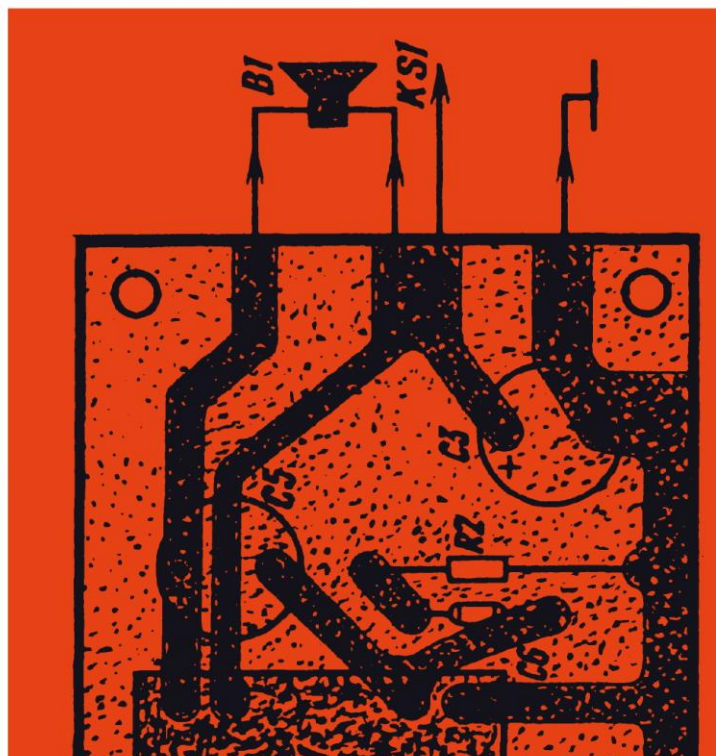
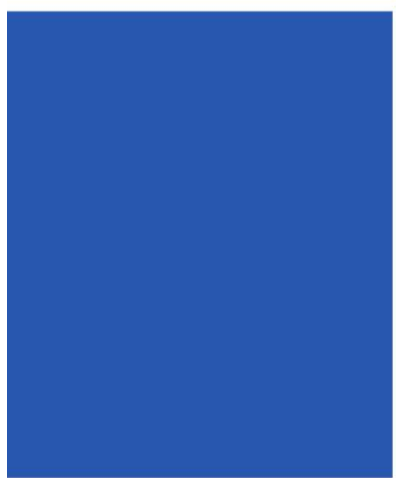
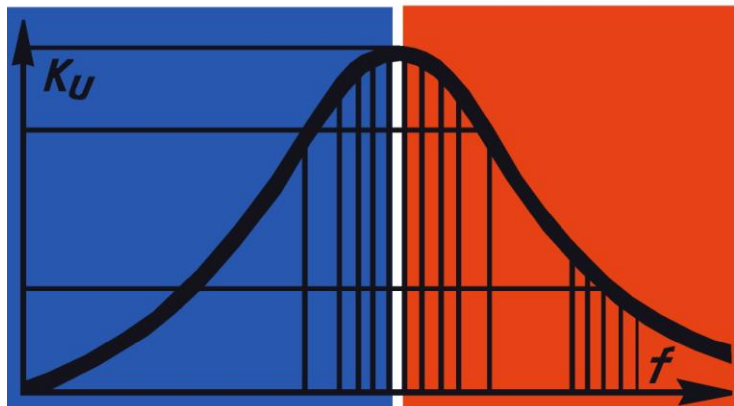




В. А. ВАСИЛЬЕВ

ПРИЕМНИКИ НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



**МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА**

Основана в 1947 году

Выпуск 1072

В. А. ВАСИЛЬЕВ

**П Р И Е М Н И К И
Н А Ч И Н А Ю Щ Е Г О
Р А Д И О Л Ю Б И Т Е Л Я**



МОСКВА «РАДИО И СВЯЗЬ» 1984

ББК 32.849.9
В19
УДК 621.396.62

Редакционная коллегия:
Белкин Б. Г., Бирюков С. А., Бондаренко В. М., Борисов В. Г., Геиншта Е. Н., Гороховский А. В., Ельяшкевич С. А., Жеребцов И. П., Корольков В. Г., Поляков В. Т., Смирнов А. Д., Тарсов Ф. И., Фролов О. П., Хотуицев Ю. Л., Чистяков Н. И.

Рецензент В. Г. Борисов

Массовая радиобиблиотека

Васильев В. А.

В19 Приемники начинающего радиолюбителя. — М.: Радио и связь, 1984. — 80 с., ил. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1072).

40 к.

Описаны принцип действия, устройство, изготовление и налаживание простых радиолюбительских конструкций приемников прямого усиления, усилителей низкой частоты к ним и громкоговорящих приемников прямого усиления, при повторении которых могут быть использованы доступные детали и узлы широкого применения. Даны практические рекомендации по подбору деталей и варианты возможной их замены. Для начинающих радиолюбителей.

В. 2402020000-185 88-84
046(01)-84

ББК 32.849.9
6Ф2.9

© Издательство «Радио и связь», 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбитель, приступающий к изучению основ радиоэлектроники, обычно терзается, не сразу находя, с чего начать свою деятельность по конструированию радиоаппаратуры. Опыт свидетельствует, что путь в радиоэлектронку от простого к сложному хотя и не так скор, как хотелось бы, но зато дает прочные знания и навыки, которые в дальнейшем помогут не только собрать по готовым описаниям более сложные приемники, но и самостоятельно разработать и изготовить собственную конструкцию.

Нередко радиолюбители начинают свой творческий путь с изготовления простого приемника на транзисторах, как правило переносного. Но бывает так, что для выбранной конструкции, даже очень простой, не удается приобрести необходимые детали либо у радиолюбителя уже есть некоторые детали, но он не знает, по какой схеме можно собрать из них приемник. В этой книге учтены характерные особенности творчества радиолюбителей на первых порах. Описания конструкций составлены так, что в них отображены почти все возможные варианты комбинаций транзисторов широкого применения. Конструкции приемников описаны в определенной последовательности, причем основное внимание в каждом описании уделено особенностям конструкции в предположении, что читатель уже знаком с описанными ранее.

В книге четыре раздела. В первом читатель знакомится с принципом действия и взаимозаменяемостью основного усилительного прибора — транзистора и более сложного узла — интегральной микросхемы. Во втором разделе рассказано об устройстве, изготовлении и налаживании простейших приемников прямого усиления. Для них требуется всего два или три транзистора и несколько других деталей, вполне доступных и недорогих. Правда, принимать сигналы радиостанций придется только на головные телефоны, но зато малые размеры, экономичность питания и доступность повторения делают эти конструкции полезными для начинающего радиолюбителя.

О том, как сделать приемник громкоговорящим, вы прочтете в третьем разделе, где описано несколько усилителей низкой частоты различной выходной мощности (от 50 мВт до 2 Вт). Для тех, кто уже преодолел начальный этап творчества, будет интересен четвертый раздел, посвященный громкоговорящим приемникам прямого усиления со встроенным источником питания.

Описания всех конструкций содержат подробные принципиальные и монтажные схемы. Все приемники, приведенные в книге, могут быть собраны из радиокомпонентов широкого применения, которые легко приобрести в розничной торговле, либо по почте. Вопросы снабжения радиолюбителей деталями по почте ведают Центральная торговая база Посылторга, находящаяся по адресу: 111126, Москва, Е-126, Авномоторная ул., 50, а также Межреспубликанская торговая база Центросоюза: 121471, Москва, Г-471, Рябиновая ул., 45. Перечень имеющихся на складах деталей и узлов указан в проспектах, рассылаемых этими базами по почтовым отделениям связи.

Отзывы об этой книге и замечания по конструкциям просим направлять по адресу: 101000, Москва, Почтамт, а/я 693, издательство «Радио и связь», Массовая радиобиблиотека.

Автор

О ТРАНЗИСТОРАХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО ТРАНЗИСТОРОВ

Активными элементами современного радиоприемника служат транзисторы. Их различают по назначению, параметрам и внешнему виду. Начинаящий радиолюбитель, приступающий к изготовлению своего первого приемника, должен знать их особенности.

Транзистором называется полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления и генерирования электрических колебаний. Он представляет собой кристалл, помещенный в корпус, снабженный выводами. Кристалл изготавливают из полупроводникового материала. По своим электрическим свойствам полупроводники занимают некоторое промежуточное положение между проводниками и непроводниками тока (изоляторами). Небольшой кристалл полупроводникового материала (полупроводника) после соответствующей технологической обработки становится способным менять свою электропроводность в очень широких пределах при подведении к нему слабых электрических колебаний и постоянного напряжения смещения. Кристалл помещают в металлический или пластмассовый корпус и снабжают тремя выводами, жесткими или мягкими, присоединенными к соответствующим зонам кристалла. Металлический корпус иногда имеет собственный вывод, но чаще с корпусом соединяют один из трех электродов транзистора.

В настоящее время находят применение транзисторы двух видов — биполярные и полевые. Биполярные транзисторы появились первыми и получили наибольшее распространение. Поэтому обычно их называют просто транзисторами. Полевые транзисторы появились позже и пока используются реже биполярных.

Биполярными транзисторами называют потому, что электрический ток в них образуют электрические заряды положительной и отрицательной полярности. Носители положительных зарядов принято называть дырками, отрицательные заряды переносятся электронами. В биполярном транзисторе используют кристалл из германия или кремния — основных полупроводниковых материалов, применяемых для изготовления транзисторов и диодов. Поэтому и транзисторы называют одни кремниевыми, другие — германиевыми. Для обеих разновидностей биполярных транзисторов характерны свои особенности, которые обычно учитывают при проектировании устройств.

Для изготовления кристалла используют сверхчистый материал, в который добавляют специальные строго дозированные примеси. Они и определяют появление в кристалле проводимости, обусловленной дырками (p -проводимость) или электронами (n -проводимость). Таким образом формируют один из электродов транзистора, называемый базой. Если теперь в поверхность кристалла базы вве-

сти тем или иным технологическим способом специальные примеси, изменяющие тип проводимости базы на обратную так, чтобы образовались близлежащие зоны *n-p-n* или *p-p-p*, и к каждой зоне подключить выводы, образуется транзистор. Одну из крайних зон называют эмиттером, т. е. источником носителей заряда, а вторую — коллектором, собирателем этих носителей. Зона между эмиттером и коллектором называется базой. Выводам транзистора обычно присваивают названия, аналогичные его электродам. Усилительные свойства транзистора проявляются в том, что если теперь к эмиттеру и базе приложить малое электрическое напряжение — входной сигнал, то в цепи коллектор — эмиттер потечет ток, по форме повторяющий входной ток входного сигнала между базой и эмиттером, но во много раз больший по значению.

Для нормальной работы транзистора в первую очередь необходимо подать на его электроды напряжение питания. При этом напряженне на базе относительно эмиттера (это напряженне часто называют напряженнем смещения) должно быть равно нескольким десятым долям вольта, а на коллекторе относительно эмиттера — несколько вольт.

Включенные в цепь *n-p-n* и *p-p-p* транзисторов отличается только полярностью напряжения на коллекторе и смещения. Кремниевые и германиевые транзисторы одной и той же структуры отличаются между собой лишь значением напряжения смещения. У кремниевых оно примерно на 0,45 В больше, чем у германиевых.

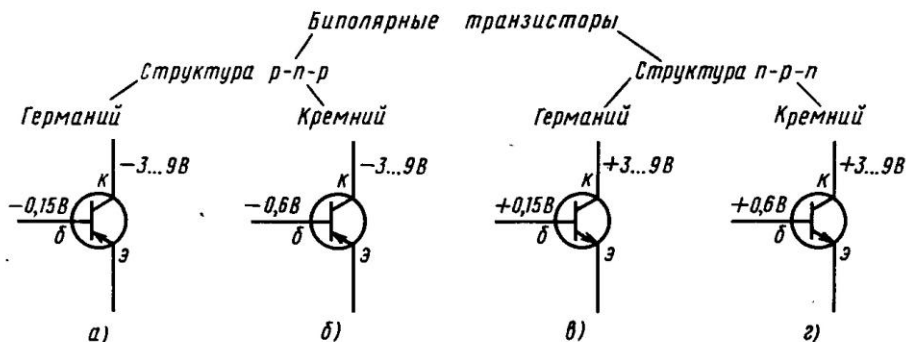


Рис. 1

На рис. 1 показаны условные графические обозначения транзисторов той и другой структуры, выполненных на основе германия и кремния, и типовое напряжение смещения. Электроды транзисторов обозначены первыми буквами слов: эмиттер — Э, база — Б, коллектор — К. Напряжение смещения (или, как принято говорить, режим) показано относительно эмиттера, но на практике напряжение на электродах транзистора указывают относительно общего провода устройства. Общим проводом в устройстве и на схеме называют провод, гальванически соединенный с входом, выходом и часто с источником питания, т. е. общий для входа, выхода и источника питания.

Усилительные и другие свойства транзисторов характеризуются рядом электрических параметров, наиболее важные из которых рассмотрены ниже.

Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21э}$ показывает, во сколько раз ток коллектора биполярного транзистора больше тока его базы, вызвавшего этот ток. У большинства типов транзисторов численное значение этого коэффициента от экземпляра к экземпляру может изменяться от 20 до 200. Есть транзисторы и с меньшим значением — 10...15, и с большим — до 50...800 (такие называют транзисторами со сверхусилением). Нередко считают, что хорошие результаты можно получить только с транзисторами, имеющими большое значение $h_{21э}$. Однако практика показывает, что при умелом конструировании аппаратуры вполне можно обойтись транзисторами, имеющими $h_{21э}$, равный всего 12...20. Примером этого может служить большинство конструкций, описанных в этой книге.

Частотными свойствами транзистора учитывается тот факт, что транзистор способен усиливать электрические сигналы с частотой, не превышающей определенного для каждого транзистора предела. Частота, на которой транзистор теряет свои усилительные свойства, называют предельной частотой усиления транзистора. Для того, чтобы транзистор мог обеспечить значительное усиление сигнала, необходимо, чтобы максимальная рабочая частота сигнала была по крайней мере в 10...20 раз меньше предельной частоты f_m транзистора. Например, для эффективного усиления сигналов низкой частоты (до 20 кГц) применяют низкочастотные транзисторы, предельная частота которых не менее 0,2...0,4 МГц. Для усиления сигналов радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов волн (частота сигнала не выше 1,6 МГц) пригодны лишь высокочастотные транзисторы с предельной частотой не ниже 16...30 МГц.

Максимальная допустимая рассеиваемая мощность — это наибольшая мощность, которую может рассеивать транзистор в течение длительного времени без опасности выхода из строя. В справочниках по транзисторам обычно указывают максимальную допустимую мощность коллектора $P_{кmax}$, поскольку именно в цепи коллектор — эмиттер выделяется наибольшая мощность и действуют наибольшие ток и напряжение. Базовый и коллекторный токи, протекая по кристаллу транзистора, разогревают его. Германиевый кристалл может нормально работать при температуре не более 80, а кремниевый — не более 120°C. Тепло, которое выделяется в кристалле, отводится в окружающую среду через корпус транзистора, а также и через дополнительный теплоотвод (радиатор), которым дополнительно снабжают транзисторы большой мощности.

В зависимости от назначения выпускают транзисторы малой, средней и большой мощности. Маломощные используют главным образом для усиления и преобразования слабых сигналов низкой и высокой частот, мощные — в оконечных ступенях усиления и генерации электрических колебаний низкой и высокой частот. Усилительные возможности ступени на биполярном транзисторе зависят не только от того, какой он мощности, а сколько от того, какой конкретно выбран транзистор, в каком режиме работы по переменному и постоянному току он работает (в частности, каковы ток коллектора и напряжение между коллектором и эмиттером), каково соотношение рабочей частоты сигнала и предельной частоты транзистора.

Полевой транзистор представляет собой полупроводниковый прибор, в котором управление током между двумя электродами, образованием направленным движением носителей заряда дырок или электронов, осуществляется электрическим полем, создаваемым напряжением на третьем электроде. Электроды, между которыми протекает управляемый ток, носят название истока и стока,

причем истоком считают тот электрод, из которого выходят (истекают) носители заряда. Третий, управляющий, электрод называют затвором. Токпроводящий участок полупроводникового материала между истоком и стоком принято называть каналом, отсюда еще одно название этих транзисторов — канальные. Под действием напряжения на затворе относительно истока меняется сопротивление канала, а значит, и ток через него.

В зависимости от типа носителей заряда различают транзисторы с n -каналом или p -каналом. В n -канальных ток канала обусловлен направленным движением электронов, а p -канальных — дырок. В связи с этой особенностью полевых транзисторов их иногда называют также униполярными. Это название подчеркивает, что ток в них образуют носители только одного знака, что и отличает полевые транзисторы от биполярных.

Для изготовления полевых транзисторов используют главным образом кремний, что связано с особенностями технологии их производства.

Рассмотрим основные параметры полевых транзисторов.

Крутизна входной характеристики S или проводимость прямой передачи тока Y_{21} указывает, на сколько миллиампер изменяется ток канала при изменении входного напряжения между затвором и истоком на 1 В. Поэтому значение крутизны входной характеристики определяется в мА/В, так же как и крутизна характеристики радиоламп. Современные полевые транзисторы имеют крутизну от десятых долей до десятков и даже сотен миллиампер на вольт. Очевидно, что чем больше крутизна, тем большее усиление может дать полевой транзистор. Но большим значениям крутизны соответствует большой ток канала. Поэтому на практике обычно выбирают такой ток канала, при котором, с одной стороны, достигается требуемое усиление, а с другой — обеспечивается необходимая экономичность в расходе тока.

Частотные свойства полевого транзистора, так же как и биполярного, характеризуются значением предельной частоты. Полевые транзисторы тоже делят на низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные, и также для получения большого усиления максимальная частота сигнала должна быть по крайней мере в 10...20 раз меньше предельной частоты транзистора.

Максимальная допустимая постоянная рассеиваемая мощность полевого транзистора определяется точно так же, как и для биполярного. Промышленность выпускает полевые транзисторы малой, средней и большой мощности.

Для нормальной работы полевого транзистора на его электродах должно действовать постоянное напряжение начального смещения. Полярность напряжения смещения определяется типом канала (n или p), а значение этого напряжения — конкретным типом транзистора. Здесь следует указать, что среди полевых транзисторов значительно больше разнообразие конструкций кристалла, чем среди биполярных. Наибольшее распространение в любительских конструкциях и в изделиях промышленного производства получили полевые транзисторы с так называемым встроенным каналом и p - n переходом. Они неприхотливы в эксплуатации, работают в широких частотных пределах, обладают высоким входным сопротивлением, достигающим на низкой частоте нескольких мегаом, а на средней и высокой частотах — нескольких десятков или сотен килоом в зависимости от серии. Для сравнения укажем, что биполярные транзисторы имеют значительно меньшее входное сопротивление, обычно близкое к 1...2 кОм, и лишь ступени на составном транзисторе могут иметь большее входное сопротивление. В этом состоит большое преимущество полевых транзисторов перед биполярными.



Рис. 2

ка — положительным, а для транзистора с *n*-каналом — наоборот.

В промышленной аппаратуре и реже в радиолюбительской находят также примененные полевые транзисторы с изолированным затвором. Такие транзисторы имеют еще более высокое входное сопротивление, могут работать на очень высоких частотах. Но у них есть существенный недостаток — низкая электрическая прочность изолированного затвора. Для его пробоя и выхода транзистора из строя вполне достаточно даже слабого заряда статического электричества, который всегда есть на теле человека, на одежде, на инструменте. По этой причине выводы полевых транзисторов с изолированным затвором при хранении следует связывать вместе мягкой голой проволокой, при монтаже транзисторов руки и инструменты нужно «заземлять», используют и другие защитные мероприятия.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

Отечественная электронная промышленность выпускает большое число типов транзисторов различного назначения. Условное обозначение каждого типа состоит из нескольких букв и цифр согласно системе, принятой в 1964 г. и дополненной в 1972 г. Первая буква обозначения указывает на материал кристалла транзистора: К — кремний, Г — германий; вторая — на вид прибора; Т — биполярный транзистор, П — полевой. Далее следует трех- или четырехзначное число. Первая его цифра дает понятие о частотных и мощностных характеристиках транзистора в соответствии с табл. 1. Например, цифрой 1 обозначают низ-

Таблица 1

Классификация транзисторов выпуска после 1964 г.

Частотные свойства	Транзисторы		
	малой мощности ($P_{Kmax} \leq 0,3 \text{ Вт}$)	средней мощности ($P_{Kmax} \leq 3 \text{ Вт}$)	большой мощности ($P_{Kmax} \geq 3 \text{ Вт}$)
Низкая частота (ниже 3 МГц)	101...199	401...499	701...799
Средняя частота (ниже 30 МГц)	201...299	501...599	801...899
Высокая частота (выше 30 МГц)	301...399	601...699	901...999

Примечание. У транзисторов с четырехзначным числом в обозначении последние три цифры означают номер разработки.

кочастотный транзистор малой мощности, 3 — транзистор высокочастотный малой мощности и т. д. Последние цифры указывают порядковый номер разработки. В конце обозначения могут стоять одна или две буквы, свидетельствующие о технологических особенностях транзистора или обозначающие ту или иную группу, обусловленную разбросом параметров.

В качестве примера расшифруем условное обозначение транзистора ГТ322А: германиевый биполярный транзистор высокой частоты малой мощности с номером разработки 22, группа А. Другой пример. Транзистор КП303Б: кремниевый полевой транзистор высокой частоты малой мощности с номером разработки 03, группа Б. Таким образом, табл. 1 может быть использована при идентификации практически всех типов транзисторов, выпускаемых отечественной промышленностью. Нужно отметить, что системы условных обозначений, принятые за рубежом (а их немало!), не позволяют так точно определить характеристики транзисторов, как система, принятая в СССР.

Кроме транзисторов, имеющих обозначение по действующей системе, еще выпускаются и находят применение транзисторы, обозначаемые по старой системе, действовавшей до 1964 г. Обозначение этих транзисторов начинается с буквы П, что означает плоскостной (конструктивная особенность), а далее следует цифровой индекс от однозначного до многозначного. Расшифровка цифровых индексов указана в табл. 2.

Таблица 2

Классификация транзисторов выпуска до 1964 г.

Частотные свойства	Транзисторы			
	малой мощности ($P_{Kmax} \leq 0,25$ Вт)		большой мощности ($P_{Kmax} > 0,25$ Вт)	
	Германий	Кремний	Германий	Кремний
Низкочастотные (ниже 5 МГц)	1...100	101...200	201...300	301...400
Высокочастотные (выше 5 МГц)	401...500	501...600	601...700	701...800

Примечание. Исключением могут являться транзисторы еще более раннего выпуска (например, П4 большой мощности).

Ряд транзисторов старых выпусков имеют в обозначении перед буквой П дополнительную букву М, что условно означает транзистор с холодносварным корпусом, например МП42Б. Такие транзисторы имеют значительно большие сроки хранения (десятки лет) и службы (десятки тысяч часов работы), чем их предшественники с горячесварным корпусом. Кроме того, в обозначении некоторых приборов после цифрового индекса есть еще одна или две буквы, например П605АИ, обозначающие те или иные особенности прибора. Чаще всего это буквы Э — повышенная влагостойкость и И — улучшенные импульсные свойства.

Выпускаемые промышленностью транзисторы можно также различать по конструкции корпуса, форме и размещению выводов. Есть серии транзисторов, которые выпускают в корпусе двух видов, например в пластмассовом и металлическом. На рис. 3 показаны цоколевки и упрощенные изображения корпуса со стороны выводов наиболее широко применяемых в любительской практике биполярных транзисторов малой мощности, а на рис. 4 — цоколевки полевых транзисторов малой мощности (буквенные индексы транзисторов на рис. 3 и 4 опущены).

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ТРАНЗИСТОРОВ

В процессе изготовления, налаживания или ремонта транзисторной аппаратуры нередко возникает необходимость замены одного транзистора другим. При этом может оказаться, что заменяемый транзистор уже давно снят с производства или отсутствует в продаже.

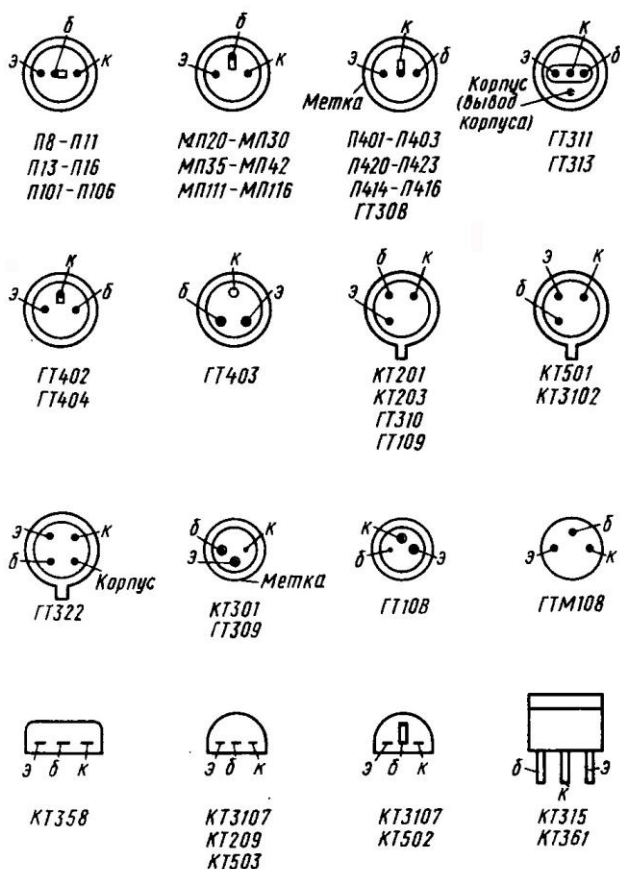


Рис. 3

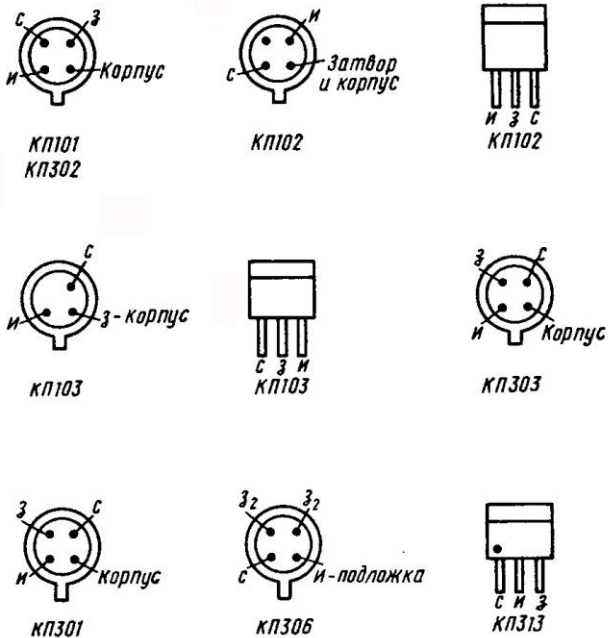


Рис. 4

Выйти из затруднительного положения можно, подобрав транзистор другого типа той же структуры с аналогичными или близкими параметрами. Обычно заменяющий транзистор подбирают по справочникам по полупроводниковым приборам. Как правило, это редкие книги, предназначенные для специалистов, да и разобраться в них радиолюбителю, особенно начинающему, не так легко.

В подобных случаях при изготовлении и ремонте описываемых в книге приемников или другой аппаратуры с напряжением питания не более 10...12 В для подборки взаимозаменяемых транзисторов можно пользоваться рекомендациями табл. 3. В ней транзисторы размещены по своему основному назначению, причем последовательность размещения в группах такова, что все последующие заменяют предыдущие. Возможна и обратная замена, когда предыдущий транзистор заменяет последующий из той группы, но в этом случае качество работы ступени может ухудшиться. Транзисторы, снятые с производства, но когда-то широко применявшиеся в радиолюбительских конструкциях, а поэтому еще могущие встретиться в употреблении, указаны в скобках.

