приемника показаны на схеме с тем количеством выводов, которое имеется в реальных деталях, а сами выводы соединяются между собой так, чтобы можно было проследить электрические цепи и понять происходящие в приемнике процессы. Электрические соединения более двух проводников на схемах обозначаются точками. Как правило, рядом с символами элементов проставляются их позиционные обозначения, состоящие из одной или нескольких букв. Каждому виду деталей присвоена соответствующая буква — антенне —  $A_n$ , катушке индуктивности —  $L$ , конденсатору —  $C$ , полупроводниковому диоду —  $D$ , телефону —  $Тф$ , и цифра, обозначающая номер однотипных элементов на схеме.

Умение разобраться в том, что изображено на принципиальной схеме, т. е. умение прочитать схему, очень важно для радиоконструктора.

Что же можно понять из схемы, изображенной на рис. 2? Из принципиальной схемы детекторного радиоприемника видно, что он может работать при подклю-

пии к гнезду  $G_{н1}$  паружпой антенны  $A_n$ , а к гнезду  $G_{н2}$  — заземления. Характерной особенностью этого приемника является отсутствие собственного источника питания, т. е. он функционирует лишь за счет энергии принятых высокочастотных колебаний. Иначе говоря, в таком приемнике не происходит усиления сигналов. Антенна  $A_n$  вместе с элементами  $C1$ ,  $L1$  и  $C2$  представляет собой избирательную колебательную систему. Сигналы, принятые антенной через конденсатор связи  $C1$ , поступают на перестраиваемый колебательный контур  $L1$ ,  $C2$ . С помощью конденсатора переменной емкости  $C2$  колебательный контур настраивается на частоту принимаемого сигнала, в то время как сигналы от других радиостанций благодаря избирательным свойствам контура ослабляются.

Высокочастотные колебания, выделенные контуром, поступают на диод  $D$ , выполняющий роль детектора. Благодаря своим нелинейным свойствам диод преобразует принятый высокочастотный сигнал в сигнал звуковой частоты, который и воспроизводится телефоном  $Tф$ . В составе сигнала после детектирования будет и высокочастотная составляющая. Она не несет никакой информации и поэтому отфильтровывается посредством блокировочного конденсатора  $C3$ . Такой приемник предназначен лишь для приема амплитудно-модулированных сигналов.

Кроме того, из принципиальной схемы можно узнать о назначении и типах полупроводниковых приборов (диод типа Д9Б), о величине емкости конденсаторов (они указываются рядом с их позиционными обозначениями), а также о некоторых других особенностях элементов. Так, например, две полукруглости и черточка внутри символа телефона указывают, что телефон электромагнитный и т. д.

На принципиальных схемах нет указаний о конструкции и размерах элементов, об их взаимном расположении, так как эти подробности будут лишь отвлекать внимание, не помогая понять физические процессы, происходящие в устройстве.

Принципиальная схема составляется каскадно. Каскад представляет собой отдельную группу радиоэлементов, имеющих свою общую функциональную задачу. Для удобства чтения каскады на принципиальной схеме располагают слева направо в порядке последовательности

обработки и преобразования сигнала. При этом входные цепи (антенна, колебательный контур) изображают в левой, а выходные (усилитель низкой частоты, громкоговоритель) — в правой частях схемы. Зная назначение каждого каскада, можно представить себе принцип работы всего радиоустройства в целом, быстро и правильно осуществить его монтаж, ремонт и настройку.

### **3. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, МОНТАЖНАЯ ПЛАТА**

По самой идее своего построения принципиальные схемы не могут отражать порядок размещения деталей в реальном устройстве, который подчиняется, в частности, стремлению свести к минимуму паразитные связи между отдельными цепями, удобству монтажа и др. Более того, в большинстве случаев это и невозможно, поскольку принципиальная схема представляет собой плоский чертеж, а реальное устройство, как правило, характеризуется некоторым пространственным размещением.

При изготовлении радиолюбительского устройства и при его ремонте часто существует необходимость иметь чертеж, дающий определенное представление о конструктивном выполнении устройства в целом и монтажных соединениях в частности. Таким чертежом является **схема электрических соединений**. Ее элементы могут изображаться (как и на принципиальной схеме) в виде условных графических обозначений, а в некоторых случаях — в виде упрощенных контурных рисунков реальных элементов. На таких схемах показывают все выводы деталей, монтажные клеммы, лепестки и провода, осуществляющие соединения.

При конструировании сравнительно простых радиолюбительских устройств большинство деталей обычно монтируется на единой монтажной плате. Исключения составляют гнезда, разъемы, переключатели, которые иногда устанавливаются на боковых стенках корпусов или специальных крошечках.

На монтажных платах могут применяться различные виды монтажа: плоский проволочный, объемный проволочный, плоский печатный, объемный печатный и модульный. В практике широко применяются плоский прово-

лочный и печатный виды монтажа. При *плоском проволочном монтаже* все детали располагают на плате из изоляционного материала (гетинакс, текстолит и др.) в одной плоскости. Все соединения выполняют проводками, используя и выводы резисторов, конденсаторов, диодов. Такой монтаж обеспечивает свободный доступ ко всем деталям схемы, позволяет производить в процессе конструирования некоторые изменения в схеме с целью

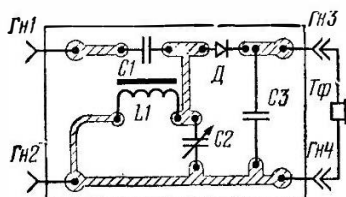


Рис. 3. Внешний вид монтажной печатной платы детекторного радиоприемника

улучшения ее качественных показателей или в целях эксперимента, облегчает технологию ремонта. Однако в настоящее время все большее признание среди радиолюбителей находит *печатный монтаж*, при котором соединительными проводниками являются полоски медной фольги, приклеенной к изоляционному материалу (гетинаксу или текстолиту). Печатная плата изготавливается следующим образом: на фольгированный гетинакс или текстолит наносят кислотостойкую краску (на места, соответствующие соединительным проводникам), незакрашенные места стравливают специальным раствором. Технология изготовления печатных плат достаточно подробно описана в радиолубительской литературе, поэтому здесь ограничимся лишь этим кратким напоминанием.

При изготовлении простейшего детекторного радиоприемника может показаться, что в монтажной печатной плате (рис. 3) нет необходимости. Однако при конструировании транзисторных усилителей и приемников в силу их сравнительной сложности необходимость изготовления печатных монтажных плат станет очевидной.

#### 4. ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ

Приемной антенной называется устройство, предназначенное для преобразования энергии электромагнитных волн в токи высокой частоты. В настоящее



время в радиолюбительских малогабаритных приемниках особенно широко применяются штыревые телескопические и магнитные с ферритовым сердечником антенны.

Внешний вид телескопической антенны и ее условное обозначение на принципиальных схемах показаны на рис. 4 (а, б). Она состоит из нескольких отрезков латунных трубок с различным внешним диаметром и толщи-

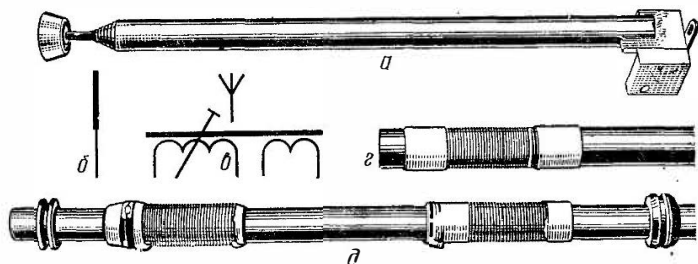


Рис. 4. Внешний вид и условное графическое обозначение приемных антенн

ной стенок примерно 0,5 мм. Длина трубок определяется размерами радиоприемника.

В переносных радиоприемниках массовое применение нашли антенны, реагирующие на магнитную составляющую радиоволн. Самой распространенной из этого класса является магнитная антенна с ферритовым сердечником. Она представляет собой катушку, намотанную на изоляционном каркасе, который надет на ферритовый стержень круглого или прямоугольного сечения. Внешний вид и условное обозначение магнитной антенны с ферритовым сердечником на принципиальных схемах показан на рис. 4, г, д, е. Стержень концентрирует магнитный поток внутри катушки, поэтому электродвижущая сила, наведенная в ней, значительно больше той, которая наводилась бы при отсутствии стержня. При обозначении такой антенны на схемах следует символы ферритового стержня и обмотки располагать горизонтально и, кроме того, рекомендуется добавлять общий символ антенны. Если одна или несколько обмоток антенны должны подстраиваться в процессе регулировки, то это показывают знаками подстроечного регулирования на символах этих обмоток (рис. 4, в).

Следует иметь в виду, что магнитная антенна обла-

дает направленными свойствами относительно принимаемой станции и поэтому для получения наилучшего приема приходится поворачивать (ориентировать) соответствующим образом весь приемник. При этом максимальная громкость приемника достигается в том случае, если ферритовый стержень магнитной антенны находится в горизонтальном положении, а его ось будет перпендикулярной направлению на принимаемую радиостанцию. Для различных диапазонов волн применяют ферритовые стержни с соответствующей магнитной проницаемостью ( $\mu$ ). Так, для диапазона длинных волн  $\mu = 1000-2000$ , средних волн —  $\mu = 600-1000$ , коротких волн —  $\mu = 50-200$ . Магнитная проницаемость — важнейшая характеристика магнитного материала. Чем она больше, тем лучше приемные свойства антенны. Однако с ростом частоты в ферритовом стержне увеличиваются потери и тем сильнее, чем больше  $\mu$ , что и определяет указанный выбор марки феррита для различных диапазонов волн.

## 5. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Выключателями и переключателями обычно называют устройства, предназначенные для включения, выключения и переключения различных электрических цепей. Любое из этих устройств (рис. 5) содержит одну или несколько пар контактов и механизм, при помощи которого эти контакты могут быть замкнуты или разомкнуты.

Выключатели имеют два рабочих положения: «включено» и «выключено». Замыкание и размыкание электрической цепи осуществляется подвижным контактом, который постоянно соединен с одним из выводов (неподвижным контактом) и соединяется с другим при установке ручки в положение «включено». Возможна другая конструкция, когда подвижная перемычка замыкает или размыкает два неподвижных контакта. В обоих случаях подвижный и неподвижный контакты на схемах обозначают линиями одинаковой толщины и, кроме того, замыкающий контакт изображают в выключенном, а размыкающий — во включенном состояниях.

На рис. 5 показаны внешний вид и условное обозначение на схемах, например, обычного ТП1-2 (рис. 5, а) и малогабаритного МТ-1 (рис. 5, б) тумблеров. При этом тум-

блер ТП1-2 позволяет коммутировать одновременно две электрические цепи, на что указывают две тонкие параллельные линии, соединяющие символы подвижных контактов. С его помощью, например, можно включить питание какого-либо устройства и одновременно разомкнуть две другие цепи. Рассмотренные выключатели широко

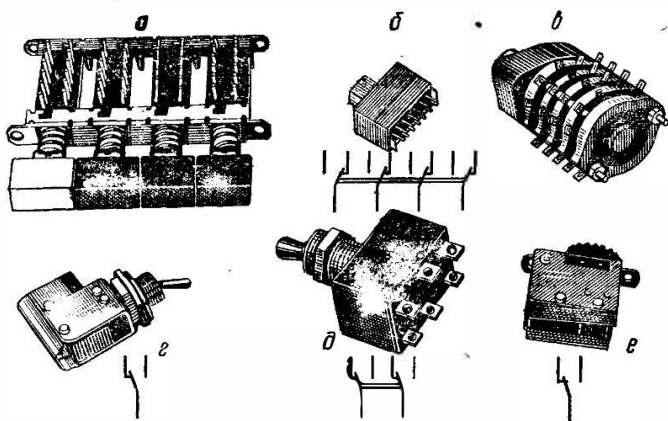


Рис. 5. Внешний вид и условное графическое обозначение выключателей и переключателей

используются в радиолюбительских конструкциях для коммутации цепей постоянного и переменного тока.

Переключатели в отличие от выключателей, как правило, коммутируют одновременно несколько электрических цепей и могут иметь несколько положений механизма управления. Следовательно, они содержат достаточно большое число подвижных и неподвижных контактов. Подвижный контакт (контакты) на схемах изображают в одном из положений, но при этом обязательно делают пояснения, например: «переключатель диапазонов показан в положении «ДВ» \* и т. д.

На рис. 5, а, б, в и е показаны внешний вид и условное обозначение на схемах малогабаритных переключателей клавишного, движкового и галетного типов. Переключатель движковый малогабаритный ПДМ1-1 (е) имеет два положения (2П) и позволяет коммутировать одно-

\* ДВ — длинные волны.

временно лишь одну цепь. Переключатель движковый ПД-2 (6) имеет два положения (2П) и четыре направления (4П), т. е. обеспечивает одновременную коммутацию четырех цепей. Переключатель малогабаритный четырехгалутный (ПДГ-3) имеет три положения (3П) и восемь направлений (8П), т. е. обеспечивает в любом из трех положений одновременную коммутацию восьми электрических цепей. Рассмотренные устройства применяются в качестве переключателей поддиапазонов радиоприемников, переключателей рода работ различных радиолубительских измерительных приборов и т. д. и могут успешно функционировать в диапазоне частот до нескольких десятков мегагерц.

## 6. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ, ТРАНЗИСТОРЫ

Наиболее распространенными полупроводниковыми приборами являются диоды и транзисторы. Их изготавливают из полупроводниковых материалов, удельное сопротивление которых больше  $0,001 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , что характерно для проводников, и меньше  $10\,000 \text{ МОм} \cdot \text{см}$ , что характерно для изоляторов. Протекание тока, т. е. перенос зарядов в полупроводниках, в зависимости от типа примесей может осуществляться либо электронами, либо дырками (дырка — пустое место в кристаллической решетке полупроводникового материала, обусловленное нарушением валентных связей атома основного элемента вследствие введения примесей).

Полупроводники, в которых заряды переносятся электронами, имеют проводимость типа  $n$  (от латинского слова «негатив» — отрицательный), а те, в которых перенос осуществляется дырками — проводимость типа  $p$  (от латинского слова «позитив» — положительный). Если между двумя полупроводниками с разными типами проводимости существует контакт, то его называют электронно-дырочным  $n$ - $p$  или  $p$ - $n$  переходом.

Проводимость электронно-дырочного перехода зависит от полярности приложенного к нему внешнего напряжения. Когда положительный полюс батареи подключен к области типа  $p$ , а отрицательный — к области типа  $n$ , принято говорить о прямом напряжении  $U_{\text{пр}}$ . В этом случае проводимость  $p$ - $n$  перехода велика, ток максималь-

ный ( $I_{\text{пр. макс}}$ ). Если изменить полярность включения внешнего источника, то  $p$ - $n$  переход включится в обратном направлении, и тогда проводимость и ток малы. В этом случае говорят, что к  $p$ - $n$  переходу приложено обратное напряжение ( $U_{\text{обр}}$ ). Величины токов в прямом и обратном направлениях различаются в десятки и сотни раз.

Использование свойства односторонней проводимости  $p$ - $n$  перехода лежит в основе принципа действия полупроводниковых приборов.

Полупроводниковый диод, самый простой полупроводниковый прибор, содержит один  $p$ - $n$  переход.

Диоды классифицируют по ряду признаков. В зависимости от того, какой материал применен для изготовления диодов, их делят на две основные группы: германиевые и кремниевые. Германиевые диоды могут работать при температуре не выше 70, а кремниевые — 125—150 °C. В зависимости от площади и конструкции контакта между полупроводниковыми материалами с  $p$  и  $n$  проводимостями различают плоскостные и точечные диоды.

По применению диоды подразделяются:

- на выпрямительные (в основном плоскостные), предназначенные для выпрямления токов низкой частоты; в свою очередь они подразделяются на маломощные (ток до 0,3 А), средней мощности (ток от 0,3 до 10 А) и большой мощности (ток выше 10 А);

- на высокочастотные (точечные), предназначенные для выпрямления детектирования и преобразования токов с частотами до единиц гигагерц \*;

- стабилитроны (плоскостные, кремниевые), предназначенные для стабилизации уровня напряжения при изменении величины протекающего через диод тока, они подразделяются на маломощные и средней мощности с допустимой мощностью рассеивания до 0,3 Вт и от 0,3 до 5 Вт соответственно;

- импульсные диоды, предназначенные для использования в качестве ключевых элементов в быстродействующих схемах с временем переключения менее 1 мкс;

- варикапы — диоды, принцип действия которых основан на использовании зависимости емкости  $p$ - $n$  пере-

---

\* 1 гигагерц =  $10^9$  Гц.

хода от величины приложенного к ним обратного напряжения. Заметим, что у всех диодов по мере увеличения обратного напряжения емкость перехода уменьшается. Отличительная особенность варикапов состоит в том, что эта зависимость выражена более ярко — емкость  $p-n$  перехода может изменяться в 3—5 раз. Основными параметрами варикапов являются величина номинальной емкости  $C_{\text{ном}}$  и напряжения смещения  $U_{\text{см}}$  (постоянное обратное напряжение, при котором емкость перехода равна  $C_{\text{ном}}$ ). Они используются в приемниках, генераторах и других радиоустройствах в качестве конденсатора переменной емкости.

Кроме перечисленных различают еще специальные типы диодов: туннельные, фотодиоды и др.

При выборе диодов и определении их взаимозаменяемости руководствуются следующими основными параметрами:

- прямой ток  $I_{\text{пр}}$  — величина тока, протекающего через диод в прямом направлении, когда к нему приложено напряжение 1 В (у некоторых диодов при 0,5; 1,5 или 2 В);

- наибольший обратный ток  $I_{\text{обр}}$  — величина тока, протекающего через диод, когда к нему приложено постоянное напряжение, равное максимально допустимой амплитуде обратного напряжения. Этот параметр является важнейшим показателем качества: чем меньше  $I_{\text{обр}}$ , тем лучше качество диода;

- прямое падение напряжения  $U_{\text{пр}}$  — это то напряжение, которое падает на диоде при протекании через него допустимого прямого тока  $I_{\text{пр. доп}}$ ;

- допустимое обратное напряжение  $U_{\text{обр}}$  — это наибольшая амплитуда напряжения, приложенного к диоду в обратном направлении и не приводящего к его пробое;

- прямое сопротивление  $R_{\text{пр}}$  — это сопротивление диода прямому току;

- обратное сопротивление  $R_{\text{обр}}$  — это сопротивление диода обратному току.

