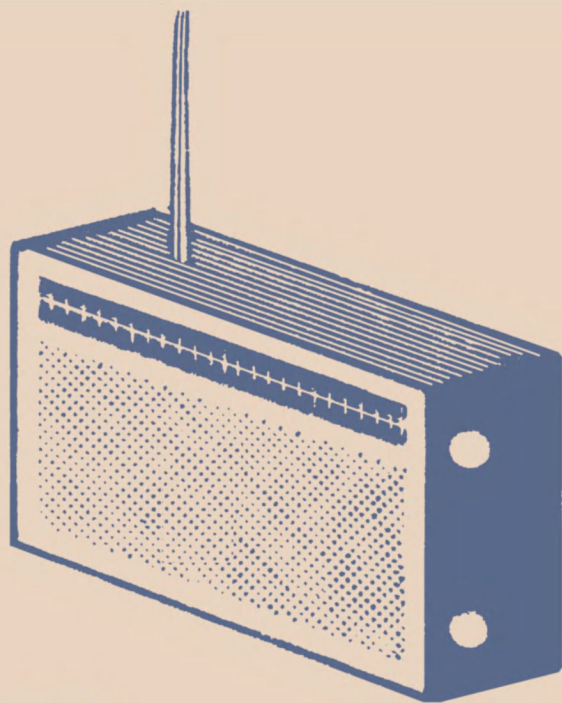


ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ «ЮНЫЙ ТЕХНИК»

Л. Сокол



**КАК  
РАБОТАЕТ  
РАДИОПРИЕМНИК**

ВЫПУСК II

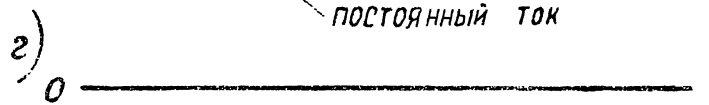
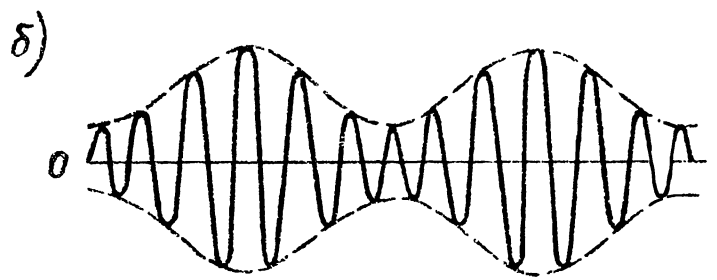
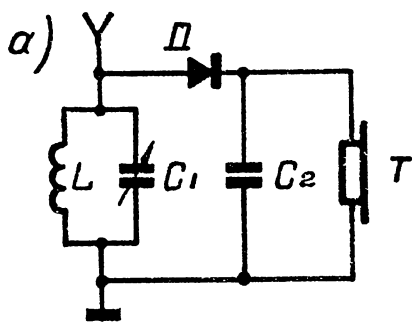