При составлении табл. 3 было учтено, что усилительные возможности низкочастотных транзисторов, применяемых в усилителях НЧ, в основном определяются значением коэффициента $h_{21э}$, поэтому транзисторы указаны в порядке возрастания гарантированного значения этого коэффициента. Например, у транзисторов МП39 он значительно меньше, чем у МП41А или МП42Б, поэтому МП39 начинает группу, а МП42Б заканчивает ее. Высокочастотные транзисторы расположены в группах в порядке возрастания предельной частоты, т. е. чем больше предельная частота транзисторов какой-либо серии, тем дальше отстоит она от начала группы. Это связано с тем, что на высоких частотах усиление транзистора

Взаимозаменяемость транзисторов

Группы	Транзисторы
Низкочастотные германиевые, структуры <i>p-n-p</i> , малой мощности	(П13), МП39Б, (П13А), (П13Б), МП39Б (П14), МП40, (П15), ГТ108А, ГТ108Б, ГТ109А—ГТ109В, ГТ115А—ГТ115В, МП41, (П16), МП42А, МП42Б, (П16А), (П16Б), МП25А, МП26А, МП25Б, МП26Б (П8), МП35, (П9), МП36, (П10), МП37, МП37А, (П11), МП38, (П11А), МП38А (П104), МП114, (П105), МП115, (П106), МП116, КТ104А—КТ104Г
Низкочастотные германиевые, структуры <i>n-p-n</i> , малой мощности	
Низкочастотные кремниевые, структуры <i>p-n-p</i> , малой мощности	(П101), МП111, (П102), МП112, (П103), МП113
Низкочастотные кремниевые, структуры <i>n-p-n</i> , малой мощности	
Низкочастотные германиевые, структуры <i>p-n-p</i> , средней мощности	ГТ402А—ГТ402Г, ГТ403А—ГТ403Ж
Низкочастотные германиевые, структуры <i>n-p-n</i> , средней мощности	ГТ404А—ГТ404Г
Среднечастотные кремниевые, структуры <i>p-n-p</i> , малой мощности	КТ201А—КТ201Д, КТ209А—КТ209И, КТ503—КТ503Е
Среднечастотные кремниевые, структуры <i>n-p-n</i> , малой мощности	КТ203А—КТ203В, КТ502А—КТ502Г
Высокочастотные германиевые, структуры <i>p-n-p</i> , малой мощности	(П420), (П401), (П421), (П402), П422, П416, (П403А), (П403), ГТ310А—ГТ310Е, П416Б, ГТ322В—ГТ322Е, ГТ309А, ГТ322А, ГТ322Б, ГТ308А—ГТ308В, ГТ313А, ГТ313Б
Высокочастотные германиевые, структуры <i>n-p-n</i> , малой мощности	ГТ311А—ГТ311Е
Высокочастотные кремниевые, структуры <i>p-n-p</i> , малой мощности	КТ361А—КТ361Г, КТ326А, КТ326Б, КТ3107А—КТ3107Ж
Высокочастотные кремниевые, структуры <i>n-p-n</i> , малой мощности	КТ301, КТ301А—КТ301В, КТ301Г—КТ301Е, (П501), (П502), (П503), КТ312А—КТ312Е, КТ358А—КТ358В, КТ315А—КТ315Г, КТ3102А—КТ3102Е
Низкочастотные полевые с <i>p</i> -каналом и <i>p-n</i> переходом	КП102Е—КП102Л, КП103Е—КП103М, КП202Е—КП202Л
Высокочастотные полевые, с <i>n</i> -каналом и <i>p-n</i> переходом	КП302А—КП302В, КП303А—КП303И, КП307А—КП307Ж

тем больше, чем выше его предельная частота. Особенно заметна эта зависимость на частотах, близких к предельной. В качестве примера на рис. 5 изображены результаты расчета коэффициента усиления мощности K_p сигнала различными транзисторами в зависимости от частоты сигнала f_c . Легко видеть, что низкочастотный транзистор МП41А уже в диапазоне ДВ резко снижает свое усиление, а на границе диапазона КВ оно близко к единице. Высокочастотные транзисторы КТ301А и другие в диапазонах ДВ и СВ дают примерно одинаковое усиление, но в диапазонах КВ и особенно УКВ уже заметна разница.

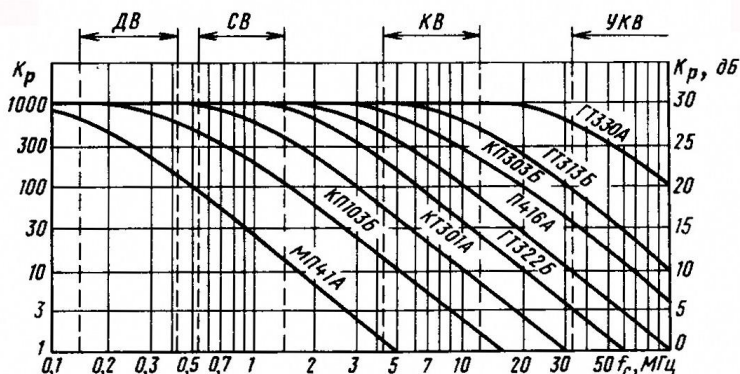


Рис. 5

Усиление мощности сигнала указано на рис. 5 в относительных единицах (в разах) и децибелах. Децибел численно равен десяти десятичным логарифмам от усиления мощности в разах. Считается, что транзисторная ступень хорошо использует усилительные возможности транзистора, если ее коэффициент усиления мощности находится в пределах 100...1000, т. е. 20...30 дБ. Отдельные экземпляры транзисторов могут обеспечить усиление до 10 000 раз (до 40 дБ), но для этого требуется подборка транзисторов.

Как пользоваться табл. 3, покажем на примерах. Предположим, что в описании приемника рекомендуется использовать транзистор П420, давно снятый с производства и отсутствующий в продаже. П420 — высокочастотный транзистор малой мощности, который может быть заменен на П422, П416, ГТ308 с различными буквенными индексами.

Другой пример: необходимо подобрать замену транзистору МП38А. Согласно табл. 3 это германиевый низкочастотный транзистор малой мощности, который может быть заменен на МП37А, МП36, МП35, но при этом качество работы ступени может ухудшиться.

Следует учитывать, что в ряде случаев вводятся дополнительные ограничения на применение и замену некоторых транзисторов, о чем будет сказано при рассмотрении конкретных конструкций. С другой стороны, может оказаться, что среди доступных транзисторов какой-либо группы нет подходящей замены. Тогда можно рекомендовать замену, взяв транзистор той же структуры и из того же полупроводникового материала, но более высокой частоты или мощности. Например, низкочастотные германиевые транзисторы серий МП25 и МП26 можно с успехом заменить транзисторами серии ГТ402. Возможны и другие замены, например германиевого транзистора кремниевым и наоборот. Но при этом почти всегда возникает необходимость скорректировать режим работы ступени. О том, в каких случаях такую замену можно сделать и что изменить в устройстве, будет рассказано ниже при описании конкретных конструкций.

В последнее время в связи с резким уменьшением размеров транзисторов, особенно в пластмассовом корпусе, громоздкую буквенно-цифровую индексацию

стали заменять условным цветовым кодированием, т. е. обозначение и дату изготовления обозначать на корпусе транзистора комбинацией точек различного цвета. Причем в одних случаях номер серии обозначают установившимся сочетанием цветов для транзисторов одной серии, в других, наиболее сложных для начинающего радиолюбителя случаях, используют такие сочетания цветов, которые можно расшифровать только по этикетке, прилагаемой к каждой упаковке транзисторов. К таким транзисторам относятся серии КТ502, КТ503 и некоторые другие.

Если цветовой код содержит только две точки, то обе обозначают серию транзистора. При наличии на корпусе транзистора четырех точек — две верхние из них (если транзистор держать выводами вниз) — номер серии, а две нижние — год выпуска. В качестве примера укажем стандартные условные обозначения ряда транзисторов цветным кодом (две верхние точки):

КТ350А — серый и розовый;	КТ3107Г — голубой и бежевый;
КТ351А — желтый и розовый;	КТ3107Д — голубой и оранжевый;
КТ351Б — желтый и желтый;	КТ3107Е — голубой и электрик;
КТ352А — зеленый и розовый;	КТ3107Ж — голубой и салатный;
КТ352Б — зеленый и желтый;	КТ3107И — голубой и зеленый;
КТ3107А — голубой и розовый;	КТ3107К — голубой и красный;
КТ3107Б — голубой и желтый;	КТ3107Л — голубой и серый.
КТ3107В — голубой и синий;	

Несколько слов о мерах предосторожности при монтаже транзисторов. Необходимо помнить, что транзисторы, как и все полупроводниковые приборы, очень чувствительны к перегреву и перегрузкам по току и напряжению. Поэтому во избежание перегрева паять выводы транзисторов можно только маломощным электрическим паяльником (30...40 Вт), паять надо быстро, в течение не более 3...4 с. Для улучшения отвода тепла от транзистора во время пайки его выводы следует удерживать пинцетом, играющим роль теплоотвода. Не рекомендуется сгибать выводы ближе 3...5 мм от корпуса транзистора и обрезать их короче 15 мм. Монтировать и демонтировать транзисторы можно только при отключенном питании.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Интегральной микросхемой называют миниатюрный функциональный электронный блок, содержащий активные (транзисторы) и пассивные компоненты — резисторы, конденсаторы, диоды и другие — и размещенный в общем герметичном многовыводном корпусе. Интегральные микросхемы могут быть твердотельными и гибридными. У твердотельных все составляющие элементы выполнены в одном кристалле полупроводника, обычно кремния. В гибридных пассивные элементы выполняют напылением или травлением на микроплате, а транзисторы, изготовленные отдельно, монтируют позже микросваркой выводов. Транзисторы в этом случае применяют специальные, бескорпусные.

Многие интегральные микросхемы выполнены в корпусе, мало отличающемся по размерам от обычных транзисторов малой и средней мощности. Однако в одном корпусе микросхемы могут быть размещены десятки транзисторов и диодов,

примерно столько же конденсаторов и резисторов. Это стало возможным в результате применения самой современной технологии производства микросхем. Удобство микросхем в том, что они содержат большинство деталей той или иной ступени и даже нескольких ступеней.

Отечественная электронная промышленность выпускает большое число серий интегральных микросхем различного назначения. Некоторые из них предназначены исключительно для промышленных и научных целей, а поэтому для любительского творчества не подходят. Ряд серий выпускают для использования в вычислительных машинах. Но есть и такие микросхемы, которые могут найти самое широкое применение в радиоприемниках, в том числе рассчитанных для повторения начинающими радиолюбителями. Монтировать их несложно. Применение таких приборов в простых приемниках позволяет значительно сократить число дискретных элементов (конденсаторов, резисторов, диодов, транзисторов) в аппарате. Вместе с тем многие интегральные микросхемы весьма чувствительны к перегрузкам по току и напряжению, к перегреву; поэтому работа с ними требует аккуратности.

В табл. 4 указаны основные характеристики наиболее распространенных в любительской практике интегральных микросхем, на которых можно собрать ряд конструкций, в том числе описанных в книге. Система условных обозначений советских интегральных микросхем, принятая в 1973 г., во многом подобна системе условных обозначений транзисторов. Первая буква К в обозначении указывает, что эта микросхема широкого применения. Отсутствие в обозначении буквы К говорит о том, что эта микросхема предназначена для научных и промышленных целей. Трехзначное число — номер серии. За числом следуют две буквы — условное сокращение основного функционального назначения микросхемы. Одна или две цифры после букв — номер разработки данной микросхемы. А в конце обозначения может быть буквенный индекс, означающий один из вариантов микросхемы, несколько отличающийся от других по параметрам. Пользуясь описанной системой, можно определить назначение интегральных микросхем, указанных в табл. 4.

Интегральная микросхема К140УД1 — дифференциальный операционный усилитель, серия К140, номер разработки 1; варианты с индексами А, Б, В согласно табл. 4 различаются напряжением питания, потребляемым током и коэффициентом усиления. Микросхема выполнена по твердотельной технологии. Для того чтобы получить значительное усиление, максимальная частота сигнала должна быть по крайней мере в 10 раз ниже предельной, т. е. не более 0,5 МГц. Столь низкий рабочий частотный предел является особенностью дифференциальных усилителей всех серий, имеющих в обозначении буквы УД. Микросхемы К140УД1 в этом отношении имеют преимущества — их можно применять в усилителях, работающих на частоте до 1 МГц.

Интегральная микросхема К118УН1 (серия К118) с различными буквенными индексами — твердотельный прибор, представляющий собой две последовательно соединенные ступени усиления напряжения. Эта микросхема может быть применена для усиления сигнала с частотой не более 2 МГц.

Интегральная микросхема К122УН1 с различными буквенными индексами по своим возможностям и схеме полностью аналогична микросхеме К118УН1 и отличается только формой и материалом корпуса, а также цоколевкой.

Интегральные микросхемы, применяемые в радиолюбительских конструкциях

Микросхема	Пределная частота сигнала, МГц	Коэффициент усиления по напряжению	Выходная мощность (выходной ток), Вт (мА)	Напряжение питания, В	Ток покоя, мА	Аналог	Возможная замена
K140УД1А	5	500	(2)	2×6	4,2	K12Т401А	—
K140УД1Б	5	1350	(2)	2×12	8	K1УТ401Б	—
K140УД1В	5	800	(5)	2×12	10	K1УТ401В	—
K118УН1А	20	250	(1)	6	3,5	K1УС181А	K122УН1А
K118УН1Б	20	400	(2)	6	3,5	K1УС181Б	K122УН1Б
K118УН1Г	20	350	(2)	12	5	K1УС181Г	K122УН1Г
K118УН1Д	20	500	(2)	12	5	K1УС181Д	K122УН1Д
K122УН1А	20	800	(2)	12	3,5	K1УС221А	K118УН1А
K122УН1Б	20	250	(1)	6	3,5	K1УС221Б	K118УН1Б
K122УН1В	20	400	(2)	6	3,5	K1УС221В	K118УН1В
K122УН1Г	20	350	(2)	12	5	K1УС221Г	K118УН1Г
K122УН1Д	20	500	(2)	12	5	K1УС221Д	K118УН1Д
K153УД1А	1	800	(2)	12	5	K1УС221Д	K118УН1Д
K153УД1Б	1	15 000	(3)	2×9	6	K1УТ531А	K553УД1Б
K553УД1А	1	10 000	(3)	2×9	6	K1УТ531Б	K553УД1Б
K553УД1Б	1	15 000	(3)	2×9	6	—	K153УД1Б
K153УД2А	1	10 000	(3)	2×15	6	—	K153УД1Б
K153УД2Б	1	10 000	(3)	2×9	6	K1УТ53УД2А	K553УД2Б
K553УД2А	1	15 000	(3)	2×15	6	K1УТ53УД2Б	K553УД2Б
K553УД2Б	1	10 000	(3)	2×6	6	—	K153УД1А
K553УД2Б	1	15 000	(3)	2×15	6	—	K153УД1Б
K174УН4А	0,02*	40	1	9	10	K1УС741А	—
K174УН4Б	0,02*	40	0,7	9	10	K1УС741Б	—
K174УН5	0,02*	100	2	12	20	—	—
K174УН7	0,02	100	4,5	15	30	—	—
K237УН2	0,02*	200	(2)	12	11	K2УС372	—
K237ХК2	0,5*	300	(2)	12	7	K2ЖА372	—
K101КТ1	20	$f_{210} \geq 60$	(20)	5	—	—	2 шт. КТ315
БС-1	20	$f_{210} \geq 20$	(20)	9	—	—	2 шт. КТ315
		$f_{210} \geq 20$	(20)	12	—	—	2 шт. КТ303

Интегральная микросхема К153УД1 (и К5531УД1) — дифференциальный усилитель, предназначенный для работы на частотах не выше 50...100 кГц, в связи с чем находит применение в усилителях НЧ.

К174УН4, К174УН5, К174УН7 — усилители мощности низкой частоты серии К174 с выходной мощностью от 0,7 до 4,5 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом.

Микросхемы К237УН2 и К237ХК2 предназначены для усиления напряжения сигналов низкой и промежуточной частот, детектирования сигнала, регулировки усиления. Они находят применение в простых приемниках, в том числе и радиолюбительских.

К153УД2 (и К553УД2) — дифференциальный усилитель, который обычно используют в высококачественных усилителях напряжения НЧ.

Особое место занимают интегральные микросборки транзисторов — сочетание нескольких одиночных транзисторов, объединенных одним корпусом. К их числу можно отнести, например, интегральную микросборку К101КТ1, содержащую два транзистора, аналогичных по параметрам транзисторам серии КТ315. Транзисторы имеют общий вывод коллектора, выводы базы и эмиттера отдельные. Такие микросборки применяются в коммутаторах тока, отсюда две буквы КТ в условном обозначении. Другим примером является блок-сборка БС-1, в которой размещены четыре отдельных транзистора — два кремниевых высокочастотных биполярных структуры *n-p-n*, аналогичных серии КТ315, и два полевых с *n*-каналом и *p-n* переходом, аналогичных серии П303.

Конструктивно микросхемы разных серий различаются по внешнему виду, числу и расположению выводов. На рис. 6 показаны чертежи корпуса, схемы и цоколевки некоторых микросхем.

При работе с интегральными микросхемами следует знать, что их, как и транзисторы, ремонтировать нельзя. В случае внутреннего обрыва или других дефектов микросхема подлежит замене на исправную. Демонтаж интегральных микросхем представляет определенные трудности. Как сама микросхема, так и печатная плата не допускают длительного нагрева паяльником; поэтому выпивать выводы, а их может быть 14 и более, нужно очень быстро, не более нескольких секунд. В противном случае не исключен выход из строя исправной микросхемы. Если предполагается многократное использование микросхемы в различных конструкциях, рекомендуется удлинить ее выводы, припаяв отрезки медной луженой проволоки длиной 15...20 мм диаметром 0,5...0,7 мм.

ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНИКИ

Самым простым является детекторный приемник, с помощью которого можно слушать программы местных мощных радиостанций на наружную антенну высотой 5...7 м над поверхностью земли. Для того чтобы собрать такой приемник, нужно иметь головные телефоны и несколько деталей, которые можно приобрести в радиомагазинах, а некоторые изготовить самостоятельно. Эти приемники предельно просты и не требуют источника питания. Поэтому длительное время, примерно с начала 20-х до начала 50-х годов, радиолюбители начинали свой путь в радиоэлектронике с изготовления детекторного приемника. Правда, очевидны два существенных недостатка этих приемников. Во-первых, необходимость иметь высоко поднятую антенну и хорошее заземление, а во-вторых, очень мала гром-

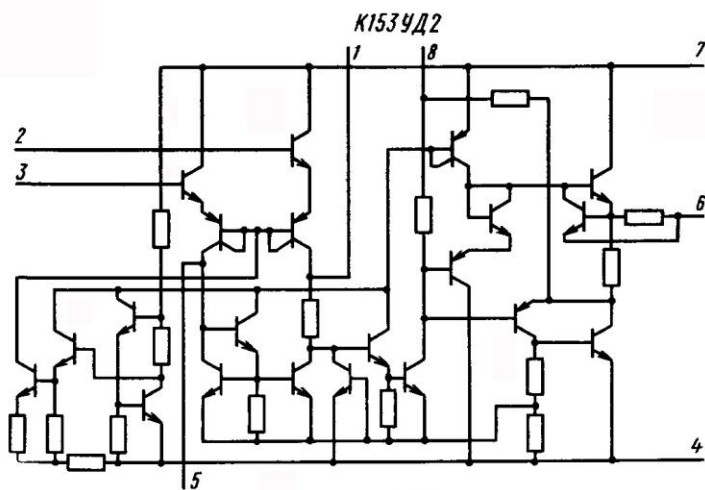
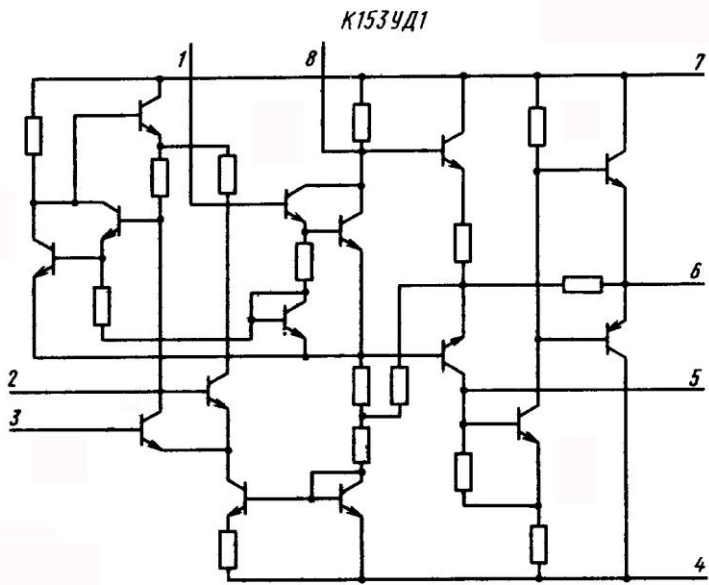
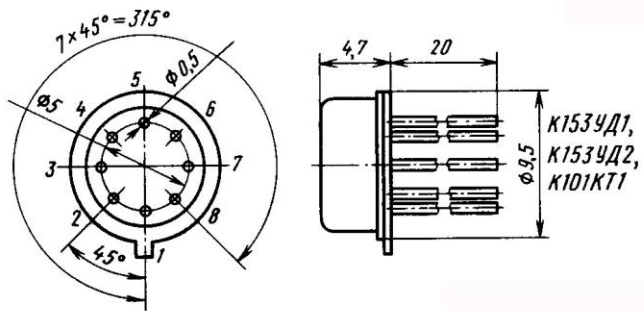
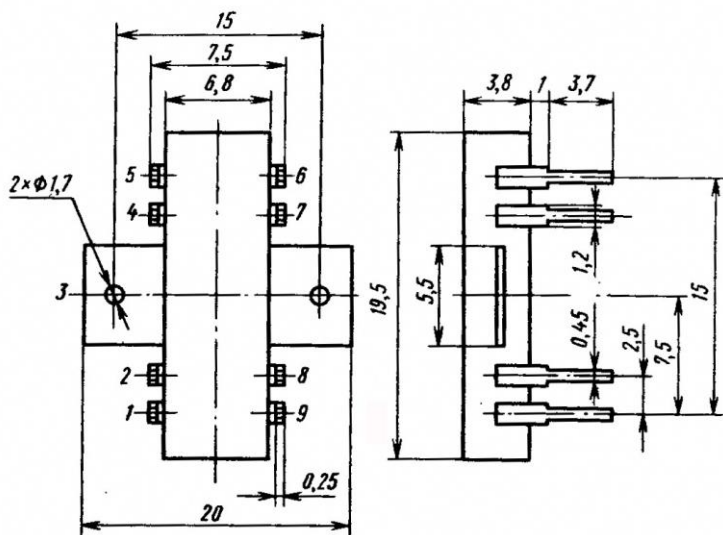


Рис. 6(1)



K174УН4

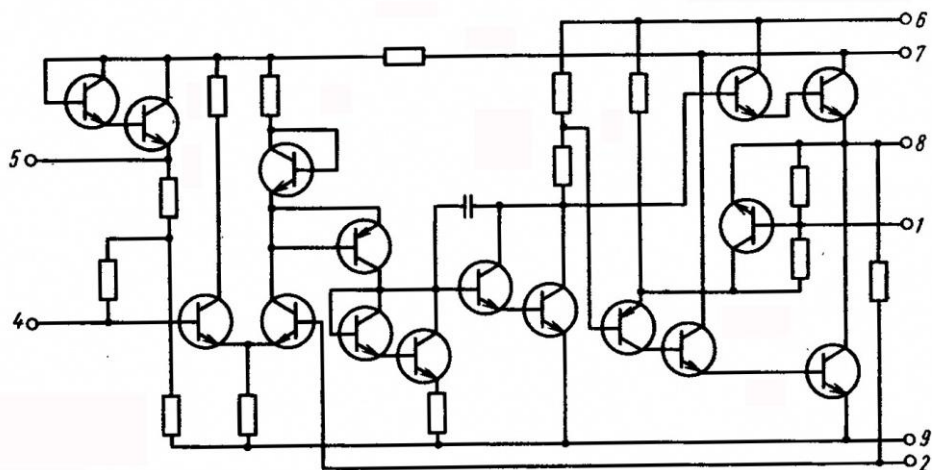
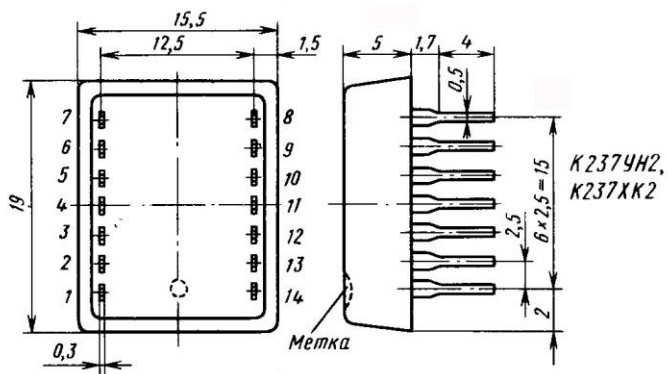
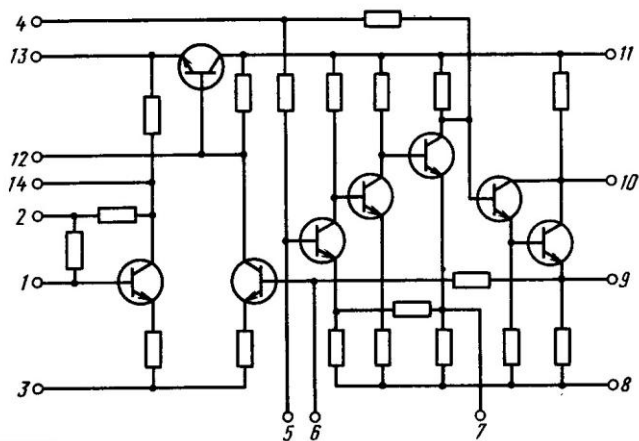


Рис. 6(2)



K237XK2



K2374H2

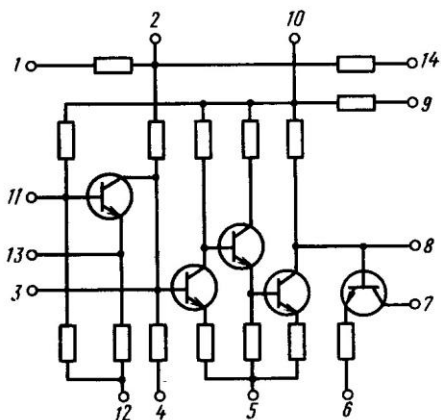
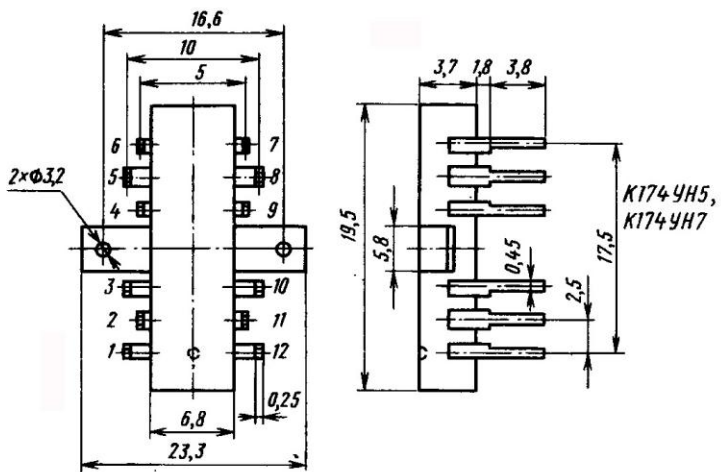
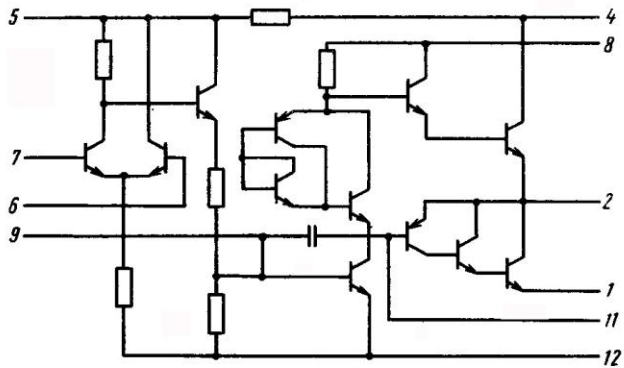