В радиолюбительской практике проверка исправности и качества диодов является одной из наиболее распространенных операций. Это связано, во-первых, с разбросом параметров у различных экземпляров одного и того же типа и, во-вторых, с частым повреждением диодов из-за неумелого обращения с ними или из-за дефектов

в схеме. Простейшие методы проверки исправности диодов рассматриваются в IV разделе.

Транзисторы представляют собой полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

По исходному материалу транзисторы, как и диоды, делятся на германиевые и кремниевые. Германиевые могут работать в диапазоне температур от  $-60$  до  $70-85^{\circ}\text{C}$ , кремниевые — от  $-50$  до  $120-150^{\circ}\text{C}$ . По диапазону рабочих частот они делятся на низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные. По мощности различают транзисторы малой, средней и большой мощности. Кроме того, транзисторы могут быть точечными и плоскостными. Однако точечные транзисторы в настоящее время полностью вытеснены плоскостными, характеризующимися меньшим уровнем шумов, высоким коэффициентом усиления, большей мощностью.

Плоскостной транзистор представляет собой систему из двух взаимодействующих  $p$ - $n$  переходов, в которой можно выделить три области: эмиттерную, базовую и коллекторную. От этих областей сделаны внешние выводы, называемые соответственно эмиттером, базой и коллектором. Если носителями зарядов в транзисторе являются электроны и дырки, то он называется биполярным. В зависимости от геометрической структуры размещения областей с различной проводимостью различают транзисторы  $p$ - $n$ - $p$  или  $n$ - $p$ - $n$  типа. Транзисторы, у которых используется только один основной носитель заряда, например, только дырки или только электроны, называются униполярными, или канальными (с каналом проводимости типа  $p$  либо типа  $n$ ).

Самыми известными и доступными для радиолюбителей являются биполярные транзисторы. В практических радиоконструкциях транзисторы могут включаться по схеме с общим эмиттером (ОЭ), общей базой (ОБ) или общим коллектором (ОК). Однако наиболее широкое применение находит схема с ОЭ, поскольку в этом случае можно получить наибольшее усиление как по напряжению, так и по току.

При подборе транзисторов для какого-либо устройства необходимо учитывать следующие наиболее важные параметры:

— коэффициент передачи тока эмиттера  $\alpha$  («альфа»)

в схеме с ОБ, представляющий собой отношение изменения тока коллектора к изменению тока эмиттера при постоянном напряжении на коллекторе. Для современных плоскостных транзисторов величина  $\alpha$  обычно находится в пределах 0,9—0,997, причем с повышением частоты  $\alpha$  уменьшается;

— коэффициент усиления по току для схемы с ОБ  $\beta$  («бета»), показывающий во сколько раз изменение тока коллектора больше изменения тока базы при постоянном напряжении коллектор-эмиттер. Так как ток базы в большинстве случаев в десятки-сотни раз меньше тока коллектора, то величина  $\beta$  всегда больше единицы. Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  связаны между собой следующим соотношением:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}.$$

Таким образом, зная величину  $\alpha$ , всегда можно вычислить значение  $\beta$ : например, при типичных значениях  $\alpha=0,95-0,98$  получается  $\beta=20-50$ ;

— предельная (граничная) частота усиления по току  $f_a$  — частота, при которой значение коэффициента усиления по току в схеме с ОБ уменьшается до  $\alpha=0,7$ ;

— максимально допустимое напряжение на коллекторе  $U_{к. макс}$  — это наибольшее значение напряжения между коллектором и базой, при котором параметры транзистора не выходят за пределы нормы в течение длительного времени. Превышение  $U_{к. макс}$  приводит к резкому увеличению тока коллектора, вслед за чем транзистор может выйти из строя в результате электрического или теплового пробоя;

— предельно допустимая мощность, рассеиваемая коллектором  $P_{к. доп}$ , характеризует наибольшее значение мощности, длительно рассеиваемой коллектором, при котором сохраняется работоспособность транзистора.

Все перечисленные параметры необходимо учитывать всякий раз при выборе транзистора для работы в соответствующей схеме. Так, для перерезонансных усилителей необходимо подбирать транзисторы с как можно большей  $f_a$  (П403, П411, П422, П423 и др.), что обеспечит достаточно высокое и равномерное усиление в рабочей полосе частот. Следует иметь в виду, что транзисторы с малым коэффициентом усиления дают хотя и меньшее, но более



равномерное усиление в широкой полосе частот (ГТ311, ГТ313, ГТ320, П402, П422А и др.). В каскадах с трансформаторным выходом и высоким уровнем сигнала необходимо применять транзисторы с максимально допустимым напряжением на коллекторе в 1,5—2 раза более вы-

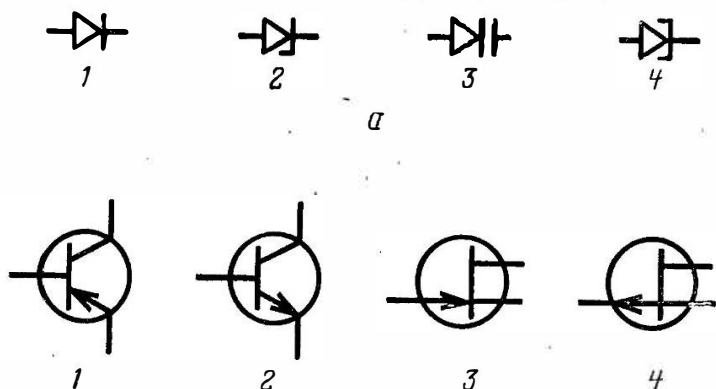


Рис. 6. Условное графическое обозначение полупроводниковых приборов:

а — диода (1); стабилитрона (2); варикапа (3); туннельного диода (4);

б — транзистора *p-n-p* (1); транзистора *n-p-n* (2); транзисторов полевых с каналом *p*-типа (3) и *n*-типа (4)

соким, чем напряжение питания, так как результирующее коллекторное напряжение может представлять сумму постоянного напряжения питания и амплитуды усиленного сигнала. Для высокочувствительных усилителей низкой и высокой частоты необходимо подбирать транзисторы с возможно меньшими собственными шумами. Специальные низкочастотные мал шумящие транзисторы (П13Б, П27, П27А, П28, ПЗ9Б, ГТ108Б, ГТ109) могут быть заменены высокочастотными (например, П401—П423, а еще лучше — мал шумящими ГТ322), которые на низких частотах обладают меньшим уровнем шумов. Косвенным признаком малого уровня шумов является малая величина обратного тока коллектора  $I_{к0}$ .

Из сказанного следует, что при подборе транзисторов для различных схем радиоконструкций желательно измерение в первую очередь  $\beta$  (или  $\alpha$ ) и  $I_{к0}$ . Измерение параметров сразу же покажет качество транзистора, тог-

да как исправность еще не гарантирует требуемого качества. Поэтому измерение параметров во всех случаях является более предпочтительным, однако оно предполагает наличие сложных приборов, что зачастую вынуждает радиолюбителей ограничиться простой проверкой исправности. Методика проверки работоспособности транзисторов излагается в IV разделе. Условные графические обозначения диодов и транзисторов даны на рис. 6.

## 7. РЕЗИСТОРЫ

Резисторы (рис. 7) представляют собой элементы, обладающие способностью оказывать сопротивление току, протекающему через них. С помощью резисторов создается определенный режим работы радиоламп, транзисторов и других элементов радиоэлектронных устройств. Резисторы бывают постоянные, переменные и подстроечные. Постоянными резисторами называют такие, сопротивление которых при эксплуатации не подвергается изменениям. Переменными и подстроечными резисторами называются такие, сопротивление которых при эксплуатации может регулироваться. В зависимости от конструкции и технологии изготовления различают проволочные и непроволочные резисторы. Любой резистор характеризуется номинальным значением сопротивления, классом точности, номинальной мощностью рассеивания, стабильностью, уровнем шумов и др.

В малогабаритной аппаратуре применяют три основных типа *постоянных* резисторов: МЛТ — металлизированные лакированные теплостойкие, МОП — металлоокисные теплостойкие и УЛМ — углеродистые лакированные малогабаритные. Постоянные резисторы выпускаются с номинальной величиной сопротивления от единиц Ом до сотен МОм. По ряду технических причин допускается отклонение величины сопротивления резистора от номинального значения. Это отклонение, выраженное в процентах, определяет его точность. Резисторы, имеющие отклонение от номинального значения сопротивления равное 5%, относятся к I классу точности, 10% — ко II и 20% — к III. Резисторы, имеющие отклонение менее 5%, относятся к высшему классу.

При прохождении электрического тока через резистор на нем выделяется электрическая мощность. Наибольшая мощность, при которой резистор может длительное время надежно работать, называется номинальной мощностью рассеяния. Промышленность выпускает резисторы с номинальными мощностями 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 Вт

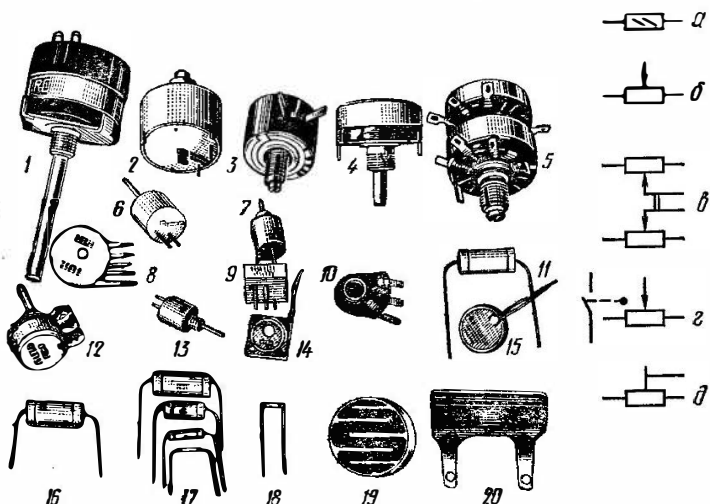


Рис. 7. Внешний вид и условное графическое обозначение резисторов:

а — резистор постоянный (16, 17, 18, 20); б — резистор переменный (2, 3, 4, 6, 8, 12); в — резистор переменный сдвоенный (5); г — резистор переменный с выключателем (1); д — резистор подстроечный (7, 9, 10, 13, 14).  
1 — ТК; 2, 6, 13 — СПО; 3 — ПП1; 4 — СП-1; 5 — СП-III; 7 — СПЗ-6; 8 — СПЗ-ЗВМ; 9 — СП5-2; 10 — СПЗ-1а; 11 — СН1-1; 12 — СПЗ-15; 14 — СП5-3; 15 — СН1-2; 16 — МОН; 17 — ОМЛТ; 18 — УЛИ; 19 — ФСК; 20 — ПЭВ

и более. На принципиальных схемах рядом с условным обозначением резисторов указывается номинальное значение сопротивления. Значения сопротивлений от 0 до 999 Ом указывают числом без обозначения единицы измерения, от 1 до 999 килоом — числом с буквой «К» (20 К, 180 К и т. д.), свыше 1 мегома — числом с буквой «М» (1 М; 2,2 М; 3,3 М и т. д.). В технической литературе встречаются обозначения резисторов сопротивлением свыше 1 МОм в виде цифровой записи без буквы, но с запятой после целой части (1,2; 2,7 и т. д.). В настоящее

время маркировка выпускаемых резисторов производится по специальному коду. Единицы сопротивлений в кодированной системе обозначают буквами Е — ом, К — килоом и М — мегом. Так, резисторы сопротивлением 75 Ом маркируют 75Е, 10 кОм — 10 К, кОм — 82 К и т. д. Значения сопротивлений от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях килоома и мегома соответственно, причем на месте нуля и запятой ставится буква, соответствующая требуемой единице измерения. Так, например, 820 Ом = 0,82 кОм = К82; 180 кОм = 0,18 МОм = М18; 2,7 кОм = 2К7; 4,7 Ом = 4Е7; 3,3 МОм = 3М3 и т. д., т. е. все обозначения ведутся лишь двухзначными числами.

Допустимое отклонение от номинального значения сопротивления резистора кодируется буквой, располагаемой за последней цифрой, указывающей номинальное сопротивление. Допускаемому отклонению  $\pm 0,1\%$  соответствует буква Ж;  $\pm 0,2\%$  — У;  $\pm 0,5\%$  — Д;  $\pm 1\%$  — Р;  $\pm 2\%$  — Л;  $\pm 5\%$  — И;  $\pm 10\%$  — С;  $\pm 20\%$  — В;  $\pm 30\%$  — Ф. Тогда резистор сопротивлением 2,2 кОм  $\pm 20\%$  будет маркирован как 2К2В. Номинальная мощность рассеяния на малогабаритных резисторах не обозначается. Она определяется по габаритам резистора.

Переменные и подстроечные резисторы могут быть проволочные и непроволочные. Наибольшее применение нашли непроволочные резисторы основных типов СП — резисторы переменные, СПО — резисторы переменные объемные, СПЗ — резисторы подстроечные композиционные, СПП — резисторы подстроечные, СПД — резисторы переменные дисковые. Переменные резисторы ВК — «волюм — контроль» (регуляторы громкости) и ТК — «тон — контроль» (регуляторы тона) старых выпусков изготавливаются, соответственно, без выключателей и с выключателями. Непроволочные переменные резисторы используются в радиоаппаратуре в качестве регуляторов громкости, тембра, напряжения питания и т. п. Они подразделяются на три группы: «А» — с линейной, «Б» — с логарифмической и «В» — с показательной зависимостью изменения сопротивления между крайними и средними выводами от угла поворота оси.

## 8. КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы (рис. 8) представляют собой элементы, обладающие способностью накапливать электрические заряды. Конденсаторы как элементы электрических цепей служат для разделения переменного и постоянного составляющих тока, для сглаживания пульсаций выпрямленных напряжений, в сочетании с другими элементами они образуют частотно-избирательные системы и т. п. Конденсатор, как правило, состоит из двух или нескольких металлических пластин, разделенных диэлектриком. В качестве диэлектрика применяются воздух, бумага, керамика, слюда и другие материалы. По конструкции конденсаторы делятся на три группы: постоянной емкости, переменной емкости и полупеременные (подстроечные), позволяющие изменять емкость в небольших пределах. Независимо от группы и вида конденсаторы характеризуются следующими основными параметрами: номинальной величиной емкости, классом точности, рабочим напряжением и температурным коэффициентом емкости. Номинальная величина емкости конденсатора указывается на корпусе. Промышленностью изготавливаются конденсаторы емкостью от долей пикофарады (пФ) до 10 000 микрофарад (мкФ).

Класс точности конденсатора показывает допустимое отклонение емкости в процентах от номинальной величины. Существует класс I —  $\pm 5\%$ ; класс II —  $\pm 10\%$ ; класс III —  $\pm 20\%$ . У некоторых типов конденсаторов (например, электролитических) допустимое отклонение от номинала может составлять 50% и более.

Под рабочим напряжением следует понимать величину постоянного напряжения, при котором конденсатор работает длительное время, не изменяя своих характеристик. Величина рабочего напряжения устанавливается в зависимости от свойств и толщины диэлектрика. Повышение рабочего напряжения приводит к пробое диэлектрика.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) показывает относительное изменение емкости конденсатора при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ . В зависимости от вида конденсатора ТКЕ может быть положительным, когда емкость увеличивается при повышении температуры, или отрицательным. По величине ТКЕ конденсаторы подраз-

деляются на группы, которым присваиваются соответствующие цифровые и буквенные символы, а также цвета окраски корпуса или маркировочной точки.

Конденсатор постоянной емкости на схемах обозначается в виде двух параллельных линий — символизирую-

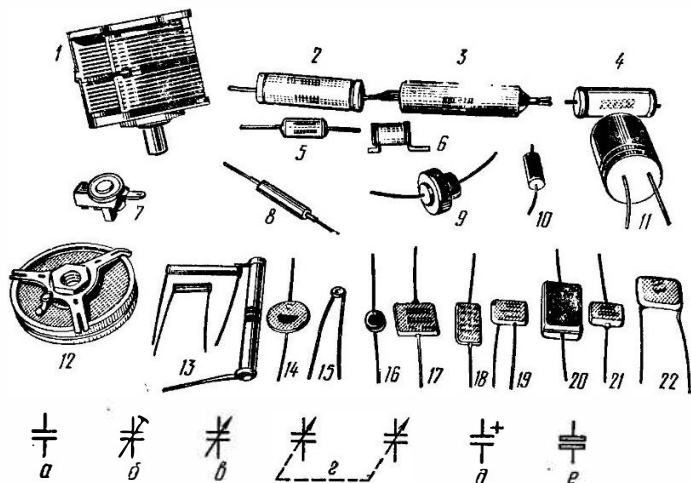


Рис. 8. Внешний вид и условное графическое обозначение конденсаторов:

а — конденсатор постоянной емкости (2—6; 13—22); б — конденсатор подстроечный (7, 12); в — конденсатор переменной емкости (1); г — конденсатор переменной емкости двойной; д — конденсатор электролитический полярный (10, 11); е — конденсатор электролитический неполярный (8, 9).

1 — конденсатор с воздушным диэлектриком; 2 — МБМ; 3 — КВГМ; 4 и 6 — СГМ; 5 — БМ; 7 — КПК; 8 — ЭМ; 9 — ЭТО; 10—11 — К-56; 12 — КПК-2; 13 — КТК; 14—16 — КД; 17, 19, 22 — КМ; 18, 21 — КС; 20 — КСОТ

щих его основные части: две обкладки и диэлектрик между ними. Около обозначения конденсатора на схеме указывают его номинальную емкость и рабочее напряжение. Емкости менее 1 пФ обозначаются соответствующим дробным числом с буквой П после него, например 0,5 пФ — 0,5П, 0,8 пФ — 0,8П и т. д. Емкости от 1 до 9999 пФ указываются в пикофарадах без единицы измерения, например, 270 пФ — 270; 5100 пФ — 5100; 6800 пФ — 6800 и т. д. Емкости от 0,01 мкФ (10 000 пФ) до 9999 мкФ — в микрофарадах, также без указания единицы измерения,

например, 0,047 мкФ — 0,047; 0,5 мкФ — 0,5; 20 мкФ — 20,0; 500 мкФ — 500,0 и т. д.