РИС. 16.  
ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

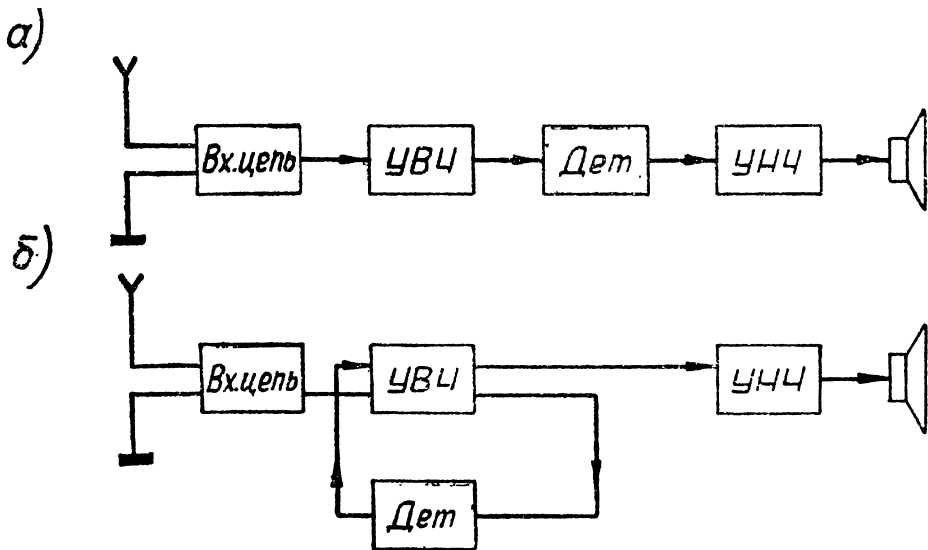


РИС. 17. ПРИЕМНИКИ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

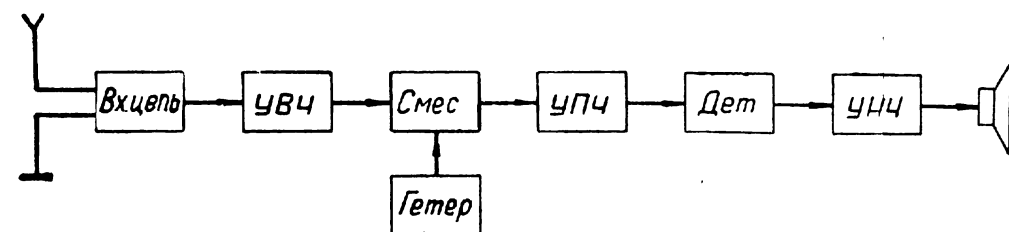


РИС. 18. СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЕМНИК

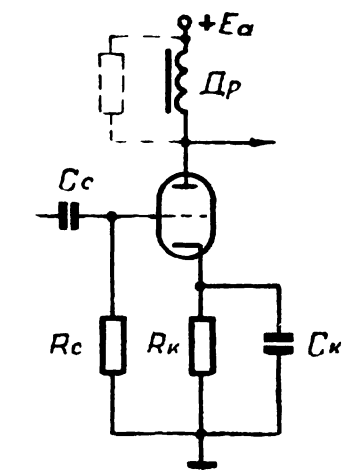


РИС. 20. ДРОССЕЛЬНЫЙ УНЧ

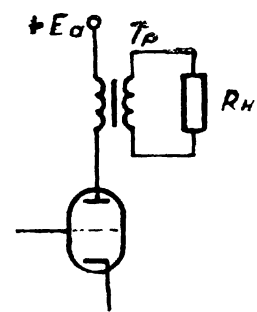


РИС. 21. ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ УНЧ

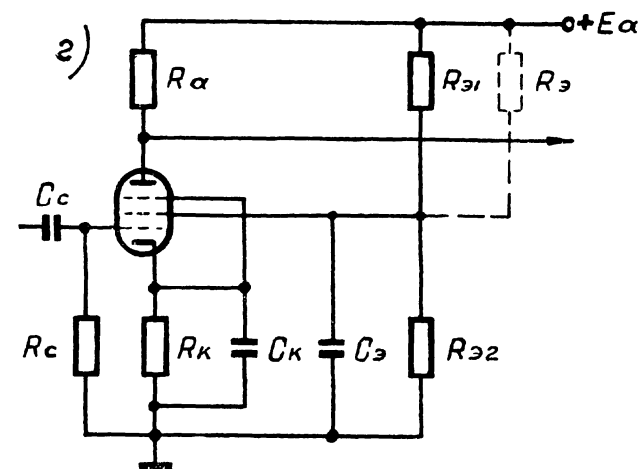


РИС. 22. ДВУХТАКТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

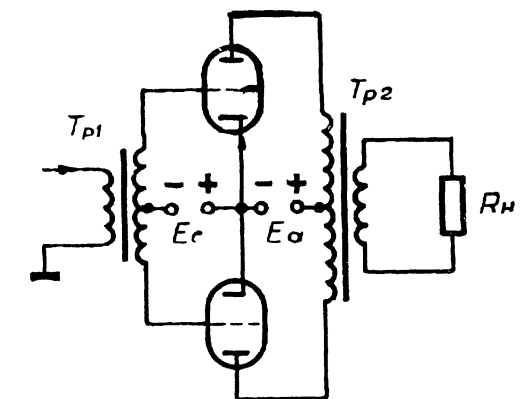


РИС. 23. ДВУХТАКТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

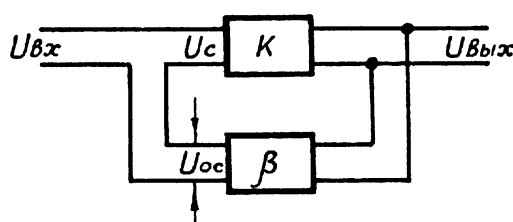


РИС. 24. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

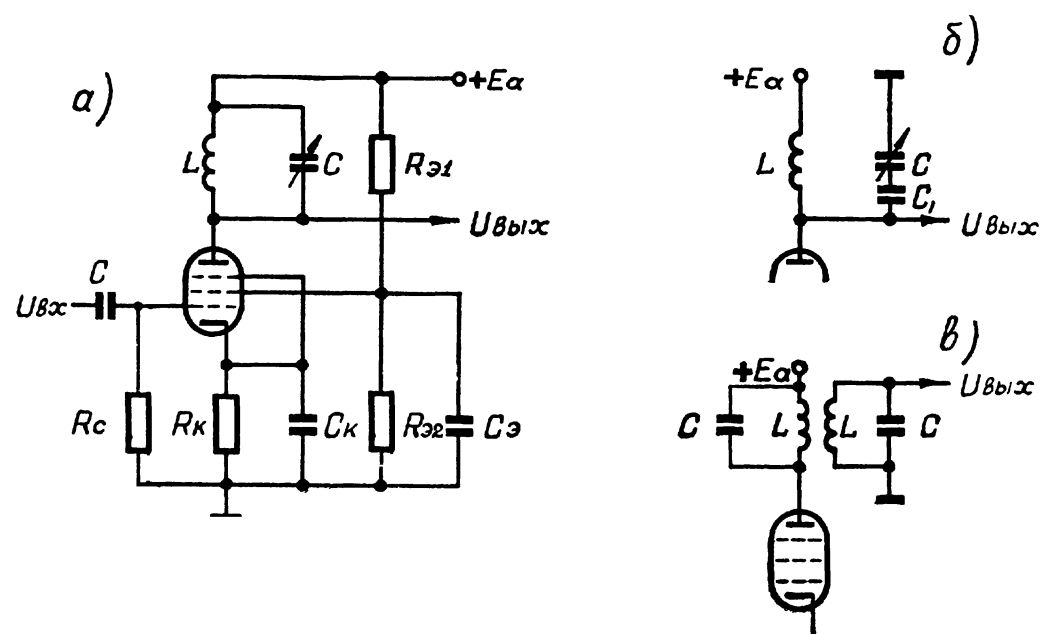


РИС. 25. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК**

Простейшим приемником, который не содержит ни ламп, ни транзисторов, может служить детекторный приемник, схема которого показана на рис. 16а. Контур LC<sub>1</sub> настроен на частоту принимаемой станции и предназначен для обеспечения избирательности приемника. Перестройка может осуществляться переменным конденсатором C<sub>1</sub>. Диод D<sub>2</sub>, конденсатор C<sub>2</sub> и наушник T образуют схему детектора. Роль детектора заключается в выделении сиг-