Рис. 6(3)



K174YH5



K174YH7

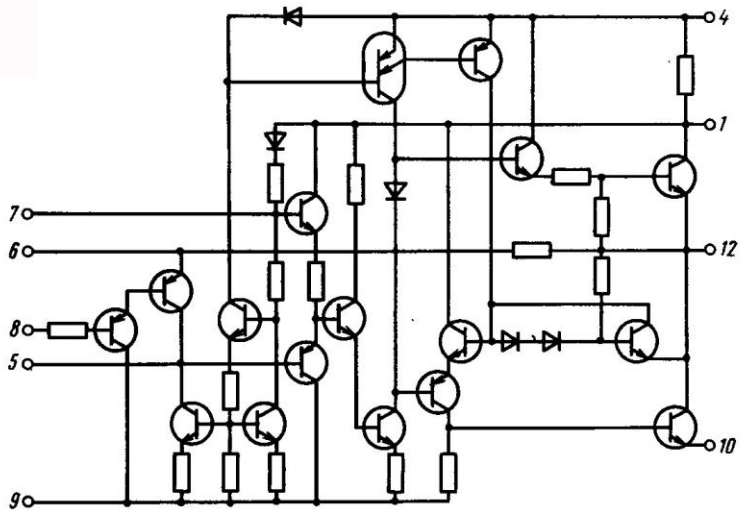


Рис. 6(4)

К553УД1, К553УД2

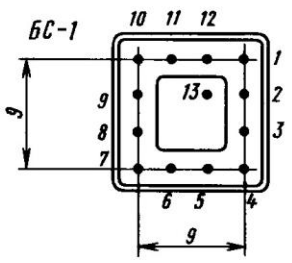
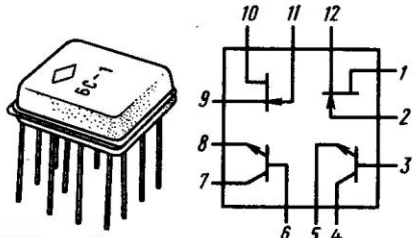
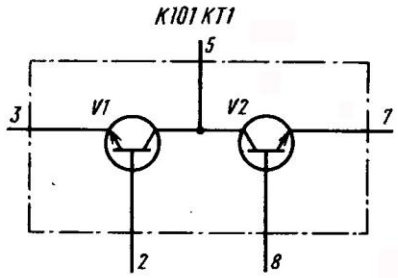
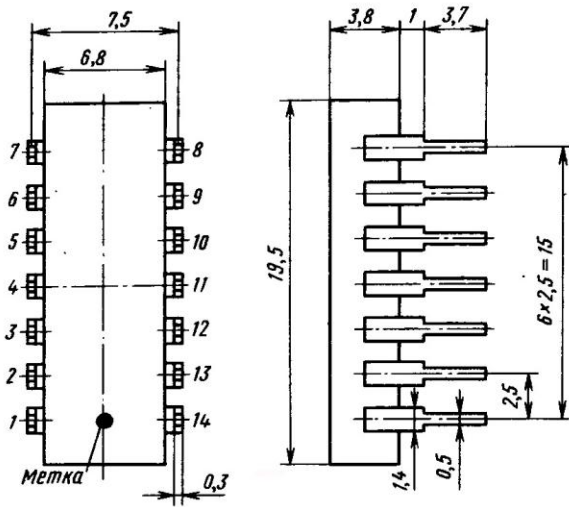


Рис. 6(5)

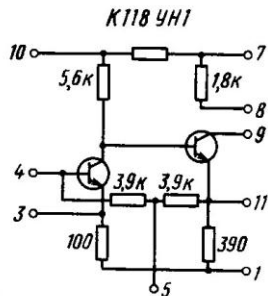
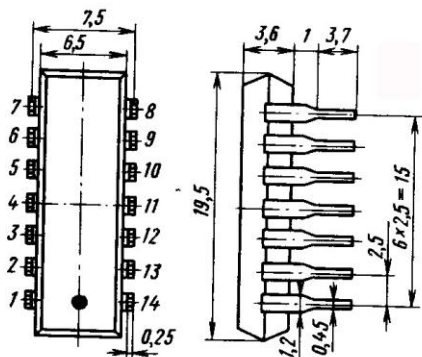
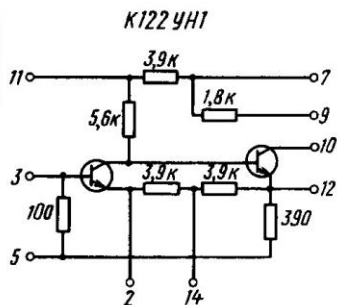
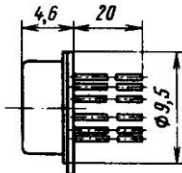
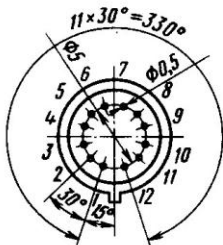
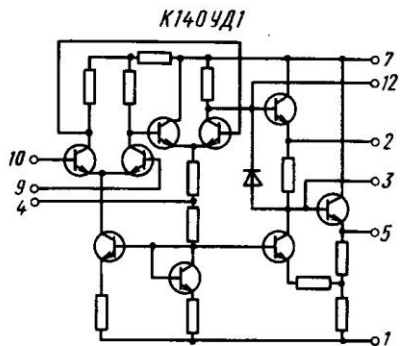
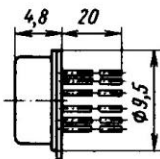
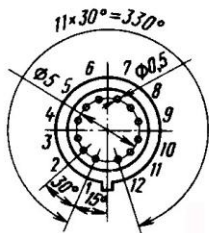


Рис. 6(6)

кость звучания. В лучшем случае детекторным приемником могут пользоваться одновременно только два слушателя — по одному телефону на каждого.

Для того чтобы избавиться от громоздкой наружной антенны и заземления, необходимо, чтобы приемник имел усилитель высокой частоты (ВЧ), увеличивающий мощность электрических сигналов, принятых антенной, до уровня, необходимого для хорошей работы детектора и подключенного к нему головного телефона. Тогда можно было бы обойтись малогабаритной магнитной антенной, встроенной в приемник.

Детекторный приемник не имеет ступеней усиления высокой и низкой частот, поэтому его структуру принято характеризовать символом 0-V-0. Латвиской буквой V обозначают детектор. Цифра до детектора указывает число ступеней усиления ВЧ, после детектора — число ступеней усиления НЧ. Поэтому приемник с одной ступенью усиления ВЧ будет иметь обозначение 1-V-0, с двумя ступенями усиления ВЧ — 2-V-0. Если в этот приемник добавить ступень усиления НЧ, его формула изменится на 2-V-1. Все приемники структуры $n-V-m$, т. е. имеющие n ступеней усиления ВЧ и m ступеней усиления НЧ, принято называть приемниками прямого усиления. Приемник прямого усиления 1-V-0 является наиболее простым после детекторного.

Основными составными частями приемников прямого усиления являются: магнитная антенна, усилитель ВЧ, детектор, головной телефон и источник питания. Усилитель ВЧ выполняют на одном, двух или трех транзисторах, причем лучшие результаты получаются, когда хотя бы один из транзисторов полевой. Применение полевых транзисторов в приемниках прямого усиления значительно сокращает число используемых пассивных деталей, улучшает качество приема. Но вместе с тем неплохие результаты можно получить и при использовании биполярных транзисторов.

Приемник не может обеспечить громкоговорящего приема, так как выходная мощность его НЧ сигнала мала. Для того чтобы приемник работал громко, необходимо к выходу детектора подключить вход усилителя НЧ, нагруженного на громкоговоритель. Принято, что громкоговорящим прием будет при выходной мощности усилителя НЧ не менее 30 мВт. Такая мощность позволяет прослушивать радиовещательные программы одновременно нескольким слушателям в небольшой тихой комнате. Если аудитории слушателей больше и в помещении шумно, а также если приемником пользуются на улице, то выходная мощность усилителя должна быть уже не менее 0,3...0,5 Вт.

Для большинства радиолюбителей, в том числе и начинающих, не представляет особого труда изготовить и наладить усилитель НЧ не только с указанной выше мощностью, но и более мощных. Усилитель может быть оформлен в виде отдельной конструкции, что характерно для самых первых самоделок начинающих радиолюбителей. Но чаще усилитель НЧ объединяют с приемным блоком в одной конструкции. Приемники прямого усиления широко используют радиолюбители для работы в диапазонах ДВ и СВ. Для приема программ на коротких (КВ) и ультракоротких (УКВ) волнах приемники прямого усиления оказываются неэффективными. Здесь применяют более сложные супергетеродинные приемники. В настоящее время промышленность выпускает только супергетеродинные приемники. Они значительно сложнее приемников прямого усиления и в изготовлении, и в налаживании, поэтому в этой книге не рассматриваются.

Автор счел целесообразным начать рассказ с приемника 2-V-0 на двух транзисторах, причем один из них полевой. С одной стороны, сочетание полевого и

биполярного транзисторов позволяет уменьшить число необходимых деталей приемника, улучшить качество воспроизведения звука, а с другой — рассказать об особенностях применения транзисторов различных типов на примере одной конструкции. Рекомендации по налаживанию, а также по подбору и замене деталей, данные к описываемой конструкции, справедливы и в отношении к последующим. По существу, этот приемник можно считать базовым для построения более сложных вариантов приемника прямого усиления.

ПРИЕМНИК 2-V-0

Приемник предназначен для работы в одном из радиовещательных диапазонов — ДВ или СВ — либо при частичном их перекрытии. Для прослушивания программ используют головные телефоны. Приемник обеспечивает уверенный прием сигналов радиостанций, удаленных на расстояние не более 150...300 км. Питать приемник можно от гальванической батареи напряжением 4,5 или 9 В. Потребляемый ток не превышает 1,2 мА. Срок службы комплекта питания не менее 400 ч. В приемнике могут быть использованы высокочастотные полевые транзисторы малой мощности с *n*- и *p*-каналом и высокочастотные биполярные структуры *n-p-n* и *p-n-p*. Малогабаритная магнитная антенна размещена в корпусе приемника. Внешний вид приемника показан на рис. 7. При указанных на рисунке размерах масса приемника не превышает 200 г.

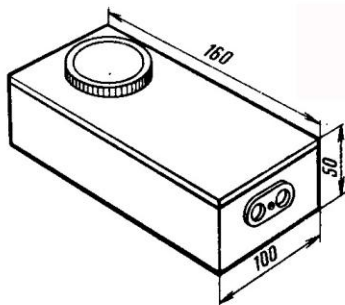


Рис. 7

Приемник состоит из магнитной антенны *W1* (рис. 8), двухступенного усилителя ВЧ, амплитудного детектора на германиевых диодах, головного телефона *B1* и батареи питания *GB1*. В зависимости от структуры применяемых транзисторов принципиальная схема приемника может иметь вид, изображенный на

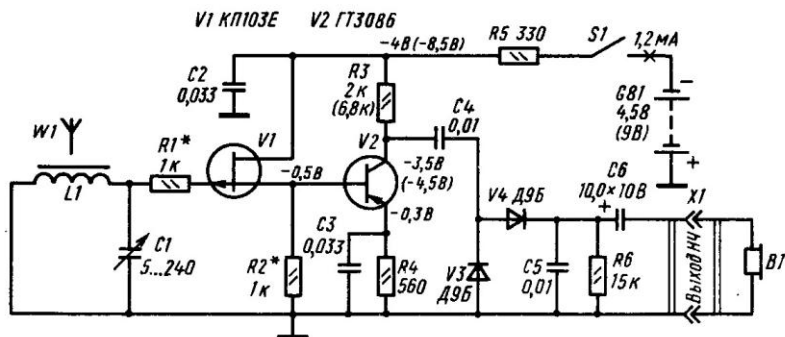


Рис. 8

рис. 9. Первый вариант схемы относится к случаю применения полевого транзистора с p -каналом и германиевого биполярного транзистора p - n - p . Во втором варианте использованы кремниевые полевой транзистор с n -каналом и биполярный n - p - n . Номинальные значения резисторов на принципиальных схемах, указанные в скобках, соответствуют напряжению питания 9 В. Для включения питания служит выключатель $S1$. Настраивают приемник на выбранную станцию конденсатором переменной емкости $C1$.

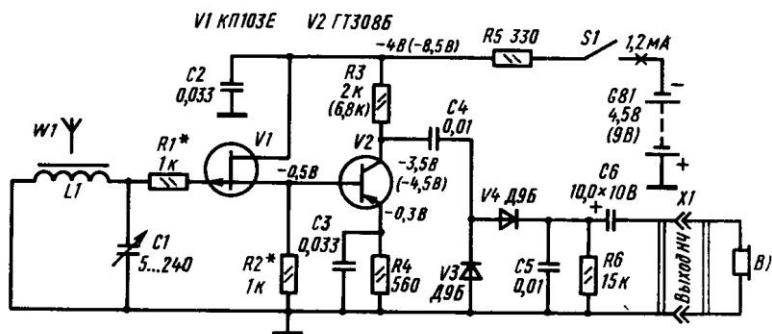


Рис. 9

Из сравнения схем видно, что изменение в структуре применяемых транзисторов приводит к изменению полярности включения источника питания $G1$, диодов детектора $V3$ и $V4$, оксидного (электролитического) конденсатора $C6$.

Головные телефоны подключаются к гнезду $X1$. Это — гнездовая часть стандартного телефонного разъема, рассчитанная на подключение большинства головных телефонов. Можно также использовать стандартное унифицированное гнездо СГ-3 или СГ-5. Удобство применения стандартных гнезд заключается в том, что в случае необходимости выход приемника может быть подключен к входу любого готового усилителя НЧ стандартным соединительным кабелем; в тем самым будет обеспечен громкоговорящий высококачественный прием.

Рассмотрим кратко принцип действия приемника. Радиоволны, излучаемые передающей радиостанцией, пересекают витки катушки магнитной антенны $W1$, наводит на ней высокочастотное напряжение. Благодаря селективным свойствам резонансного контура $L1C1$ из всех колебаний, наведенных в антенне радиоволнами различных станций, наибольшее напряжение наведет радиоволна лишь той, частота излучения которой совпадет с частотой настройки резонансного контура. Меняя емкость конденсатора $C1$, можно перестраивать приемник с одной станции на другую в пределах выбранного диапазона.

Высокочастотный сигнал, выделенный резонансным контуром магнитной антенны $W1$, поступает на вход первой ступени усилителя ВЧ, собранной на полевом транзисторе $V1$. Здесь сигнал увеличивается по мощности примерно в 1000 раз. Усиленный сигнал поступает на вход второй ступени, выполненной на биполярном транзисторе $V2$, которая усиливает мощность сигнала еще примерно в

1000 раз при напряжении питания 4,5 В и в 5000 раз — при напряжении питания 9 В. Таким образом, общее усиление мощности сигнала с магнитной антенны 1...5 миллионов раз. Этого усиления достаточно, чтобы очень слабый сигнал, принятый магнитной антенной, стал достаточно мощным для нормальной работы детектора, собранного на диодах *V3* и *V4*. Детектор выделяет из высокочастотного сигнала радиостанции колебания НЧ, которые поступают для воспроизведения звука на головные телефоны *B1*.

Магнитная антенна предназначена для преобразования энергии электромагнитных колебаний радиоволны в энергию электрических сигналов ВЧ. Магнитная антенна называется потому, что она реагирует только на магнитную составляющую электромагнитного поля. Этим она отличается от электрических антенн, например наружных Г- и Т-образных, которые реагируют только на электрическую составляющую поля. К электрическим относятся также штыревые телескопические антенны.

Конструктивно магнитная антенна представляет собой стержень из магнито-диэлектрика или феррита с начальной магнитной проницаемостью около 400. Поэтому магнитную антенну иногда называют ферритовой. На этот стержень надет подвижный каркас из пластмассы или картона, на котором намотана катушка индуктивности, содержащая от нескольких десятков до нескольких сотен витков. Число витков зависит от диапазона принимаемых волн: чем длиннее волна принимаемой радиостанции (или ниже ее частота), тем больше витков должна иметь катушка магнитной антенны. Катушка магнитной антенны входит в состав входного резонансного контура *L1C1* приемника.

Стандартные ферритовые стержни магнитных антенн имеют прямоугольную или цилиндрическую форму (рис. 10). Обе антенны имеют примерно одинаковые приемные свойства, но прямоугольный магнитопровод более компактен, что и определяет более частое его применение в карманных конструкциях. Антенны с ци-

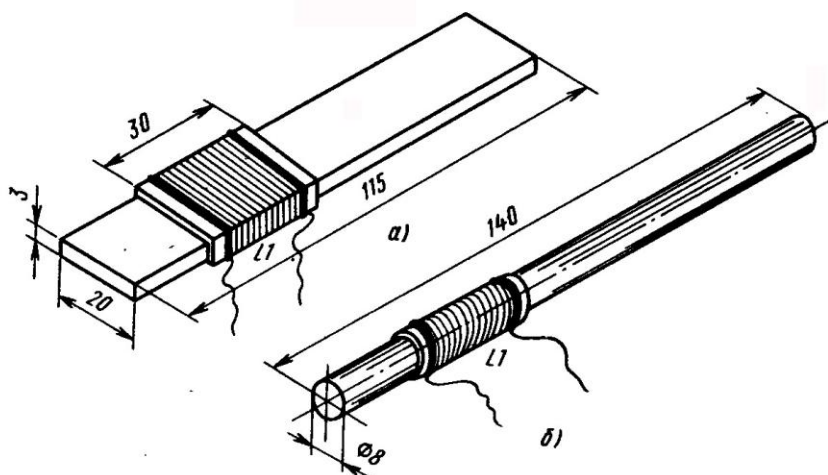


Рис. 10

цилиндрическим магнитопроводом применяют главным образом в переносных приемниках. Наличие ферритового стержня внутри контурной катушки позволяет локализовать (сгустить) магнитные силовые линии, что равнозначно многократному увеличению диаметра катушки без магнитопровода.

Принятые свойства антенны принято оценивать так называемой действующей высотой, выражаемой в метрах и служащей коэффициентом пропорциональности между напряжением сигнала, наведенным в антенне полем радиостанции, и напряженностью поля этой радиостанции в месте приема. И чем больше действующая высота антенны, тем большее напряжение сигнала наводится в антенне, тем громче и чище звучит приемник. Обычно наружные проволочные антенны имеют действующую высоту, численно равную примерно 70% высоты их подвески над поверхностью земли или крыши дома. Практически действующая высота таких антенн равна 7...10 м. Комнатные антенны имеют действующую высоту не более 1,5...2 м. Еще меньше высота у антенн портативных приемников. Например, штывевая антенна приемников «Спидола», «Россия» и им подобных имеет действующую высоту 0,2...0,3 м, а магнитная антенна переносных и карманных приемников 0,1...0,3 м.

Таким образом, наружная антенна с высотой подвески 10...15 м позволяет получить напряжение сигнала в 5...10 раз большее, чем комнатная, в 25...50 раз большее, чем штывевая, и в 30...100 раз большее, чем магнитная. Поэтому приемники с магнитной антенной должны обязательно иметь усилители мощности ВЧ. От приемных свойств антенны и усиления по высокой частоте зависит такая важная характеристика приемника, как чувствительность.

Чувствительность характеризует способность приемника работать с заданной громкостью при приеме слабых сигналов. Обычно чувствительность приемника оценивают минимальной напряженностью поля радиостанции в месте приема, при которой он обеспечивает требуемый уровень сигнала на выходе. Для нормальной работы амплитудного детектора приемника прямого усиления необходимо, чтобы ВЧ напряжение сигнала на входе детектора было не менее 100 мВ. В этом случае напряжение НЧ, действующее на головных телефонах, будет около 20 мВ, что достаточно для разборчивого приема.

Из практики радиовещания известно, что в непосредственной близости от передающей станции напряженность поля равна 50...100 мВ/м. Поэтому с учетом действующей высоты магнитной антенны, равной 0,1...0,3 м, для обеспечения нормального режима работы детектора потребуется усилитель ВЧ с коэффициентом усиления напряжения сигнала не менее 3...10. Такое усиление можно получить от одной ступени на полевом или биполярном транзисторе.

Но если слушатель находится на значительном удалении от радиостанции, где напряженность поля не превышает 10...30 мВ/м, требуемое усиление может обеспечить только двухступенный усилитель ВЧ. Дальние и маломощные радиостанции создают напряженность поля всего 0,5...5 мВ/м. Прием в таких условиях возможен при использовании усилителя ВЧ на двух тщательно отобранных транзисторах или трех транзисторах без предварительного отбора по параметрам, что предпочтительнее.

От магнитной антенны, а точнее, от качества резонансного контура, в который она входит, зависит другой очень важный параметр приемника — селектив-

ность. Она характеризует способность высокочастотного тракта радиоприемника обеспечивать разборчивый прием сигналов станции в условиях помех со стороны других станций, работающих на соседних частотах.

Селективность (раньше этот параметр чаще называли избирательностью) по соседнему каналу количественно оценивают ослабление самой близкой по частоте станции по сравнению с сигналом станции, на которую настроен приемник. Ослабление выражают в относительных единицах разгах или децибелах. Децибел равен двадцати десятичным логарифмам от относительного ослабления напряжения соседней станции или, напомним, десяти логарифмам по мощности. По действующему международному соглашению ближайшая соседняя по частоте станция может отстоять на 9 кГц ниже и выше частоты сигнала.

На рис. 11,а показана резонансная характеристика входного контура приемника с указанием полос частот $f_{\text{вс}} - f_{\text{нс}}$, занимаемых полезным основным каналом (ОК) и станцией, работающей в соседнем канале (СК) ($f_{\text{ок}}$ и $f_{\text{ск}}$ — частоты

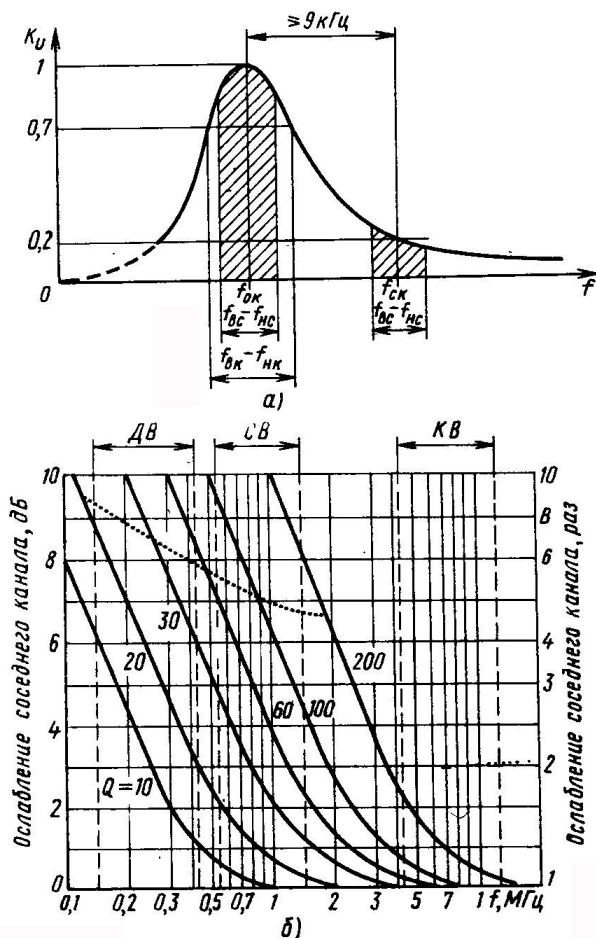


Рис. 11

основного и соседнего каналов; $f_{вс}$ и $f_{ис}$ — верхняя и нижняя частоты спектра сигнала; $f_{вк}$ и $f_{ик}$ — верхняя и нижняя частоты полосы пропускания контура). На рис. 11, б изображены кривые, по которым можно быстро определить ослабление сигнала соседней станции по известным параметрам входного контура.

Резонансная или, как ее еще называют, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) контура показывает, как изменяется относительное ослабление сигнала при его расстройке по частоте относительно резонансной частоты контура. На рис. 11, а резонансная частота соответствует максимуму резонансной кривой и совпадает с несущей частотой $f_{ок}$ принимаемого сигнала. Полезный сигнал, так же как и сигнал соседней станции, может занимать полосу $f_{ис}—f_{вс}$ не более 9 кГц (заштриховано). Полосой пропускания контура $f_{вк}—f_{ик}$ называют полосу частот вблизи резонансной частоты контура, где ослабление не превышает 30% максимума на резонансной, т. е. не опускается ниже уровня 0,7 или 3 дБ. Как видно из рис. 11, а, чем дальше отстоит частота $f_{ск}$ соседнего канала от частоты $f_{ок}$ основного канала, тем больше относительное ослабление сигнала.

Ослабление зависит также от такого параметра контура, как добротность, обозначаемая символом Q . Добротность показывает, во сколько раз резонансная частота больше его полосы пропускания. Чем больше добротность контура, тем острее и выше выглядит резонансный пик АЧХ контура. В любительских условиях применяют контуры, имеющие добротность от 10 до 300.

Следует различать добротность контура без нагрузки, или собственную добротность, и добротность нагруженного контура. Добротность ненагруженного контура приемника по схеме на рис. 8 и 9 равна примерно 80. Это значит, что если частота сигнала равна 800 кГц, резонансная частота контура точно совмещена с частотой сигнала, то полоса пропускания контура равна 10 кГц.

К сожалению, добротность нагруженного контура, т. е. когда к нему подключен вход первой ступени усиления ВЧ, снижается. В результате этого расширяется полоса пропускания и ухудшается селективность. Количественно ослабление по соседнему каналу в разгах или децибелах легко оценить по графику на рис. 11, б для любой частоты настройки контура в диапазонах ДВ, СВ и КВ. Как это сделать, покажем на примере. Пусть частота настройки равна 1 МГц, длина волны 300 м, добротность нагруженного контура 60. По вертикали, исходящей из отметки 1 МГц, поднимаемся вверх до пересечения с кривой $Q=60$ и находим, что относительное ослабление равно 4 дБ или 2,5 раза по напряжению. Это немного, если учесть, что современные карманные приемники имеют селективность по соседнему каналу не менее 20 дБ, т. е. 100 раз и более по мощности.

Из рис. 11, б видно, что ослабление сигнала соседнего канала можно увеличить, если увеличить добротность контура. Однако здесь есть предел — минимальная полоса пропускания входного контура, необходимая для неискаженного приема сигнала. Так, для воспроизведения человеческого голоса требуется полоса не уже 7 кГц, а музыки 9 кГц. На рис. 11, б приведена пунктирная кривая, выше которой полоса пропускания менее 9 кГц. Таким образом, даже в самом лучшем случае в диапазонах ДВ и СВ одиночный резонансный контур не может дать ослабление соседнего канала более чем на 7...9 дБ, т. е. всего в 5...8 раз по мощности. Но для этого требуется, чтобы добротность нагруженного контура находилась в пределах 20...100. Причем в диапазоне ДВ она может быть в пределах 20...60, а в диапазоне СВ 60...100. О том, как этого можно добиться, рассказывается ниже.

Усилитель ВЧ предназначен для усиления мощности высокочастотного электрического сигнала, наведенного в антенне. К входу усилителя подключают магнитную антенну, а к выходу — вход детектора (см. схемы на рис. 8 и 9).