На корпусах конденсаторов номинальная емкость — ее допустимое отклонение, а иногда и рабочее напряжение указываются в кодированной форме. Единицы измерения емкости обозначают буквами П (пикофарада), М (микрофарада) и Н (нанофарада). При этом емкости от 0 до 100 пФ обозначают в пикофарадах, ставя букву П либо после числа (если оно целое), либо на месте запятой, например, 1,5 пФ — 1П5; 3,3 пФ — 3П3; 22 пФ — 22П; 82 пФ — 82П и т. д. Емкости от 100 пФ (0,1 нФ) до 0,1 мкФ (100 нФ) обозначают в нанофарадах, а от 0,1 мкФ и выше — в микрофарадах. В этом случае, если емкость выражается в долях нанофарады или микрофарады, соответствующую единицу измерения пишут на месте нуля и запятой, например, 150 пФ — Н15; 470 пФ — Н47; 0,22 мкФ — М22; 0,5 мкФ — М50 и т. д. Если же число состоит из целой части и дроби, то соответствующую единицу измерения пишут на месте запятой, например, 1500 пФ = 1,5 нФ = 1Н5, 330 пФ = 3,3 нФ = 3Н3. Емкости конденсаторов, выраженные целыми числами соответствующих единиц измерения, записывают непосредственно, например, 0,01 мкФ = 10 нФ = 10Н; 20 мкФ = 20М; 100 мкФ = 100М и т. д. Для указания допустимого отклонения емкости от номинального значения используют те же кодированные обозначения, что для резисторов.

В зависимости от типа диэлектрика различают конденсаторы следующих основных типов: БМ — бумажные малогабаритные; МБМ — металлобумажные малогабаритные, КСО — конденсаторы слюдяные опрессованные, СГМ — слюдяные герметизированные малогабаритные, КЛС — керамические литые секционные, КДС — конденсаторы дисковые сегнетоэлектрические, КТК — конденсаторы трубчатые керамические, КДК — конденсаторы дисковые керамические, ПСО — пленочные стирофлексные открытые и др.

В цепях высокой частоты применяются конденсаторы с керамическим или пленочным диэлектриком. Наименьшими потерями обладают конденсаторы КСО и ПСО типов, они используются в резонансных цепях, однако в КВ и особенно в УКВ резонансных цепях предпочтитель-

ней использовать типа КДК и КТК. Конденсаторы типа КЛС и КДС делают достаточно большой емкости и малых размеров, но вследствие большого разброса величины емкости от номинального значения, а главное, нестабильности при изменении температуры их преимущественно применяют в качестве разделительных и блокировочных. Конденсаторы пленочные (ПСО) обладают высокой добротностью, стабильностью и механической прочностью, широко применяются в аппаратуре в колебательных контурах, времязадающих цепях и др. Бумажные конденсаторы (БМ, МБМ) не рекомендуется применять в качестве блокировочных вследствие большой собственной индуктивности. Их применяют, как правило, в качестве разделительных конденсаторов. Достоинством металлобумажных конденсаторов является способность самовосстановления после электрического пробоя.

Среди большого разнообразия конденсаторов постоянной емкости особое место занимают так называемые *электролитические* конденсаторы. Они обладают большой удельной емкостью (десятки и даже тысячи микрофарад при сравнительно небольших габаритах) и применяются в низкочастотных цепях в качестве разделительных конденсаторов или в цепях с пульсирующим током для отфильтровки переменных составляющих. Диэлектриком в электролитических конденсаторах служит тонкий слой окиси металла, отложенный электрохимическим способом на алюминиевую или танталовую фольгу. Существует большое число типов электролитических конденсаторов. Наибольшее распространение в малогабаритной радиолюбительской аппаратуре получили конденсаторы типов ЭМ — электролитические малогабаритные (емкостью от 0,5 до 50 мкФ), ЭМИ — электролитические миниатюрные (емкостью 0,5; 1,25; 10 мкФ); ЭТО — электролитические танталовые объемные (емкостью от 10 до 1000 мкФ); К50-6 (емкостью от 1 до 4000 мкФ) и К53-4 (емкостью от 0,47 до 1000 мкФ). В них роль одной обкладки (анода) выполняет алюминиевый или танталовый электрод, а роль второй обкладки (катода) — специальный электролит, выводом которого иногда служит сам металлический корпус конденсатора. Большинство типов электролитических конденсаторов полярно. Это значит, что включать их можно лишь в цепи постоянного или пульсирующего на-



пряжения и только в той полярности (катод — к минусу, анод — к плюсу), которая указана на корпусе.

На схемах электролитические конденсаторы обозначаются в виде двух параллельных линий с указанием полярности включения (возле анода ставят знак «плюс»). Поскольку эти конденсаторы очень чувствительны к перенапряжению, то на схемах часто указывают не только их номинальную емкость, но и номинальное рабочее напряжение.

Электролитические конденсаторы для высокочастотных сигналов создают значительное сопротивление, особенно при охлаждении, поэтому в высокочастотных цепях они должны шунтироваться керамическими конденсаторами (КЛС).

Электролитические конденсаторы, особенно большой емкости, могут иметь значительную утечку, т. е. пропускать заметный постоянный ток (до 0,2 мА), поэтому их не следует применять в высокоомных цепях. В этом отношении, например, конденсаторы типа К50-6 значительно лучше конденсаторов типа ЭМ.

Для подстройки и перестройки колебательных контуров в радиоаппаратуре применяют *подстроечные* и *переменные* конденсаторы. Емкость подстроечных конденсаторов может изменяться в небольших пределах (от единиц до десятков пикофарад). Основным требованием к подстроечным конденсаторам является плавность изменения емкости и надежность фиксации положения ротора в установленном положении. Подстроечные конденсаторы бывают с воздушным и твердым диэлектриком. Одним из наиболее распространенных типов подстроечных конденсаторов являются керамические подстроечные конденсаторы (КПК). Их выпускают трех типов — КПК-1, КПК-2 и КПК-3. Для малогабаритных приемников прямого усиления в качестве перестраиваемого элемента колебательного контура наиболее подходящими являются конденсаторы типа КПК-2. Основное их преимущество — малая толщина (что позволяет поместить их целиком внутри ручки настройки), круговое вращение, отсутствие тресков при вращении ротора и продолжительный срок службы. В конденсаторах переменной емкости (КПЕ) емкость может плавно изменяться в значительных пределах (от единиц до сотен пикофарад). В радиоприемниках используются КПЕ с воздушным и твердым диэлектриком. Па-

раметры КПЕ с твердым диэлектриком несколько хуже, но зато они дешевле и размеры их намного меньше, чем у КПЕ с воздушным диэлектриком. Однако следует помнить, что КПЕ с твердым диэлектриком в приемниках с высокой чувствительностью при перестройке на другую волну могут служить причиной появления электростатических зарядов, проявляющихся в виде тресков. Для устранения этого недостатка в некоторых КПЕ на пластины статора наклеивается полиэтиленовая диэлектрическая пленка, что существенно улучшает качество работы приемника. В настоящее время промышленностью выпускается достаточно большой ассортимент КПЕ, сведения о которых можно получить в радиолобительской справочной литературе.

## 9. КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ, ДРОССЕЛИ, ТРАНСФОРМАТОРЫ

Любое радиотехническое устройство в своем составе обязательно содержит катушки индуктивности, дроссели и трансформаторы (низкой или высокой частоты).

Индуктивность измеряется в генри (Г), миллигенри (1 мГ = 0,001 Г), микрогенри (1 мкГ = 0,001 мГ) и наногенри (1 нГ = 0,001 мкГ). Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах радиоприемников в зависимости от рабочего диапазона частот, находится в пределах от долей (УКВ) и единиц (КВ) микрогенри до нескольких миллигенри (ДВ).

Важным параметром катушек индуктивности является добротность. Увеличение добротности катушки, а также изменение ее собственной индуктивности можно осуществить путем введения в нее сердечника из специального магнитного материала. Условное обозначение на схемах катушки с магнитодиэлектрическим сердечником представляет жирную штриховую линию, а с ферритовым — жирную сплошную линию параллельно символу катушки. Причем, посредством жирной сплошной линии параллельно символу катушки изображаются и низкочастотные дроссели, трансформаторы. При этом никакой путаницы в определении назначения катушек индуктивности (высокочастотная с ферритовым или низкочастот-

ная со стальным или пермолловым сердечником) не возникает. Если учитывать функциональные связи между элементами принципиальной схемы, то в высокочастотном каскаде, например, катушку со силовым сердечником нельзя спутать с низкочастотным дросселем. От катушки резонансного контура зависит избирательность приемника, чем меньше в ней потери, тем выше избирательность. Потери энергии в катушке складываются из потерь в проводе, в сердечнике и в каркасе. Правильный выбор типа провода, а также способа намотки катушки существенно снижает потери энергии. В СВ и ДВ диапазонах целесообразно мотать катушки проводом типа литцендрат. Каркас катушки на частотах ДВ и СВ диапазонов может быть склеен из бумаги или тонкого картона, пропитанных синтетическим клеем (полистирольным, шеллачным, БФ, нитроклеем). Применять водорастворимые клеи (казеиновый, декстриновый и тем более канторский) не рекомендуется, так как все они невлагостойкие, что всегда является причиной нестабильности и увеличения потерь энергии (следует помнить, что силикатный клей является щелочью, разрушающей эмаль провода).

Высокочастотные дроссели и трансформаторы, предназначенные для работы в широком диапазоне частот, не должны иметь ярко выраженных резонансных свойств. Кроме того, они не должны создавать внешнего магнитного поля и быть чувствительными к подобным полям других элементов схемы. Для этого они должны иметь минимально возможные размеры. Таким требованиям наиболее полно отвечают дроссели и трансформаторы, равномерно намотанные на тороидальных сердечниках, без зазоров и склеек. Для широкополосных катушек целесообразно выбирать целый, несклеенный тороидальный сердечник с магнитной проницаемостью  $\mu = 1000$  для ДВ диапазона и  $\mu = 600$  для СВ диапазона.

В трансформаторах низкой частоты (переходные, выходные, силовые и др.) в качестве сердечников применяют магнитопроводы, изготовленные из электротехнической стали, пермоллоя и магнитодиэлектриков, обладающих малыми потерями на гистерезис\*. Широкое распростра-

---

\* Гистерезис — процесс изменения магнитных свойств материала. Потери на гистерезис представляют собой потери на перемагничивание магнитопровода.

нение получили магнитопроводы, набираемые из штампованных Ш-образных пластин толщиной 0,35—0,5 мм.

Обмотки трансформаторов и дросселей НЧ выполняют из медного изолированного провода (ПЭЛ, ПЭВ) различных сечений. Намотку производят виток к витку, прокладывая между слоями витков изоляцию из конденсаторной бумаги. Выводы обмоток при толщине провода более 0,35 мм выполняются тем же обмоточным проводом, только на них надевают полихлорвиниловые трубки для обеспечения необходимой электрической прочности изоляции. Если трансформатор имеет несколько обмоток, то на схеме нумеруют либо их выводы, либо сами обмотки. Если возникает необходимость показать на схеме начало обмотки, то возле соответствующего вывода на условном графическом обозначении обмотки ставят жирную точку.

## 10. АКУСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Акустические устройства обеспечивают преобразование электрической энергии в звуковую и наоборот. К ним относятся телефоны, громкоговорители, микрофоны. Общие условные символы телефона (например, рис. 2) и громкоговорителя (рис. 15) напоминают своими очертаниями внешний вид (проекцию сбоку) этих устройств. Как известно, в телефонах и громкоговорителях используются различные методы преобразования электрических колебаний в звуковые: электромагнитный, электродинамический, пьезоэлектрический и другие. Поэтому, например, для указания на схеме электромагнитного принципа действия телефона внутрь контура его условного обозначения может вписываться символ катушки с ферромагнитным сердечником, а электродинамического принципа действия громкоговорителя — символ катушки без сердечника.

Источником звуковых колебаний в телефоне служит мембрана (тонкая стальная пластинка), а в громкоговорителе — диффузор (бумажный конус), жестко связанный с якорем. Основными характеристиками громкоговорителей, важными в радиолюбительской практике, являются номинальная мощность, полное электрическое сопротивление звуковой катушки и полоса воспроизводимых частот.

Номинальная мощность представляет собой максимальную подводимую к громкоговорителю электрическую мощность, при которой пелипейные искажения не превышают норм, предусмотренных техническими условиями.

Полное электрическое сопротивление представляет собой сопротивление звуковой катушки переменному синусоидальному току, измеренное на частоте 1000 Гц. Реальная часть полного сопротивления равна внутреннему активному сопротивлению звуковой катушки, которое обычно указывается в паспорте.

Полоса воспроизводимых частот представляет собой диапазон частот, в пределах которого неравномерность частотной характеристики не превышает допустимой величины.

Для малогабаритных радиолюбительских конструкций большое значение имеет тип магнитной системы громкоговорителя, так как он определяет интенсивность внешнего магнитного поля. Наименьшее поле у громкоговорителей с керновым магнитом и закрытой (чашечной) магнитной системой. Самое сильное поле у громкоговорителей с кольцевым магнитом, особенно из феррита бария. Это магнитное поле, оказывая значительное влияние на окружающие элементы схемы, может полностью нарушить их работоспособность. Поэтому в малогабаритных конструкциях целесообразнее применять громкоговорители с керновым магнитом и чашечной магнитной системой (0,1ГД-6; 0,1ГД-8; 0,1ГД-12; 0,5ГД-17; 0,5ГД-21).

Начинающие радиоконструкторы в своих первых малогабаритных радиоприемниках в качестве звукопроизводящего устройства часто применяют головные телефоны (ТОН-2, ТА-4 и др.) и электромагнитные микрофоны (ДЭМ-4М, ДЭМК-6 и др.). Эти устройства характеризуются простотой конструкции, высокой надежностью, небольшими габаритами и имеют достаточно высокое внутреннее сопротивление, что позволяет включать их непосредственно в коллекторную цепь оконечного каскада.

Громкоговорители маркируют цифрами и буквами. Первая цифра означает номинальную мощность в ваттах. Буквы ГД означают: громкоговоритель динамический. Вторая цифра означает вариант конструктивного исполнения. Например, 0,25ГД-10 расшифровывается так: номинальная мощность 0,25 Вт; громкоговоритель динамический; 10 — вариант конструкции.

## 11. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Радиоэлектронные устройства для выполнения своих функциональных задач требуют наличия источников электропитания. К ним относятся выпрямители, работающие от сети переменного тока, а также химические источники тока — гальванические или аккумуляторные элементы и батареи (рис. 9).

На схемах химический источник тока условно обозначается в виде двух параллельных линий (рис. 9, а). Короткая и толстая линия обозначает отрицательный полюс («—»), а длинная и тонкая — положительный полюс («+») источника питания. Такая символика легко запоминается, и поэтому на схемах знаки полярности элемента иногда не указываются. Если для электропитания радиоэлектронного устройства требуется напряжение больше того, что может обеспечить один элемент, несколько таких элементов соединяют в батарею. В этом случае на схемах указываются лишь крайние элементы, а остальные обозначаются в виде тонкой штриховой линии (рис. 9, б). Многоэлементную батарею можно условно изображать и в виде одного элемента, указывая над ним начальную величину напряжения (рис. 9, в).

Г а л ь в а н и ч е с к и й э л е м е н т представляет собой источник электрической энергии, получаемой в результате химических реакций внутри элемента при замкнутой электрической цепи. Основными параметрами, характеризующими гальванические элементы и батареи, являются следующие. Электродвижущая сила (ЭДС) — зависит от химических свойств материалов электролита и электродов, примененных в элементе, и не зависит от их размера. ЭДС измеряется в вольтах (В). Емкость элемента (батареи) определяется количеством электричества, отдаваемого элементом при оговоренных условиях разряда (сопротивление нагрузки, температура и напряжение в конце разряда). Емкость элемента измеряется в ампер-часах (А·ч). Батареи большой емкости обеспечивают более длительную работу, позволяют увеличить выходную мощность (например, усилителя), они более экономичны. Сохранность элемента или батареи характеризуется временем, в течение которого все показатели соответствуют оговоренным в технических условиях. Сохранность зависит от

саморазряда, который происходит даже при отключенной нагрузке. При повышении температуры саморазряд ускоряется.

Гальванические элементы маркируются буквами и цифрами, характеризующими эксплуатационные данные. Например, батарея 13АМЦГ-У-0,5 расшифровывается

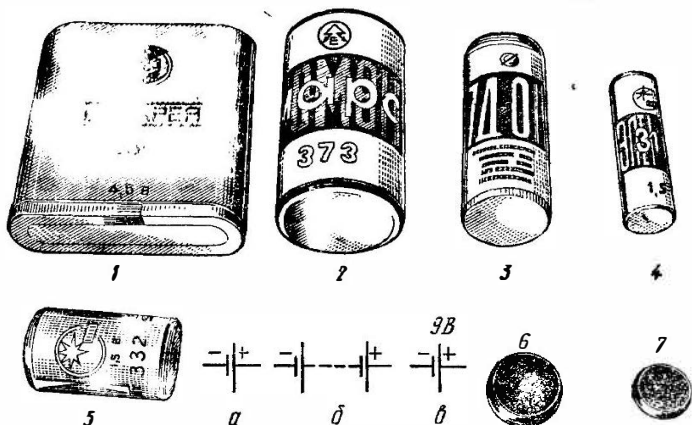


Рис. 9. Внешний вид и условное графическое обозначение химических источников тока:

а — условное обозначение элемента; б, в — условные обозначения батарей;

1 — батарея 3336У; 2 — элемент «Марс»; 3 — батарея 7Д-01; 4 — элемент ЭЛС-1; 5 — элемент 332; 6 — Д-01; 7 — Д-0,06

так: анодная с марганцево-цинковой электрохимической системой, галетная, универсальная, напряжением 13 В, начальная емкость 0,5 А·ч.

Наряду с указанной системой маркировки батареи широкого применения могут иметь словесное название («Крона», «Рубин» и «Сатурн») и цифровое — элементы 373 («Марс»), 332 (ФБС-0,25) и др.

В настоящее время большое распространение получили гальванические батареи разового пользования («Крона», КБС-Л-0,5, 3336Л и др.).

При конструировании радиоэлектронных устройств следует батареи и тем более отдельные элементы размещать в изолированных отсеках (кожухах). Это предупредит возможную коррозию металлических частей или замыкание монтажных проводников вследствие выделения элементами (батареями) при интенсивной нагрузке жидкости

(электролита). По этой же причине перед длительным перерывом в работе необходимо вынимать батареи из радиоустройства.

Другой разновидностью химических источников постоянного тока являются аккумуляторы, представляющие собой устройства, состоящие из наполненного электролитом сосуда, в котором размещаются отдельно друг от друга положительные и отрицательные пластины. По сравнению с гальваническими элементами аккумуляторы имеют значительно больший срок службы, способны отдавать большие разрядные токи и допускают многократную перезарядку.