нала звуковой частоты из амплитудно-модулированного напряжения, которое образуется на контуре LC<sub>1</sub> при приеме радиостанции. Форма напряжения на контуре показана на рис. 16б. Диод D пропускает ток только в одном направлении, и этот ток имеет форму, показанную на рис. 16в. Этот ток состоит из трех основных составляющих: постоянный ток (равный средней высоте импульсов тока диода); ток низкой (звуковой) частоты — огибающая вершин тока диода; токи высоких частот, из которых складываются импульсы тока диода. Эти токи разветвляются по двум ветвям схемы. Через конденсатор C<sub>2</sub> проходят токи высокой частоты, а через наушник T —

постоянный ток и ток звуковой частоты. Чтобы это осуществить, необходима вполне определенная величина емкости конденсатора C<sub>2</sub>. Она должна быть такой, чтобы на высокой частоте сопротивление конденсатора C<sub>2</sub> было во много раз меньше, чем сопротивление телефона T, а на самой высокой звуковой частоте сопротивление конденсатора должно быть по крайней мере в 5 раз больше, чем сопротивление телефона. Ток низкой частоты, проходя через телефон, вызывает колебания мембраны, а постоянный ток никаких колебаний не вызывает. Достоинство такого приемника в его предельной простоте и отсутствии источников питания. Но избиратель-

ность, чувствительность и качество воспроизведения у такого приемника низкие, не говоря уже о громкости. Поэтому приемник может принимать передачи только мощных близких радиостанций.

**ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ**

Лучшими качествами, по сравнению с детекторным, обладает приемник прямого усиления. Его блок-схема приведена на рис. 17а. В этом приемнике сигнал из антенны

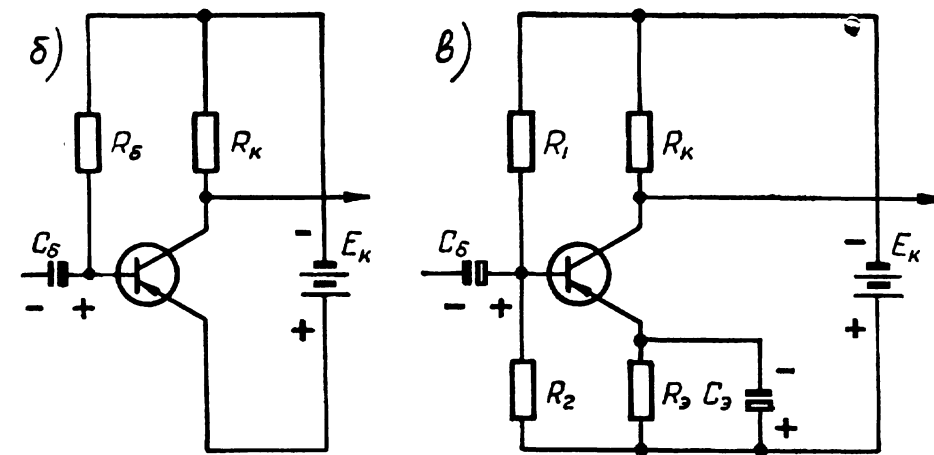
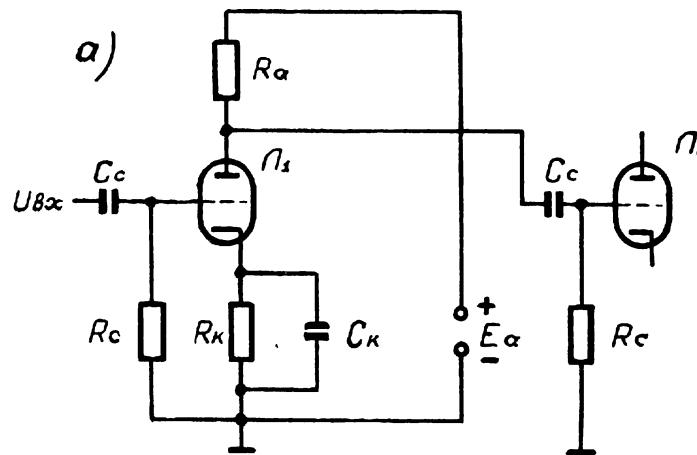