Из теории резонансных контуров известно, что входное сопротивление усилителя, подключаемого к контуру, должно быть по крайней мере не менее резонансного сопротивления этого контура, иначе подключение усилителя слишком сильно ухудшит добротность контура. Сопротивление контура магнитной антенны при резонансе в диапазонах СВ и ДВ весьма велико — сотни килоом. Поэтому при непосредственном подключении усилителя к магнитной антенне усилитель должен иметь высокоомный вход. Легче всего этого можно добиться применением первой ступени усиления на полевом транзисторе, включенном по схеме с общим истоком или общим стоком. Усиление ступени по схеме с общим истоком настолько велико, что усилитель может оказаться склонным к самовозбуждению. В этом отношении ступень по схеме с общим стоком хотя и имеет меньшее усиление, но зато более устойчива. По этой причине первая ступень усилителя ВЧ на транзисторе *V1* выполнена по схеме с общим стоком, которую называют иначе истоковым повторителем. Такое название эта ступень получила из-за того, что выходное напряжение на истоке транзистора *V1* почти полностью повторяет напряжение сигнала на его затворе. Другими словами, коэффициент передачи первой ступени по переменному напряжению близок к единице. Но зато усиление по переменному току очень велико, ведь входное сопротивление полевого транзистора на частоте диапазонов СВ и ДВ 0,5... Мом, а выходное в 1000 раз меньше. Значит, при практически одном и том же значении напряжения сигнала на входе и выходе истокового повторителя выходной ток в 1000 раз больше входного.

Контур *L1C1* магнитной антенны подключен к затвору полевого транзистора *V1* через резистор *R1*, что необходимо для повышения устойчивости усилителя ВЧ. Нагрузкой транзистора по постоянному току служит резистор *R2*, одновременно играющий роль стабилизатора рабочей точки транзистора *V1* и начального смещения транзистора *V2*. Коллекторный ток транзистора *V2* стабилизирован резисторами *R4*. Нагрузкой транзистора *V2* по постоянному току является резистор *R3*, а по переменному — детектор на диодах *V3* и *V4*.

Особенностью включения биполярного транзистора *V2* является то, что база его подключена непосредственно к истоку транзистора *V1*. Ток истока создает на резисторе *R2* постоянное напряжение, служащее начальным смещением для транзистора *V2*. Но так как это напряжение большее того, что требуется для нормальной работы транзистора *V2* (0,5 В вместо 0,2 В для ГТ308Б и 1 В вместо 0,6 В для КТ315Б), излишек гасит резистор *R4*, включенный в цепь эмиттера. Сопротивление этого резистора определяется путем деления излишнего напряжения (соответственно 0,3 и 0,4 В) на ток эмиттера, равный примерно 0,5 мА.

Для того чтобы стабилизирующий резистор *R4* не снижал усиления ступени по переменному току, он зашунтирован конденсатором *C3*. Его емкость выбрана таким образом, чтобы влиянием резистора *R4* на усиление в диапазонах ДВ и СВ можно было пренебречь. Входное сопротивление биполярного транзистора, как ранее было сказано, невелико — всего 1...2 кОм, а поэтому, естественно, базу транзистора нельзя подключать непосредственно к резонансному контуру. Но наличие истокового повторителя с его высоким входным сопротивлением эту трудность снимает, а низкое выходное сопротивление истокового повторителя позволяет хорошо согласовать его со ступенью на биполярном транзисторе.

Напряжение питания поступает к усилителю ВЧ через развязывающий фильтр, состоящий из резистора $R5$ и конденсатора $C2$. Фильтр позволяет сохранить устойчивость усилителя ВЧ при увеличении внутреннего сопротивления батареек $GB1$ в процессе ее разрядки. Резистор $R5$, кроме того, играет роль ограничителя тока короткого замыкания до уровня 15...30 мА в случае замыкания цепей усилителя.

Наличие развязывающего фильтра в цепи питания является обязательным в том случае, когда усилитель ВЧ питается от общего источника с усилителем НЧ. Если же приемник не предполагается в дальнейшем оснастить усилителем НЧ, то резистор $R5$ после налаживания можно исключить.

Усилитель ВЧ по схемам на рис. 8 и 9 усиливает напряжение сигнала магнитной антенны не менее чем в 30...70 раз. Меньшее значение соответствует напряжению питания 4,5 В, большее 9 В. В связи с этим чувствительность приемника при напряжении питания 4,5 В не хуже 20...40 мВ/м, при напряжении питания 9 В 8...15 мВ/м.

Детектор приемника предназначен для выделения из ВЧ сигнала низкочастотной модулирующей составляющей. Ток низкой частоты с выхода детектора поступает на головные телефоны и вызывает колебания их мембраны, воспроизводя передаваемое радиостанцией сообщение.

Высокочастотная составляющая тока, также присутствующая на выходе детектора, замыкается практически накоротко конденсатором $C5$. Емкость его выбирают таким образом, чтобы емкостное сопротивление на высокой частоте было значительно меньшим сопротивления телефонов. При слишком малой емкости $C5$ ухудшается фильтрация токов высокой частоты, что может вызвать неустойчивую работу усилителя из-за паразитной обратной связи между выходом детектора и входом усилителя или магнитной антенной.

Работу детектора можно пояснить временными диаграммами напряжения сигнала в различных точках, показанными на рис. 12. Напряжение на входе детектора $U_{вх}$ представляет собой амплитудно-модулированные колебания ВЧ. После диода $V3$, на конденсаторе $C5$ действует выпрямленное и сглаженное напряжение U_{C5} . Оно

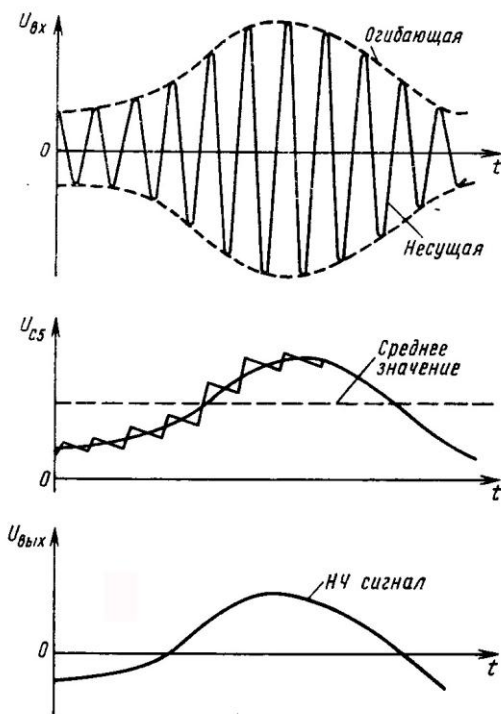


Рис. 12

успевает «следить» за изменением амплитуды входного ВЧ сигнала, сглаживая частые пульсации, являющиеся следствием выпрямления напряжения высокой частоты. Выпрямленное напряжение имеет две составляющие: постоянную (или среднее значение) и переменную низкочастотную. Постоянная составляющая действует только на резисторе R_6 . Переменная же составляющая поступает в катушки головных телефонов.

Телефоны подключены к выходу детектора не непосредственно, а через переходной конденсатор C_6 . Емкость этого конденсатора выбрана таким образом, чтобы через него практически без потерь проходили токи с частотой выше 50... 100 Гц. Сделано это для того, чтобы, с одной стороны, беспрепятственно пропустить на головные телефоны составляющие полезного сигнала, имеющие самые низкие частоты звукового спектра, а с другой — наилучшим образом согласовать детектор с нагрузкой.

Детектор этого и последующего вариантов приемника называют двойком — детектором с закрытым входом и детектором с удвоением напряжения. Первое название связано с тем, что напряжение ВЧ подается на вход детектора через конденсатор, не пропускающий постоянный ток. Для постоянного тока вход данного детектора закрыт. Второе название указывает на то, что выходное напряжение детектора примерно вдвое больше, чем однодиодного, поскольку он использует обе полуволны высокочастотного напряжения. Для объяснения сути обратимся к рис. 13, где показана работа детектора

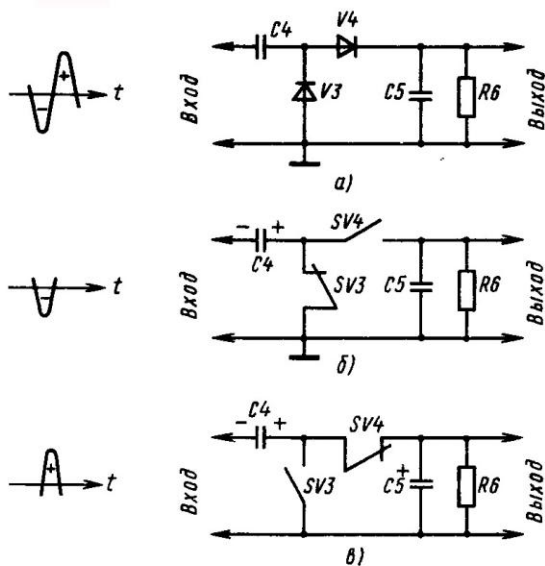


Рис. 13

при действии на его входе ВЧ гармонического напряжения с амплитудной модуляцией. Здесь диоды V_3 и V_4 изображены условно в виде ключей SV_3 и SV_4 , которые находятся в открытом или закрытом состоянии в зависимости от полярности входного напряжения ВЧ. Для отрицательного входного напряжения диод V_3 открыт, а V_4 закрыт, поэтому переходной конденсатор C_4 быстро заряжается до максимального напряжения. При смене знака полупериода диод V_3 закрыт, а V_4 открыт. Теперь заряжается конденсатор нагрузки детектора C_5 . Но в этом случае конденсатор C_5 заряжается от двух последовательно соединенных источников — входного напряжения и конденсатора C_4 , на котором накоплен заряд от предыдущего отрицательного полупериода. Происходит сложение (удвоение) напряжения положительной полярности на входе детектора. А это, конечно же, приводит к увеличению выходного напряжения детектора. Конденсатор C_4 при этом разряжается.

Как видно из рис. 8 и 9, диоды детектора одного приемника включены взаимно-обратно по отношению к диодам другого. Вообще говоря, от изменения полярности включения диодов работа детектора никак не изменяется, меняется лишь полярность напряжения на конденсаторе *C5*, что влечет за собой изменение полярности включения конденсатора *C6*. На работе телефонов это тоже не отражается. Но вместе с тем в простых транзисторных приемниках прямого усиления желательно, чтобы полярность выходного напряжения детектора относительно общего провода была противоположной полярности подключения источника питания. В этом случае значительно улучшается устойчивость усилителя ВЧ к самовозбуждению, уменьшаются искажения звука при приеме сигналов мощных радиостанций. Именно по этой причине во всех описываемых приемниках полярность включения диодов детектора заменяется на обратную при изменении полярности батарей питания.

Для изготовления приемника потребуются в основном готовые детали и узлы, за исключением катушки магнитной антенны, монтажной платы, на которой размещают детали, и корпус. Возможно сокращение даже этого небольшого числа самодельных деталей, если применить готовые катушку магнитной антенны и корпус от какого-либо серийного приемника.

Катушка *L1* состоит из бумажного каркаса и обмотки. Для ее изготовления нужно склеить из бумаги каркас так, чтобы он перемещался по ферритовому стержню. Длина каркаса 30...40 мм, толщина стенок 0,3...0,5 мм. Для склеивания лучше всего использовать обычную писчую бумагу и нитроклей. Возможно применение канцелярского казеинового клея. Широко распространенный клей БФ-2 может ухудшить добротность будущего контура. Для обмотки годится медный гибкий провод диаметром 0,12...0,17 мм в эмалевой (или эмалевой и шелковой) изоляции или многожильный эмалированный провод. Этот провод свивается из большого числа (до 20) медных изолированных проводников. Диаметр каждого из них около 0,06 мм. Такой многожильный провод применяют в основном для высококачественных контурных катушек диапазона средних волн с собственной добротностью до 300.

Провода в эмалевой изоляции имеют обозначения ПЭЛ, ПЭВ-1, ПЭВ-2, в эмалево-шелковой — ПЭЛШО; многожильный — ЛЭШО. Диаметр провода указывают в миллиметрах вслед за его маркой. Например, условное обозначение ПЭВ-1 0,12 говорит о том, что это провод в однослойной винилфлексной изоляции диаметром по меди 0,12 мм; ЛЭШО 6×0,6 — провод, свитый из шести эмалированных проводников каждый диаметром 0,06 мм, снаружи провод изолирован однослойной обмоткой из шелковой пряжи.

Перед пайкой эмалированных проводов их концы нужно тщательно зачистить до меди. Чаще всего эту операцию делают лезвием безопасной бритвы после отжига конца провода над огнем спички. Для того чтобы хорошо зачистить конец тонкого провода, необходимо приобрести навык. Особенно трудно зачищать провода ЛЭШО, тем более, что нельзя оставить непропаянным хоть один проводник — это резко ухудшит добротность контура.

Длина выводов катушки *L1* не должна быть менее 40 мм. Число витков катушки зависит от формы и размеров магнитопровода, марки феррита, максимальной емкости конденсатора переменной емкости *C1*, а также максимальной длины волны, которую должен принимать приемник. Следует отметить, что расчет числа витков катушки магнитной антенны довольно сложен. Поэтому на практике ра-

днолюбители, и не только начинающие, стремятся пользоваться уже готовыми намоточными характеристиками или даже готовыми катушками. Удобнее всего использовать блок КПЕ и магнитную антенну в сборе от какого-либо готового приемника, лучше промышленного изготовления. Если такой возможности нет, то катушку изготавливают самостоятельно в соответствии с помещенными ниже рекомендациями.

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ) в настоящее время применяют главным образом двухсекционные. Наибольшее распространение среди радиолюбителей получили конденсаторы переменной емкости от карманных приемников «Сокол» (КПЕ-5), «Орбита» (КПТМ-1), «Селга» (КПТМ), «Кварц» (КП-4) и др. Главной характеристикой блока КПЕ являются пределы изменения емкости каждой секции. В зависимости от типа она может меняться от 5...10 до 180...500 пФ. Конструктивно КПЕ бывают с твердым и воздушным диэлектриком. В описанных в этой книге приемниках рекомендуется использовать КПЕ с твердым диэлектриком, как самые доступные, малогабаритные и прочные. На рис. 14 даны установочные размеры распространенных в любительской практике КПЕ. Высота (осевая длина) корпуса блоков соответственно равна 24, 25 и 18 мм.

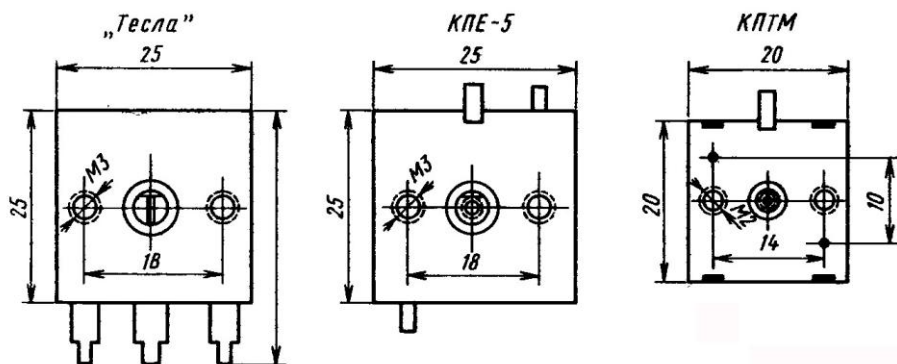


Рис. 14

Общий вывод, соединенный с ротором секций блока, обычно подключают к общему проводу. В блоках «Тесла» и КПЕ-5 выводы от неподвижных пластин секций плоские, а в КПТМ — проволоочные. Особенность блока КПТМ состоит в том, что на его стороне, противоположной ручке, размещены четыре подстроечных конденсатора, ленточные выводы от их неподвижных пластин размещены по периметру корпуса.

В табл. 5 указаны намоточные характеристики контурной катушки $L1$ для стержня антенны длиной 70...75 мм при использовании блока КПЕ от отечественных карманных и переносных приемников. Невозможность перекрытия с одной катушкой индуктивности сразу обоих диапазонов полностью объясняется тем, что коэффициент перекрытия блока КПЕ по частоте (или длине волны) не превосходит трех, т. е., отношение максимальной длины принимаемой волны к минимальной менее трех, тогда как отношение максимальной длины волны диапазона ДВ (2000 м) к минимальной СВ (200 м) равно 10.

Блоки КПЕ и намоточные характеристики контурной катушки магнитной антенны

Конденсатор	Емкость, пФ	Число витков катушки для диапазона		
		СВ, 200...530 м	СВ+ДВ, 300...1000 м	ДВ, 700...2000 м
КПТМ от приемника «Селга», «Селга-402»	4...220	90	135	262
КПЕ-5 от приемника «Сокол», «Сокол-403»	5...240	88	130	258
КПЕ-3 от приемника «Алмаз», «Алмаз-401»	7...240	88	130	258
КПТМ-1 от приемника «Орбита», «Орбита-2»	7...260			
КПТМ-4 от приемника «Этюд-2», «Этюд-603»	7...260	83	125	250
От приемников «Меридиан», «Юпитер», «Нейва», «Соната»	7...260			
КП-4 от приемника «Кварц-401»	5...280	77	118	235
«Тесла»	5...380	72	108	215
КПЕ-В	11...490	65	100	195

В приемниках промышленного производства и в относительно сложных любительских конструкциях требуемого перекрытия добиваются применением переключателя диапазонов, коммутирующего несколько контурных катушек или их отводов. Для начинающего радиолюбителя изготовление многодиапазонных приемников пока еще сложно, а поэтому в книге они не описаны.

В случае необходимости табл. 5 может быть использована для определения числа витков при иной длине ферритового стержня. При этом можно пользоваться следующим приближенным правилом. Если длина стержня равна не 70...75, а 100...120 мм, то число витков нужно уменьшить на 10%, при длине стержня 140...160 мм — уменьшить на 20%. Например, если при длине стержня 65 мм катушка должна содержать 88 витков, то при 100 мм — 80 витков, а при 140 мм — всего 70.

Конденсаторы постоянной емкости (или просто конденсаторы) являются непререкаемыми элементами всех приемников и усилителей. Промышленность выпускает очень широкий ассортимент типов конденсаторов для использования в различных цепях аппаратуры при различных значениях напряжения и формы тока.

В качестве переходных и шунтирующих конденсаторов усилители ВЧ (С2, С3, С4, рис. 8 и 9) и емкостной нагрузки детектора (С5) лучше всего использовать керамические и металобумажные конденсаторы КД-2 (бывшие КДС), КЛС-1, МБМ, БМ-2. При этом следует иметь в виду, что в транзисторных приемниках целесообразно применять только низковольтные бумажные конденсаторы. Конденсаторы на большое напряжение тоже можно применять, но они очень громоздки.

Конденсаторы имеют следующие распространенные в приемниках номиналы: МБМ — 0,05, 0,1 мкФ; БМ-2 — 0,01, 0,015, 0,022, 0,03, 0,033, 0,05 мкФ; КД-2 — 1000, 2200, 3300, 4700, 6800 пФ; КЛС-1 — 4700, 6800 пФ, 0,01, 0,015, 0,022, 0,033 мкФ.

Емкость конденсаторов *C2*, *C3*, *C4*, *C5* без ухудшения параметров приемника может быть значительно изменена в обе стороны. Например, конденсатор *C3* может иметь емкость 0,022 и 0,05 мкФ. Емкость конденсатора *C2* может быть увеличена в 5...10 раз против указанной на схеме. Несколько уже рамки для *C4* и *C5*: 6800 и 0,015 мкФ.

Переходной конденсатор *C6* относится к группе оксидных (или, как их раньше называли, электролитических) конденсаторов. Он должен обладать емкостью в пределах 5...20 мкФ. При меньшей емкости ухудшается воспроизведение низших частот, при большей — возникают неприятные искажения звука при резких изменениях громкости.

Радиолюбители чаще других используют оксидные конденсаторы К50-3 и К50-6. Оксидные конденсаторы могут нормально работать только при наличии на них постоянного напряжения, поэтому необходимо следить за полярностью их включения. Полярность обычно указывается на корпусе оксидных конденсаторов.

Основными параметрами оксидного конденсатора являются номинальное напряжение и номинальная емкость. И если значение номинальной емкости выбирают исходя из условий работы ступени по переменному току, то выбор по номинальному напряжению должен обеспечить надежную работу конденсатора и ступени в целом. Для этого номинальное напряжение конденсатора чаще всего не должно быть меньше напряжения питания приемника. Исключением могут быть шунтирующие конденсаторы в эмиттерной цепи транзисторов; напряжение этих конденсаторов может быть меньше питающего напряжения. При этом следует иметь в виду, что чем больше номинальное напряжение оксидного конденсатора, тем больше его габаритные размеры при одной и той же номинальной емкости. Для оценки возможностей применения конденсаторов К50-6 на различные номинальное напряжение и емкость можно пользоваться табл. 6, где представлены основные сведения о некоторых из них.

Особую группу составляют конденсаторы, входящие в состав резонансных контуров и ВЧ цепей (кроме КПЕ). Это конденсаторы слюдяные КСО-1 (120, 180, 330 пФ), КСО-2 (300, 390 пФ); полистироловые малогабаритные ПМ-1 (100, 300, 510, 750, 1000, 1100, 1500 пФ); керамические трубчатые конденсаторы КТ-1 (от 1 до 1500 пФ).

Все упомянутые здесь конденсаторы включены в преискурант Центральной базы Посылторга. В случае необходимости возможно использование конденсаторов других типов, если их номинальные значения емкости и напряжения удовлетворяют указанным выше требованиям. Например, в качестве переходных и шунтирующих в усилителях высокой частоты можно использовать керамические малогабаритные конденсаторы КМ-4, имеющие емкость от 16 пФ до 0,047 мкФ; КМ-5 — от 16 пФ до 0,15 мкФ; КМ-6 — от 120 пФ до 2,2 мкФ. Эти конденсаторы имеют существенный разброс емкости и большую температурную нестабильность, поэтому применять их в резонансных контурах не рекомендуется.

О транзисторах уже было рассказано выше, поэтому ограничимся только рекомендациями по их замене. Для этого можно пользоваться табл. 3. Транзистор ГТ308Б может быть заменен очень многими транзисторами — до не-

Таблица 6

Таблица 7

Конденсаторы К50-6

Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Диаметр, мм	Высота, мм
6	50	7,5	13
	100	10,5	15
	200	14	16
	500	18	18
10	10	6	13
	20	7,5	13
	50	10,5	15
	100	12	16
	200	16	18
	500	18	25
	1000	18	45
	2000	24	47
	4000	30	47
15	1	4	17
	5	6	13
	10	6	13
	20	7,5	13
	30	7,5	18
	50	10,5	18
	100	12	18
	200	16	18
	500	18	25
	1000	21	45
	2000	26	62
	4000	30	62

Германиевые детекторные диоды

Диоды	Прямой ток при напряжении 1 В, мА	Максимальное обратное напряжение, В	Цветовой код
Д310	500	20	—
Д311	200	30	—
Д312	200	75	—
Д9Б	90	10	Красный
Д9Д	60	30	Белый
Д9Г	40	30	Желтый
ГД403	40	30	—
ГД507	30	20	—
Д18	20	20	—
Д20	20	20	—
Д9В	10	30	Оранжевый
Д9Е	10	60	Голубой
Д9Ж	10	100	Зеленый
Д2В	9	75	Оранжевый
Д2Б	5	30	Белый
Д2Д	4,5	100	Голубой
Д2Е	4,5	100	Зеленый
Д2Ж	2	150	Черный
Д2И	2	100	Красный

скольких десятков транзисторов, например П416Б, ГТ322Б, ГТ313Б. Транзисторы КТ303Б и КТ315Б можно в крайнем случае заменить сборкой БС-1 (используя два из четырех транзисторов).

Роль детекторных диодов заключается в том, чтобы выпрямить высокочастотное напряжение сигнала, выделить полезную низкочастотную переменную составляющую его. В основе детектирования лежит свойство полупроводниковых диодов пропускать ток только в одном направлении и не пропускать в другом. На рис. 15 показан внешний вид наиболее распространенных в любительской практике диодов серий Д9, Д104, Д220, ГД403 и других, а также самого старого, но все еще широко применяемого радиолюбителями диода серии Д2.

Если к аноду относительно катода приложить положительное напряжение, то через диод потечет прямой ток. В этом случае говорят, что диод открыт. Значение прямого тока зависит от приложенного напряжения. Например, для большинства детекторных диодов этот ток может достигать 30 ... 100 мА и более при напряжении всего в 1 В. Если значение прямого тока превысит предельно допустимое для диода, его кристалл перегреется и выйдет из строя — наступит необратимый тепловой пробой.

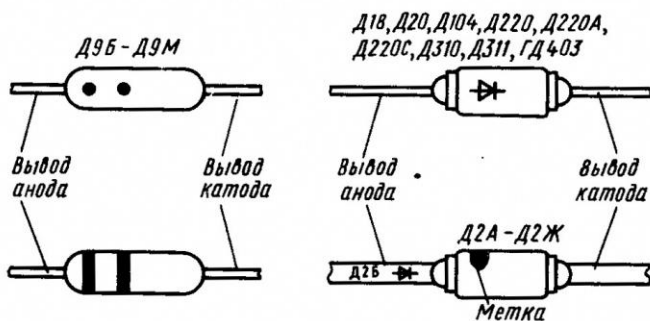


Рис. 15

Если изменить полярность приложенного напряжения на обратную, как говорят, подать обратное напряжение, то через диод потечет чрезвычайно малый ток, называемый обратным током диода. В подобных случаях говорят, что диод закрыт. Например, при обратном напряжении 10 В ток обычно не превышает нескольких микроампер (миллионных долей ампера). Поэтому при расчетах часто считают обратный ток диодов, особенно кремниевых, равным нулю.

Для того чтобы полупроводниковый диод проявил свое выпрямляющее свойство, необходимо, чтобы входное ВЧ напряжение было более некоторого минимального значения, определяемого полупроводниковым материалом, из которого сделан кристалл диода. Например, для германиевых диодов это напряжение невелико — всего 30 ... 50 мВ. Для кремниевых диодов и диодов из селена оно значительно больше — до 0,6 ... 0,7 В. Поэтому для детектора приемника можно рекомендовать только германиевые диоды, причем те из них, которые обеспечивают наибольший прямой ток при минимальном напряжении. Обычно детекторные диоды сравнивают по значению прямого тока при напряжении 1 В: чем больше прямой ток, тем лучше будет работать детектор приемника с таким диодом.

Детекторные диоды очень надежны в работе, если не превышаются предельно допустимые значения прямого тока и обратного напряжения. В транзисторном приемнике выход из строя диодов возможен лишь при случайной подаче на них напряжения источника питания. Ток через диод обычно не превосходит десятых долей миллиампера. Поэтому в таких приемниках можно применять практически все германиевые детекторные диоды, но одни из них будут работать лучше, другие хуже — это зависит от их способности пропускать прямой ток. Для сравнения различных диодов по их возможностям можно воспользоваться табл. 7, где даны основные характеристики самых распространенных и доступных германиевых детекторных диодов. Из таблицы видно, что диод Д9Б является наиболее подходящим для детекторного приемника, тогда как его диоды серии Д2 — наименее. Диоды Д310—Д312 с различными буквенными индексами предпочтительны, но они в несколько раз дороже, чем диоды серии Д9.

В таблице указана также цветная маркировка диодов серий Д2 и Д9. Ближняя к выводу точка или полоса — обычно она красная — указывает вывод анода. Вторая полоса (или точка) указывает на буквенный индекс в обозначении. В ряде случаев, ставят только одну точку (или полосу) вблизи вывода анода, цвет которой и определяет буквенный индекс. Полярность включения диодов серии Д2 и буквенный индекс выштампованы на ленточном выводе в виде условного изображения диода, но иногда буквенный индекс указывают дополнительно цветной мет-

кой. Наиболее удобна маркировка диодов Д18, Д20, Д104 и серий Д220, ГД403, у которых и тип, и полярность включения указаны на корпусе.

Диоды очень чувствительны к перегреву, поэтому паять их надо быстро и осторожно, малогабаритным паяльником.