Для питания портативной аппаратуры широко используются малогабаритные герметические аккумуляторы типа Д-0,01; Д-0,06; Д-0,07; Д-0,1; Д-0,12; Д-0,2. Буква Д означает дисковый аккумулятор, а цифра — номинальную емкость в ампер-часах. Аккумуляторы Д-0,1 выпускаются как в виде отдельных элементов, так и в виде батарей из семи элементов (7Д-0,1).

Достоинством герметичных аккумуляторов является то, что они не требуют замены электролита в течение всего срока службы. При нормальной эксплуатации они допускают около 500 циклов заряд-разрядов. Герметичные аккумуляторы рассчитаны на работу при температуре выше 0°C. Разряжать их до напряжения, меньшего 1 В (на один элемент), не следует, так как в этом случае происходят внутренние необратимые процессы, снижающие их емкость и срок службы.

Срок службы аккумуляторов сокращается также при их длительном хранении без подзарядки, которая должна производиться не реже одного раза в месяц.

Зарядку аккумуляторов можно произвести с помощью зарядных устройств, простейшие схемы которых приведены на рис. 10. Зарядное устройство (рис. 10, а) предназначено для зарядки аккумуляторных батарей типа 7Д-0,1. Оно представляет собой однополупериодный выпрямитель на кремниевой диоде (Д) типа Д226, последовательно с которым включен гасящий резистор R, ограничивающий ток заряда батарей.

Для зарядки двух аккумуляторов типа Д-0,1 можно использовать зарядное устройство, выполненное по схеме рис. 10, б. Если возникнет необходимость произвести зарядку аккумуляторов типа Д-0,06, то в этой схеме



следует изменить только сопротивления резистора  $R2$  и  $R3$  па величину, равную 2 кОм. Зарядка аккумуляторов осуществляется в течение 12—15 часов. Перед подключением аккумуляторов к зарядному устройству необходимо проверить качество контактов (они не должны быть окис-

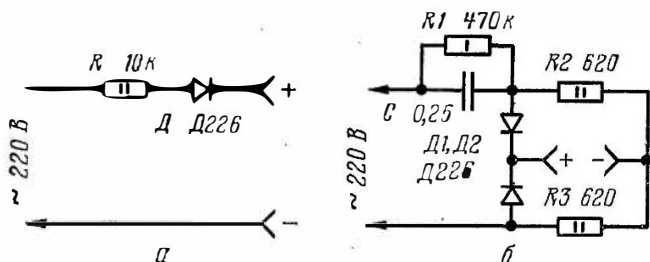


Рис. 10. Принципиальные схемы простых зарядных устройств

ленными). Чтобы не повредить аккумуляторы во время зарядки, требуется строгое соблюдение полярности их включения.

Конструктивно зарядное устройство можно выполнить различным образом, например, в виде штепсельной вилки, в которой располагаются диод, резисторы и конденсатор.

## II. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИЕМНИКОВ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

---

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

По принципу работы современные приемники можно разделить на детекторные, прямого усиления, супергетеродинные и прямого преобразования.

Наиболее простыми являются детекторные приемники. Принцип работы, структурная и принципиальная схемы простейшего из них были рассмотрены в I разделе.

Приемник прямого усиления также сравнительно прост в изготовлении, но обеспечивает более высококачественный прием радиосигналов. Такой приемник содержит входную цепь с антенной, каскады усиления высокой частоты, детекторный каскад, каскады усиления низкой (звуковой) частоты и источник питания.

Усиление, обеспечиваемое каскадами высокой частоты, должно быть таким, чтобы величина усиленного сигнала была достаточной для эффективной работы детектора. С выхода детектора высокочастотный сигнал подается на вход усилителя низкой частоты, а затем на громкоговоритель.

В зависимости от количества каскадов усиления до и после детектора приемники прямого усиления характеризуются некоторой условной формулой. В этой формуле детекторный каскад обозначается латинской буквой  $V$ , а количество каскадов усиления по высокой и низкой частотам указывается цифрами, стоящими, соответственно, слева и справа от буквы  $V$ . Так, например формула  $1-V-2$  показывает, что приемник прямого усиления содержит однокаскадный усилитель высокой частоты (УВЧ), детектор и двухкаскадный усилитель низкой частоты (УНЧ). Чувствительность приемников прямого усиления тем выше, чем больше каскадов усиления высокой частоты. Однако чем больше каскадов УВЧ, тем ниже устойчивость приемника к самовозбуждению. Как правило, число каскадов УВЧ в радиолюбительских радиоприемниках прямого

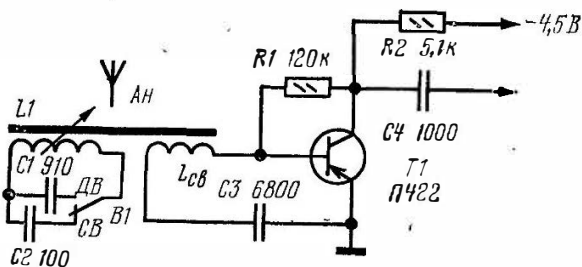


Рис. 11. Принципиальная схема и способ включения магнитной антенны на основе РРС

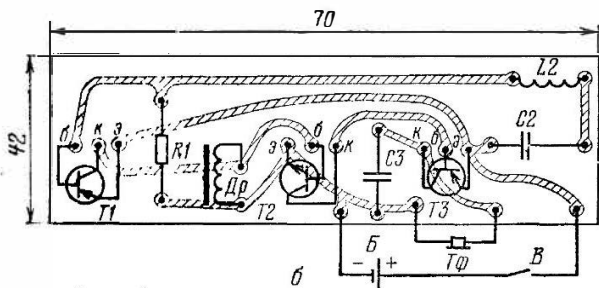
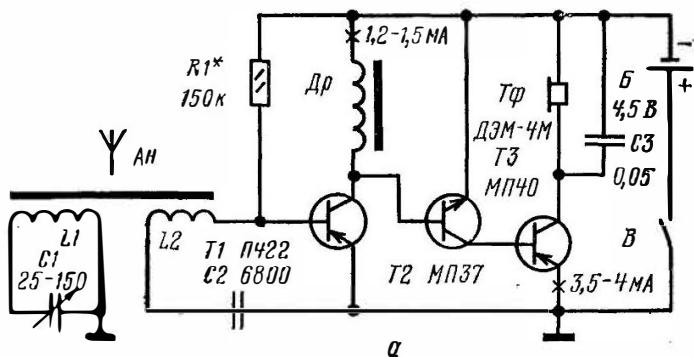


Рис. 12. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы радиоприемника 1-V-1

усиления не превышает трех. В малогабаритных приемниках для упрощения УВЧ целесообразно использовать нерезонансные (апериодические) широкополосные каскады усиления. Нагрузкой таких УВЧ могут служить широкополосные трансформаторы, дроссели или обычные резисторы. УВЧ с трансформаторной нагрузкой используется в большинстве простых схем приемников с одним высокочастотным каскадом. В этом случае достигается хорошее согласование высокочастотного каскада с детектором. Величина связи определяется соотношением числа витков первичной и вторичной обмоток. Если в качестве детектора используется диод, то соотношение между обмотками должно быть близким 1:1. Если же роль детектора выполняет транзистор, то трансформатор должен быть понижающим с коэффициентом трансформации равным примерно 10. Каскады УВЧ желательно выполнять на высокочастотных транзисторах типа П422, П423, П401, П403, ГТ308, ГТ309 и др.

При конструировании малогабаритных приемников прямого усиления на транзисторах радиолюбители зачастую испытывают трудности в выборе или изготовлении конденсаторов переменной емкости, необходимых для перестройки входного контура. В этом случае в качестве перестраиваемого входного контура (и одновременно магнитной антенны) можно использовать регулятор размера строк (РРС) от телевизоров старых моделей («Рубин», «Рекорд», Сигнал» и др.).

РРС представляет собой высокочастотный дроссель, индуктивность которого может меняться в широких пределах. Изменение индуктивности осуществляется за счет перемещения внутри каркаса ферритового сердечника (стержня), являющегося одновременно направленной приемной антенной.

Для использования РРС в качестве перестраиваемого входного контура необходимо снять существующую обмотку, а вместо нее следует намотать 120 витков провода ПЭЛ 0,55, в четыре слоя по 30 витков в каждом. Между слоями делают прокладку из конденсаторной бумаги. Обмотку покрывают слоем лакоткани и поверх нее наматывают катушку связи таким же проводом (12—15 витков).

Пример включения такого контура в схему приведен на рис. 11. Для перекрытия диапазона ДВ (408—150 кГц) к катушке параллельно подключают конденсатор С1

емкостью 910 пФ. Для диапазона СВ (525—1605 кГц) емкость конденсатора  $C2$  составляет 100 пФ. Конденсатор  $C3$  — разделительный.

## 2. ПРИЕМНИК 1-V-1 НА ТРАНЗИСТОРАХ РАЗЛИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Применение транзисторов различного типа проводимости позволяет значительно упростить схему приемников прямого усиления. В частности, на рис. 12, а приведена принципиальная схема приемника 1-V-1, содержащего кроме входного колебательного контура всего три транзистора, один резистор, два конденсатора и высокочастотный дроссель. Это наглядно демонстрирует простоту схемы. Весь приемник может быть размещен в корпусе предельно малых размеров. Рассмотрим его принципиальную схему.

Высокочастотный сигнал, принятый магнитной антенной, с катушки связи  $L2$  поступает на вход первого каскада. Катушка  $L1$  для работы в длинноволновом диапазоне содержит 240 витков провода ПЭВ 0,12, а катушка  $L2$  — 10—15 витков провода ПЭВ 0,18. Обе катушки намотаны на бумажном каркасе и надеты на ферритовый стержень марки 600НН с внешним диаметром 8 мм и длиной 70 мм.

Первый каскад приемника выполнен на транзисторе  $T1$  типа П422. Нагрузкой этого каскада является высокочастотный дроссель  $Dr$ , намотанный на ферритовом кольце марки 1000НН с внешним диаметром 8 мм и содержащий 100 витков провода ПЭЛШО 0,1.

Второй каскад, выполненный на транзисторе  $T2$  типа МП37, помимо функции детектирования обеспечивает и усиление низкочастотного сигнала. Применение транзистора  $n-p-n$  проводимости позволяет получить хорошее согласование с предыдущим каскадом и значительно упрощает схему.

Оконечный (выходной) каскад собран на транзисторе  $T3$  типа МП40. Непосредственное включение коллектора транзистора  $T2$  в цепь базы транзистора  $T3$  существенно увеличивает эффективность работы выходного усилителя низкой частоты. Нагрузкой оконечного каскада служит обмотка микрофонного капсюля электромагнитного типа

ДЭМ-4М. Лучшее качество звучания можно получить, применив малогабаритные громкоговорители типа 0,025ГД-2 или 0,5ГД-1, имеющие полное сопротивление звуковой катушки порядка 60 Ом.

Приемник питается от четырех элементов малогабаритных герметических аккумуляторов типа Д-0,06. Можно применять и другие источники питания напряжением 4—4,5 В.

На рис. 12, б показан вид монтажной печатной платы, изготовленной из фольгированного гетинакса.

Приемник, собранный строго по принципиальной схеме, как правило, начинает работать сразу. Его налаживание заключается в подборе величины сопротивления резистора  $R1$ . В зависимости от параметров транзистора  $T1$  величина сопротивления  $R1$  может меняться в пределах 82—150 кОм. Ток коллектора транзистора  $T1$  подбирается равным 1,2—1,5 мА. Рекомендуется применять транзисторы со следующими значениями коэффициента усиления по току:  $T1$ —40—80;  $T2$ —20—30;  $T3$ —30—40.

Для работы приемника в средне- и длинноволновом диапазонах, без применения переключателя поддиапазонов, емкость конденсатора  $C1$  должна изменяться в пределах 6—300 пФ. В качестве такого конденсатора можно использовать, например, конденсатор переменной емкости от микроприемников «Рубин» или «Космос» с параллельно соединенными секциями.

### 3. ПРИЕМНИК 1-V-2 НА ТРАНЗИСТОРАХ РАЗЛИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

На рис. 13, а приведена принципиальная схема довольно простого радиоприемника 1-V-2, в схеме которого, в отличие от предыдущего, увеличено число транзисторов, что повысило его качественные характеристики (чувствительность и уровень громкости). Приемник работает на внутреннюю магнитную антенну и предназначен для приема радиостанций ДВ и СВ диапазонов при плавной настройке частоты.

Входной контур состоит из катушки  $L1$  и конденсатора  $C1$ . Катушку  $L1$  и катушку связи  $L2$  наматывают внавал непосредственно на ферритовом стержне марки 600НН длиной 70—80 мм и диаметром 7—9 мм. Первая из них

содержит 180—200 витков, а вторая — 10—15 витков провода ПЭЛ или ПЭЛШО 0,1—0,13. В качестве конденсатора  $C1$  применен КПК-2.

УВЧ выполнен на транзисторе  $T1$  обратной проводимости типа МП38А. Величина сопротивления резистора

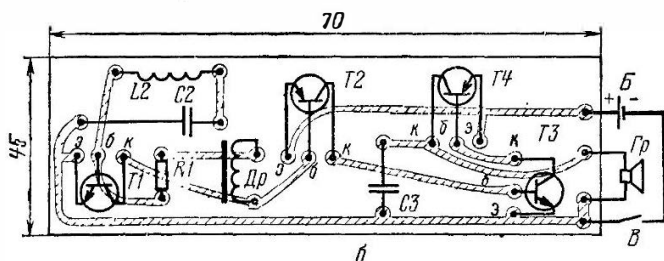
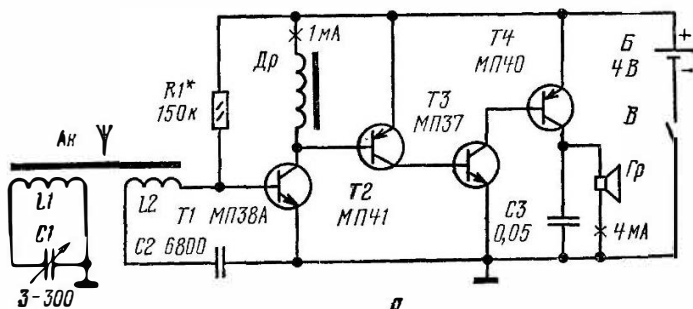


Рис. 13. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы радиоприемника 1-V-2 на транзисторах различной проводимости

$R1$ , включенного в цепь базы и определяющего режим транзистора  $T1$ , должна составлять 120—180 кОм. При этом величина коллекторного тока устанавливается равной 1—2 мА.

Каскад на транзисторе  $T2$  типа МП40 осуществляет одновременно детектирование и усиление низкочастотного сигнала. Режим транзисторов  $T2$ ,  $T3$  (типа МП37) и  $T4$  (типа МП40) сильно зависит от величины коллекторного тока  $T1$ , а следовательно, и от омического сопротивления высокочастотного дросселя  $Др$ . Поэтому при наладке для получения требуемого режима работы транзисторов после установки необходимой величины коллектор-

ного тока  $T1$  следует подобрать оптимальное число витков дросселя. Это обеспечит максимальное усиление полезного сигнала, а значит и максимальную громкость на выходе приемника, которая ориентировочно оценивается «на слух». Практически нужно при удовлетворительной громкости приемника добиваться минимальной величины тока коллектора транзистора  $T4$ . Дроссель  $Dr$  мотается на ферритовом кольце марки 600НН с внешним диаметром 8 мм и должен содержать 100—200 витков провода ПЭЛПО 0,1—0,12.

Особого внимания требует подбор транзистора  $T2$ , для которого желательно иметь максимальный коэффициент усиления по току  $\beta$  (порядка 100) и минимальную величину обратного тока коллектора  $I_{ко}$  (не более 2 мкА).

Выбирая транзисторы  $T3$  и  $T4$  каскадов УНЧ, необходимо помнить, что с увеличением их коэффициентов усиления растет и потребляемый ими ток. Поэтому, если от приемника не требуется повышенной чувствительности (например, если он предназначен для приема местных радиовещательных станций), то коэффициент усиления  $\beta$  этих транзисторов может не превышать величину 30—35. В этом случае, если сопротивление по постоянному току громкоговорителя  $Gr$  составляет 60 Ом, а напряжение источника питания равно 4 В, общий потребляемый ток всего приемника будет не более 20 мА при настройке на радиостанцию и не более 15 мА при отсутствии входного сигнала. В качестве конденсатора  $C1$  можно применить подстроечный конденсатор типа КПК-2 (25—150 пФ). Величина шунтирующей емкости  $C3$  при указанной величине нагрузки должна быть порядка 0,05 мкФ. Вид монтажной печатной платы, изготовленной из фольгированного гетинакса, показан на рис. 13, б.

На рис. 14, а приведена принципиальная схема приемника 1-V-2 на транзисторах с различным типом проводимости, в котором связь между каскадами УНЧ емкостная. Этот приемник также прост в изготовлении и налаживании, не требует применения дефицитных деталей и легко может быть повторен начинающими радиоконструкторами. Он работает в диапазоне частот 173—1300 кГц (230—1734 м).

Катушка индуктивности  $L1$  и конденсатор  $C1$  образуют перестраиваемый входной колебательный контур.



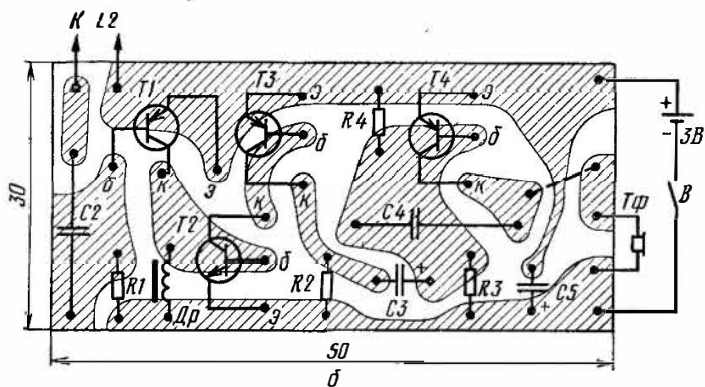
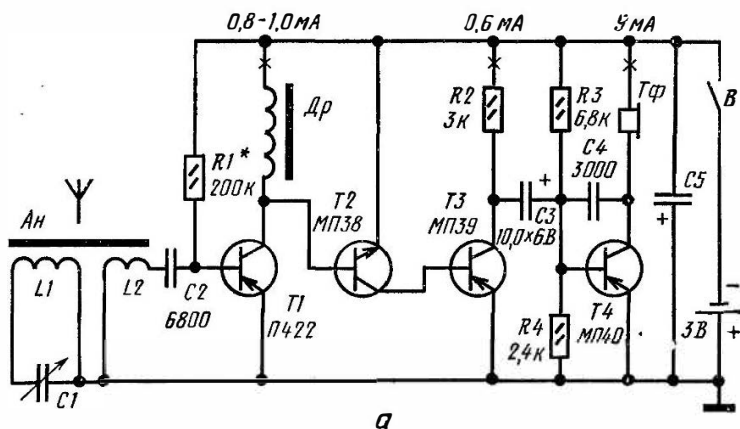


Рис. 14. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы радиоприемника 1-V-2 с емкостной связью

Высокочастотный сигнал, принятый магнитной антенной, поступает на вход первого каскада через катушку связи  $L2$ . Конденсатор  $C2$  — разделительный. Катушки  $L1$  и  $L2$  намотаны на ферритовом стержне (марки 600НН) диаметром 8 мм и длиной 70 мм;  $L1$  содержит 270—300 витков провода ПЭЛШО 0,15 (намотка внавал в трех секциях), а  $L2$  — 13 витков того же провода (намотка виток к витку).