РИС. 19. УНЧ НА СОПРОТИВЛЕНИЯХ

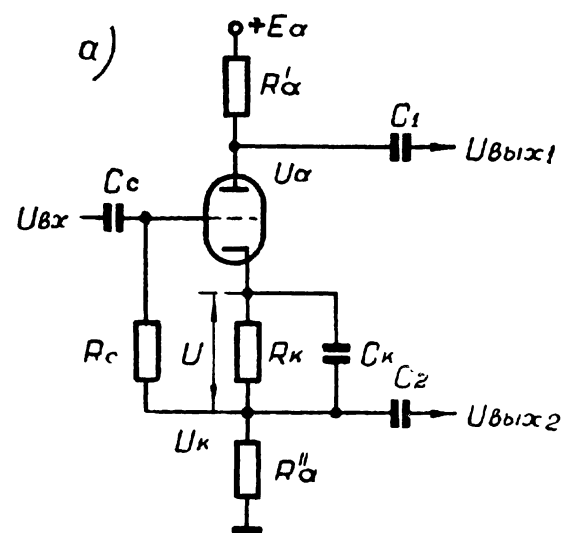


РИС. 23. ИНВЕРТОРЫ

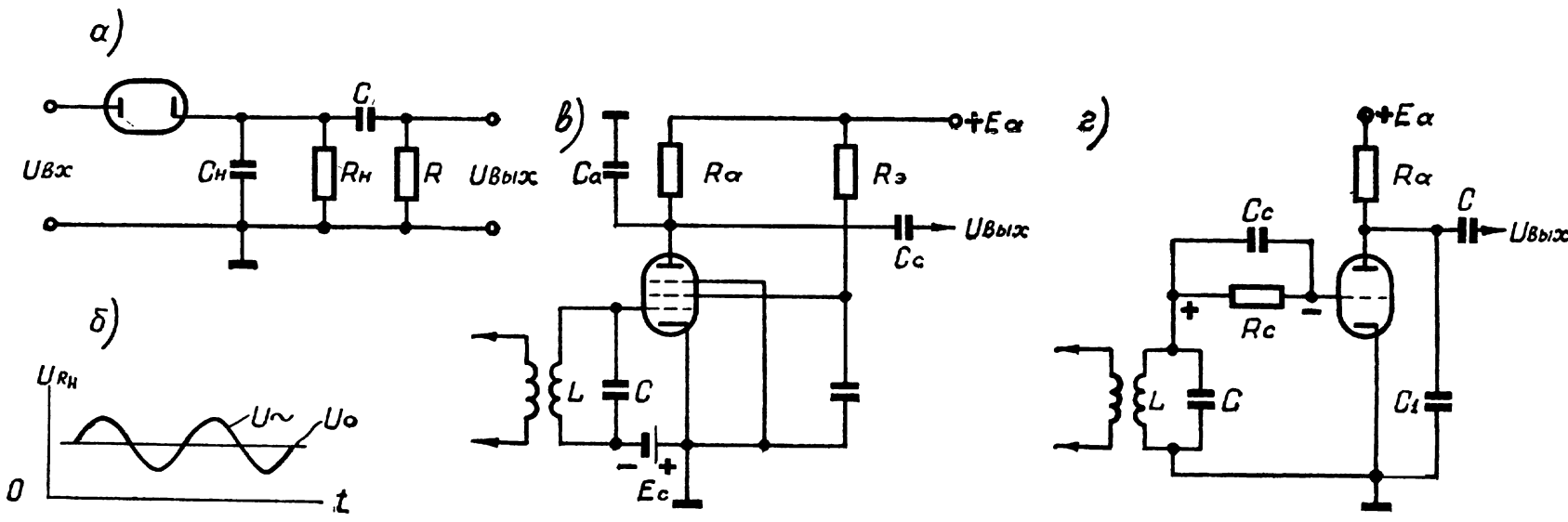
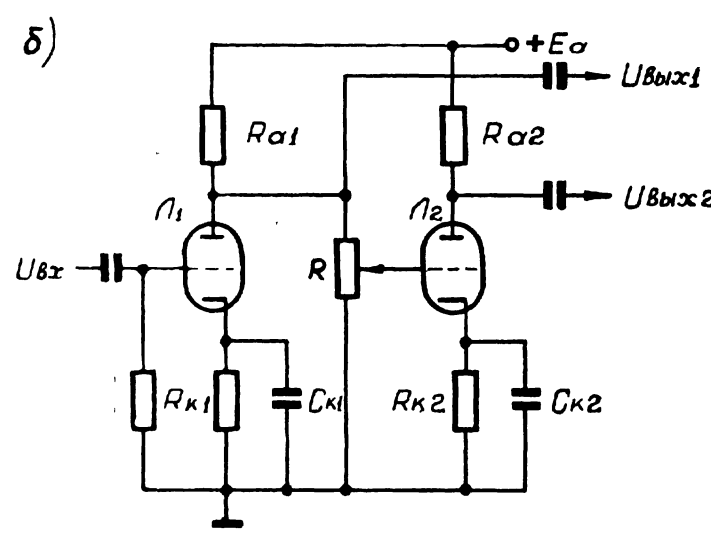