Резисторы — самый распространенный элемент приемника. Резисторы применяют для формирования необходимых значений напряжения на электродах других элементов, для ограничения тока, в качестве элементов связи между ступенями. Резисторы разделяются на постоянные и переменные. В любительских приемниках чаще всего применяются постоянные резисторы МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, ВС-0,125. Цифры в обозначении указывают мощность в ваттах, которую способны рассеивать транзисторы без опасности выхода из строя. Номинальное значение сопротивления, указываемое на корпусе резистора, может находиться в следующих пределах: для МЛТ-0,25 — 51 Ом ... 3 МОм; для МЛТ-0,5 — 51 Ом ... 5,1 МОм; для ВС-0,125 — 27 Ом ... 820 кОм.

Для резисторов разработана сетка стандартных номиналов, облегчающая их изготовление и подборку при производстве аппаратуры. Один из наиболее употребимых рядов этой сетки представляет собой последовательность увеличивающихся значений, причем каждое последующее больше предыдущего на 10%. Есть также и 5- и 20%-ные ряды. Кроме стандартизованных промышленность выпускает небольшими сериями резисторы с номиналами, не укладывающимися в стандартную сетку.

Точность, с которой истинное сопротивление резистора соответствует номиналу, обычно указывают на корпусе резистора либо цифрами, либо другими знаками. В практике конструирования довольно редко бывают необходимы резисторы с точностью 5% и менее. В большинстве случаев вместо указанного на схеме вполне можно применять резисторы соседнего номинала из 10%-ного ряда, а нередко и из 20%-ного.

От качества головных телефонов зависит работа всего приемника. Основным требованием к телефонам является возможно большее омическое сопротивление его катушек. Поэтому лучше всего подходят головные телефоны ТОН-2, имеющие сопротивление каждого капсюля 1,6 и 2,2 кОм. Следовательно, гарнитура с двумя капсюлями будет иметь сопротивление 3,2 или 4,4 кОм. Здесь специально оговаривается, что сопротивление измеряют на постоянном токе. На звуковых частотах вследствие индуктивности катушек капсюлей сопротивление головных телефонов в 5 ... 10 раз больше их омического сопротивления. Можно применять малогабаритные телефоны ТМ-2 и ТМ-4, но их сопротивление постоянному току не превышает 60 ... 80 Ом. Громкость их звучания будет недостаточной, поэтому такие телефоны лучше всего подключать через дополнительный усилитель НЧ с мощностью 10 ... 20 мВт.

Для работы приемника потребуется источник питания. Приемники на транзисторах и микросхемах питают главным образом от батарей гальванических элементов, или аккумуляторов. Гальванические элементы и батареи из них доступны, недороги, но они одноразового действия. Отработав положенный срок, они выходят из строя и требуется заменить их новыми. Аккумуляторы в этом отношении удобнее. Они выдерживают несколько сотен циклов «зарядка—разрядка» и при аккуратном обращении могут служить до десятка лет. В любительской прак-

тике находят широкое применение гальванические элементы и батареи нескольких типов, перечисленных в табл. 8. В таблице указан измерительный ток, при котором проверяют запас энергии элементов и батарей. Если разделить значение начальной емкости в ампер-часах на измерительный ток, то должно получиться время в часах, в течение которого эта емкость будет исчерпана. Средний ток — это наибольшее значение тока, при котором емкость источника можно использовать на 90%. И, наконец, максимальный ток — это тот предел, превышение которого считают недопустимым, вызывающим преждевременный выход из строя.

Таблица 8

Гальванические элементы и батареи

Параметры	Элементы				Батареи	
	316	343	373	3336	«Планета»	«Крона-ВЦ»
Начальное напряжение, В	1,5	1,5	1,5	4,5	4,5	9
Начальная емкость, А·ч	0,6	1,2	5,4	1	2,5	0,6
Измерительный ток, мА	3,5	75	75	300	100	10
Средний ток, мА	15	40	100	50	50	12
Максимальный ток, мА	60	120	400	200	200	60
Срок хранения, мес	6	18	18	6	6	6
Габаритные размеры, мм	∅14× ×50	∅26× ×49	∅34× ×62	22× ×63× ×65 240	22× ×63× ×65 240	22× ×26× ×40 40
Масса, г	20	52	115			

Как видно из таблицы, чем больше электрическая емкость источника, тем больше размеры и массу он имеет. Очевидно, что в карманный приемник нельзя поместить несколько элементов 373; их место — в переносных приемниках. А вот батарея «Крона-ВЦ», элементы 316, 343 наиболее пригодны для карманных приемников.

В табл. 9 сведены характеристики распространенных среди радиолюбителей никель-кадмиевых аккумуляторных элементов и батарей группы Д (дисковых). Следующее за буквой Д число — номинальная емкость в ампер-часах. Удобна батарея 7Д-0,1, содержащая семь аккумуляторов Д-0,1, соединенных последовательно. По размерам она близка к «Кроне-ВЦ».

Одним из достоинств приемников без усилителя НЧ является экономичность питания. Например, приемник 2-V-0 потребляет ток от 1,5 до 5 мА. При таком малом потребляемом токе элементы 373 могут непрерывно работать до 1000 ч, 343 — до 500 ч, т. е. по крайней мере в 10 раз дольше, чем в супергетеродинном приемнике с усилителем НЧ. В связи с этим оказывается целесообразным применять самые миниатюрные элементы, например 316 или 312.

В описываемой конструкции источник питания состоит из трех элементов 316 для получения начального напряжения 4,5 В и шести таких же элементов для 9 В. Нужно учитывать, что по мере разрядки батареи снижается ее напряжение. Простые приемники прямого усиления могут нормально работать при снижении напряжения, даваемого одним элементом, с 1,5 до 1 В. Полностью разряженным элемент считают при снижении его напряжения до 0,7 В.

Миниатюрные аккумуляторы и батареи

Параметры	Аккумуляторы*			
	Д-0,06	Д-0,1	Д-0,25	7Д-0,1
Номинальное напряжение, В	1,25	1,25	1,25	8,75
Номинальная емкость, А·ч	0,06	0,1	0,25	0,1
Номинальный разрядный ток, мА	6	12	20	12
Конечное разрядное напряжение, В	1	1	1	7
Ток зарядки, мА	6	12	20	12
Время зарядки, ч	15	15	19	15
Срок службы, циклов зарядка—разрядка	150	150	200	150
Срок хранения, лет	1,5	1,5	2	1,5
Габаритные размеры, мм	∅ 15,6× ×6,4	∅ 20,1× ×6,9	∅ 27,2× ×10,3	∅ 24×62
Масса, г	4	7	16	60

* 7Д-0,1 — батарея аккумуляторов.

Монтажная плата предназначена для размещения и электрического соединения деталей приемника. Ее выполняют из листового текстолита или гетинакса толщиной 1,5 ... 2 мм по чертежу, представленному на рис. 16. Плата рассчитана на применение магнитной антенны укороченной и обычной. В первом случае длина стержня антенны не должна превышать 75, во втором 140 мм. Четыре отверстия диаметром 4 мм служат для установки платы в корпусе винтами М3.

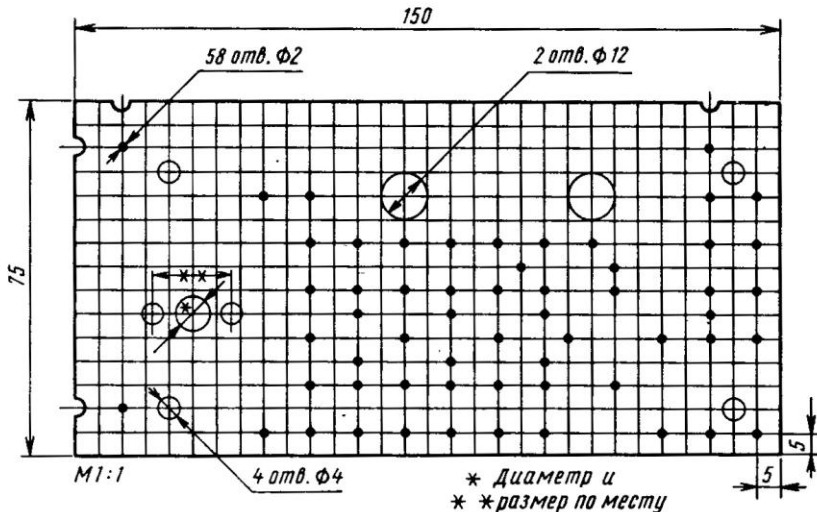


Рис. 16

Для установки на плату надо изготовить 58 пустотелых пистонов. Их делают в виде трубок из мягкой листовой латуни толщиной около 0,1 мм. Трубки вставляют в отверстия так, чтобы с обеих сторон платы выступали их концы по 0,5... 0,7 мм. Затем посредством кернера, молотка и наковальни пистоны аккуратно расклепывают. Отверстие в пистоне не должно быть диаметром менее 1,5 мм. Если для изготовления пистонов был использован материал толще, чем 0,1 мм, или предполагается применение деталей с относительно толстыми выводами, то рекомендуется увеличить диаметр отверстий в плате под пистоны до 2,5... 3 мм.

Монтаж деталей на пистонах принято относить к навесному. Все детали и соединительные проводники располагают по одну сторону платы, а распаяют концы выводов в пистонах — с другой. Такой монтаж позволяет сохранить на монтажной плате схему наглядно, а также предотвратить повреждение деталей при работе с горячим паяльником. Рекомендуется следующая последовательность монтажа. Сначала раскладываются соединительные проводники, выполненные из луженой медной проволоки диаметром 0,3... 0,5 мм в виниловой изоляции, желательны разных цветов: для плюсовой цепи питания — красный, для минусовой — черный, для сигнальных цепей — белый и т. д. Такой цветной «код» помогает как при изготовлении, так и при ремонте приемника.

Затем на плате устанавливают постоянные конденсаторы и резисторы, транзисторы и диоды, блок конденсаторов переменной емкости. Необходимо внимательно следить за соблюдением полярности включения деталей. В последнюю очередь размещают магнитную антенну, чтобы случайно не оборвать выводов катушки. Ферритовый стержень закрепляют на монтажной плате несколькими витками крепкой нити. Не следует крепить стержень проводом — а таком бандаже могут оказаться короткозамкнутые витки, ухудшающие качество резонансного контура антенны.

Выводы деталей и соединительные проводники паяют электрическим паяльником мощностью 20... 40 Вт с применением оловянно-свинцового припоя ПОС-60 и канифолиного флюса. Размещение деталей на плате показано на рис. 17. Если не удалось приобрести оксидный конденсатор К50-6 (С6), можно на плату установить конденсатор К50-3 с торцевыми выводами, для чего на ней предусмотрены дополнительные пистоны.

НАЛАЖИВАНИЕ ПРИЕМНИКА

После окончания монтажа необходимо тщательно проверить правильность установки и надежность соединений всех деталей и узлов, устранить найденные ошибки. Желательно повторить эту операцию дважды — сначала от антенны к телефону, а потом в обратном направлении. Затем убеждаются в правильности полярности включения источника питания.

Включают питание выключателем *S1* и, надев телефоны, медленно вращают ручку КПЕ до появления сигнала любой станции. Если станцию принять не удалось, следует изменить положение магнитной антенны в горизонтальной плоскости. Максимум громкости принятого сигнала соответствует случаю, когда стержень расположен горизонтально и составляет прямой угол с направлением на станцию.

Если в распоряжении радиолюбителя есть авометр, то рекомендуется проверить режим работы транзисторов по постоянному току. Постоянное напряжение измеряют относительно общего провода питания, а потребляемый ток либо в раз-

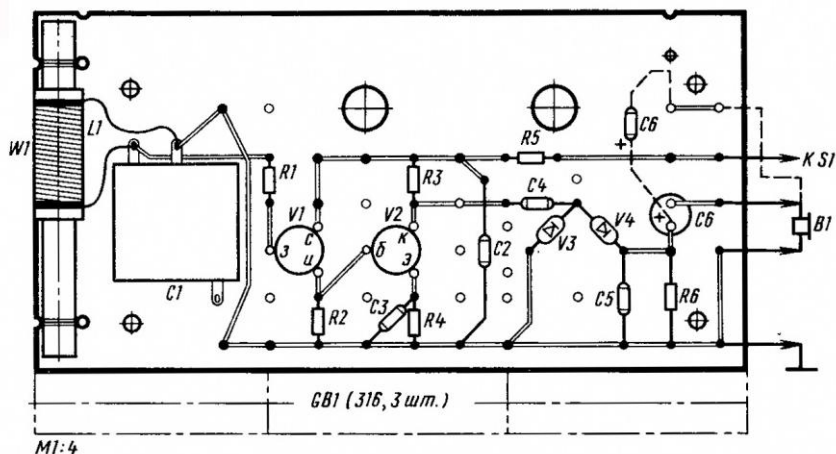


Рис. 17

рыве цепи питания (на схеме показано крестом), либо подключив вход миллиамперметра прибора параллельно разомкнутым контактам выключателя $S1$ питания. Если отклонения от указанных на схеме значений превышает 15%, то рекомендуется скорректировать режим — для полевого транзистора подборкой резистора $R2$, для биполярного — $R4$. Как правило, обычно требуется подобрать только $R2$.

Собранную плату приемника помещают в фанерный или пластмассовый корпус. Учтявая, что ручка блока КПЕ имеет небольшую длину, возможно, придется установить его на внутренней стороне верхней панели корпуса двумя винтами.

Эксплуатация приемника показала, что его чувствительности вполне достаточно для приема местных и удаленных мощных станций в диапазонах СВ и ДВ, особенно в вечернее время, когда улучшается прохождение радиоволн. Прием отличается высокой чистотой звука.

Описанный приемник с полевым транзистором очень хорошо повторяется в любительских условиях; в большинстве случаев даже не требуется подбирать резисторы $R2$ и $R4$. Малый потребляемый ток позволяет эксплуатировать приемник с одним комплектом питания практически в течение года. Отсутствие в приемнике усилителя мощности НЧ не исключает возможности использовать, если это необходимо, внешний усилитель для громкоговорящего приема. Качество воспроизведения музыкальных радиопередач при этом получается очень хорошим.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМНИКА С ПОЛЕВЫМ ТРАНЗИСТОРОМ

Собрав приемник по схемам, изображенным на рис. 8 или 9, радиолюбитель, безусловно, захочет его усовершенствовать. Для этого есть несколько различных путей. Можно, например, попытаться улучшить прием удаленных станций применением транзисторов с большим усилением. Такая замена хотя и может привести к увеличению усиления по высокой частоте и улучшению чувствительности,

но не настолько, как хотелось бы. Нельзя забывать и того, что по мере увеличения усиления каждой ступени повышается склонность усилителя к самовозбуждению. Приемник становится неустойчивым в работе, особенно при использовании германиевых транзисторов, параметры которых при изменении температуры сильно меняются.

Другой путь повышения чувствительности, а значит, увеличения дальности приема сигнала радиостанции — это увеличение числа усилительных ступеней. Но практика показывает, что в приемниках прямого усиления использовать более трех ступеней усиления как по ВЧ, так и по НЧ нецелесообразно из-за неустойчивой работы многоступенчатых усилителей. Кроме этого, с улучшением приема дальних станций, ухудшается качество звучания ближних, сигналы которых усиливаются настолько, что начинают искажаться усилителем. Избежать этого можно только путем снижения усиления по ВЧ. Разрешить это противоречие можно путем введения переключателя чувствительности. При приеме дальних, слабых сигналов включают полное усиление, при приеме мощных станций используется только часть усилительных возможностей.

На рис. 18 показана улучшенная принципиальная схема приемника по сравнению со схемой на рис. 9. В приемник добавлены еще одна ступень усиления ВЧ, переключатель чувствительности $S2$ и изменен детектор. Теперь приемник можно описать формулой $3-V-0$. Он обеспечивает по крайней мере в 8... 10 раз большее усиление по ВЧ, что соответствует чувствительности 2... 3 мВ/м при приеме слабых сигналов. Уверенности приема местных станций значительно повышается. Так, если переключатель $S2$ находится в верхнем по схеме положении, то транзистор $V3$ оказывается включенным по схеме с общим эмиттером. Усиленное напряжение снимается с коллекторной нагрузки транзистора — резистора $R6$ — и через переходной конденсатор $C5$ поступает на детектор, в котором работают в этом случае диоды $V6$ и $V7$ (диоды $V4$ и $V5$ закрыты напряжением на конденсаторе $C6$).

При переводе переключателя $S2$ в нижнее по схеме положение транзистор $V3$ включается по схеме ступени с разделенной нагрузкой (в эмиттерной и коллек-

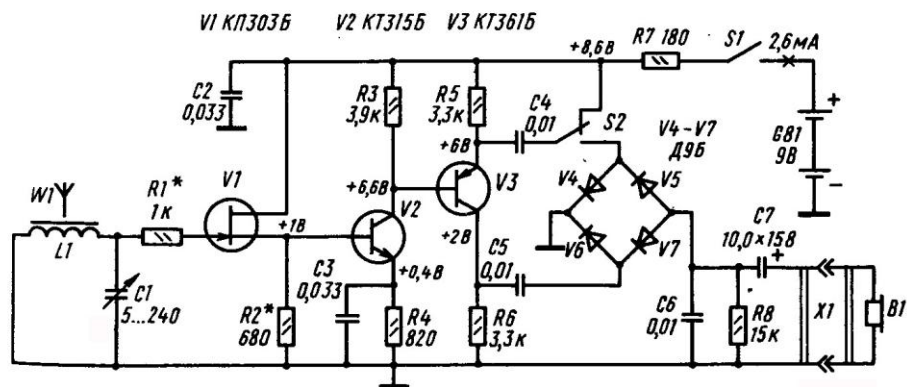


Рис. 18

торной цепи включены нагрузки одного и того же сопротивления — резисторы $R5$ и $R6$). Особенность такой ступени в том, что сигналы на эмиттере и коллекторе транзистора одинаковы по напряжению, но противоположны по фазе. Оба эти сигнала поступают на двоиный детектор с удвоением напряжения. Причем детектор использует оба полупериода сигнала. Такой детектор носит название двухтактного. Достоинством его является отсутствие на выходе напряжения с частотой входного сигнала, что существенно повышает устойчивость усилителя ВЧ к самовозбуждению.

Для реализации описанного улучшения приемника нужно на плате сделать всего несколько паек: добавить два резистора, конденсатор, транзистор и два диода. Переключатель $S2$ — тумблер однопольсный на два положения. Можно применить кнопочный переключатель П2К. Размещение деталей на плате представлено на рис. 19.

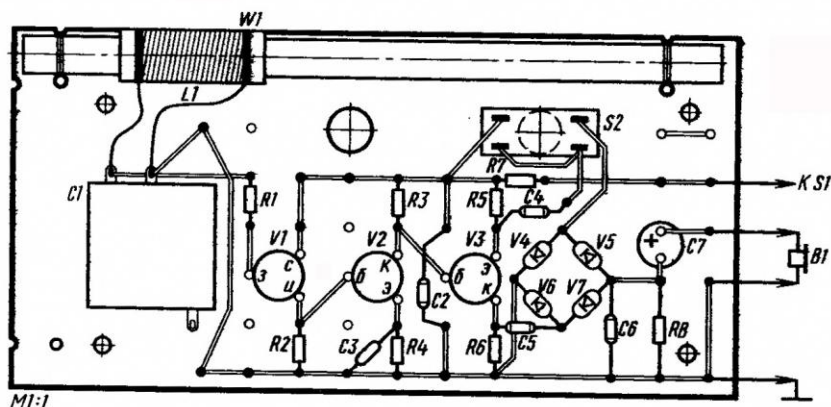


Рис. 19

Налаживание улучшенного приемника сводится к проверке и, если необходимо, подгонке требуемых значений напряжения на выводах транзисторов.

Магнитную антенну при доработке можно оставить без изменений, но лучше переделать ее на ферритовый стержень большей длины. Для этого число витков катушки необходимо уменьшить на 20%. Стержень закрепляют вдоль длинной стороны монтажной платы, как показано на рис. 19. Желательно заменить антенну после переделки усилителя ВЧ с тем, чтобы можно было оценить приращение чувствительности, даваемое добавлением ступени усиления и сменой антенны.

Как показывает практика, описанное усовершенствование позволяет довести чувствительность приемника до 1...2 мВ/м, что дает возможность уверенно принимать сигналы удаленных станций в дневное и особенно в вечернее время.

Приемник работает в одном, выбранном в соответствии с табл. 5 диапазоне волн. Между тем приемник с полевым транзистором нетрудно сделать двухдиапазонным, надо лишь разместить на другом конце ферритового стержня магнитной антенны еще одну контурную катушку, число витков которой также определяют по табл. 5. При этом желательно, чтобы катушка СВ диапазона была ближе к

блоку КПЕ, чем катушка ДВ диапазона. Обе катушки соединяются последовательно. В диапазоне ДВ они работают обе; на СВ катушку длинноволнового диапазона надо замыкать контактами переключателя диапазонов. Схема измененного варианта входной цепи приемника и внешний вид магнитной антенны показаны на рис. 20. Здесь для ограничения перекрытия по частоте до стандартных границ диа-

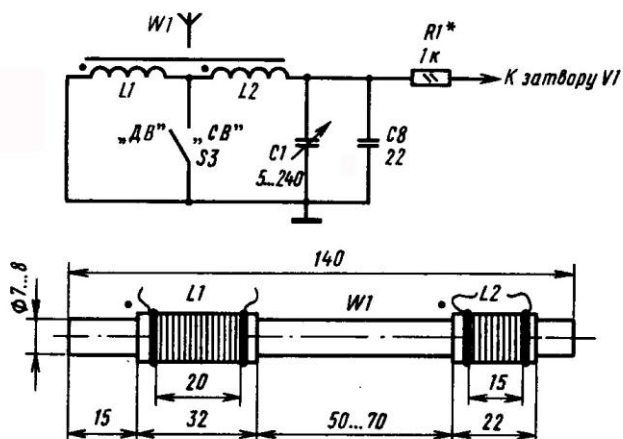


Рис. 20

пазонов СВ и ДВ введен конденсатор $C8$ (КТ-1). Переключатель диапазонов $S3$ — тумблер или П2К. Монтаж входной цепи с двухдиапазонной антенной показан на рис. 21.

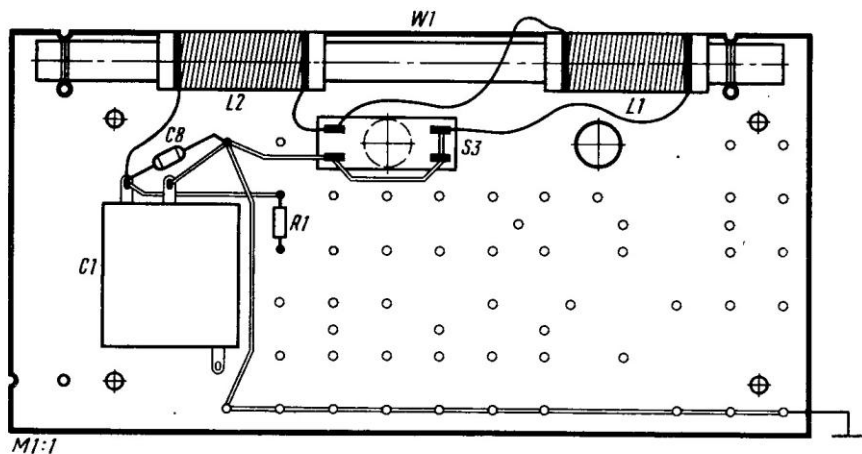


Рис. 21

При введении второго диапазона каких-либо изменений в конструкции усилителя ВЧ можно не вносить. Возможно, придется подобрать такое положение катушек на стержне, при котором наиболее точно перекрываются частоты СВ и ДВ. Делать это лучше всего в вечернее время, когда слышны сигналы многих станций.

Для того чтобы двухдиапазонная антенна эффективно работала на ДВ, необходимо, чтобы витки катушек $L1$ и $L2$ были намотаны в одну сторону и начало одной было соединено с концом другой. Начало каждой из катушек обозначают на схемах точкой.

ПРИЕМНИК 3-V-0 НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Простота устройства и налаживания, хорошее качество работы приемника с полевым транзистором делают его весьма привлекательным для повторения начинающими радиолюбителями. Но как быть при отсутствии полевого транзистора? Можно ли его заменить одним или двумя биполярными транзисторами? Такие вопросы часто можно слышать от начинающих радиолюбителей. Оказывается, можно, хотя для замены одного полевого транзистора потребуются два маломощных кремниевых биполярных высокочастотных транзистора, несколько постоянных резисторов и конденсаторов.

На рис. 22 представлена схема приемника 3-V-0, который можно рассматривать как вариант приемника по схеме на рис. 9. Для получения такого же высокого входного сопротивления, как у ступени на полевом транзисторе, здесь включены два биполярных кремниевых транзистора $V1$ и $V2$ по схеме двойного эмиттерного повторителя с компенсацией входного тока. Такой сложный эмиттерный повторитель, подобно истоковому повторителю, обладает очень высоким входным сопротивлением (несколько сотен килоом), низким выходным сопротивлением и коэффициентом усиления, близким к единице. В силу этого характеристики усилителей ВЧ по схемам на рис. 22 и 9 практически одинаковы. Различие лишь в построении цепей питания транзисторов, обеспечивающих компенсацию значительной части входного тока ступени за счет отбора части выходного тока.

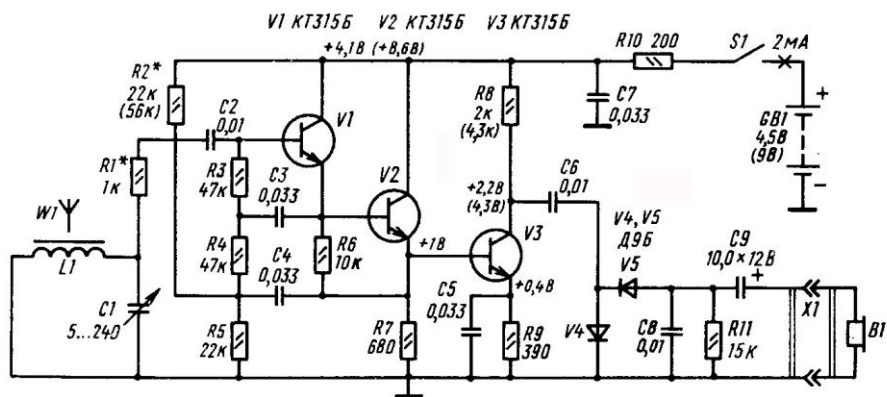


Рис. 22

Поскольку все три транзистора связаны последовательно цепью эмиттера, то установка режима транзистора *V1* приводит к автоматической установке режима остальных. Делают это подборкой резистора *R2*. К выводам резистора *R4* через конденсаторы *C3* и *C4* поступает часть эмиттерного тока транзисторов *V1* и *V2*, компенсируя в основном потери тока ВЧ в цепях смещения. Этим и достигается высокое входное сопротивление усилителя. При установке режима работы транзисторов контролируют напряжение на коллекторе транзистора *V3* относительно общего провода авометром, включенным как вольтметр постоянного тока.

По своим характеристикам этот приемник не уступает ранее описанному, хотя и проигрывает ему в увеличении числа используемых деталей. Вновь вводимые конденсаторы *C2—C4* могут быть типов КЛС-1 или КМ-4, КМ-5, КМ-6, МБМ.

В случае необходимости кремниевые транзисторы *n-p-n* могут быть заменены кремниевыми транзисторами *p-n-p* серии КТ361 или другими в соответствии с табл. 3. При этом необходимо изменить на обратную полярность включения источника питания *GB1*, диодов *V3* и *V4*, а также оксидного конденсатора *C9*. Режим работы транзисторов остается прежним, изменяется только полярность напряжения. В большинстве случаев никакой коррекции режима не требуется. Если же качество работы приемника окажется неудовлетворительным, следует подобрать резистор *R2* до соответствия режима, указанному на схеме.

Размещение деталей приемника на монтажной плате показано на рис. 23.