Первые три каскада выполнены с непосредственной связью и имеют хорошее согласование между собой бла-

годаря применению во втором каскаде транзистора с обратной проводимостью.

УВЧ однокаскадный, аperiodический, собран на транзисторе  $T1$  типа П422. Нагрузкой каскада является высокочастотный дроссель  $Др$ , намотанный на ферритовом кольце марки 600НН с внешним диаметром 9 мм и содержащий 160 витков провода ПЭЛ 0,16 (намотка внавал).

Во втором каскаде (транзистор  $T2$  типа МП38) происходит детектирование ВЧ сигнала и предварительное усиление НЧ сигнала. Режим по постоянному току устанавливается небольшим положительным смещением, получаемым за счет падения напряжения на омическом сопротивлении дросселя  $Др$ . Далее звуковой сигнал усиливается в первом каскаде УНЧ (транзистор  $T3$  типа МП39) и через разделительный конденсатор  $C3$  поступает на вход второго каскада УНЧ (транзистор  $T4$  типа МП40). Режим транзистора  $T4$  по постоянному току обеспечивает делитель напряжения (резисторы  $R3$ ,  $R4$ ). Нагрузкой является обмотка микротелефонного капсюля ДЭМ-4М или звуковая катушка громкоговорителей типа 0,025ГД-2 либо 0,05ГД-1. Конденсатор  $C4$  служит для обеспечения отрицательной обратной связи, улучшающей частотную характеристику усилителя, а  $C5$  предохраняет приемник от самовозбуждения при старении батарей. Монтажная печатная плата приемника приведена на рис. 14, б.

В приемнике применены резисторы типа УЛМ, конденсатор  $C2$  — типа КДС,  $C4$  — типа КТМ,  $C3$  и  $C5$  — электролитические малогабаритные типа ЭМИ или К50-6, конденсатор  $C1$  — типа КПК-2 (25—150 пФ). Для увеличения коэффициента перекрытия вместо подстроечного конденсатора  $C1$  типа КПК-2 можно использовать конденсатор переменной емкости от микроприемников «Космос» или «Рубин». При этом обе секции включаются параллельно, что обеспечит общее изменение результирующей емкости в пределах примерно от 6 до 300 пФ. Приемник питается от батареи, состоящей из двух элементов 316 или любых других, обеспечивающих требуемую величину напряжения (3 В). Наладка приемника сводится в основном к установке указанных на схеме величин коллекторных токов транзисторов подбором сопротивлений резисторов  $R1$ — $R4$ .

#### 4. ПРИЕМНИК 1-V-2 С НИЗКОВОЛЬТНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ

На рис. 15, а приведена принципиальная схема приемника, выполненного на четырех транзисторах и работающего от низковольтного источника питания. Приемник может обеспечить прием сигналов радиовещательных станций в диапазоне ДВ и СВ.

Входной контур образован катушкой  $L1$  и конденсатором  $C1$ . Элементом связи магнитной антенны и каскада УВЧ служит катушка  $L2$ , соединенная с эмиттером  $T1$  через разделительный конденсатор  $C2$ . Обе катушки на-

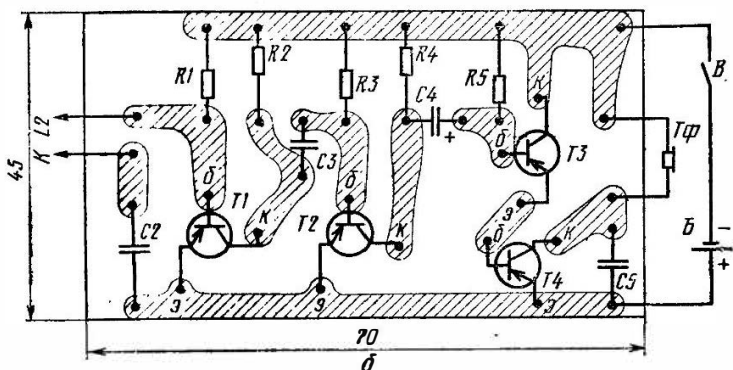
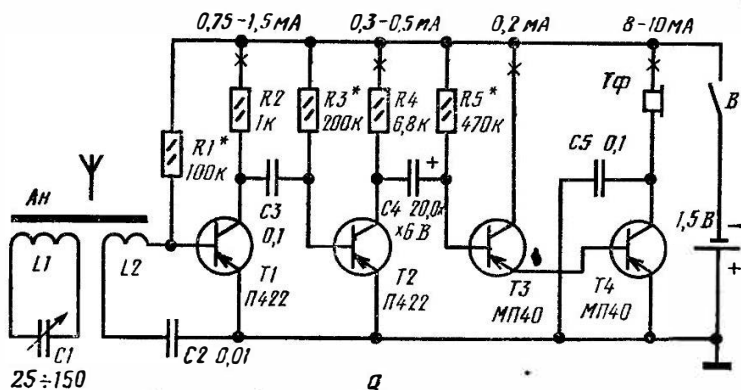


Рис. 15. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы радиоприемника 1-V-2 с низковольтным источником питания

мотапы виток к витку на бумажных каркасах и размещены на ферритовом стержне прямоугольного сечения размерами  $100 \times 20 \times 3$  мм марки 600НН или 400НН. Для работы в диапазоне ДВ катушки  $L1$  и  $L2$  содержат соответственно 270 и 20 витков провода ПЭЛШО или ПЭВ-1 0,15—0,2. В диапазоне СВ катушка  $L1$  содержит 80—90, а катушка связи  $L2$  — 7—8 витков такого же провода.

Перестройка входного контура производится подстроечным конденсатором  $C1$  типа КПК-2 (25—150 пФ).

Усилительным элементом каскада УВЧ служит транзистор  $T1$  типа П422, нагруженный на резистор  $R2$ . Усиленные высокочастотные колебания с выхода УВЧ поступают через конденсатор  $C3$  на базу транзистора  $T2$ , где происходит детектирование сигнала.

Продетектированный сигнал поступает на вход двухкаскадного усилителя низкой частоты, собранного на транзисторах  $T3$  и  $T4$  (оба типа МП40). Связь между транзисторами первых трех каскадов емкостная ( $C3$  и  $C4$ ), а между транзисторами  $T3$  и  $T4$  — непосредственная. Нагрузкой транзистора выходного каскада могут быть микротелефон типа ТМ-4, а также телефонный капсюль ТК-47 или микротелефонный капсюль типа ДЭМШ-1а. В приемнике применены малогабаритные резисторы типа УЛМ или МЛТ-0,125, конденсаторы  $C2$ ,  $C3$ ,  $C5$  — керамические и малогабаритные бумажные, электролитический  $C4$  типа ЭМ или К50-6. Выключатель питания малогабаритный, может быть любого типа, в том числе и самодельный.

Наладку приемника желательно производить на макетной плате, после чего он монтируется на монтажной печатной плате (рис. 15, 6).

Транзисторы  $T1$  и  $T2$  могут иметь коэффициент усиления  $\beta$  порядка 60—80, а транзисторы  $T3$  и  $T4$  — 40—60. Вместо транзистора П422 можно применить любые другие высокочастотные новые и их старые аналоги (П401, П402, П403, П416, П420—П423 и др.), а транзистор МП40 заменяется любыми маломощными низкочастотными транзисторами (МП39, МП41, МП42 и др.).

Налаживание сводится в основном к установке коллекторных токов транзисторов и подбору оптимальной связи между катушками  $L1$  и  $L2$ . Значение коллекторных токов

покою транзисторов при напряжении источника 1,5 В указаны на принципиальной схеме.

Связь катушки  $L_2$  с  $L_1$  подбирают опытным путем, добиваясь наиболее громкого и неискаженного приема сигналов радиовещательной станции. Окончательно оптимальная связь между катушками устанавливается, когда приемник будет смонтирован в корпусе, после чего положение катушек на ферритовом стержне фиксируется.

## 5. ПРИЕМНИК 2-V-2 НА ТРАНЗИСТОРАХ РАЗЛИЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ С НИЗКОВОЛЬТНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ

На рис. 16, а приведена схема приемника на транзисторах различной проводимости с низковольтным источником питания.

Приемник работает на внутреннюю магнитную антенну в длинноволновом диапазоне. Настройка частоты — плавная. Катушка  $L_1$  и конденсатор  $C_1$  представляют собой входной перестраиваемый контур. Катушки  $L_1$  и  $L_2$  намотаны на бумажных каркасах и надеты на ферритовый стержень марки 600НН с внешним диаметром 8 мм и длиной 60 мм. Катушка  $L_1$  содержит 240—250 витков провода ПЭВ 0,1—0,12. Катушка связи  $L_2$  состоит из 10—12 витков провода ПЭВ 0,16—0,23. Отличительной особенностью приемника является непосредственная связь между всеми каскадами.

Усилитель высокой частоты двухкаскадный, выполненный на транзисторах  $T_1$  и  $T_2$  типа П422 с апериодической нагрузкой. Нагрузкой первого каскада УВЧ является резистор  $R_2$ , а второго — высокочастотный дроссель  $Др$ . Дроссель намотан на ферритовом кольце марки 600НН с внешним диаметром 7 мм и содержит 160 витков провода ПЭВ 0,12.

Детекторный каскад на транзисторе  $T_3$  типа МП38 осуществляет и предварительное усиление сигнала звуковой частоты. Детектирование происходит на криволинейном участке вольтамперной характеристики транзистора, рабочая точка устанавливается небольшим положительным смещением за счет падения напряжения на дросселе  $Др$ .

На транзисторах  $T_4$  и  $T_5$  (оба типа МП40) выполнен двухкаскадный усилитель низкой частоты. Нагрузкой

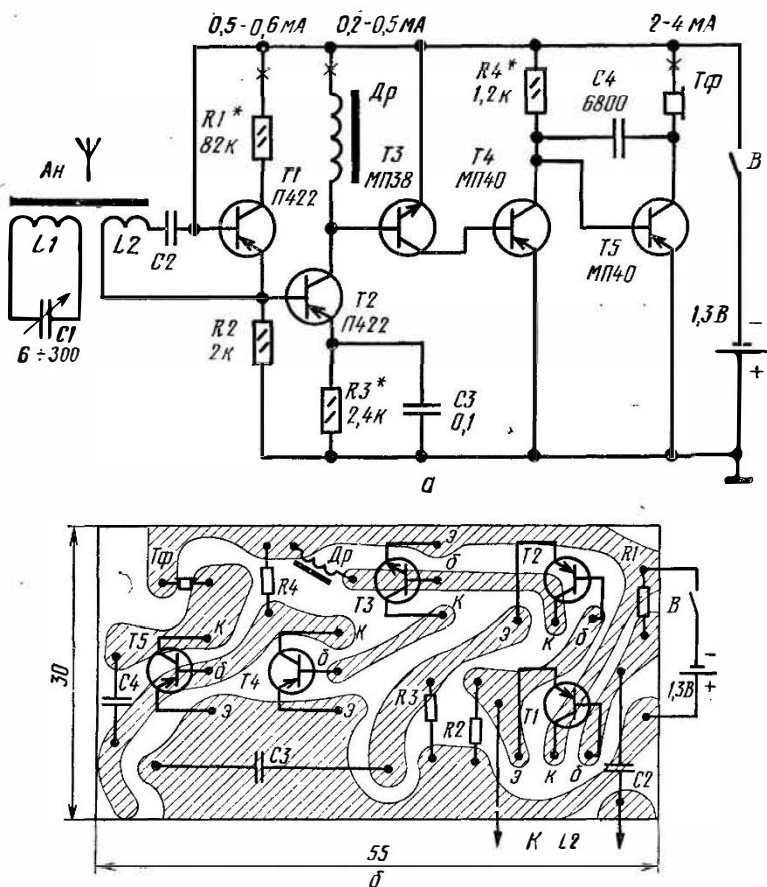


Рис. 16. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы радиоприемника 2-V-2

оконечного каскада является обмотка головного телефона типа ТМ-2А. Как и в схеме, показанной на рис. 14, а, для устранения самовозбуждения и коррекции частотной характеристики УНЧ в области верхних частот, между коллектором и базой транзистора  $T5$  включен конденсатор  $C4$ . Он создает между этими электродами отрицательную обратную связь.

Источником питания служит малогабаритный дисковый аккумулятор типа Д-0,1 (один элемент). Резисторы

$R1-R4$  — малогабаритные типа УЛМ или МЛТ-0,125, конденсаторы  $C2$  и  $C4$  — типа КТМ,  $C3$  — типа БМ или любого другого в малогабаритном исполнении. Конденсатор  $C1$  может быть типа КПК-2, однако применение малогабаритного конденсатора переменной емкости от радиоприемников «Рубин» и «Космос» обеспечит работу в более широком диапазоне частот.

Внешний вид монтажной печатной платы показан на рис. 16, б.

Первоначальную наладку приемника лучше всего производить на макетной плате. Режим работы транзисторов по постоянному току устанавливается путем изменения величины сопротивления резисторов  $R1$  (на рис. 16, а резистор  $R1$  должен быть включен в цепь базы транзистора  $T1$ ),  $R3$  и  $R4$ . После этого производят выбор оптимальной связи катушки  $L2$  с магнитной антенной, смещая ее вдоль ферритового стержня. Если в приемнике возникнет самовозбуждение, то следует поменять местами выводы катушки  $L2$ . В том случае, когда самовозбуждение устранить не удастся, необходимо заэкранировать дроссель  $Dr$  (соединить экран с общим корпусным контактом печатной платы). (Рекомендации по устранению самовозбуждения см. в разделе IV).

### III. КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

---

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Усилители низкой частоты (УНЧ) на транзисторах могут быть классифицированы по применению (назначению), режиму работы, по виду связи между каскадами и т. д.

По назначению усилители НЧ на транзисторах подразделяются на усилители напряжения, тока и мощности. Усилители напряжения применяются, как правило, в предварительных каскадах усиления звуковой частоты. Усилители тока применяются в предварительных каскадах, в которых нагрузкой является низкоомное входное сопротивление последующего каскада. Усилители мощности применяются в выходных каскадах усилителей низкой частоты и работают на низкоомную нагрузку непосредственно или через согласующий трансформатор.

Однако все перечисленные усилители осуществляют усиление низкочастотных сигналов по мощности, поэтому приведенная классификация чисто условная.

Режим работы каскада усиления определяется положением рабочей точки на вольтамперной характеристике транзистора.

По виду связи между отдельными каскадами транзисторные усилители могут быть с емкостной, трансформаторной и непосредственной связью.

При *емкостной связи* в коллекторной цепи стоит активное сопротивление, величина которого выбирается исходя из условия обеспечения соответствующего режима работы транзистора. Усилители с емкостной связью (резистивные усилители) позволяют более полно использовать преимущества транзисторов в отношении габаритов, веса, экономичности. Транзисторы в схеме усилителя могут быть включены по схеме с общей базой, общим коллектором и общим эмиттером. Наиболее широко применя-



ются схемы с общим эмиттером, обеспечивающие наибольшее усиление по мощности.

Основным недостатком резистивных усилителей является большая величина разделительных емкостей между каскадами (единицы — десятки микрофарад), обусловленная высоким выходным и низким входным сопротивлениями транзисторного каскада.

Сравнительно широко применяются УИЧ с *трансформаторной связью*. Основное достоинство таких схем — возможность достаточно просто согласовать низкое входное и высокое выходное сопротивления транзисторных каскадов. Однако при этом теряются преимущества транзисторных схем по размерам и весу, так как применение малогабаритных трансформаторов не всегда может обеспечить требуемое усиление.

Недостатки, присущие рассмотренным выше видам связи между каскадами, отсутствуют в усилителях низкой частоты с *непосредственной связью* между каскадами. Достаточно хорошие результаты можно получить в усилителях с непосредственной связью при применении транзисторов различного типа проводимости (*p-n-p* и *n-p-n*). Такие усилители содержат меньшее число деталей и имеют более равномерную частотную характеристику. Благодаря меньшему количеству всякого рода делителей напряжения и сравнительно малым коллекторным токам потребление энергии у таких усилителей значительно меньше, что позволяет повысить их экономичность, увеличить входное сопротивление и уменьшить уровень собственных шумов.

## 2. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ МОЩНОСТЬЮ 150 мВ · А

Усилитель низкой частоты, принципиальная схема которого изображена на рис. 17, а, предназначен для работы с переносной малогабаритной аппаратурой или электропроигрывающими устройствами.

Основными характеристиками усилителя являются: максимальная выходная мощность 150 мВ · А; нелинейные искажения не более 3%; полоса усиливаемых частот 60—20 000 Гц при неравномерности амплитудно-частотной характеристики  $\pm 1$  дБ; чувствительность 15 мВ; входное сопротивление около 70 кОм.



Усилитель собран по бестрансформаторной схеме с непосредственной связью между предварительным и оконечным каскадами.

Первый каскад выполнен на малошумящем транзисторе  $T1$  типа МП39Б, коэффициент шума которого в схеме с общим эмиттером менее 12 дБ. Он имеет достаточно высокое входное сопротивление, необходимое для работы от пьезоэлектрического звукоснимателя. Чтобы использовать усилитель для работы от любого транзисторного переносного приемника, нужно увеличить его чувствительность, зашунтировав резистор  $R4$  электролитическим конденсатором емкостью 10—20 мкФ.

Предварительный каскад ( $T2$  и  $T3$ ) выполнен по двухтактной схеме на транзисторах МП39 и МП37А. Режим работы каскада определяется величиной сопротивления резисторов  $R5$  и  $R8$ . Между эмиттером транзистора  $T2$  и громкоговорителем  $Гр$  может быть включено сопротивление обратной связи порядка 150 Ом.