РИС. 26. ДЕТЕКТОРЫ

поступает во входную цепь, представляющую собой резонансный контур, затем усиливается услителем высокой частоты (УВЧ) и поступает на детектор. После детектирования напряжение низкой частоты усиливается услителем низкой частоты (УНЧ) и поступает на телефон или громкоговоритель. Входная цепь настраивается на частоту принимаемой станции. УВЧ может быть настроенным или ненастроенным. Во втором случае его называют аперидическим. За счет усиления по высокой частоте повышается чувствительность приемника, а за счет усиления по низкой частоте — громкость. Кроме того, повышается избирательность, т. к. при наличии УВЧ

цепь детектора не ухудшает добротности входной цепи. Если же УВЧ настроенный, это дает дополнительное увеличение избирательности. Структура приемника прямого усиления обычно выражается формулой (например 1—V—1). В формуле первая цифра означает число каскадов УВЧ, буква V — детектор, вторая цифра — число каскадов УНЧ. Встречаются различные схемы приемников прямого усиления: 0—V—1, 1—V—0, 2—V—2 и т. д. По этой формуле детекторный приемник запишется как 0—V—0, у

Существуют также рефлексные приемники прямого усиления, в которых УВЧ используется одновременно как

УНЧ. Блок-схема такого приемника представлена на рис. 17б. После детектирования сигнал низкой частоты поступает на УВЧ, усиливается по низкой частоте и поступает на УНЧ. Такая схема дает выигрыш в громкости при экономии ламп или транзисторов. Приемники прямого усиления не могут все же обеспечить чувствительности и избирательности, достаточных для высококачественного приема, особенно в диапазоне КВ. В этом отношении большими преимуществами перед ними обладают приемники супергетеродинного типа (см. блок-схему на рис. 18).

**СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЕМНИК**

В супергетеродинном приемнике напряжение высокой частоты поступает на УВЧ, которого может и не быть, а затем на преобразователь. Преобразователь преобразует частоту сигнала f<sub>c</sub> в промежуточную частоту f<sub>п</sub>, сохраняя форму огибающей, т. е. не изменяя значений модулирующих звуковых частот. Это особенно важно на коротких волнах, т. к. очень трудно получить большое усиление на таких высоких частотах. Промежуточная частота f<sub>п</sub> равна разности частоты гетеродина (маломощного генератора высокой частоты) f<sub>г</sub> и частоты сигнала f<sub>c</sub>.

$$f_{п} = f_{г} - f_{c}$$

Входная цепь, УВЧ и гетеродин перестраиваются одновременно двояким или строеным блоком переменных конденсаторов таким образом, чтобы промежуточная частота оставалась постоянной. После преобразователя сигнал частоты f<sub>п</sub> подается на усилитель промежуточной частоты (УПЧ), детектор, УНЧ, громкоговоритель. Схема после преобразователя представляет собой знакомый уже нам приемник прямого усиления без антенны и входной цепи, работающий на фиксированной частоте f<sub>п</sub>. В УПЧ применяются настроенные усилители с полосовыми фильтрами, что обеспечивает постоянство чувствительности и избирательности по диапазону. Т. к. усиление высококачественного сигнала производится на достаточно низкой промежуточной частоте, то супергетеродинные приемники обладают значительно большей чувствительностью, чем приемники прямого усиления. В этой брошюре мы ограничимся рассмотрением приемников прямого усиления, как более простых.

**УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ**

Усилитель на сопротивлениях (реостатный усилитель, рис. 19а, б, в) — это самая простая и распространенная схема УНЧ. Ламповая схема напоминает схему рис. 10в, а транзисторные — схемы рис. 15б, г. Только вместо батареи смещения E<sub>c</sub> в ламповой схеме используется напряжение автоматического смещения на резисторе R<sub>к</sub>. Все напряжения в усилительных схемах принято измерять относительно шасси. Напряжение низкой частоты U<sub>нх</sub> подается на сетку лампы через конденсатор C<sub>c</sub>. На сетке имеется постоянное отрицательное смещение относительно катода E<sub>c</sub> = -U<sub>к</sub>, т. к. напряжение U<sub>к</sub> приложено между катодом и сеткой и своим отрицательным полюсом обращено к сетке. U<sub>к</sub> образуется при протекании через резистор R<sub>к</sub> постоянного анодного тока I<sub>а0</sub>. При этом на аноде имеется постоянное анодное напряжение U<sub>а0</sub>, меньшее, чем E<sub>а</sub>. Напряжение U<sub>нх</sub> подается на сетку через делитель C<sub>c</sub>, R<sub>c</sub>. Резистор R<sub>c</sub> необходим для того, чтобы электроны, попадающие на сетку даже при ее отрицательном потенциале, не скапливались на ней и не изменяли потенциал сетки. Электроны с сетки стекают через сопротивление утечки R<sub>c</sub> и через R<sub>к</sub> возвращаются на катод. Ток, образованный этими электронами, имеет малую величину и в расчетах не учитывается. Величина R<sub>c</sub> выбирается довольно большой, а величина емкости C<sub>c</sub> такова, что на самой низкой частоте сигнала сопротивление X<sub>c</sub> во много раз меньше, чем R<sub>c</sub>. Таким образом, все напряжение U<sub>нх</sub> оказывается приложенным к сопротивлению R<sub>c</sub>, т. е. к сетке (последовательно с напряжением U<sub>к</sub>). Напряжение U<sub>нх</sub> вызывает соответствующие изменения анодного тока, которые, в свою очередь, вызывают изменения анодного напряжения. При увеличении сеточного потенциала происходит увеличение анодного тока и, следовательно, уменьшение анодного напряжения. На рис. 19 показана форма анодного напряжения при работе усилителя. При подаче напряжения U<sub>нх</sub> анодное напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения U<sub>а0</sub> и переменного напряжения U<sub>нх</sub>. При достаточно большой величине сопротивления R<sub>к</sub> выходное напряжение U<sub>нх</sub> может быть во много раз больше входного напряжения U<sub>нх</sub>. Их отношение называется коэффициентом усиления K.