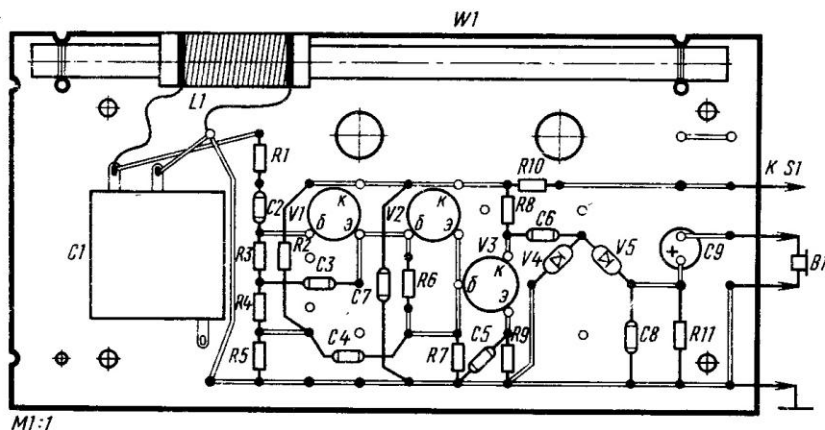


Рис. 23

Эксплуатация приемника показала, что качество его работы улучшается при повышении напряжения питания до 6 ... 9 В, хотя он может удовлетворительно работать и при малом напряжении питания не менее 3 В.

ПРИЕМНИК НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ С НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ СВЯЗЬЮ

Особенность творчества начинающего радиолюбителя состоит в том, что порой он вынужден подбирать схему приемника под те транзисторы и детали, которые уже есть в наличии, причем транзисторы эти могут быть самыми различными. Поэтому ниже дано описание простого приемника всего на двух биполярных

высокочастотных маломощных транзисторах, кремниевых или германиевых, структуры *p-n-p* или *n-p-n*. По своим характеристикам приемник несколько уступает ранее рассмотренным; но это заметно только в том случае, когда транзисторы имеют минимальное паспортное значение статического коэффициента передачи тока базы. В среднем чувствительность приемника 10 ... 30 мВ/м. Схема приемника показана на рис. 24, *а* — для случая использования *p-n-p* транзисторов, а на рис. 24, *б* — для *n-p-n*.

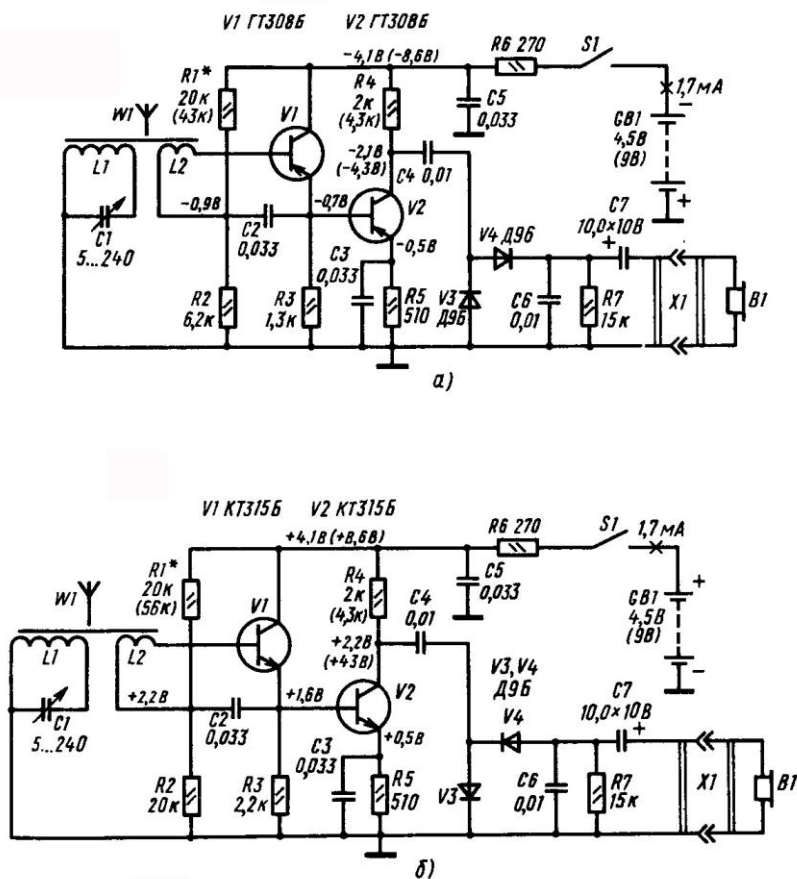


Рис. 24

Как видно из схемы, в приемнике изменена входная цепь: на магнитной антенне кроме контурной появилась катушка связи *L2* антенны с входом усилителя ВЧ. Поскольку входное сопротивление ступени на биполярном транзисторе невелико — всего 1 ... 2 кОм (сравните с 300 .. 500 кОм у ступени на полевом транзисторе), непосредственное подключение антенного контура к базе транзистора *V1* привело бы к резкому ухудшению селективности приемника из-за шунтирования контура из-

ким входным сопротивлением усилителя ВЧ. Поэтому контур включают не полностью, а частично с помощью катушки связи, число витков которой должно быть в 20...30 раз меньше, чем контурной. При этом, разумеется, во столько же раз уменьшится и напряжение ВЧ на входе усилителя. Но здесь транзистор *V1* включен по схеме с общим эмиттером (а не с общим коллектором, как в предыдущем приемнике), поэтому усиление первой ступени равно уже не единице, а 20...30 и более, что компенсирует снижение напряжения сигнала на входе первой ступени. Вторая ступень на транзисторе *V2* особенностей не имеет. Таким образом, формула этого приемника 2-V-0.

Как видно из рис. 24, усилитель ВЧ здесь проще, чем в приемнике по схеме на рис. 22. Смещение на базе транзистора *V1* создает делитель напряжения на резисторах *R1* и *R2*. С целью уменьшения потерь тока сигнала в цепи смещения напряжение с делителя поступает через катушку *L2*.

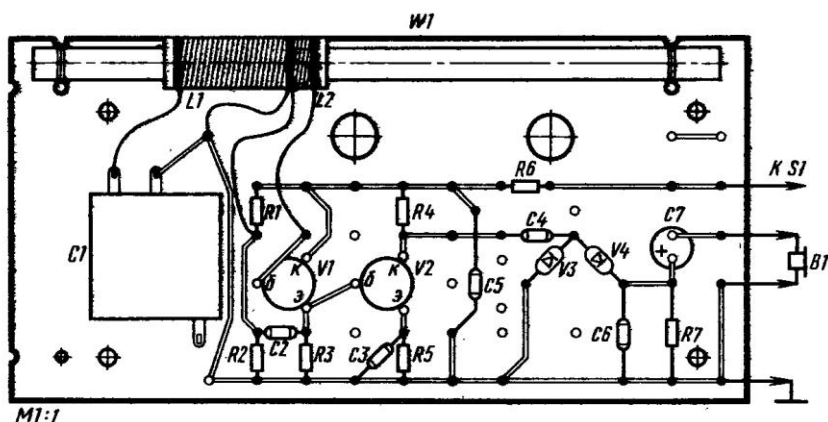


Рис. 25

Несмотря на то что приемник характеризуется довольно высоким качеством работы при приеме сигналов дальних станций, прослушивание местных мощных станций может происходить с некоторыми искажениями, связанными с перегрузкой транзисторов.

Детали приемника монтируют на той же плате (рис. 25). Режим транзисторов устанавливают подборкой резистора *R1*.

ПРИЕМНИК НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ С ЕМКОСТНОЙ СВЯЗЬЮ

Усилитель ВЧ с непосредственной связью прост в изготовлении и налаживании, дает хорошие результаты, но возможности транзисторов в нем используются не полностью. В таком усилителе затруднительно обеспечить оптимальный режим каждого из транзисторов. Реализовать эти возможности можно в усилителе с емкостной связью, когда выходной ток одной ступени передается на вход следующей через переходной конденсатор. Здесь становится возможным устанавливать режим каждого транзистора независимо от других, что при том же числе транзисторов позволяет увеличить усиление в 2...3 раза.

На рис. 26 изображена схема усилителя ВЧ на двух транзисторах структуры *p-n-p*, где реализованы возможности ступеней с емкостной связью. Номиналы и режим указаны для случая применения германиевых транзисторов. При использовании кремниевых транзисторов их типы и режим, а также номиналы резисторов указаны в скобках. Особенность усилителя в том, что каждый транзистор имеет свою цепь формирования напряжения смещения.

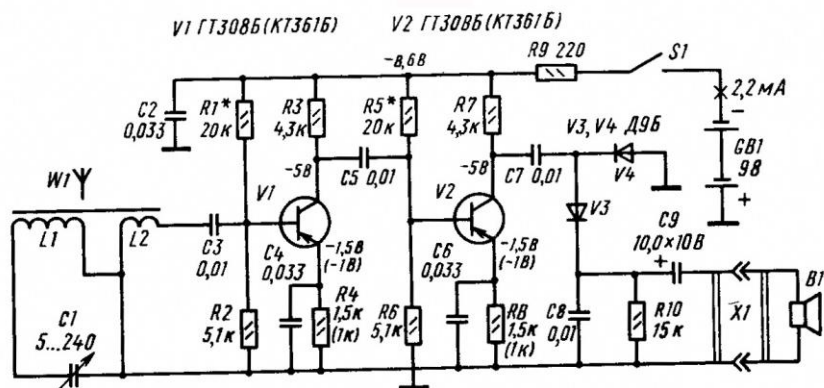


Рис. 26

Несомненным достоинством этого усилителя является его способность сохранять режим транзисторов как при изменении температуры, так и при большом разбросе их параметров. Например, усилитель практически не требует коррекции режима при использовании транзисторов со статическим коэффициентом передачи тока базы в пределах 12...300. Коррекция может потребоваться в том случае, когда применены резисторы с большим (более чем на 20%) отклонением от указанных на схеме номиналов. Правда, режим транзисторов заметно меняется при изменении напряжения питания. Уменьшение его на 25...30% от начального значения приводит к заметному снижению чувствительности приемника.

Для случая применения транзисторов структуры *p-n-p* необходимо изменить полярность напряжения питания, конденсатора C9 и диодов детектора. Здесь возможно применение германиевых (ГТ311Б) и кремниевых (КТ315Б) транзисторов. Для кремниевых транзисторов, напомним, режим и номиналы указаны на схеме в скобках. Режим транзисторов остается без изменения, изменяется на обратную только полярность всех напряжений.

Несмотря на правильность изготовления и налаживания, все экземпляры, собранные по одной и той же схеме, различаются по чувствительности. В чем причина такого различия? В первую очередь, в разнице в коэффициенте усиления усилителя ВЧ, а это зависит от свойств применяемых транзисторов. Чем выше предельная частота применяемых транзисторов, тем больше усиление по высокой частоте, тем выше чувствительность приемника. Поэтому рекомендуется применять те транзисторы, которые в табл. 3 ближе к концу соответствующей группы.

Расположение деталей приемника на плате показано на рис. 27.

ПРИЕМНИК НА ТРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ С ДВУХТАКТНЫМ ДЕТЕКТОРОМ

Чувствительность приемника, собранного по схеме рис. 26, можно улучшить примерно в 10 раз, доведя ее до 1 ... 3 мВ/м, или при увеличении его чувствительности в два раза существенно улучшить качество звучания при приеме сигналов местных мощных станций, если использовать двухтактный детектор, примененный в приемнике с полевым транзистором (рис. 18).

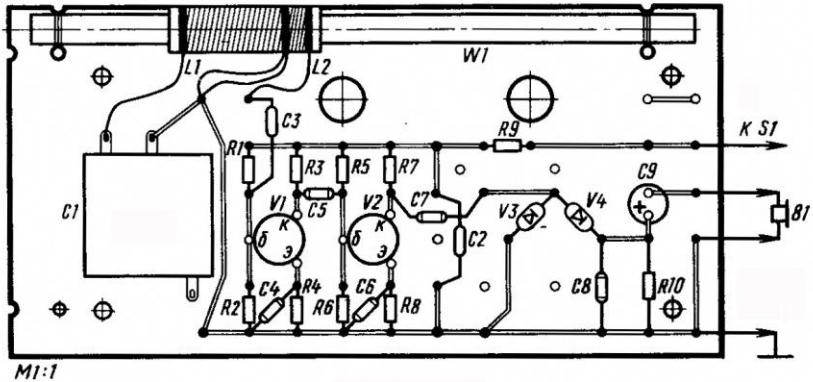


Рис. 27

Схема улучшенного приемника представлена на рис. 28. Переключатель S2 позволяет менять режим работы детектора на диодах V4—V7 — переходить от однотактного детектирования к двухтактному. Размещение деталей приемника на монтажной плате показано на рис. 29.

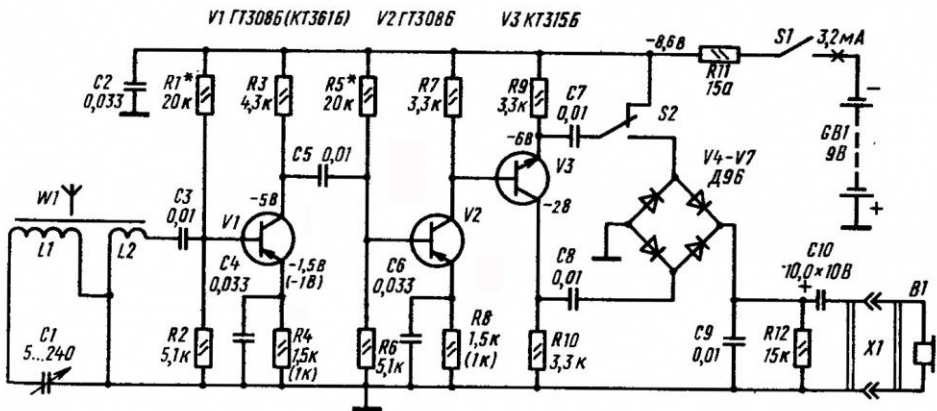


Рис. 28

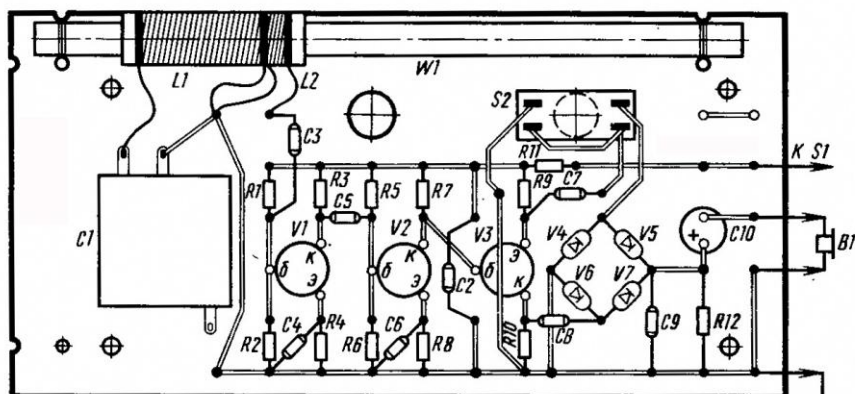


Рис. 29

Приемник очень устойчив в работе даже при использовании транзисторов с большим коэффициентом передачи тока базы. Это достигается, с одной стороны, сочетанием транзисторов различной структуры и использованием двухтактного детектора с удвоением. В приемниках с одноконтурным детектором порой приходится долго искать такое взаимное положение магнитной антенны и усилителя ВЧ, при котором отсутствует паразитное самовозбуждение приемника.

ДВУХДИАПАЗОННЫЙ ПРИЕМНИК НА ТРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ

Наличие катушки связи, необходимой для подключения магнитной антенны к входу усилителя ВЧ на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, усложняет конструкцию приемника. Еще большие трудности возникают при переходе на двухдиапазонную входную цепь. Здесь требуется коммутировать уже не две, а четыре катушки — две контурные и две связи. В результате этого увеличиваются число и длина соединительных проводников, выводов катушек. Из-за этого возрастает вероятность ошибок при монтаже, «склонность» приемника к самовозбуждению из-за паразитной обратной связи с выхода усилителя ВЧ на магнитную антенну. Результатом порой является плохая работа двухдиапазонного приемника.

Многие из этих трудностей можно преодолеть, если собрать приемник с усилителем ВЧ по схеме, изображенной на рис. 22, и применить в приемнике двухдиапазонную магнитную антенну. Однако в этом варианте не полностью используются усилительные возможности двух из трех транзисторов, включенных по схеме с общим коллектором. Значительно большее усиление можно получить от двух транзисторов, если включить их последовательно по постоянному и переменному току по так называемой каскадной схеме ОБ—ОК, т. е. первый транзистор включен по схеме с общей базой, а второй — с общим коллектором. Такой вариант включения двух биполярных транзисторов использован в приемнике, схема которого показана на рис. 30.

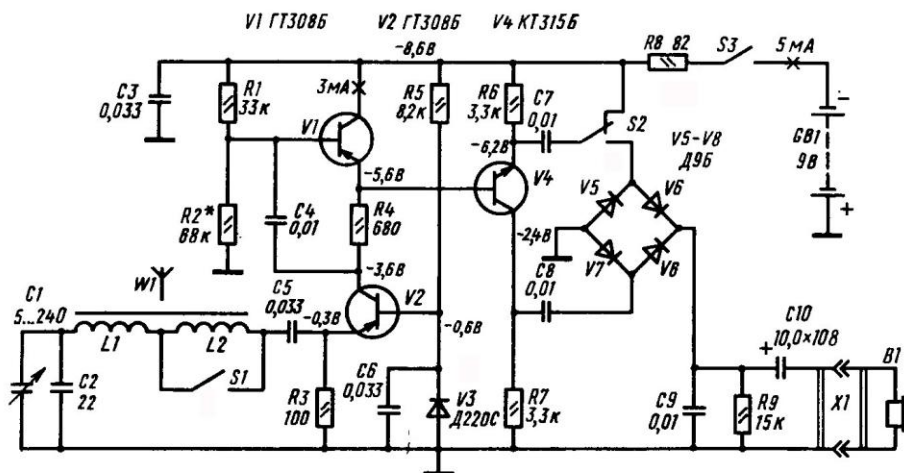


Рис. 30

В этом приемнике транзисторы $V1$ и $V2$ включены каскодно и использован двухтактный детектор, являющийся нагрузкой ступени с разделенной нагрузкой на транзисторе $V3$. Катушки ДВ и СВ включены последовательно с КПЕ, а не параллельно, как было в предшествующих вариантах. Именно благодаря использованию последовательного резонансного контура удалось упростить коммутацию катушек. Здесь в диапазоне ДВ работают обе катушки, включенные последовательно, а в диапазоне СВ катушку $L2$ замыкают контакты переключателя $S1$. При этом напряжение сигнала ВЧ действует между концами катушки $L2$ и общим проводом. К особенностям последовательного резонансного контура относится то, что для получения хорошей его передаточной характеристики необходимо, чтобы вход усилителя ВЧ был низкоомным. Например, для диапазонов СВ и ДВ необходим усилитель ВЧ с входным сопротивлением не более 8 ... 10 Ом.

Таким входным сопротивлением обладает ступень, собранная по схеме с общей базой, при рабочем токе коллектора около 3 мА, причем база по переменному току должна быть замкнута на общий провод. Эту функцию исполняет конденсатор $C6$. Напряжение сигнала с магнитной антенны поступает на эмиттер транзистора $V2$ через переходной конденсатор $C5$. Токостабилизирующий резистор $R3$ контур практически не шунтирует, так как сопротивление этого резистора по крайней мере в 10 раз больше входного сопротивления ступени.

Напряжение смещения для транзистора $V2$ снимается с диода $V3$, входящего в параметрический стабилизатор $R5V3$. Здесь использовано свойство диода стабилизировать падение напряжения на нем при прямом токе более 1 мА. Напряжение на диоде остается постоянным и равным примерно 0,6 В при изменении тока через него и широких пределах. Поскольку напряжение смещения транзистора стабильно, ток коллектора также остается практически постоянным при снижении напряжения питания.

Вытекающий из транзистора $V2$ ток проходит далее через нагрузочный резистор $R4$ и транзистор $V1$, т. е. один и тот же ток дважды используется для усиления. Правда, при этом вдвое уменьшается напряжение питания на каждом из двух транзисторов. Но при коллекторном токе около 3 мА транзисторы дают даже при напряжении эмиттер — коллектор около 3 В такое же усиление, как при токе 1 мА и напряжении питания 9 В.

По переменному току оба транзистора включены последовательно — с коллектора транзистора $V2$ через переходной конденсатор $C4$ на базу транзистора $V1$. Напряжение смещения на базу транзистора $V1$ снимается с делителя $R1R2$. Это обеспечивает стабильность режима транзистора $V1$ при снижении напряжения питания от 9 до 3 В.

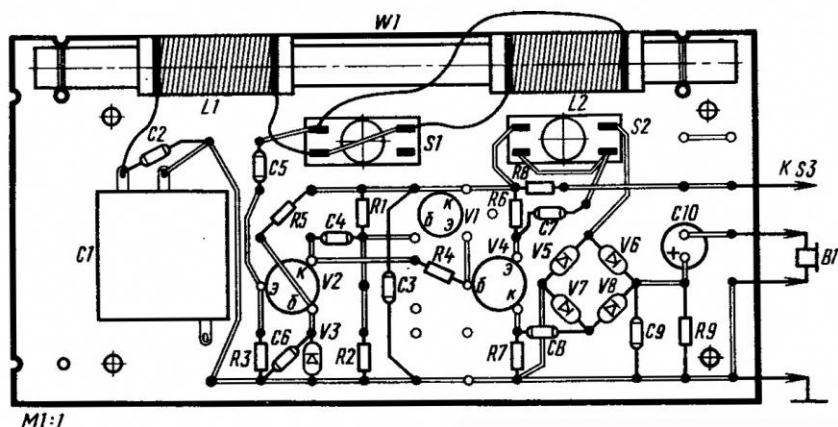


Рис. 31

Остальные узлы приемника не отличаются от рассмотренных ранее.

Вид монтажной платы приемника изображен на рис. 31. Конденсатор $C2$ лучше всего применить подстроечный — КПК-М емкостью 8...30 пФ — и вращением его ротора точно установить высокочастотную границу диапазона ДВ. Стабилитрон Д220С можно заменить на диод Д220. Приемник устойчиво работает при снижении напряжения питания до 6 В и не теряет работоспособности при разрядке батареи до 3 В.

ПРИЕМНИК НА ОДНОЙ МИКРОСХЕМЕ

На рис. 32 показана схема простейшего приемника, собранного всего на одной микросхеме К118УС1Б (К118УН1Б) или К122УН1Б (К122УС1Б), представляющей собой двухступенный усилитель ВЧ на двух кремниевых высокочастотных $n-p-n$ транзисторах, близких по параметрам транзисторам серии КТ315. Коэффициент усиления напряжения такого усилителя в диапазонах ДВ и СВ лежит в пределах 400...600, значит, при использовании магнитной антенны с укороченным ферритовым стержнем чувствительность приемника с учетом ослабления напря-

жсия ВЧ сигнала примерно в 20 раз катушкой связи L_2 будет равна около 40...50 мВ/м. Этого достаточно, чтобы уверенно прослушивать на телефоны ТМ-2 или ТМ-4 программы местных станций.

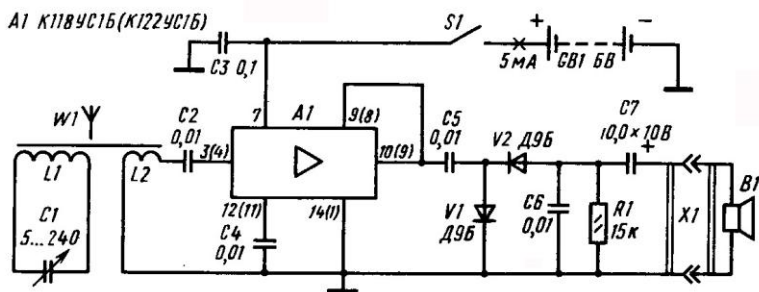


Рис. 32

В магнитной антенне применен ферритовый стержень прямоугольного сечения 15×3 мм длиной 55 мм. Число витков катушек L_1 и L_2 зависит от выбранного диапазона волн. На СВ для конденсатора C_1 с максимальной емкостью 240...250 пФ катушки должны содержать: L_1 —92 витка, L_2 —5 витков проводом ПЭЛШО 0,15 или ПЭЛ 0,15, ПЭВ-1 0,15; на ДВ: L_1 —260 витков проводом ПЭЛ 0,12, L_2 —10 витков проводом ПЭЛШО 0,15 или ПЭЛ 0,15, ПЭВ-1 0,15. Для совмещенного диапазона СВ+ДВ от 300 до 1000 м катушки должны содержать: L_1 —133 витка, а L_2 —6 витков провода ПЭЛШО 0,15 или ПЭВ-1 0,15, ПЭЛ 0,5. Наматывать катушки можно внавал.

Для этого приемника предлагается изготовить печатную монтажную плату, для чего потребуется заготовка из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм и размерами 55×55 мм. Поверхность фольги зачищают до блеска чернильной стиральной резинкой, протирают спиртом или одеколоном для удаления следов жира и наносят на нее рисунок печатных проводников. Рисунок выполняют каким-либо кислотоупорным лаком (например, лаком для покрытия ногтей). Рисунок проводников платы показан на рис. 33.

После просушки плату помещают в водный раствор хлорного железа (в весовом соотношении 1:1). Воду следует подогреть до 50...60°С. Посудой для травления может служить фотокювета. Для равномерного протравливания слоя меди рекомендуется периодически покачивать кювету. Длительность травления 10...15 мин, после чего вся медь, не защищенная лаком, прореагирует с хлорным железом. Заготовку вынимают из раствора, тщательно промывают ее в теплой воде и высушивают. Затем сверлят все отверстия и вновь зачищают проводники до блеска и лудят, подготавливая их к распайке выводов деталей.

Приемник питается от четырех элементов 316, соединенных последовательно. Толщина корпуса приемника с батареей питания 30 мм, размеры в плане 85×85 мм. Масса около 120 г. Блок КПЕ желательно применить малогабаритный,

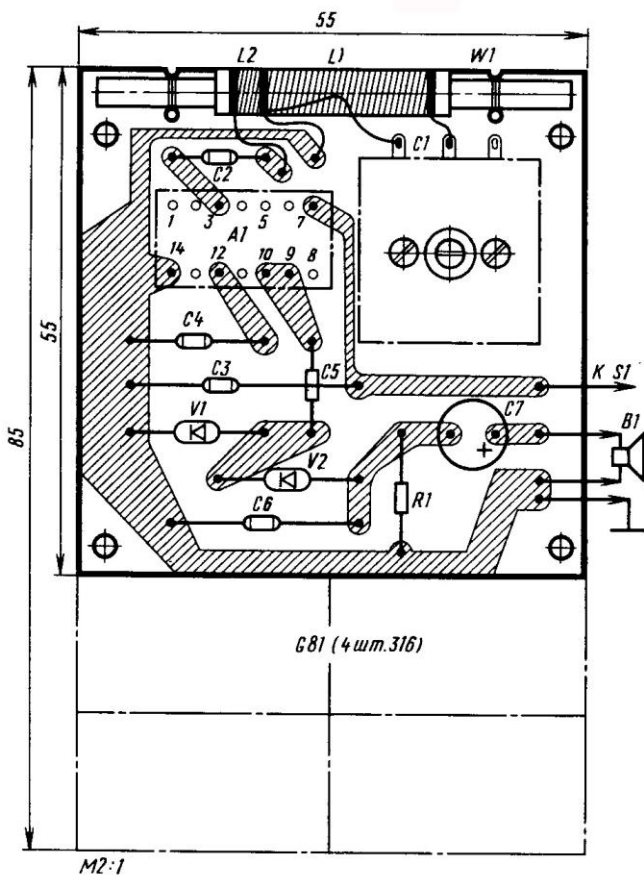


Рис. 33

например КПК-М. Размещение деталей на плате показано на рис. 33 со стороны печатных проводников. Если плата гетинаксовая, при монтаже следует быть очень внимательным и осторожным, так как фольга на ней держится непрочно и легко отслаивается. Жало паяльника должно быть тонко заточено, иначе могут оказаться замкнутыми припоем близко расположенные проводники платы и выводы микросхемы.