Выходной каскад усилителя собран на транзисторах  $T4$  типа МП37 и  $T5$  типа МП41. Транзисторы  $T2$  и  $T3$ , а также  $T4$  и  $T5$  подбираются попарно по идентичности параметров  $\beta$  и  $I_{ко}$ .

Налаживание усилителя сводится к установлению режимов работы транзисторов по постоянному току. Наладка начинается с подбора режима транзисторов  $T2$  и  $T3$ , для чего в цепи коллекторов последних поочередно включается миллиамперметр и устанавливается необходимый коллекторный ток подбором резисторов  $R5$  и  $R8$ . Затем проверяют режим транзисторов  $T4$  и  $T5$  путем измерения их коллекторных токов. В том случае, когда величины токов превышают 15 мА, увеличивают сопротивление резисторов  $R5$  и  $R8$  или уменьшают сопротивление резисторов  $R9$  и  $R10$ . При правильно налаженном усилителе ток покоя должен быть близким к нулю. Последним налаживается входной каскад на транзисторе  $T1$ . Его режим устанавливается путем подбора величины сопротивления резистора  $R1$ . Коллекторный ток транзистора  $T1$  должен находиться в пределах 0,5—1 мА.

Усилитель собран на печатной плате из фольгированного гетинакса размерами 70×32×1,5 мм. Внешний вид монтажной печатной платы показан на рис. 17, б.

Питание усилителя осуществляется от двух батарей типа 3336У или от аккумуляторной батареи из 6 элемен-

тов типа Д-0,2. Источник питания имеет среднюю точку. В качестве нагрузки выходного каскада используется громкоговоритель типа 0,5ГД-14, полное сопротивление звуковой катушки постоянному току которого составляет 28 Ом.

### 3. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ МОЩНОСТЬЮ 0,8 В·А

Усилитель низкой частоты, принципиальная схема которого изображена на рис. 18, а, предназначен для работы с самыми различными устройствами: карманным приемником, портативным магнитофоном, автомобильным приемником и т. п. При напряжении источника питания 9 В и полном сопротивлении звуковой катушки громкоговорителя 8 Ом максимальная мощность усилителя составляет 0,8 В·А в полосе пропускаемых частот от 80 Гц до 12 кГц. Усилитель сохраняет работоспособность при изменении величины напряжения источника питания от 3 до 12 В и сопротивления звуковой катушки громкоговорителя от 6 до 10 Ом. При напряжении источника питания 3 В выходная мощность составляет 120 мВ·А, а при 12 В — 1 В·А. Чувствительность усилителя при этом находится в пределах 25—40 мВ. При работе усилителя с минимальной громкостью потребляемый ток колеблется от 10 до 15 мА, а с максимальной — до 150 мА.

Усилитель собран по бестрансформаторной схеме с непосредственной связью между каскадами. Достоинством такой схемы является жесткая стабилизация режимов работы всех транзисторов при незначительном разбросе их параметров, а также колебаниях напряжения питания и окружающей температуры.

Первые два каскада на транзисторах  $T1$  (типа ГТ404Б) и  $T2$  (типа ГТ402Б), выполненные по схеме с общим эмиттером, являются предварительными усилителями. Режим работы транзистора  $T1$  определяется величиной резисторов  $R4$  и  $R7$ . Каскад на транзисторе  $T2$  охвачен положительной обратной связью по напряжению, осуществляемой за счет подключения резистора  $R12$  к «минусу» источника питания через звуковую катушку громкоговорителя  $Гр$ . С целью уменьшения нелинейных искажений сигнала, обусловленных несимметричностью плеч оконечного каскада, усилитель охвачен общей отрицатель-

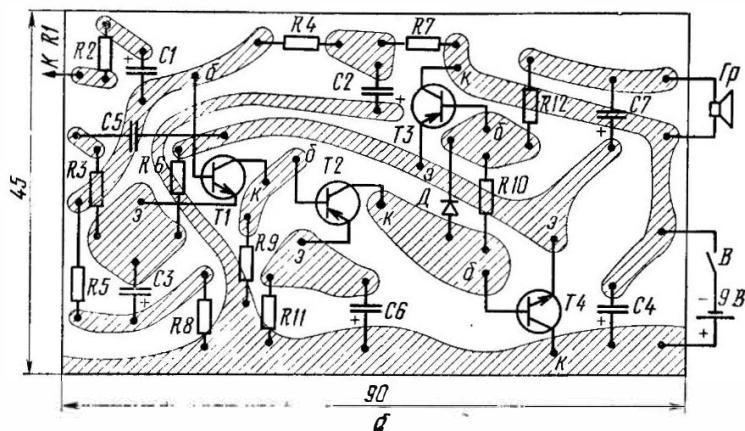
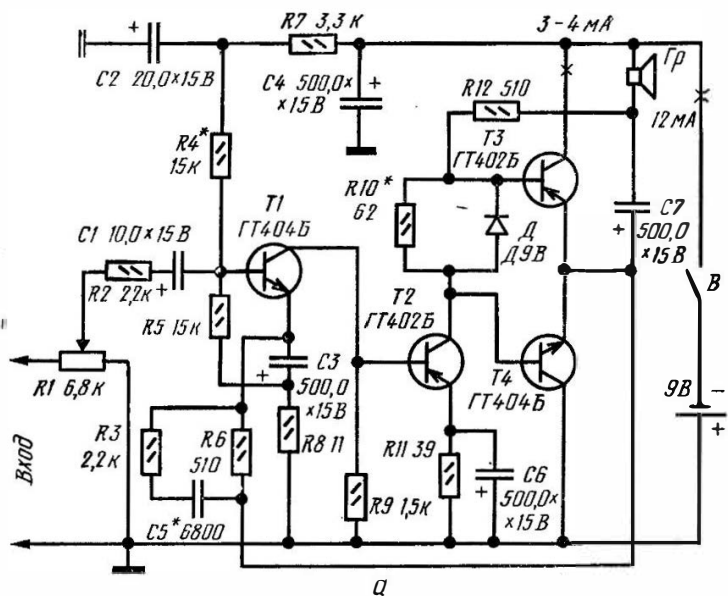


Рис. 18. Принципиальная схема и внешний вид монтажной печатной платы УНЧ мощностью 0,8 В·А

ной обратной связью по напряжению через цепочку  $R3$ ,  $R6$ ,  $R8$ ,  $C3$  и  $C5$ .

Для уменьшения влияния выходного сопротивления источника сигнала на частотную характеристику усилителя на его входе последовательно с переходным конденсатором  $C1$  включен развязывающий резистор  $R2$ . Регулировка громкости осуществляется переменным резистором  $R1$ . Усилитель устойчив к работе и не склонен к самовозбуждению даже при глубоком разряде батареи источника питания. Устойчивость работы усилителя обеспечивает блокировочный конденсатор большой емкости  $C4$  и развязывающий фильтр, состоящий из цепочки  $R7$ ,  $C2$ , через которую подается смещение на базу транзистора первого каскада.

В усилителе применены следующие детали. Переменный резистор  $R1$  типа СПЗ—4В с показательной характеристикой. Диод  $D$  может быть типа Д9В—Д9Д или Д19, Д20. Конденсатор  $C5$  типа КЛС или БМ2, все резисторы типа УЛМ или МЛТ-0,125. Желательно, чтобы резисторы  $R3$ ,  $R5$ ,  $R6$ ,  $R10$  и  $R12$  имели разброс величин не более  $\pm 5\%$ . Громкоговорители могут быть типа 1ГД18, 1ГД19, 1ГД28, 1ГД36 или любые другие, имеющие сопротивление звуковой катушки не менее 6,5 Ом.

Питание усилителя может обеспечить батарея из гальванических или аккумуляторных элементов, рассчитанная на разрядный ток не менее 100—200 мА. Если усилитель предполагается использовать с переносной конструкцией, то батарея должна состоять из 6 последовательно соединенных элементов 373 или любых других аналогичных. При использовании усилителя в автомобильном приемнике его можно питать от бортового аккумулятора напряжением 12 В.

Усилитель монтируется на печатной плате из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. Внешний вид монтажной печатной платы показан на рис. 186.

Настройка усилителя осуществляется при отсутствии сигнала на входе. Напряжение между «плюсом» источника питания и эмиттерами транзисторов  $T3$ ,  $T4$  должно быть в пределах 4,8—5,2 В. В случае больших отклонений необходимо подобрать величину сопротивления резисторов  $R7$  и  $R4$ . Для обеспечения хорошей развязки по источнику питания величина сопротивления резистора  $R7$  должна быть не менее 1,3 кОм. Ток покоя усилителя

(порядка 10—12 мА) устанавливается подбором резистора  $R_{10}$ .

Вторым этапом наладки является проверка качества звучания усилителя при работе с максимальной выходной мощностью. При наличии больших нелинейных искажений, особенно при значительном разбросе параметров выходных транзисторов, следует несколько увеличить ток покоя усилителя. Если это не поможет, то можно поменять местами однотипные транзисторы.

#### 4. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ МОЩНОСТЬЮ 3 В·А

На рис. 19, а изображена принципиальная схема усилителя низкой частоты с возможностью отдельной регулировки тембра в области высоких и низких звуковых частот. Он прост в изготовлении и настройке, не требует подбора транзисторов и других элементов.

Максимальная выходная мощность усилителя при напряжении питания 24 В составляет 3 В·А. Полоса воспроизводимых частот 80—15 000 Гц. Коэффициент нелинейных искажений в рабочей полосе частот не превышает 3%. Чувствительность усилителя при максимальной выходной мощности 50 мВ. Потребляемый ток в режиме молчания не превышает 35 мА. Нагрузкой усилителя служат два последовательно включенных громкоговорителя типа 1ГД-28 или комбинация любых других громкоговорителей с общим сопротивлением звуковых катушек 10—15 Ом. Предварительный усилитель — трехкаскадный, на транзисторах  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ .

В первом каскаде работает малощумящий транзистор типа МП39Б. Благодаря отрицательной обратной связи по току (резистор  $R_3$  в цепи эмиттера не зашунтирован емкостью) входное сопротивление каскада оказывается сравнительно высоким. Усиленный сигнал с коллектора  $T_1$  подается на базу  $T_2$  через цепь регулировки тембра. Эта цепь вносит ослабление порядка 14 дБ, поэтому сигнал на базе транзистора  $T_2$  становится примерно равным по амплитуде входному сигналу. Элементы цепи регулировки тембра подобраны таким образом, чтобы обеспечить подъем частотной характеристики на частоте 100 Гц до 8 дБ, а на частоте 6000 Гц до 5 дБ. Такой подъем частотной характеристики при широкой полосе пропускания всего

усилителя необходим для коррекции акустических характеристик громкоговорителей в области низших и высших звуковых частот. Регулировка тембра в области низших звуковых частот осуществляется с помощью переменного резистора  $R5$ , а в области высших звуковых частот —  $R10$ .

Второй каскад предварительного усилителя выполнен на транзисторе  $T2$  типа МП41. Он имеет непосредственную связь с третьим каскадом, собранным на транзисторе  $T3$  типа МП40А. Режим работы транзистора второго каскада обеспечивается резисторами  $R11$ ,  $R12$ ,  $R13$ . В свою очередь режим транзистора  $T3$  определяется током транзистора  $T2$ .

Для уменьшения нелинейных искажений усилитель охвачен отрицательной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается с выхода усилителя и через резистор  $R15$  подается в эмиттерную цепь транзистора  $T2$ . От величины сопротивления этого резистора зависит не только коэффициент нелинейных искажений, но и чувствительность усилителя в целом. С уменьшением величины сопротивления  $R15$  отрицательная обратная связь увеличивается, уменьшаются нелинейные искажения, но общий коэффициент усиления падает. В цепи питания каскадов предварительного усилителя включены развязывающие цепочки  $R8$ ,  $C2$  и  $R18$ ,  $C7$ .

Оконечный каскад собран по бестрансформаторной схеме на транзисторах  $T4$  и  $T5$  типа П214Г. Для согласования транзисторов окончного каскада с предварительным усилителем используется переходной трансформатор  $Tr$ . Температурная стабилизация выходных транзисторов обеспечивается резисторами  $R23$  и  $R24$ , включенными в их эмиттерные цепи, и терморезисторами  $R19$ ,  $R22$  с отрицательным температурным коэффициентом. Один из резисторов базового делителя ( $R21$ ) — переменный, что позволяет симметризовать схему при больших разбросах параметров выходных транзисторов ( $T4$  и  $T5$ ). Влияние разброса параметров этих транзисторов на работу усилителя в области верхних звуковых частот снижено до минимума благодаря наличию отрицательной обратной связи, напряжение которой снимается с коллекторов транзисторов  $T4$  и  $T5$  и через конденсаторы  $C15$  и  $C13$  подается на их базы.



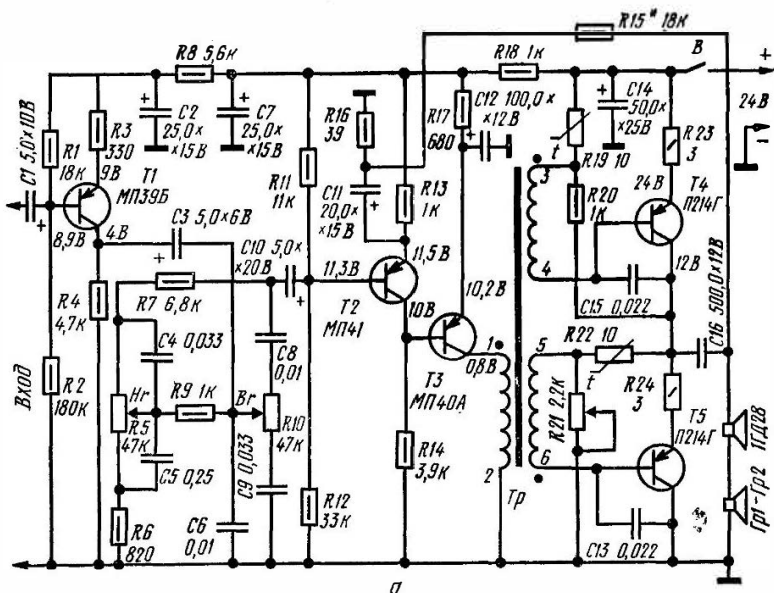


Рис. 19, а. Принципиальная схема УНЧ мощностью 3 В·А

Для монтажа усилителя применяются стандартные детали. Резисторы  $R16$  — типа УЛМ-0,125;  $R23$ ,  $R24$  — типа УЛИ-0,25;  $R19$ ,  $R22$  — типа ММТ-12;  $R5$ ,  $R10$  — типа СП-А;  $R21$  — типа СПЗ-16, СПЗ-4а или СПО. Тип указанных резисторов не критичен, можно применять и любые другие типы соответствующей мощности. Если усилитель будет эксплуатироваться в комнатных условиях при номинальной мощности, то терморезисторы можно заменить обычными резисторами типа УЛИ. Температурная стабилизация при этом существенно не ухудшится. Конденсаторы  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$ ,  $C7$ ,  $C10$  — типа ЭМ, либо К50-6;  $C12$ ,  $C16$  — типа К50-3, либо К50-6;  $C4$ ,  $C5$ ,  $C8$ ,  $C9$ ,  $C15$ ,  $C19$  — типа БМ2, МБМ или КЛС. Можно применить и другие типы конденсаторов.

Транзисторы, примененные в усилителе, пригодны с любым разбросом параметров. Транзисторы  $T4$ ,  $T5$  — типа П214Г либо П213Б;  $T1$ ,  $T2$  — типа МП39Б, МП40, МП41, МП42;  $T3$  — типа МП40А, МП25, МП26.

Согласующий трансформатор выполнен на сердечнике из пластин электротехнической стали Ш10 толщиной на-

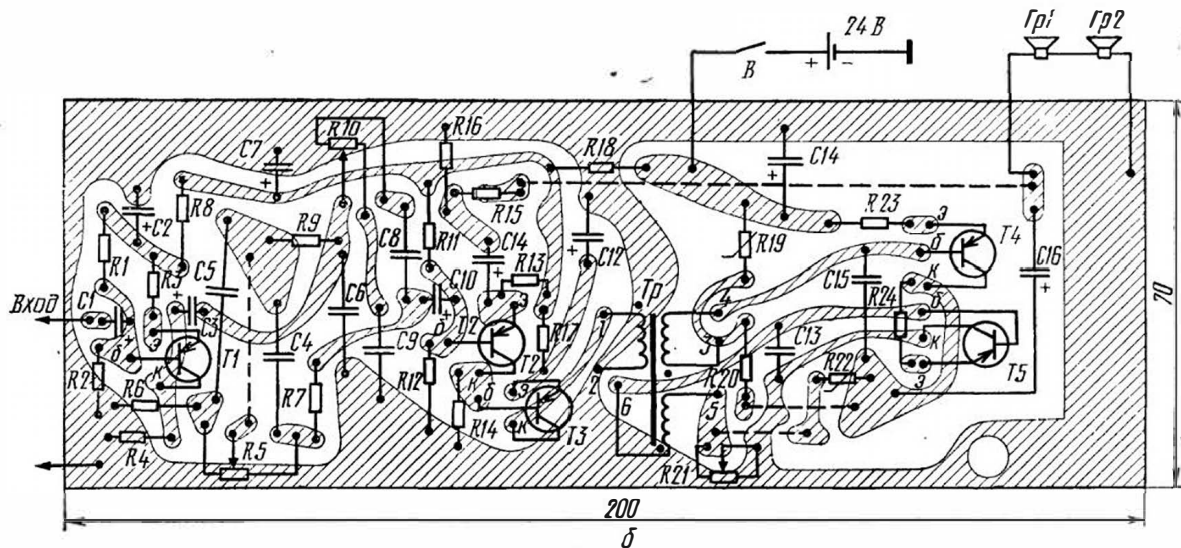


Рис. 19, 6. Внешний вид монтажной печатной платы УНЧ мощностью 3 В·А

бора 10 мм или на другом типе магнитопровода с близким сечением. Обмотка 1—2 имеет 1200 витков провода ПЭВ-1 0,1; обмотки 3—4 и 5—6 — по 320 витков провода ПЭВ-1 0,19, которые наматываются в два провода поверх обмотки 1—2.

Питание усилителя осуществляется от источника с номинальным напряжением 24 В. Лучше для этой цели использовать стабилизированный выпрямитель. Следует отметить, что при повышении напряжения питания до 30 В максимальная выходная мощность достигает 4,5—5 В·А. Если питать усилитель от источника 12 В, выходная мощность понижается до 1 В·А, при этом величина сопротивления резистора  $R_{18}$  должна быть уменьшена до 120 Ом.