$$K = \frac{U_{нх}}{U_{нх}}$$

При работе усилителя анодный ток состоит из двух составляющих: постоянного тока и переменного тока. Что-



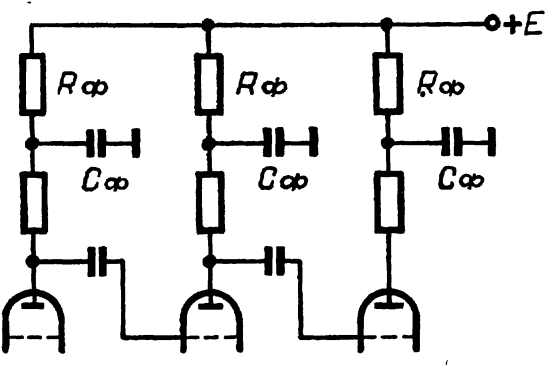


РИС. 27. ЦЕПИ РАЗВЯЗКИ

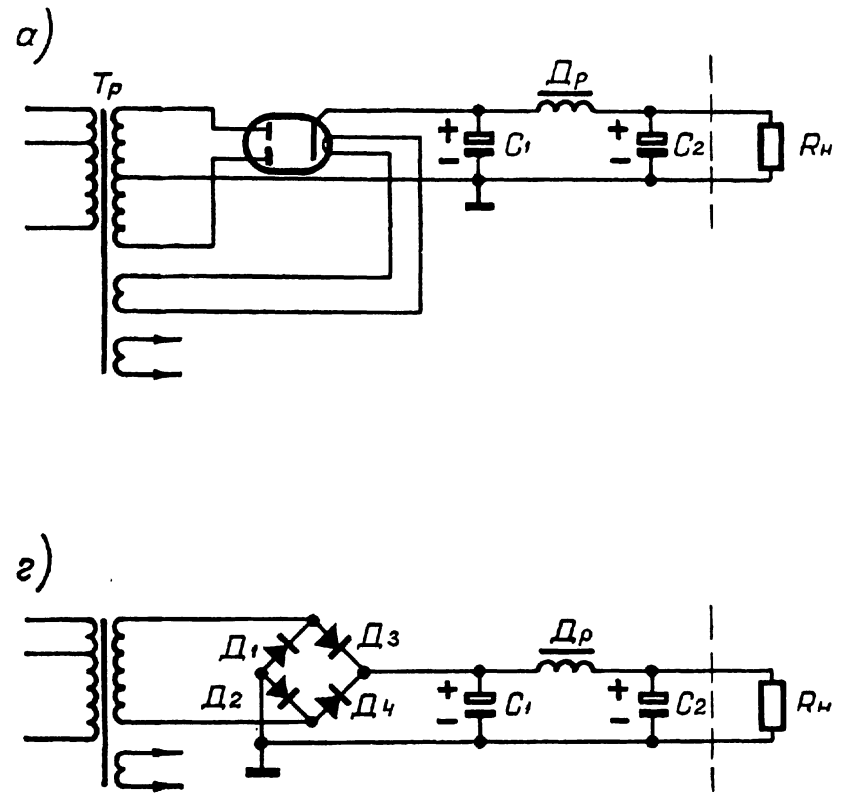


РИС. 28. ВЫПРЯМИТЕЛИ

бы переменный ток не вызвал изменений напряжения  $U_k$ , параллельно резистору  $R_k$  включен конденсатор  $C_k$ . Величина  $C_k$  берется такой, чтобы на самой низкой частоте сигнала его сопротивление было во много раз меньше, чем  $R_k$ . Тогда переменное напряжение, создаваемое переменным анодным током, будет во много раз меньше, чем постоянное напряжение. Строго говоря, напряжение  $U_k$  создается не током анода, а током катода. Но поскольку ток сетки равен нулю, ток катода равен току анода.