Практика работы с приемником показала, что его чувствительность вполне достаточна для приема московских станций на расстоянии до 100 км от центра города.

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Так принято называть усилители мощности сигнала низкой частоты, предназначенные для повышения мощности низкочастотного электрического сигнала детектора до уровня, достаточного для нормальной работы громкоговорителя. Мощность сигнала в усилителе повышается за счет энергии источника питания. Все усилители НЧ увеличивают мощность сигнала, но если при этом значи-

тельно повышается напряжение сигнала, то такие усилители называются усилителями напряжения. Усилители мощности НЧ потребляют от источника питания значительно больше энергии, чем усилители ВЧ. Так, если при питании от батареи напряжением 9 В любой из описанных выше приемников потребляет не более 3...5 мА, то усилитель мощности НЧ при работе с полной отдачей потребляет ток в десятки или даже сотни миллиампер. Это необходимо учитывать при изготовлении и при использовании усилителя НЧ.

Вместе с тем громкоговорящее воспроизведение радиопрограмм делает усилитель низкой частоты весьма желательным практически для любого приемника. Можно считать, что, собрав свой первый простой приемник, начинающий радиолюбитель обязательно захочет собрать для него хотя бы простейший усилитель НЧ.

В радиолюбительской литературе описано очень много усилителей НЧ самого различного назначения. Чтобы разобраться в этом обилии и выбрать подходящий, требуется знать основные характеристики усилителя НЧ. Рассмотрим основные из них.

Номинальная выходная мощность — выходная мощность усилителя, при которой уровень искажений не превышает некоторого установленного значения. Для нормальной работы громкоговорителя требуется выходная мощность не менее 30 мВт; для озвучивания комнаты средних размеров 100...200 мВт, для громкоговорящего воспроизведения звука на открытом воздухе 0,6...0,8 Вт. Максимальной для усилителя НЧ с питанием от батареи элементов можно считать мощность 2...4 Вт. При большей выходной мощности наиболее емкие элементы 343 и 373 очень скоро, всего за несколько часов работы выходят из строя.

Сопротивление нагрузки усилителя — сопротивление громкоговорителя, на которое рассчитан усилитель. Нагрузкой маломощных усилителей, применяемых в портативных приемниках, служат громкоговорители, в которых используют динамические головки прямого излучения с сопротивлением звуковой катушки 4...10 Ом, реже 16 Ом. В переносных приемниках находят применение головки с номинальной мощностью до 2 Вт и сопротивлением 4 Ом. Обычно усилитель НЧ хорошо работает с динамической головкой, сопротивление которой не ниже выходного сопротивления усилителя. Например, если усилитель рассчитан на динамическую головку сопротивлением 8 Ом, то он будет хорошо работать с динамическими головками сопротивлением 10 и 16 Ом. Но при уменьшении сопротивления нагрузки работа усилителя резко ухудшается. Увеличиваются искажения сигнала, потребляемый ток, перегреваются транзисторы и микросхемы. Поэтому уменьшать сопротивление нагрузки ниже допустимого номинального значения не рекомендуется. При замене одной головки другой необходимо учитывать, что выходная мощность усилителя НЧ при неизменном напряжении питания обратно пропорциональна сопротивлению нагрузки. Это значит, что если вместо головки сопротивлением 8 Ом установлена другая сопротивлением 16 Ом, то выходная мощность усилителя уменьшится вдвое.

Номинальная чувствительность (или просто чувствительность) это напряжение сигнала на входе усилителя, требуемое для получения на его выходе номинальной выходной мощности. Простейшие усилители НЧ имеют чувствительность 10...20 мВ. Усилителя с такой чувствительностью достаточно для громкоговорящей работы любого из описанных в книге приемников. Но все же лучше иметь

усилитель с запасом усиления, с чувствительностью 3...5 мВ. С таким усилителем приемник может обеспечить громкоговорящий прием сигналов дальних станций. Но повышение чувствительности влечет за собой увеличение числа используемых транзисторов или микросхем, конденсаторов, резисторов и, что самое неприятное для начинающих радиолюбителей, — сложность налаживания и такой недостаток, как склонность к самовозбуждению. Чтобы его устранить, приходится вводить фильтры в цепи питания ступеней, что еще больше усложнит конструкцию. Поэтому в этой книге рассмотрены только самые простые усилители мощности НЧ, в которых использовано небольшое число транзисторов, микросхем и других деталей.

Напряжение (и полярность) источника питания — одна из важных характеристик усилителя. Практика работы радиолюбителя показывает, что в большинстве случаев молчание собранного усилителя или выход его из строя сразу после включения питания чаще всего связаны либо с неправильной полярностью включения источника питания, либо с превышением напряжения питания. Чаще всего в простых любительских конструкциях применяют батареи питания напряжением 9 В, реже 3, 4,5, 6, 12 В. В одних случаях с общим проводом соединен минусовой вывод батареи, а в других — плюсовой.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ НА ТРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ

На рис. 34 показана схема простейшего усилителя НЧ, в котором можно использовать источник питания напряжением 4,5 или 9 В. При сопротивлении нагрузки 10 Ом и напряжении питания 4,5 В номинальная выходная мощность равна 70...80 мВт, а при повышении напряжения до 9 В 120...150 мВт. В усилителе применены германиевые маломощные низкочастотные транзисторы.

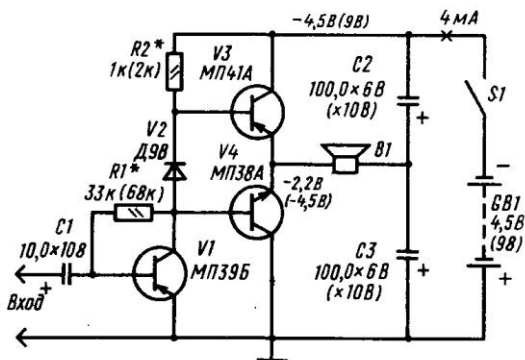


Рис. 34

Ступень на транзисторе *V1* — предварительный усилитель тока и напряжения сигнала, а транзисторы *V3* и *V4* являются взаимно симметричными эмиттерными повторителями и усиливающимими ток сигнала. Начальное смещение на базе транзисторов *V3* и *V4* формируется из падения напряжения на диоде *V2*, включенном в коллекторную цепь транзистора *V1* последовательно с нагрузочным резистором.

стором $R2$. Начальное смещение на базу транзистора $V1$ поступает через резистор $R1$. Такой способ смещения самый простой, но требует весьма точного выбора резистора $R1$. Сопротивление этого резистора определяется напряжением питания и коэффициентом передачи тока базы транзистора $V1$. На схеме напряжение смещения и номинал резистора $R1$ и других элементов для источника напряжением 4,5 В указаны без скобок, а для девятивольтового — в скобках.

Динамическая головка $B1$ включена между точкой соединения эмиттеров транзисторов $V3$ и $V4$ и общей точкой оксидных конденсаторов $C2$, $C3$. Такое включение головки и конденсаторов называется мостовым, его главным достоинством является отсутствие токовых перегрузок транзисторов при включении питания. При нормальной работе усилителя постоянное напряжение на эмиттерах транзисторов $V3$ и $V4$ (напряжение «средней точки») должно быть равно половине напряжения питания. Такого распределения напряжения питания добиваются подборкой резистора $R1$. Ток покоя при отсутствии сигнала на входе усилителя указан на схеме. При значительном отклонении (в 3—4 раза) тока покоя от указанного значения необходимо его скорректировать подборкой резистора $R2$ и снова, если необходимо, резистора $R1$.

Используемые в усилителе транзисторы должны иметь коэффициент передачи тока базы более 40...50. Можно использовать и транзисторы с меньшим значением коэффициента передачи, но при этом снизится чувствительность и уменьшится номинальная выходная мощность усилителя.

Для питания усилителя можно использовать три или шесть элементов 316 или 343, 377, в зависимости от наличия свободного места в выбранном корпусе. При напряжении питания 4,5 В удобно пользоваться батареей 3336Л, для малогабаритных конструкций с напряжением питания 9 В — батареей «Крона-ВЦ».

Монтажную плату усилителя можно выполнить печатной или навесной. На рис. 35 показан вид монтажной платы из гетинакса или текстолита толщиной 1...1,5 мм. Оксидные конденсаторы использованы типа К50-6. При выборе конденсаторов надо следить за тем, чтобы номинальное напряжение их не было менее начального напряжения источника питания. Желательно для увеличения выходной мощности на низших частотах выбрать конденсаторы $C2$ и $C3$ с емкостью, вдвое большей, чем указано на схеме. Компоновка монтажной платы допускает также применение конденсатора $C1$ типов К50-3, К50-12 с торцевыми выводами, для чего на ней предусмотрены две дополнительные точки.

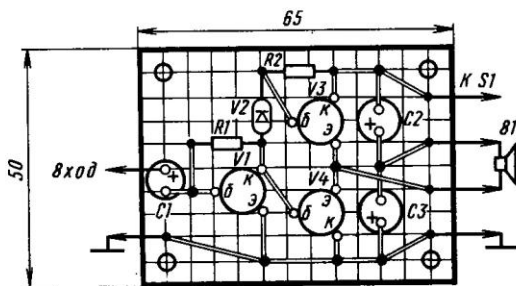


Рис. 35

При монтаже деталей усилителя необходимо следить за правильной полярностью включения оксидных конденсаторов, диода и источника питания. Желательно несколько раз проверить правильность монтажа, прежде чем будет включено питание.

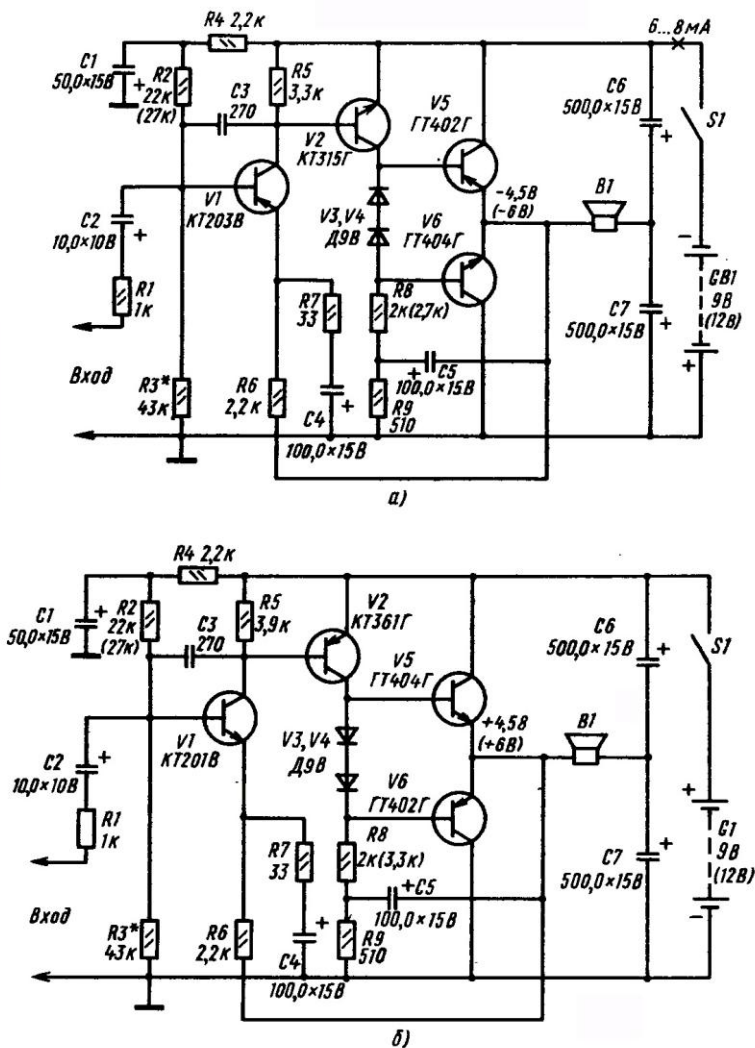


Рис. 36

Если полярность включения оксидных конденсаторов, диода и батарей питания изменить на обратную, усилитель можно собрать на транзисторах МП38Б (V1), МП38А (V3) и МП41А (V4). Режим и номиналы в этом случае остаются без изменения, кроме резистора R1 — он должен быть 68 кОм (150 нОм). Параметры усилителя остаются практически без изменения.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ НА ЧЕТЫРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ

На рис. 36 изображена схема усилителя НЧ на четырех транзисторах. Оконечные транзисторы V5 и V6 в нем — германиевые средней мощности, что позволяет получить при сопротивлении нагрузки 8 Ом и напряжении питания 9 В

номинальную мощность до 0,7 Вт. При повышении напряжения питания до 12 В выходная мощность достигает 1,5 Вт. Чувствительность усилителя около 3 мВ. Транзисторы *V1* и *V2* составляют предварительный усилитель. Оба транзистора — кремниевые. Такое сочетание кремниевых и германиевых транзисторов позволяет получить лучшую стабильность работы усилителя при колебаниях температуры. Германиевые транзисторы в предварительном усилителе при температуре выше 30° С работают неудовлетворительно.

В этом усилителе два стабилизирующих диода *V3* и *V4* в цепи смещения оконечных транзисторов. Для устранения возможного самовозбуждения из-за паразитной обратной связи через источник питания смещение на базу транзистора *V1* подведено через развязывающий фильтр *R4C1*. Токостабилизирующий резистор *R6* подключен к средней точке цепи транзисторов *V5* и *V6*, а не к общему проводу, как в предшествующем усилителе. Это позволяет автоматически поддерживать постоянное напряжение на выходе усилителя равным половине напряжения источника питания. Шунтирующий конденсатор *C4* подключен к общему проводу через резистор *R7*, что повышает устойчивость усилителя к самовозбуждению на высших частотах. Для повышения выходной мощности и чувствительности усилителя применена схема компенсации входного тока эмиттерных повторителей, подобно тому как это было в приемнике по схеме на рис. 22. Достигнуто это тем, что часть выходного напряжения усилителя через конденсатор *C5* введена во входную цепь транзисторов *V5* и *V6* через резистор *R8*, являющийся частью коллекторной нагрузки транзистора *V2*.

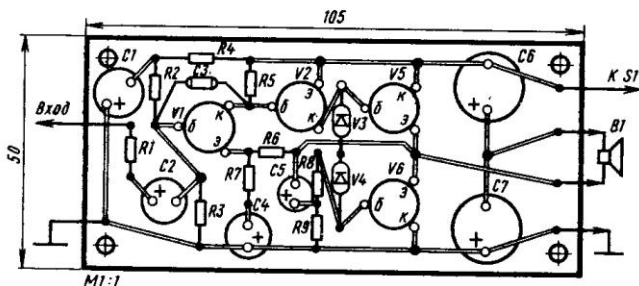


Рис. 37

На рис. 36, б изображен вариант схемы описываемого усилителя, в котором структура всех транзисторов заменена на обратную. При этом требуется изменить и полярность включения всех оксидных конденсаторов, диодов и батарей питания.

Вид монтажной платы и размещение деталей на ней показаны на рис. 37. Плата одинаково пригодна для обоих вариантов схемы. Если детали исправны, а монтаж не содержит ошибок, то усилитель начинает работать сразу. Режим всех транзисторов устанавливается автоматически подборкой одного резистора *R3*.

При отсутствии транзисторов ГТ402 и ГТ404 их можно заменить на МП42Б

и МП38Б соответственно. Но при этом напряжение питания не должно превышать 9 В, а сопротивление звуковой катушки головки должно быть 10 или 16 Ом. Выходная мощность не превысит 200 мВт.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ НА МИКРОСХЕМЕ И ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ

На рис. 38, а изображена схема, а на рис. 38, б — чертеж печатной платы усилителя НЧ, по параметрам близкого к предыдущему усилителю. Здесь предварительный усилитель сигнала собран на интегральной микросхеме А1. Кроме того, по сравнению с ранее описанными усилителями нагрузка подключена к выходу оконечной ступени через одиночный конденсатор С4, а конденсатор С3 шунтирует по переменному току батарею питания GB1. Настройка сводится

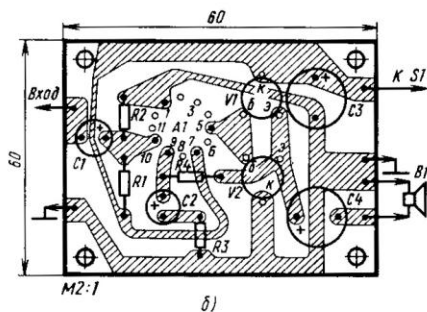
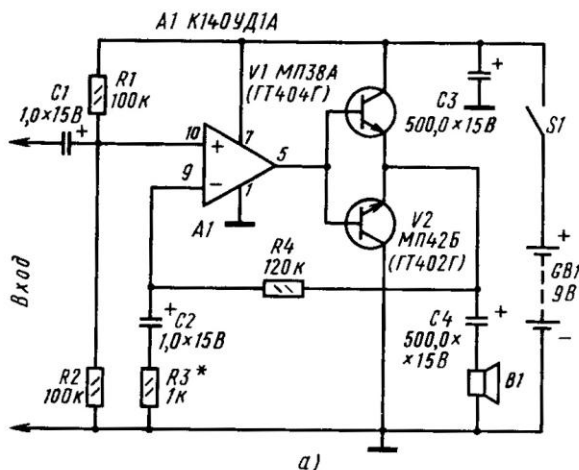


Рис. 38

к подборке резистора $R4$ в цепи общей отрицательной обратной связи. Он должен быть таким, чтобы, с одной стороны, чувствительность не была ниже нормы, а с другой — были бы малозаметными искажения сигнала.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ НА МИКРОСХЕМЕ К174УН4

На рис. 39, а представлена схема усилителя НЧ всего на одной интегральной микросхеме К174УН4А или К174УН4Б. При напряжении питания 9 В усилитель на К174УН4А развивает выходную мощность до 0,7 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом, а на К174УН4Б — около 0,5 Вт. Чувствительность в обоих случаях равна 20...30 мВ.

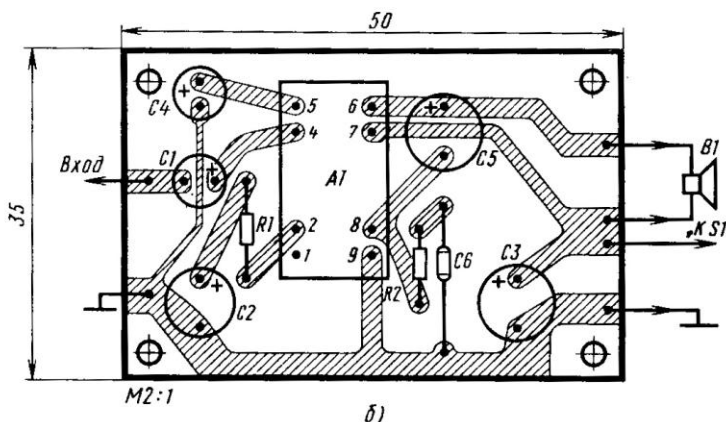
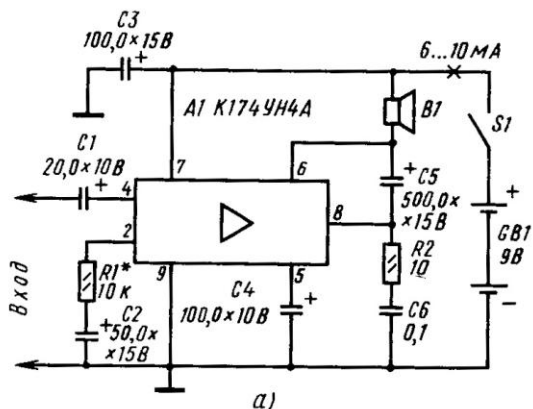


Рис. 39

Чертеж печатной платы усилителя показан на рис. 39, б. Налаживание сводится к подборке резистора $R1$ в цепи обратной связи, как и в предыдущем усилителе. Этот усилитель хорошо работает при снижении напряжения питания до

6 В. Для улучшения работы усилителя с разряженной батареей питания рекомендуется увеличить емкость конденсатора $C3$ до 500 мкФ.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ НА МИКРОСХЕМЕ К174УН7

На рис. 40, а показана схема усилителя НЧ, собранного на микросхеме К174УН7. Он способен обеспечить номинальную мощность до 1 Вт при сопротивлении нагрузки 4 Ом. При нагрузке 8 Ом номинальная выходная мощность достигает 0,6 Вт. Чувствительность усилителя 15...30 мВ.

Как видно из схемы, данный усилитель содержит значительно больше навесных деталей, чем предыдущий, что связано с необходимостью коррекции режима работы усилителя с этой микросхемой. Повышение выходной мощности до 1 Вт

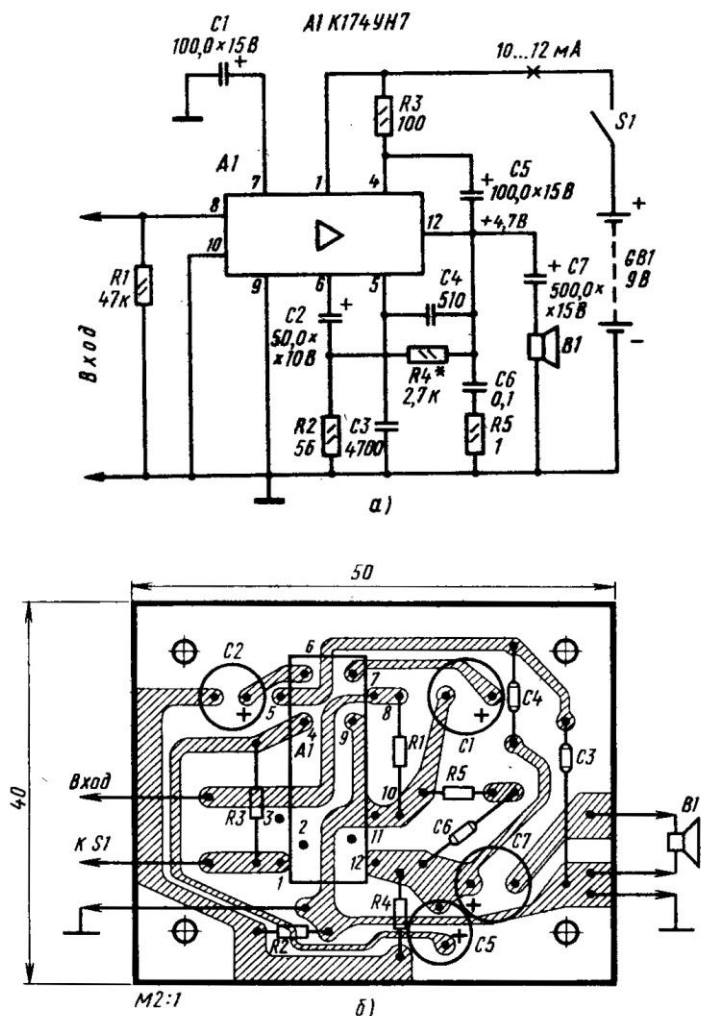


Рис. 40

требует более точной установки режима оконечных транзисторов усилителя по постоянному току. Этого добиваются подборкой резистора R_4 . Правильный режим соответствует значению постоянного напряжения на выводе 12 микросхемы, указанному на схеме.

Резистор R_5 можно сделать самостоятельно из высокоомной проволоки. Тембр звучания можно несколько изменить подборкой конденсатора C_4 . Для улучшения качества работы усилителя желательно установить конденсатор К50-6 емкостью 500 или 1000 мкФ на напряжение 15 В, шунтирующий батарею питания по переменному току. Этот конденсатор позволит продлить срок службы батарей, снизить искажения сигнала при работе с большой громкостью.

Чертеж печатной монтажной платы усилителя изображен на рис. 40, б.

Качество работы любого усилителя НЧ зависит не только от него самого, но и от источника сигнала, и от громкоговорителя. Громкоговорителем принято называть узел, состоящий из динамической головки прямого излучения и ее акустического оформления, под которым понимается футляр (ящик) со всеми дополнительными деталями и узлами. От правильности выбора головки для громкоговорителя в большой мере зависит качество звучания звуковых программ.

Разумеется, пользование громкоговорящим приемником гораздо удобнее, чем приемником с головными телефонами. Добавление к простым приемникам, описанным в первой части книги, усилителя НЧ и динамической головки позволит получить полноценный громкоговорящий радиоприемный аппарат. Наша промышленность выпускает большое число типов динамических головок с номинальной мощностью от сотых долей ватт до десятков ватт. Для карманных и переносных радиоприемников, которыми увлекаются начинающие радиолюбители, подойдут головки с номинальной мощностью до 2 Вт. В табл. 10 указаны характеристики динамических головок мощностью от 0,025 до 2 Вт.

Что же нужно знать при выборе или замене динамической головки? В первую очередь необходимо, чтобы номинальная мощность головки была по крайней мере больше номинальной выходной мощности усилителя НЧ. Установлено, что использование головки мощностью большей, чем минимально необходимая, способствует снижению искажений звука. Другим важным фактором является сопротивление головки постоянному току — напомним, что каждый усилитель НЧ рассчитан на работу с определенным сопротивлением нагрузки.

Нужно учитывать также среднее давление, развиваемое головкой при подведении к ней мощности 100 мВт. Чем выше среднее давление головки, тем громче будет звучать приемник, причем громкость увеличивается прямо пропорционально квадрату стандартного среднего давления. И, наконец, следует учитывать размеры и массу головки. Если приемник переносной, то можно использовать головки с номинальной мощностью до 1...2 Вт. Но для карманных приемников возможности выбора намного уже.

ГРОМКОГОВОРЯЩИЕ ПРИЕМНИКИ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

В состав громкоговорящего приемника прямого усиления входят: магнитная антенна, усилитель ВЧ, детектор, усилитель НЧ с регулятором громкости, громкоговоритель и батарея питания. Конструктивно он может быть собран в виде отдельных блоков, позволяющих составлять приемник из разных узлов для про-

Динамические головки прямого излучения

Головка динамическая	Номер наклея, мощность, Вт	Рабочая полоса частот, Гц	Среднее акустическое давление, Па	Сопротивление полное (постоянному току), Ом	Размеры, мм	Масса, г
0,025ГД-2	0,025	450...3150	0,13	60 (50)	∅ 40×18	30
0,05ГД-1	0,05	450...3150	0,13	40 (32)	∅ 40×22	37
0,1ГД-3	0,1	450...3150	0,13	6,5 (5,2)	∅ 50×20	35
0,1ГД-6	0,1	450...3150	0,23	10 (8)	∅ 60×27	50
0,1ГД-8	0,1	450...3150	0,2	10 (8)	∅ 60×21	35
0,1ГД-9	0,1	450...3150	0,18	60 (50)	∅ 50×14	17
0,1ГД-12	0,1	450...3150	0,18	10 (8)	∅ 60×24	50
0,1ГД-13	0,1	450...3150	0,18	60 (50)	∅ 50×19	28
0,2ГД-1	0,2	450...3150	0,18	28 (25)	∅ 60×25	50
0,25ГД-1	0,25	315...3550	0,20	8 (6,4)	∅ 63×29	72
0,25ГД-2	0,25	315...3550	0,27	10 (8)	∅ 70×34	112
0,25ГД-9	0,25	300...3000	0,28	10 (8)	∅ 70×36	70
0,25ГД-10	0,25	315...5000	0,2	8 (6,4)	∅ 63×29	72
0,25ГД-19	0,25	315...5000	0,27	8 (6,4)	∅ 63×34	100
0,5ГД-2	0,5	100...6000	0,2	5,5 (4,4)	124×40	140
0,5ГД-10	0,5	150...7000	0,23	5,0 (4,4)	106×50	150
0,5ГД-11	0,5	150...7000	0,23	5,0 (4,4)	106×36	150
0,5ГД-12	0,5	150...7000	0,25	4,5 (4)	105×36	250
0,5ГД-14	0,5	250...3500	0,23	28 (25)	102×50	130
0,5ГД-15	0,5	150...7000	0,23	28 (25)	102×50	108
0,5ГД-17	0,5	250...5000	0,35	8 (6,4)	107×70	150
0,5ГД-20	0,5	315...5000	0,3	8 (6,4)	80×34	130
0,5ГД-21	0,5	315...5000	0,3	8 (6,4)	80×34	130
0,5ГД-28	0,5	250...5000	0,3	8 (6,4)	106×70	370
0,5ГД-30	0,5	125...10000	0,3	16 (14,4)	122×80	190
0,5ГД-31	0,5	125...10000	0,2	16 (14,4)	122×80×40	100
1ГД-4А	1	100...10000	0,3	8 (6,4)	150×100×58	250
1ГД-4Б	1	100...10000	0,3	4 (3,6)	150×100×58	250
1ГД-5	1	150...6000	0,2	6,5 (5,2)	126×50	370
1ГД-6	1	100...6000	0,28	6,5 (5,2)	126×53	600
1ГД-7	1	150...6000	0,3	6 (4,8)	124×63×50	600
1ГД-8	1	200...6000	0,45	6 (4,8)	124×64	400
1ГД-9	1	200...10000	0,25	6,5 (5,2)	156×98×56	250
1ГД-10	1	120...7000	0,25	6,5 (5,2)	156×98×48	370
1ГД-11	1	150...6000	0,28	6,5 (5,2)	126×46×126	300
1ГД-12	1	200...10000	0,25	5,0 (4,5)	156×98×41	200
1ГД-14	1	150...10000	0,25	5,0 (4,5)	125×45	180
1ГД-17	1	100...10000	0,22	5,0 (4,5)	125×48	180
1ГД-18	1	100...10000	0,2	6,5 (5,2)	196×98×48	200
1ГД-19	1	100...10000	0,2	6,5 (5,2)	156×98×44	200
1ГД-20	1	150...7000	0,3	6,5 (5,2)	156×98×60	240
1ГД-28	1	100...10000	0,2	6,5 (5,2)	156×98×41	200
1ГД-30	1	120...7000	0,2	6,5 (5,2)	126×42	190
1ГД-35	1	200...6300	0,23	8 (6,4)	100×50	170
1ГД-36	1	100...12500	0,30	8 (6,4)	100×160×37	200
1ГД-37	1	140...10000	0,3	8 (6,4)	160×100×37	200
1ГД-39	1	200...6300	0,2	8 (6,4)	100×55	200
1ГД-40	1	100...10000	0,3	8 (6,4)	160×96×50	250
2ГД-40	2	100...10000	0,3	4 (3,6)	160×96×50	250

верки их совместной работы, но пользоваться таким приемником не совсем удобно. Поэтому обычно стремятся объединить все узлы в одном корпусе. Структурная схема приемника представлена на рис. 41.