Усилитель монтируется на монтажной печатной плате, внешний вид которой показан на рис. 19, б.

При монтаже следует помнить, что коллектор транзисторов  $T_4$  и  $T_5$  выведен на корпус, поэтому последний изолируют от радиатора тонкими диэлектрическими шайбами и втулками. Выходные транзисторы должны быть привернуты к радиаторам как можно плотнее. Для улучшения температурной стабилизации резисторы  $R_{19}$ ,  $R_{22}$  приклеиваются к плоскости радиатора и гибкими проводами подпаиваются к соответствующим точкам монтажной печатной платы. Согласующий трансформатор крепится к печатной плате при помощи скобы.

Наладка усилителя сводится в основном к подбору режима транзисторов оконечного каскада. Регулируя величину сопротивления резистора  $R_{21}$ , добиваются режима, указанного на принципиальной схеме (при напряжении источника питания 24 В).

Если при наладке окажется, что чувствительность усилителя недостаточна, то можно уменьшить глубину отрицательной обратной связи, увеличив сопротивление резистора  $R_{15}$ .

При работе усилителя от пьезоэлектрического звуко-снимателя электропроигрывающего устройства или звуко-снимателя электрогитары для увеличения входного сопротивления усилителя рекомендуется последовательно с его входом включить постоянный резистор сопротивлением 330—470 кОм.

# **IV. МЕТОДИКА НАЛАЖИВАНИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ**

---

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Наладка радиолюбительских конструкций представляет собой достаточно сложный процесс. В зависимости от типа и сложности сконструированного устройства задачи и методы наладки могут быть различными. На первый взгляд казалось бы, что невозможно предложить какую-либо единую методику, тем не менее многолетний опыт большой армии радиолюбителей-конструкторов позволяет наметить некоторые общие пути и порядок наладки создаваемых радиоэлектронных устройств.

Можно рекомендовать следующие четыре этапа наладки.

Первый этап — внешний осмотр монтажа и проверка на вибростойкость. Этот этап целесообразен особенно для портативных (переносных) радиолюбительских конструкций. Он позволяет обнаружить недоброкачественные контакты в местах паяк, возможность замыкания неизолированных проводников или проводов с поврежденной изоляцией, самопроизвольное сползание движков потенциометров, роторов полупеременных конденсаторов и связанное с этим изменение электрических параметров настраиваемой конструкции и др.

Второй этап — проверка правильности монтажа путем прозвонки электрических цепей. Эта операция должна выполняться квалифицированно, так как параллельно с прозвонкой нужно еще раз проверить и продумать расстановку всех деталей, прокладку соединительных и заземляющих проводов с целью уменьшения возможных наводок и паразитных связей.

Опыт наладки радиоэлектронных устройств подтверждает, что затраты времени на внимательный осмотр, прозвонку цепей и проверку деталей окупается с лихвой экономией времени на последующих этапах наладки.

Третий этап — первое включение собранной конструкции, проверка и установка требуемых режимов. Перед проверкой режимов радиоконструктор должен быть убежден, что все установленные полупроводниковые приборы и другие элементы устройства соответствуют параметрам, указанным на принципиальной схеме. Проверку режима следует производить, когда усилительные каскады находятся в состоянии покоя. Проверая режимы, необходимо иметь представление не только о напряжениях на электродах, но и токах в соответствующих электрических цепях. Контроль величины тока можно производить по величине падения напряжения на каком-либо резисторе схемы с известным сопротивлением. Все проверки должны осуществляться с особой тщательностью, с учетом возможного влияния измерительных приборов на режимы схемы.

Четвертый этап — наладка каскадов и узлов с целью получения заданных электрических параметров всего радиоустройства в целом.

## 2. ПРОВЕРКА ДЕТАЛЕЙ

Проверка радиодеталей производится еще до сборки радиоконструкции, но иногда некоторые из них приходится перепроверять в процессе наладки.

Рассмотрим простые способы проверки наиболее ответственных деталей практически любой радиоконструкции: транзисторов, диодов, электролитических конденсаторов, источников питания, громкоговорителей.

Простейшие схемы проверки *диодов* приведены на рис. 20. Общим для всех диодов является свойство односторонней проводимости, позволяющее осуществить их проверку с помощью миллиамперметра и источника напряжения или омметра.

Основными дефектами диодов являются внутренний обрыв, возникающий из-за перегорания  $p-n$  перехода, или короткое замыкание вследствие пробоя  $p-n$  перехода. Эти дефекты чаще всего возникают и приводят к довольно опасным последствиям у выпрямительных плоскостных диодов, поэтому их желательно перед установкой в радиоэлектронное устройство проверять наиболее тщательно.

Что касается точечных диодов, то у них такие неис-

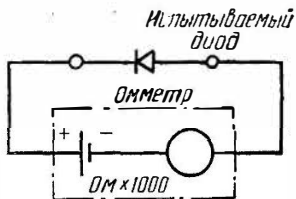
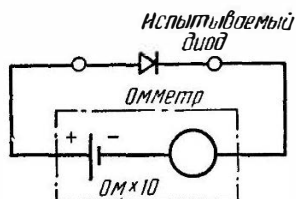
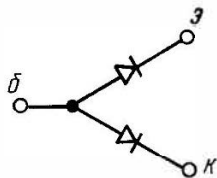
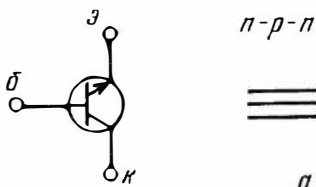
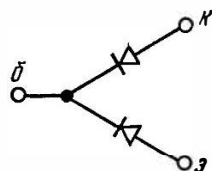
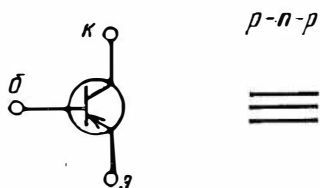


Рис. 20. Схема проверки диодов



а

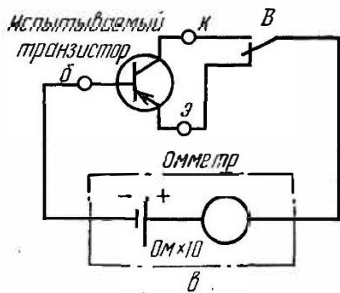
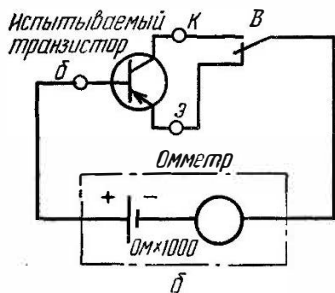


Рис. 21. Упрощенные эквивалентные схемы транзисторов и схемы проверки их исправности

правности встречаются гораздо реже, однако перед установкой не следует пренебрегать и их проверкой.

В схеме, приведенной на рис. 20, для проверки диодов применяется омметр, в качестве которого может служить любой, имеющийся в распоряжении радиоконструктора стрелочный радиоизмерительный прибор (ТТ-1, ТТ-3 и др.). Величина прямого сопротивления германиевых точечных диодов составляет примерно от 50 до 150 Ом, у кремниевых точечных — 150—500 Ом. Для различных типов плоскостных диодов величина прямого сопротивления может изменяться в пределах 20—50 Ом.

Обратное сопротивление германиевых точечных диодов должно быть более 100—120 кОм, у германиевых плоскостных оно может колебаться в пределах 200 кОм — 2 МОм. Кремниевые точечные и плоскостные диоды обычно имеют величину обратного сопротивления, превышающую 2 МОм. В процессе проведения измерений необходимо следить, чтобы величины сопротивления не только находились в указанных пределах, но и не изменялись. Что касается испытаний полупроводниковых стабилитронов, то необходимо иметь в виду следующее. Если приложенное к стабилитрону обратное напряжение не превышает напряжения стабилизации, то его свойства ничем не отличаются от любого низкочастотного кремниевого диода. При проверке с помощью омметра прямое сопротивление стабилитронов, например Д808—Д813, находится в пределах 180—220 Ом. Обратное сопротивление измерить не представляется возможным, поскольку при источнике питания прибора 3—4,5 В оно составляет несколько десятков МОм.

Прежде чем описывать методику проверки транзисторов, дадим несколько советов правильного обращения с ними, несоблюдение которых может привести к выходу транзисторов из строя:

- на электроды транзисторов нельзя подавать напряжение, большее предельного, которое указано в справочнике, в противном случае пробивается *p-n* переход;

- не следует увеличивать коллекторный ток до величины, при которой мощность рассеяния на коллекторе превышала бы максимально допустимую, иначе возможен тепловой пробой;

- соединение транзистора с измерительным прибором следует производить при помощи гибких проводников; за-

прещается изгибать выводы транзистора около его корпуса, они могут обломиться, и транзистор станет непригодным к дальнейшему использованию;

— припаивать проводники к корпусу транзистора, а также размещать его в схеме возле нагревающихся деталей нельзя, так как возможен тепловой пробой.

Простейшие схемы проверки транзисторов, не обеспечивающие измерение их параметров, приведены на рис. 21. Упрощенные эквивалентные схемы транзисторов различного типа проводимости (для постоянных напряжений) изображены на рис. 21, а. Из этого рисунка видно, что в самом общем случае, учитывая структуру транзистора, можно его переходы представить в виде двух обычных диодов, соединенных определенным образом. Так, у транзисторов  $p-n-p$  типа подключаются к базе соединенные вместе катоды, а  $n-p-n$  типа — аноды. Поэтому если в исправном транзисторе  $p-n-p$  типа к базе подключить положительный полюс внутренней батареи, то переходы будут заперты и прибор покажет большое сопротивление между выводами база-коллектор и база-эмиттер (рис. 21, б). Если же к базе подключить отрицательный полюс внутреннего источника прибора, то он покажет между этими выводами малое сопротивление (рис. 21, в). Для исправных транзисторов  $n-p-n$  типа результаты испытания будут такими же, если полярность напряжения поменять на обратную. В том случае, когда при проверке окажется поврежденным хотя бы один из переходов (пробит или оборван), то данный транзистор считается неработоспособным. Однако в радиолюбительской практике транзистор с одним неповрежденным переходом можно использовать в дальнейшем как диод. Прямое сопротивление переходов транзистора, как правило, составляет десятки — сотни ом, обратное — сотни килоом и даже единицы мегом.

Следует заметить, что во многих случаях такую проверку можно производить непосредственно в схеме, даже не выпаивая транзистор, а лишь отключив питание (предварительно разрядив электролитические конденсаторы большой емкости!). Это возможно тогда, когда между электродами транзистора включены резисторы с сопротивлением более 2—3 кОм.

Для проверки источников питания достаточно иметь обычный многошкальный тестер. Первоначально проверяют напряжение батареи под нагрузкой (т. е. при



включенной налаживаемой радиокопструкции, как показано на рис. 22, а). Затем измеряют потребляемый ток. Для этого подходящий измеритель тока включают последовательно в цепь питания налаживаемого устройства (рис. 22, б). Шкалу измерительного прибора следует установить на предел, соответствующий наибольшей ожидае-

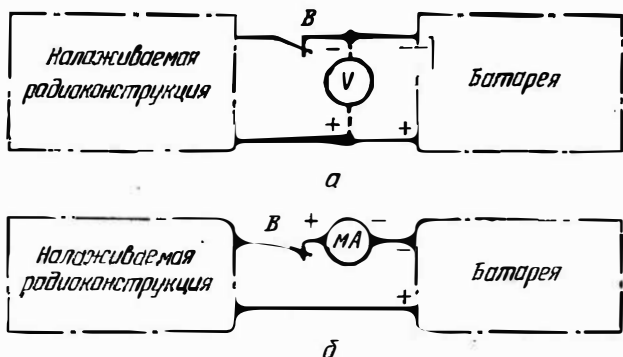


Рис. 22. Схемы проверки работоспособности химических источников питания

мой величине тока. Прочитав показание на шкале, при необходимости переключатель пределов измерения устанавливают на более чувствительную шкалу (предварительно отключив питание!). Поступая таким образом, мы предотвращаем возможную порчу измерительного прибора даже в том случае, если в радиоустройстве имеется короткое замыкание.

Часто в момент включения налаживаемой конструкции наблюдается бросок тока, объясняемый зарядом электролитических конденсаторов. Такое явление закономерно и не должно вызывать у радиоконструктора подозрений на наличие в схеме каких-либо повреждений.

Если при проведении описанных выше измерений тестер покажет нулевую величину тока, то цепь питания неисправна. Чрезмерно большая величина тока свидетельствует о наличии в схеме коротких замыканий или недопустимых утечек.

Проверку исправности электролитических конденсаторов необходимо производить всегда перед началом монтажа. Для электролитических конденсаторов характерны такие неисправности, как пробой диэлектрика, увеличение

тока утечки из-за ухудшения качества диэлектрика, изменение номинального значения емкости в результате высыхания электролита и обрыв выводов. По внешнему виду очень трудно определить исправность конденсатора.

Наличие пробоя или утечки, то есть снижения сопротивления изоляции, вызывает сильный нагрев электролитических конденсаторов. Обычно их проверку на пробой или утечку производят омметром. Если конденсатор исправен, то стрелка омметра должна резко отклониться в сторону нулевых показаний (заряд), а затем возвратиться в положение, соответствующее большому сопротивлению (порядка нескольких МОм). Если стрелка прибора устанавливается в пределах 50—100 кОм, то сопротивление изоляции занижено. Отсутствие резкого отклонения стрелки говорит об обрыве выводов. Проверку обрыва и значительного уменьшения емкости электролитического конденсатора можно осуществить, подключив в схему параллельно испытываемому заведомо исправный конденсатор такой же или большей емкости. Если неисправность в радиоустройстве устраняется, то проверяемый конденсатор недоброкачественный и его необходимо заменить.

Не менее важно убедиться в качественной работе *громкоговорителя*. Проверку громкоговорителя в простейшем случае осуществляют на слух с помощью заведомо исправного приемника либо радиотрансляционной сети. Для более качественной оценки работоспособности громкоговорителя желательно пользоваться радиотрансляционной сетью, но при этом необходимо помнить, что ее напряжение может быть равным 15 или 30 В, тогда как для нормальной работы большинства маломощных громкоговорителей достаточно напряжение величиной 1—1,5 В. Поэтому в процессе проверки следует пользоваться делителем напряжения, состоящим из последовательно включенных потенциометра (величина сопротивления 1—1,5 кОм) и постоянного резистора (величина сопротивления 27 или 12 кОм при напряжении радиотрансляционной сети соответственно 30 и 15 В). Громкоговорители с низкоомными звуковыми катушками (до 10—12 Ом) желательно проверять с помощью соответствующих согласующих трансформаторов. Кроме того, для правильной оценки величины громкости и качества звучания необходимо создавать реальные условия работы, помещая громкоговоритель в предназначенный для него футляр.

Предварительная проверка деталей, которые будут устанавливаться в создаваемую конструкцию, как правило, избавляет от многих неполадок, упрощает и ускоряет процесс наладки.

всдс

### 3. СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРОВ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Известно, что качественные показатели транзисторного каскада в значительной мере зависят от правильности выбора положения рабочей точки на вольтамперной характеристике. Это достигается путем подачи на базу соответствующего смещения, которое и определяет режим работы по постоянному току.

Рассмотрим два наиболее распространенных способа обеспечения смещения.

Так, в схемах, изображенных на рис. 12—16, смещение на базу  $T1$  задается простейшим способом — путем включения гасящего резистора  $R1$  с большим сопротивлением между базой и шиной коллекторного питания. Смещение через гасящий резистор называют смещением, фиксированным током базы. Здесь деление напряжения источника питания осуществляется резистором  $R1$  и сопротивлением участка база-эмиттер транзистора  $T1$ . При изменении величины сопротивления  $R1$  меняется ток базы и тем самым изменяется коллекторный ток. Недостатком этого способа подачи напряжения смещения является необходимость подбора величины сопротивления резистора  $R1$  каждый раз при смене транзистора  $T1$ . Кроме того, при изменении температуры меняется обратный ток коллектора и, как следствие, будет меняться напряжение смещения. Эту схему применяют в простых приемниках прямого усиления, где из-за экономии места необходимо использование минимального числа деталей.

Существует другой способ обеспечения смещения — путем использования делителя, подключенного к источнику питания (рис. 17, транзистор  $T1$ ). Этот способ позволяет поддерживать более стабильным напряжение между базой и эмиттером при изменении температуры, старении деталей и замене транзистора, поэтому такое смещение называют смещением, фиксированным напряжением база-эмиттер. Здесь смещение на базе  $T1$  устанавлива-

ется с помощью делителя, состоящего из резисторов  $R1$  и  $R2$ , а также за счет падения напряжения на эмиттерном резисторе  $R4$ . В рассматриваемой схеме резистор  $R4$  выступает в роли стабилизирующего элемента, определяющего обратную связь по постоянному току. При возрастании по какой-либо причине коллекторного тока увеличивается падение напряжения на резисторе  $R4$ . В результате этого эмиттер окажется под более отрицательным напряжением по отношению к базе, что эквивалентно подзапиранию транзистора, вследствие чего уменьшается ток эмиттерного перехода и ток коллектора. Для того чтобы такая автоматическая стабилизация обеспечивалась, например, лишь при медленных температурных изменениях постоянной составляющей коллекторного тока, а не от быстрых изменений за счет действия входного сигнала, параллельно резистору  $R4$  можно включить конденсатор большой емкости ( $C4$ ), через который будет замыкаться переменная составляющая коллекторного тока, не вызывая изменения величины напряжения смещения на базе транзистора. Требуемая величина коллекторного тока устанавливается путем изменения величины сопротивления резистора  $R1$ .

Отметим особенности установления режима по постоянному току в схемах с непосредственной связью между транзисторными каскадами.

Особенностью транзисторных схем (см. рис. 12—16) с непосредственными связями между каскадами является то, что для создания необходимого смещения на базе последующего транзистора (а соответственно и требуемой величины коллекторного тока) используется напряжение на выходном электроде предыдущего каскада. Иными словами, роль делителя напряжения выполняет предшествующий каскад.

Так, схема, представленная на рис. 14, содержит транзисторы различного типа проводимости ( $p-n-p$  и  $n-p-n$ ). Подключение базы транзистора  $T2$  непосредственно к коллектору транзистора  $T1$  позволяет исключить один переходный конденсатор и два резистора в цепи смещения  $T2$ .