В транзисторной схеме на рис. 19 б резистор  $R_6$  предназначен совсем для другой цели, чем  $R_6$  в ламповой схеме. Сопротивление  $R_6$  служит для задания тока базы  $I_b$  и поэтому должно иметь вполне определенную величину. Величина  $C_6$  выбирается довольно большой (обычно это электролитический конденсатор), т. к. на самой низкой частоте сигнала  $X_C$  должно быть во много раз меньше, чем входное сопротивление транзистора. В отличие от лампы, которая не потребляет входного тока, транзистор потребляет от напряжения  $U_{вх}$  входной ток  $I_{вх}$ , равный изменениям тока базы (если не считать сопротивление  $R_6$ ).

Входное сопротивление  $R_{вх} = \frac{U_{вх}}{I_{вх}}$  составляет несколько сотен ом. Поэтому сопротивление  $X_C$  должно составить на самой низкой частоте сигнала не более нескольких десятков ом. Таким образом,  $C_6$  — это обычно конденсатор емкостью порядка 20 мкф. Под действием напряжения  $U_{вх}$  изменяется ток базы  $I_b$ , вызывая изменения тока коллектора  $I_k$ , и, следовательно, напряжения  $U_k$ . Напряжение  $U_{вх}$  в транзисторной схеме ОЭ, как и в ламповой схеме, противоположно по знаку напряжению  $U_{вх}$ . На рис. 19 в приведена схема транзисторного усилителя со стабилизацией рабочего режима. Здесь делитель напряжения  $R_1; R_2$  задает напряжение на базе  $U_b$ . Напряжение на эмиттере  $U_e$  отличается от  $U_b$  на небольшую величину, слабо зависящую от тока эмиттера  $I_e$ . Поэтому приблизительно можно считать  $U_e \approx U_b$ . Резистор  $R_3$  задает ток эмиттера  $I_e$ , и, следовательно, ток коллектора  $I_k$ . При правильном выборе величин  $R_1, R_2, R_3, R_6$  ток коллектора  $I_k$  мало меняется при изменениях температуры и смесе транзисторов. Поэтому правильно собранная схема работает без дополнительной наладки. Конденсатор  $C_6$  выполняет ту же роль, что и конденсатор  $C_k$  в ламповой схеме. Коэффициент усиления транзисторного усилителя  $K$  под-

считывается так же, как и для лампового:  $K = \frac{U_{вх}}{U_{вх}}$ . Для получения большего усиления ставят последовательно два или больше усилителей, которые в этом случае называются усилительными каскадами. Весь усилитель называют двухкаскадным, трехкаскадным и т. д. Это относится к любым усилителям (УНЧ, УВЧ и т. д.). Цепочка  $CR$  на входе каждого последующего каскада служит для разделения постоянных токов и напряжений соседних каскадов и для передачи переменного напряжения с выхода предыдущего каскада на вход последующего.

На рис. 19 г приведена схема реостатного УНЧ на пентоде. Принцип ее работы тот же, что и у триодной схемы, но имеются некоторые отличия в цепях питания. Для подачи на экранную сетку напряжения  $U_a$ , которое обычно меньше напряжения источника анодного питания, применяется делитель напряжения  $R_{a1}; R_{a2}$  или гасящий резистор  $R_a$ . Принцип работы делителя нам уже известен. На гасящем резисторе создается падение напряжения протекающим по нему постоянным током экранной сетки  $I_{a0}$ . Это падение напряжения вычитается из напряжения  $E_a$ , образуя напряжение экранной сетки  $U_a$ . Конденсатор  $C_a$  включен для поддержания постоянства напряжения  $U_a$  при работе усилителя. Ведь при подаче на сетку переменного напряжения изменяется не только анодный ток  $I_a$ , но и ток экранной сетки  $I_a$ , что может вызвать изменение  $U_a$ . Величина  $C_a$  выбирается такой, чтобы на самой низкой частоте сигнала переменная составляющая тока экранной сетки  $I_a$  замыкалась через конденсатор, не создавая на нем большого напряжения. Это значит, что  $X_C$  должно быть во много раз меньше, чем  $R_a$ . Защитная сетка соединена с катодом. Назначение  $R_c, C_c, R_k$  и  $C_k$  то же, что и в триодной схеме. Однако напряжение  $U_k$  создается здесь не только током анода  $I_a$ , но и током экранной сетки  $I_{a0}$ , т. к. ток катода равен их сумме  $I_k = I_a + I_{a0}$ . От пентодной схемы можно получить большее усиление, чем от триодной.

Усилители на сопротивлениях, кроме простоты схемы, отличаются постоянством коэффициента усиления в широкой полосе частот. УНЧ на дросселе (рис. 20) отличается от УНЧ на сопротивлении только тем, что вместо  $R_a$  в анодную цепь лампы включен дроссель низкой частоты. Постоянная составляющая анодного напряжения  $U_{a0} = E_a$ , т. к. сопротивление дросселя постоянно току равно нулю. Следовательно, преимущество дроссельного каскада перед реостатным состоит в том, что для его питания требуется меньшее напряжение анодного источника.