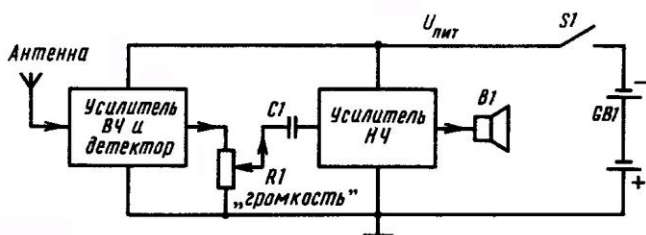


Рис. 41

Как видно из рис. 41, новым элементом является регулятор громкости, предназначенный для установки на входе усилителя НЧ такого напряжения сигнала, при котором обеспечивается требуемый уровень громкости звучания приемника. Остановимся на рассмотрении устройства и возможных вариантов регулятора громкости.

Регулятор громкости состоит из переменного резистора $R1$, совмещенного с выключателем питания $S1$, и переходного разделительного конденсатора $C1$. Поскольку на выходе детектора и входе усилителя НЧ часто предусмотрены переходные конденсаторы, то возможны различные варианты включения регулятора громкости.

Можно оставить в регуляторе оба разделительных конденсатора (рис. 42), а можно лишь один (конденсатор $C2$). В этом случае переменный резистор $R2$ регулятора громкости служит одновременно нагрузкой детектора.

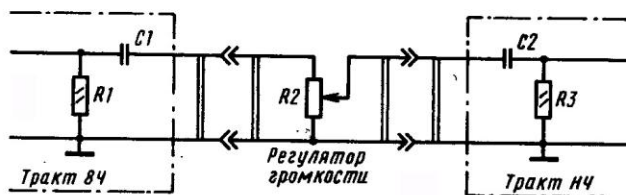


Рис. 42

Оба варианта регулятора громкости имеют примерно одинаковые регулировочные способности, но между ними есть некоторые различия. Так, регулятор громкости по схеме на рис. 42 позволяет наиболее просто соединить между собой выход детектора любого приемника со входом любого усилителя НЧ. При этом безразлично, на транзисторах какой структуры собраны и приемник, и усилитель

НЧ — они оказываются «развязанными» по постоянному току. Наличие двух переходных конденсаторов, кроме этого, дает очень важное преимущество — резко снижается уровень разного рода шумов и шорохов регулирования, которые часто бывают в регуляторах с одним переходным конденсатором. Это объясняется тем, что в первом варианте на переменном резисторе действует только напряжение переменного тока, а во втором еще и постоянное напряжение со стороны детектора. Именно постоянное напряжение может быть исходной причиной помех при вращении ручки переменного резистора регулятора.

Для регуляторов громкости выпускают специальные переменные резисторы, совмещенные с выключателями питания. Наиболее удобны для приемников переменные резисторы СПЗ-4В сопротивлением 6,8, 10 и 15 кОм от приемников «Альпинист», «Сувенир» и других, включенные в каталоги Союзпосылторга. Для карманных приемников лучше всего подходят миниатюрные переменные резисторы СПЗ—ЗВМ от приемников «Сокол», «Нейва» и других с номиналами 4,7, 6,8, 10 и 15 кОм. Эти резисторы снабжены готовой пластмассовой ручкой.

При составлении схемы громкоговорящего приемника прямого усиления можно выбрать любой из вариантов регулятора громкости, но полярность питания трактов ВЧ и НЧ должна быть одинаковой. Нарушение этого требования может привести к выходу из строя транзисторов приемника.

Корпус приемника лучше всего использовать готовый, от какого-либо переносного или карманного приемника промышленного изготовления. В частности, в розничной продаже и в Союзпосылторге бывают пластмассовые корпуса таких радиоприемников, как «Альпинист-407», «Альпинист-418», «Селга-405». На рис. 43

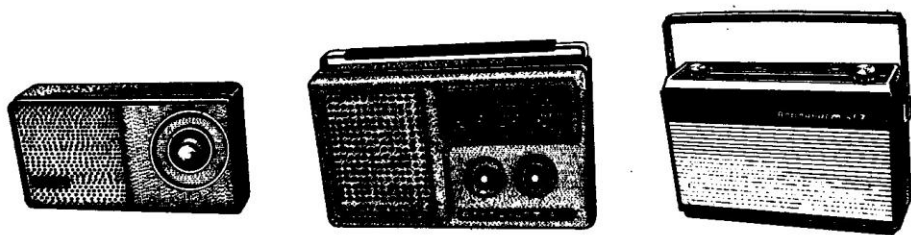


Рис. 43

показаны фотографии внешнего вида корпусов этих приемников. Для приемника в корпусе от «Альпиниста-407» можно предложить два варианта изготовления монтажной платы. Корпус рассчитан на установку головки 0,5ГД-30 или 0,5ГД-31. На рис. 44 показано расположение узлов приемника на горизонтальной монтажной панели, прикрепляемой снизу и съемной панели со шкалой настройки. Для привода блока КПЕ применен верньерный механизм, состоящий из диска 2, выпиленного из органического стекла толщиной 3...4 мм, шелковой или капроновой нити 5 с натяжной пружиной 4 и ведущей оси 6 со шкивом. Нить огибает два направляющих ролика 1, между которыми расположена шкала. На нити закреп-

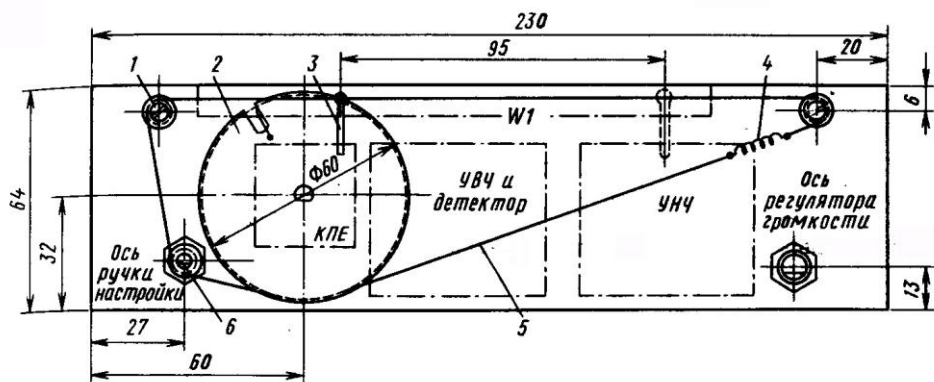


Рис. 44

плена стрелка — указатель 3 настройки. Шкала настройки приемника довольно точно совпадает со шкалой, имеющейся на верхней панели корпуса приемника.

На рис. 45 изображен вариант размещения узлов приемника на вертикальной монтажной панели, крепление которой рассчитано на посадочные отверстия, имеющиеся в корпусе. Регулятор громкости и ось ручки настройки вынесены на верхнюю панель приемника.

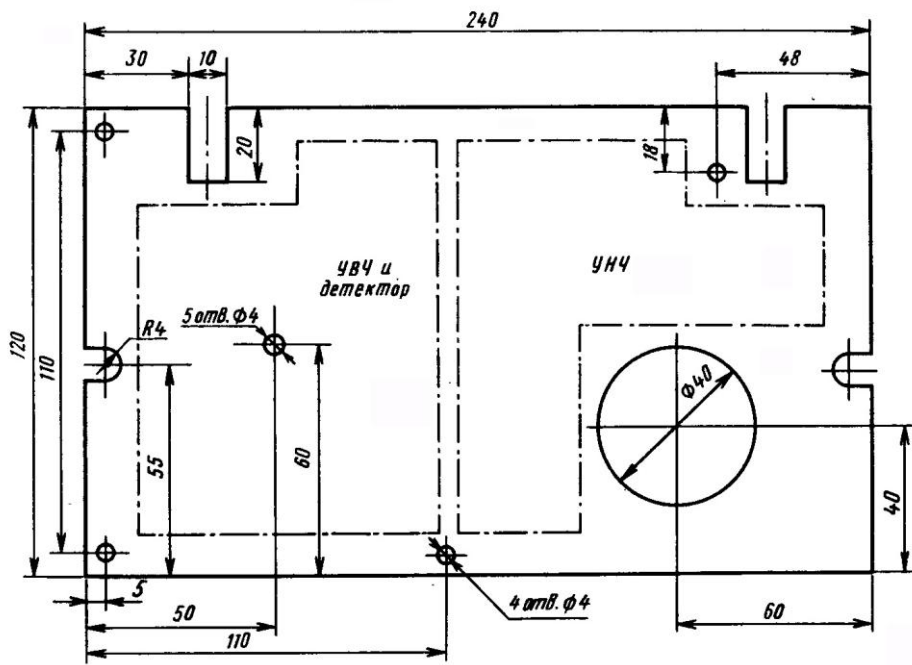


Рис. 45

Более удобен для монтажа любительских приемников корпус приемника «Альпинист-418». На рис. 46 показана конструкция монтажной панели, устанавливаемой в корпусе приемника вертикально. Здесь все детали и узлы, кроме батареи питания и динамической головки, размещены на одной плате.

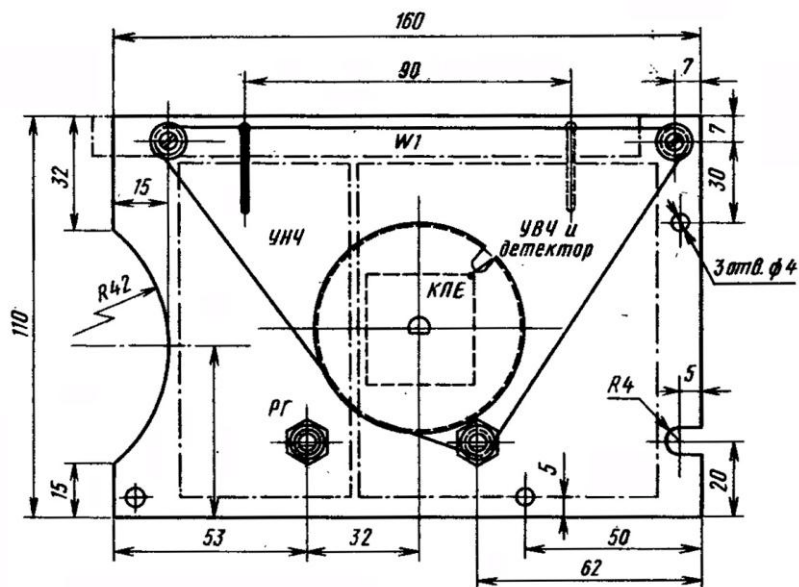


Рис. 46

На рис. 47 представлен вид монтажной платы, устанавливаемой в корпус приемника «Селга-405». Батарея питания в этом варианте приемника может быть «Крона-ВЦ». Эта плата самая простая по конструкции из трех рассмотренных, но ее размеры невелики и не позволяют размещать на ней сложные усилители ВЧ и НЧ.

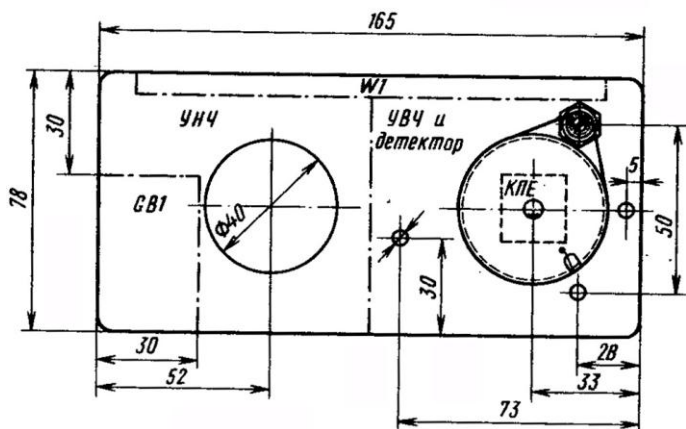


Рис. 47

В предыдущих вариантах приемника использованы усилители ВЧ и НЧ на отдельных платах. Такая конструкция требует больше места, чем единая плата приемника.

На рис. 48 представлена схема приемника, составленного из узлов по схеме на рис. 24 и 34, а, а на рис. 49 показан чертеж монтажной печатной платы этого приемника.

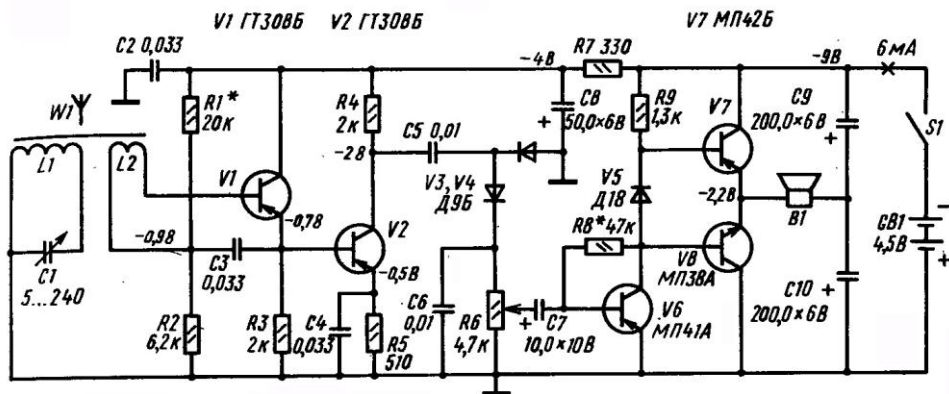


Рис. 48

На рис. 50 показана схема приемника прямого усиления на микросхеме К2ЖА372, которая усиливает сигнал ВЧ, детектирует его и усиливает по низкой частоте. Питается приемник от двух элементов 316, нагрузкой служит микрофон МТ-2 или МТ-4, либо головка 0,1ГД-12. Чертеж печатной платы с размещенными на ней деталями показан на рис. 51.

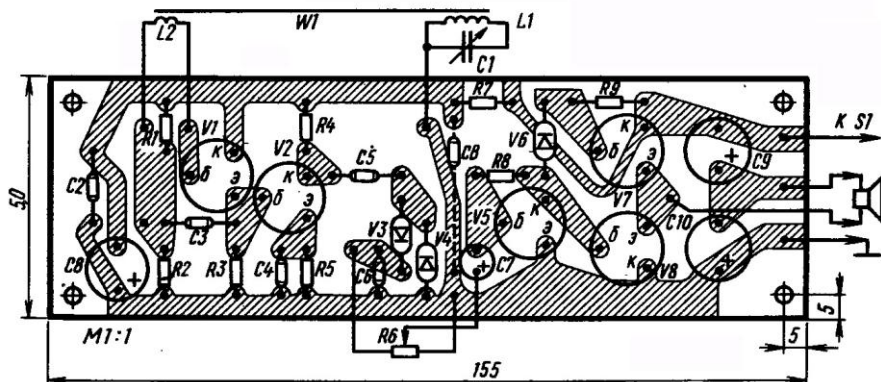


Рис. 49

На рис. 52 изображена схема приемника, собранного на трех микросхемах. В усилителе ВЧ работают микросхемы А1 и А2, а на А3 выполнен усилитель НЧ по схеме рис. 39, а. Чертеж печатной платы приемника показан на рис. 53.

Две последние конструкции позволяют уверенно принимать программы местных мощных радиостанций, так как их чувствительность составляет 20...30 мВ/м.

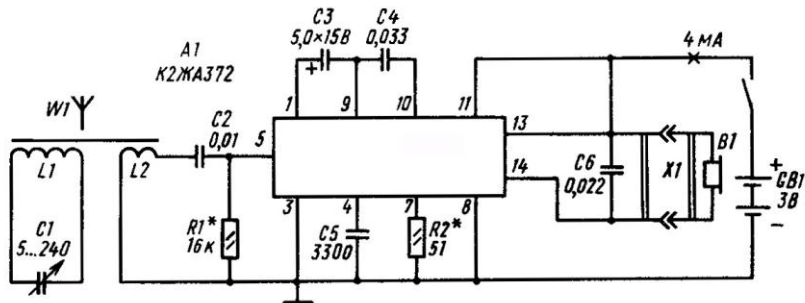


Рис. 50

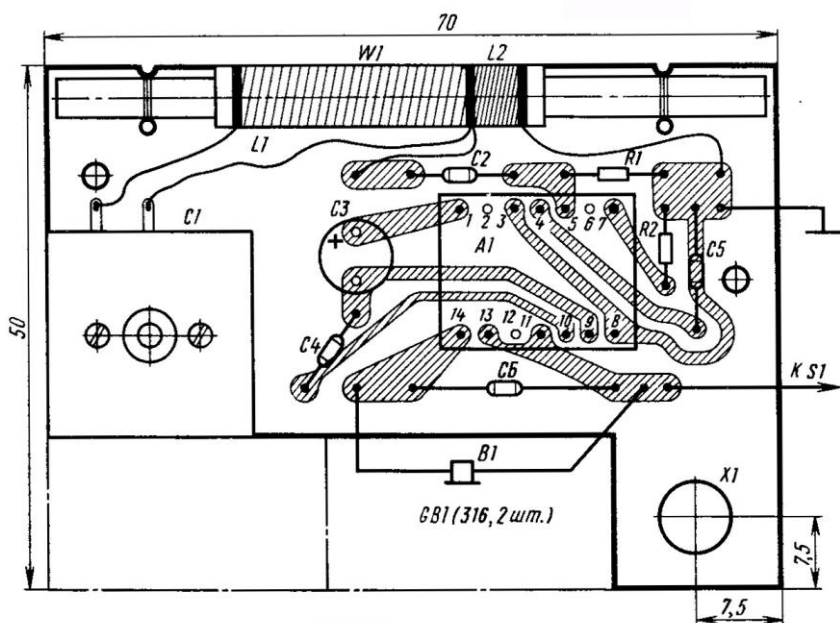


Рис. 51

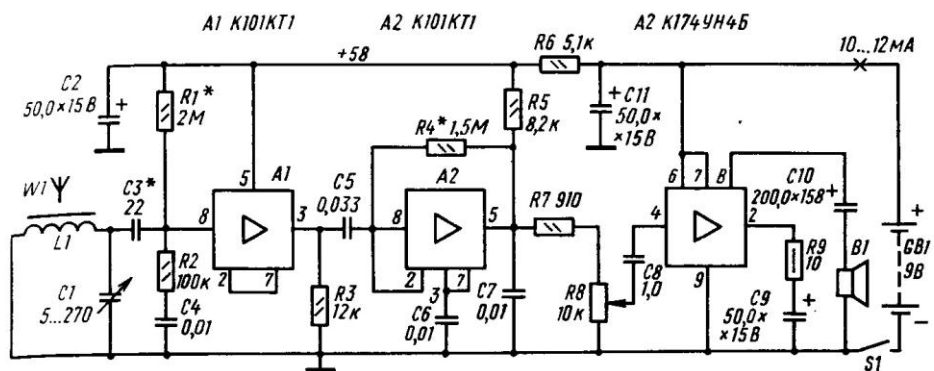


Рис. 52

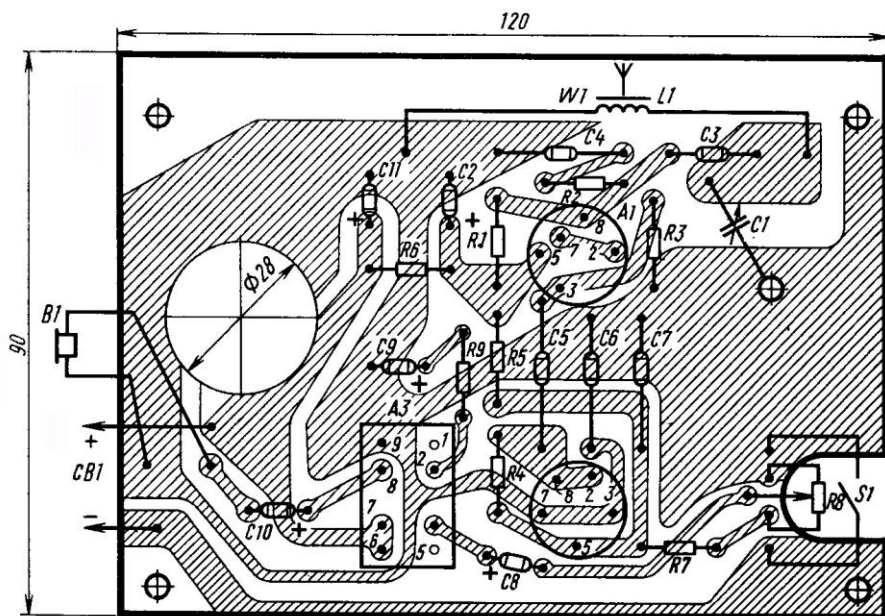


Рис. 53

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в книге простые приемники не могут обеспечить прием очень удаленных и маломощных радиостанций. Но эти приемники дают возможность читателю изучить и освоить основы транзисторной техники, техники радиоприема, своими руками сделать из небольшого числа доступных радиодеталей действующие устройства. Конечно, собрав несколько простых приемников, вы не остановитесь на достигнутом. Вы возьметесь за изготовление более сложных и совершенных конструкций. Для этого необходимо обратиться к другой литературе, например к подшивкам журнала «Радио» или литературе, список которой дан в конце книги.

Автору остается пожелать читателям этой книги успехов в освоении конструирования современной аппаратуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов В. Г. Блочный приемник начинающего радиолюбителя. — М.: Энергия, 1975. — 64 с.
2. Борисов В. Г. Практикум начинающего радиолюбителя. — 2-е изд. — М.: ДОСААФ, 1983.
3. Борисов В. Г. Радиотехнический кружок и его работа. — М.: Радио и связь, 1983. — 104 с.
4. Васильев В. А. Радиолюбителю о транзисторах. — 2-е изд. — М.: ДОСААФ, 1973. — 240 с.
5. Иванов Б. С. В помощь радиокружку. — М.: Радио и связь. — 128 с.
6. Лихачев В. Д. Практические схемы на операционных усилителях. — М.: ДОСААФ, 1981. — 80 с.
7. Музыка З. Н. Чувствительность радиоприемных устройств на полупроводниковых приборах. — М.: Радио и связь, 1981. — 168 с.
8. Полупроводниковые приборы. Дiodы, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник/А. В. Баюков, А. Б. Гитцевич, А. А. Зайцев и др.; Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1982. — 744 с.
9. Полупроводниковые приборы. Транзисторы: Справочник/В. А. Аронов, А. В. Баюков, А. А. Зайцев и др.; Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1982. — 904 с.
10. Резисторы: Справочник/Ю. Н. Андреев, А. И. Антоян, Д. М. Иванов и др.; Под ред. И. И. Четверткова. — М.: Энергоиздат, 1981. — 352 с.
11. Справочник по интегральным микросхемам/Б. В. Тарабрин, С. В. Якубовский, Н. А. Барканов и др.; Под ред. Б. В. Тарабрина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 816 с.
12. Фролов В. В. Радиолюбительская технология. — М.: ДОСААФ, 1975. — 134 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
О транзисторах и интегральных микросхемах	4
Принцип действия и устройство транзисторов	4
Классификации транзисторов	8
Взаимозаменяемость транзисторов	10
Интегральные микросхемы	14
Простейшие приемники	17
Приемник 2-V-0	25
Налаживание приемника	43
Усовершенствование приемника с полевым транзистором	44
Приемник 3-V-0 на биполярных транзисторах	48
Приемник на двух транзисторах с непосредственной связью	49
Приемник на двух транзисторах с емкостной связью	51
Приемник на трех транзисторах с двухтактным детектором	53
Двухдиапазонный приемник на трех транзисторах	54
Приемник на одной микросхеме	56
Усилители низкой частоты	58
Усилитель НЧ на трех транзисторах	60
Усилитель НЧ на четырех транзисторах	62
Усилитель НЧ на микросхеме и двух транзисторах	64
Усилитель НЧ на микросхеме К174УН4	65
Усилитель НЧ на микросхеме К174УН7	66
Громкоговорящие приемники прямого усиления	67
Заключение	76
Список литературы	77

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ
ПРИЕМНИКИ НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Редактор Л. Н. Ломакин. Редактор издательства И. Н. Сулова
Художественный редактор Н. С. Шенин. Технический редактор И. Л. Ткаченко
Корректор З. Г. Галушкина

ИБ № 335

Сдано в набор 17.04.84	Подписано в печать 28.06.84	T-15044	Формат 60×90 ^{1/16}
Бумага типографская № 3	Гарнитура литературная	Печать высокая	Усл. печ. л. 5,0
Усл. кр.-отг. 5,375	Уч.-изд. л. 5,34	Тираж 200 000 экз. (2-й завод: 100 001—200 000 экз.)	
Изд. № 20202	Заказ № 673		Цена 40 к.

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография Прейскурантиздата. 125438, Москва, Пакгаузное шоссе, 1

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство «Радио и связь» книг не высылает. По вопросам приобретения литературы по радиоэлектронике и радиолюбительству следует обращаться в магазины научно-технической книги.

Для сведения сообщаем, что по вопросам переделки и усовершенствования конструкций издательство и авторы консультаций не дают. По этим вопросам следует обращаться в письменную радиотехническую консультацию Центрального радиоклуба СССР по адресу: 103012, Москва, К-12, ул. Куйбышева, д. 4/2, пом. 12.

Издательство не имеет возможности оказать помощь в приобретении нужных Вам радиотоваров и не располагает сведениями о наличии их в торгующих организациях.

Радиотовары по почте высылают Центральная торговая база Посылторга (111126, Москва, Е-126, Авиамоторная, 50) и Московская межреспубликанская база Центросоюза (127471, Москва, Г-471, ул. Рябиновая, 45).