На рис. 15 изображена схема, где, например, транзисторы  $T3$  и  $T4$  оба  $p-n-p$  типа. Здесь база  $T4$  подключена непосредственно к эмиттеру транзистора  $T3$ , что также экономит расход деталей. Такую схему включения транзисторов часто называют составным транзистором. Она

применяется главным образом там, где требуется согласовать очень малое сопротивление нагрузки с большим сопротивлением источника сигнала.

Приведенные схемы с непосредственными связями между каскадами представляют собой лишь часть большого количества подобных схем, находящихся применение в радиолюбительской практике. Основным их достоинством является относительная простота устройства и налаживания, а также возможность получения сравнительно большого усиления по току и напряжению в достаточно широком диапазоне рабочих частот.

#### **4. НАЛАЖИВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ (УНЧ)**

Налаживание УНЧ начинают с внешнего осмотра монтажа и проверки правильности его выполнения. При наладке следует пользоваться свежей батареей питания. Убедившись в правильности монтажа и пригодности источника питания (по методике, изложенной выше), производят первое включение, проверку и установку требуемых режимов по постоянному току. В качестве контрольно-измерительного прибора при проверке и установке режимов целесообразно применять обычный многошкальный тестер (Ц-4313, Ц-435, Ц-39, ТТ-1, Ц-20 и др.). Проверка напряжения на базе (порядка 0,1—0,2 В) и коллекторе производится по отношению к эмиттеру. Внутреннее сопротивление вольтметра по крайней мере в 10—20 раз должно превышать сопротивление постоянному току между точками подсоединения измерительного прибора. Если это условие не выполняется, то необходимо учитывать поправку на ток утечки вольтметра. Пользоваться вольтметром с очень низким внутренним сопротивлением не рекомендуется, так как это приведет к смещению рабочей точки транзистора, а следовательно, и к ошибке измерения. Постоянные составляющие токов транзистора можно определять косвенно, путем измерения падения напряжений на резисторах с известным сопротивлением в цепях эмиттера и коллектора. Определение тока базы связано с некоторыми трудностями, но его можно приближенно вычислить как разность между токами эмиттера и коллектора.

Рассмотрим методику налаживания резистивного уси-

лителя низкой частоты приемника 1-V-2, принципиальная схема которого изображена на рис. 14. Здесь предварительный усилитель выполнен на транзисторе  $T3$ , окончательный каскад — на транзисторе  $T4$ .

Для исключения влияния предыдущих каскадов на работу УНЧ необходимо базу первого транзистора замкнуть на корпус через конденсатор емкостью 0,1 мкФ.

Начинать измерение режимов следует с измерения общего тока, потребляемого усилителем (в данном случае всем приемником). Для этого в разрыв минусовой цепи включают миллиамперметр постоянного тока (предел измерения 20—30 мА) и, подсоединив источник, наблюдают за его показаниями. Если схема смонтирована правильно, а примененные транзисторы имеют небольшой обратный ток коллектора ( $I_{к0}$ ), то потребляемый ток не должен превышать значения 10—13 мА. Значительно больший ток потребления может быть вследствие неправильного режима работы транзисторов из-за несоответствия номинальных величин резисторов или из-за самовозбуждения. Заметим, что для рассматриваемой схемы величина коллекторного тока транзистора  $T3$  определяется режимом работы предыдущих транзисторов ( $T1$  и  $T2$ ), который, в свою очередь, устанавливается с помощью резистора  $R1$ . Паразитная генерация может быть непрерывной и прерывистой (релаксационные колебания). В первом случае в телефоне будет прослушиваться непрерывный звуковой тон, а контрольный миллиамперметр зафиксирует наличие большого неизменяющегося потребляемого тока. Во втором случае в телефоне будут прослушиваться характерные прерывистые щелчки («капание») с частотой от долей до десятков герц. При этом в такт с паразитными колебаниями изменяется и ток, потребляемый схемой. Причиной самовозбуждения могут являться паразитная обратная связь между каскадами через цепи питания, монтажные емкости и т. д. Этот тип паразитных колебаний обычно устраняется путем увеличения емкости конденсатора, блокирующего источник ( $C5$ ), уменьшением емкости разделительных конденсаторов ( $C3$ ) или введением в схему дополнительно развязывающего фильтра, состоящего из резистора сопротивлением 200—1000 Ом и конденсатора емкостью 10—100 мкФ (на схеме не показаны).

В том случае, когда самовозбуждение отсутствует, но потребляемый ток велик, необходимо сразу же выключить

питание, потрогать транзисторы и убедиться в том, что они не греются. Если наблюдается нагрев какого-либо транзистора, то надо тщательно проверить еще раз монтаж, номинальные значения резисторов, а также выяснить, нет ли пробоя (или утечки) одного из разделительных конденсаторов. Если же все радиодетали окажутся исправными, то наличие большого тока потребления можно отнести за счет неисправного транзистора. Тогда подозреваемый и неисправности транзистор необходимо выпаять, проверить его исправность по методике, рассмотренной выше, и в случае необходимости заменить его заведомо исправным.

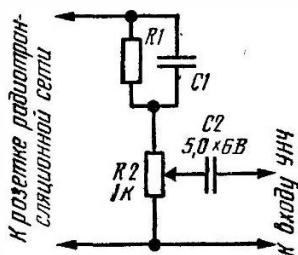
Подгонку коллекторных токов транзисторов следует производить только в том случае, если их величины отличаются от указанных на схеме более чем на  $\pm 15-20\%$ . Например, для увеличения коллекторного тока транзистора  $T_4$  необходимо увеличить его базовый ток, уменьшив сопротивление резистора  $R_4$ . С увеличением коллекторных токов транзисторов возрастает усиление, однако при этом увеличивается мощность, потребляемая от источника питания, и, следовательно, возрастает вероятность самовозбуждения усилителя. В рассматриваемой схеме коллекторный ток транзистора  $T_3$  выбран равным 0,6 мА. Что касается оконечного каскада ( $T_4$ ), то он работает при сравнительно больших сигналах, и чтобы усиление происходило без искажений, коллекторный ток должен быть большим — порядка 9 мА.

Рассмотренный способ контроля и установки режимов по постоянному току можно применять при налаживании любых транзисторных радиоконструкций. Заметим, что в тех случаях, когда радиоконструктор налаживает схему, не располагая конкретными рекомендациями по установке режимов транзисторов, при их подгонке следует руководствоваться предельно допустимыми эксплуатационными данными, которые можно найти в любом справочнике.

Подогнав режимы работы транзисторов, переходят к покаскадному налаживанию (при большом числе каскадов) по переменному току, которое начинают с оконечного каскада.

Вначале производят контроль прохождения сигнала через весь усилитель. С этой целью необходимо коснуться базы транзистора  $T_3$  пинцетом. В момент прикосновения в телефоне должны прослушиваться характерные щелчки и специфический фон низкого тона. Однако такая провер-

ка еще ничего не говорит о качестве работы усилителя. Проверку качества работы УНЧ лучше всего производить путем подачи на его вход сигнала от источника звуковых колебаний. Если в распоряжении радиоконструктора низкочастотного генератора не окажется, то он может воспользоваться другими, более доступными источниками звуковых сигналов. К ним относятся обычная радиотрансляционная сеть, звукосниматель электропроигрывающе-



Элементы делителя	Напряжение радиотрансляционной сети (В)	
	15	30
$R1$ (кОм)	150	300
$C1$ (пФ)	50	10

Рис. 23.

Схема делителя напряжения и таблица значений параметров его элементов

го устройства или сигнал с выхода детектора какого-либо заведомо исправного радиоприемника.

При использовании радиотрансляционной сети напряжение звуковой частоты подается на вход делителя, схема которого изображена на рис. 23. Если значения элементов делителя выбрать равными приведенным в таблице, то максимальная амплитуда звукового сигнала будет составлять примерно 100 мВ. Перемещение движка резистора  $R2$  в ту или другую сторону позволит плавно изменять величину этого напряжения. В том случае, когда в качестве  $R2$  применен переменный резистор группы А (с линейной зависимостью его сопротивления от угла поворота), то после предварительной градуировки — по положению ручки потенциометра можно с достаточной точностью судить о величине снимаемого напряжения.

Если при подаче на вход усилителя (база транзистора



ТЗ) звукового сигнала с делителя громкость воспроизведения хорошая, и при этом потребляемый от источника питания ток не превышает допустимого, то наладка усилителя считается законченной. Если же нужная громкость получается при больших значениях потребляемого тока, то в схему необходимо устанавливать транзисторы с большими коэффициентами усиления. Добившись максимально возможной неискаженной громкости, можно подобрать желаемый тембр звучания. Для этого параллельно телефону (громкоговорителю) следует подключить конденсатор, величину емкости которого выбирают в пределах 0,01—0,05 мкФ. С помощью рассмотренного делителя можно ориентировочно оценить чувствительность усилителя. Перемещая движок резистора  $R_2$ , находят такое положение, при котором УНЧ работает без заметных искажений и развивает достаточную входную мощность. Величина напряжения, снимаемая с делителя, и представляет собой чувствительность усилителя.

В заключение отметим особенности налаживания УНЧ с двухтактным выходом. Методика их наладки в основном такая же, как и усилителей с одноктактным выходом. Вначале необходимо проверить и установить ток покоя выходных транзисторов путем изменения величин соответствующих резисторов, которые на схемах, как правило, помечаются «звездочкой». Если в усилителе имеет место самовозбуждение, причиной которого может быть (помимо причин, рассмотренных выше) неправильное включение одной из обмоток переходного согласующего трансформатора, то для его устранения необходимо поменять местами выводы, например, первичной обмотки трансформатора  $Tr$  (см. рис. 19). После установки режимов работы транзисторов по постоянному току на вход усилителя подают сигнал звуковой частоты. При этом стрелочный прибор, включенный в цепь коллекторов выходных транзисторов, должен зафиксировать резкое увеличение коллекторных токов. В том случае, когда при прослушивании работы громкоговорителя окажется, что звуковой сигнал сильно искажен, следует проверить правильность установки смещения, симметричность плеч согласующего трансформатора или идентичность параметров выходных транзисторов. Заметим, что величины токов транзисторов оконечного каскада могут отличаться не более чем на 10%.

## 5. НАЛАЖИВАНИЕ ПРИЕМНИКОВ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Вначале налаживают усилитель низкой частоты в соответствии с рекомендациями, изложенными в предыдущем разделе. Затем производят наладку высокочастотной части приемника.

Убедившись в работоспособности УНЧ, необходимо установить режим работы по постоянному току транзисторов высокочастотной части приемника. Методика установки режимов транзисторов УВЧ ничем не отличается от рассмотренной ранее. Если после включения приемника в громкоговорителе будет слышен характерный свист, то это свидетельствует о наличии в тракте высокой частоты самовозбуждения. В этом случае нужно определить, проходит ли цепь паразитной обратной связи через магнитную антенну. Для этого замыкают накоротко катушку связи ( $L_2$ , рис. 12—16) с антенной. Если обратная связь осуществлялась через нее, то самовозбуждение прекратится, а если нет — то обратная связь имеет место между элементами самого УВЧ. Устранить самовозбуждение в подобном случае иногда удается, поменяв местами выводы катушки связи  $L_2$ . Обратная связь через магнитную антенну осуществляется и посредством магнитного поля ВЧ дросселей (Др, рис. 12, 13, 14, 16). Такая связь обнаруживается при перемещении или повороте дросселя. Ликвидировать ее можно путем экранировки дросселя или нахождения более оптимального места его расположения. Паразитная обратная связь возможна и через цепи питания высокочастотных и низкочастотных каскадов схемы. Для ее устранения часто оказывается достаточно включить развязывающий фильтр, состоящий из резистора сопротивлением 200—1000 Ом и конденсатора емкостью 20—50 мкФ, в цепь питания высокочастотной части приемника.

После устранения самовозбуждения необходимо попытаться принять какую-либо местную радиостанцию. Если с магнитной антенной этого сделать не удастся, то надо к катушке  $L_1$  подключить внешнюю антенну через конденсатор емкостью 50—100 пФ. Если и после этого никакого приема нет, то причиной, как правило, является ошибка в монтаже, которую необходимо устранить. В том случае, когда громкость принимаемой радиостанции слабая, следует увеличить связь катушки  $L_2$  с антенной

путем перемещения ее по ферритовому стержню. Иногда повысить громкость приема удастся лишь после увеличения числа витков катушки связи  $L2$  (чувствительность приемника при этом становится выше). Следует, однако, помнить, что при увеличении связи с входным контуром его добротность, а следовательно, и избирательность ухудшаются. В ряде случаев, когда имеются, например, близко расположенные по частоте радиостанции, приходится жертвовать чувствительностью приемника ради повышения его избирательности.

Итак, приемник функционирует. Требуется осуществить подгонку границ диапазона. Эту операцию лучше всего произвести при помощи соответствующего генератора высокой частоты. Когда радиоконструктор не располагает подходящим высокочастотным генератором, он может воспользоваться методикой подгонки, известной многим опытным радиолюбителям, суть которой заключается в следующем.

Первый каскад усилителя высокой частоты переводят в режим генерации. Для этого необходимо ввести положительную обратную связь, соединив коллектор транзистора  $T1$  через конденсатор небольшой емкости (5—7 пФ) с катушкой входного контура  $L1$ . При этом приемник начинает генерировать на частоте весьма близкой к собственной частоте контура. Если генерация не возникает, то следует поменять местами выводы катушки  $L2$ , либо увеличить емкость конденсатора обратной связи до 10 пФ.

Затем нужно поднести налаживаемый приемник к антенному гнезду обычного вещательного радиоприемника, предварительно вставив в него небольшой отрезок монтажного провода. Вращая ручку настройки радиовещательного приемника, находят сигнал, который излучается генерируемым усилителем высокой частоты. По шкале вещательного приемника определяют значение частоты генерации, которая, как уже упоминалось выше, практически равна резонансной частоте входного контура ( $L1, C1$ ). Подбирая число витков катушки  $L1$ , можно установить необходимые границы диапазона и, кроме того, проградуировать шкалу настройки налаживаемого приемника. Чтобы повысить точность определения частоты, рекомендуется пользоваться вещательным приемником, имеющим оптический индикатор настройки. При отсутствии в приемнике такого индикатора точную настройку на частоту

генерации можно осуществить на слух по звуковому тону, похожему на микрофонный эффект в УНЧ вследствие появления акустической положительной обратной связи (например, если приблизить микрофон к громкоговорятелю).

После того как настройка входного контура палаживаемого приемника окончена, следует убрать временно установленный конденсатор обратной связи и поменять местами выводы катушки связи  $L_2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

Архипов Е. Малогабаритный 2-V-2 — «Радио», 1970, № 2.

Борисов В. Г. Блочный приемник начинающего радиолюбителя. М., «Энергия», 1975.

Борноволоков Э. Приемники прямого усиления.—«Радио», 1967, № 6.

Бродиловский В. Г., Смирнова М. А. Справочник молодого радиста. М., «Высшая школа», 1975.

Васильев В. А. Радиолюбителю о транзисторах. М., Изд-во ДОСААФ, 1973.

Головистиков И. Простой транзисторный 1-V-2.— «Радио», 1971, № 12.

Гумеля Е. Б. Налаживание транзисторных приемников. М., «Энергия», 1971.

Иванов В. Бестрансформаторный УНЧ.— «Радио», 1970, № 2.

Ерлыкин Л. А. Практические советы радиолюбителю. М., Воениздат, 1974.

Ломанович В., Соболевский А. Налаживание радиоаппаратуры. М., Изд-во ДОСААФ, 1968.

Малинин Р. М. Справочник по транзисторным схемам. М., «Энергия», 1974.

Морозов В. Радиолюбительские приборы для проверки транзисторов. М., Изд-во ДОСААФ, 1965.

Путятин Н. Н. Радиоконструирование. М., Изд-во ДОСААФ, 1975.

Румянцев М. Практика налаживания любительских карманных приемников. М., Изд-во ДОСААФ, 1965.

Соколов В. Усилитель низкой частоты.— «Радио», 1968, № 12.

Терещук Р. М. и др. Малогабаритная радиоаппаратура. Справочник радиолюбителя. Киев, «Наукова думка», 1972.

Фролов В. В. Язык радиосхем. М., «Энергия», 1968.

## СОДЕРЖАНИЕ

### I. КАК ПРОЧИТАТЬ РАДИОСХЕМУ?

1. Структурная схема . . . . .	3
2. Принципиальная схема . . . . .	4
3. Схема электрических соединений, монтажная плата . . .	6
4. Приемные антенны . . . . .	7
5. Выключатели, переключатели . . . . .	9
6. Полупроводниковые диоды, транзисторы . . . . .	11
7. Резисторы . . . . .	17
8. Конденсаторы . . . . .	20
9. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы . .	25
10. Акустические устройства . . . . .	27
11. Электрохимические источники питания . . . . .	29

### II. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИЕМНИКОВ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

1. Общие сведения . . . . .	33
2. Приемник 1-V-1 на транзисторах различной проводимости .	36
3. Приемник 1-V-2 на транзисторах различной проводимости .	37
4. Приемник 1-V-2 с низковольтным источником питания . .	42
5. Приемник 2-V-2 на транзисторах различной проводимости с низковольтным источником питания . . . . .	44

### III. КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

1. Общие сведения . . . . .	47
2. Усилитель низкой частоты мощностью 150 мВ. А. . . . .	48
3. Усилитель низкой частоты мощностью 0,8 Б. А. . . . .	51
4. Усилитель низкой частоты мощностью 3В. А . . . . .	54

### IV. МЕТОДИКА НАЛАЖИВАНИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ТРАНЗИСТОРАХ

1. Общие сведения . . . . .	59
2. Проверка деталей . . . . .	60
3. Способы обеспечения режима работы транзисторов по по- стоянному току . . . . .	66
4. Настройка транзисторных усилителей низкой частоты (УНЧ) . . . . .	68
5. Настройка приемников прямого усиления . . . . .	73

**Владимир Иванович Будыч**

**ЮНОМУ РАДИОКОНСТРУКТОРУ**

Редактор *М. Е. Орехова*

Художник *В. А. Клочков*

Художественный редактор *Т. А. Хитрова*

Технический редактор *З. И. Сарвина*

Корректоры *В. Н. Липидус, Р. М. Рыкунина*

Г-80720. Сдано в набор 1/VI-1976 г. Подписано к печати 10/VIII-1976 г.  
Изд. № 2/942. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 1. Тираж  
200 000 экз. Зак. № 1249. Цена 18 коп. Усл. п. л. 4,2. Уч.-изд. л. 3,88.  
Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР. 107066, Москва.  
Б-66, Новорязанская ул., 26.

Киевская книжная фабрика республиканского производственного объеди-  
нения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, Киев, ул. Воровского, 24.