Т. к. индуктивное сопротивление дросселя  $X_L$  пропорционально частоте, то усиление каскада возрастает с увеличением частоты сигнала, а с уменьшением частоты — падает. Это серьезный недостаток, т. к. при воспроизведении были бы нарушено соотношение громкости высоких и низких тонов. Частично этот недостаток можно устранить, включив параллельно дросселю резистор. Это снижает сопротивление анодной нагрузки на верхних звуковых частотах сильнее, чем на нижних, и, таким образом, несколько выравнивает усиление в полосе воспроизводимых частот.

Трансформаторный каскад. В этом усилителе (рис. 21) в анодную цепь лампы включена первичная обмотка трансформатора. Ко вторичной обмотке подключается нагрузка  $R_n$ . Выходное напряжение  $U_{вх}$  снимается со вторичной обмотки. Благодаря действию трансформатора в анодной цепи для переменной составляющей анодного тока вклю-

чено сопротивление  $R'_n$ , которое подсчитывается по формуле:

$$R'_n = \frac{R_n}{n^2},$$

где  $n$  — коэффициент трансформации. Если  $n$  больше единицы (трансформатор повышающий), то  $R'_n$  меньше  $R_n$ . Если  $n$  меньше единицы (трансформатор понижающий),  $R'_n$  больше  $R_n$ . Изменяя коэффициент трансформации (при одной и той же величине нагрузки), можно изменять коэффициент усиления. Для постоянного тока сопротивление первичной обмотки трансформатора мало. Следовательно, трансформаторный каскад обладает преимуществом дроссельного в части использования напряжения питания и не имеет его главного недостатка — зависимости сопротивления нагрузки от частоты. Однако на верхних и нижних частотах звукового диапазона усиление каскада падает из-за невозможности изготовить идеальный трансформатор.

До сих пор все усилители мы рассматривали как усилители напряжения. Одновременно все они усиливают сигнал по мощности. При этом дополнительная мощность поступает от источников питания. Однако существуют каскады УНЧ, специально предназначенные для усиления мощности. Обычно это выходные каскады приемников, нагрузкой для которых служат громкоговорители. Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя невелико (например, 3 ом). Если необходимо получить номинальную звуковую мощность 1 вт, то для этого необходимо пропустить через звуковую катушку переменный ток в 0,33 а. Для этого потребовалась бы мощная лампа типа генераторного пентода ГК-71. Если же применить трансформаторную схему, то потребуется лампа, которая должна обеспечивать в первичной обмотке трансформатора переменный ток не более 9 ма. Для этого вполне достаточно обычной приемо-усилительной лампы 6П6С с максимальным анодным током 45 ма. Рассмотренная схема (рис. 21) называется одноканальным усилителем мощности. Ее основным недостатком является то, что при работе усилителя через первичную обмотку бесполезно течет постоянная составляющая анодного тока лампы. Это приводит к ненужному намагничиванию сердечника и влечет увеличение размеров трансформатора.

Эта трудность устраняется в двухтактном усилителе мощности (рис. 22). Входное напряжение подается на сетки ламп в противофазе, т. е. если на одной сетке напряжение возрастает, то на другой уменьшается. Напряжение смещения может быть по учено на общей цепи  $R_k, C_k$ , или подается в цепи сеток от отдельного источника. Концы первичной обмотки выходного трансформатора подключены к анодам ламп. К средней точке первичной обмотки подключен положительный полюс источника анодного напряжения. В течение первого полупериода

ток проходит через одну лампу, в течение второго — через другую. Соответственно работают верхняя или нижняя половинки первичной обмотки. Но через вторичную обмотку ток течет в течение всего периода, и его форма соответствует входному сигналу. При работе схемы происходит вычитание постоянного намагничивания, создаваемого верхней и нижней половинами первичной обмотки, т. к. токи в них текут встречно. Двухтактная схема экономичнее однотактной, т. е. при равной мощности  $P_{вх}$  двухтактная схема потребляет от источника анодного питания меньшую мощность. Но первичная обмотка выходного трансформатора должна иметь вдвое больше витков, чем в однотактном усилителе.

**Инверсные схемы (инверторы).** Для управления двухтактной схемой необходимы два равных противофазных входных напряжения. Для их получения существуют инверсные схемы (инверторы). Простейшим инвертором является входной трансформатор со средней точкой во вторичной обмотке (рис. 22).

Вторая, очень распространенная схема (рис. 23 а) — инвертор с разделенной нагрузкой. Половина анодной нагрузки  $R'_a$  включена, как обычно, в анодную цепь, другая,  $R''_a$  — между минусом  $E_a$  и цепью автоматического смещения  $R_k, C_k$ . В отсутствие сигнала на сетке устанавливается смещение, равное  $-U_a$ , на аноде — напряжение  $U_a$ , на резисторе  $R'_a$  — напряжение  $U_k$ .

При подаче на сетку положительного напряжения сигнала  $U_{вх}$  анодный ток увеличивается,  $U_a$  уменьшается, а  $U_k$  увеличивается на величину, равную уменьшению  $U_a$ . Это означает, что  $U_{вх1}$  и  $U_{вх2}$  равны и их полярности противоположны. Оба они несколько меньше  $U_{вх}$ .

Вторая схема (рис. 23 б) — двухламповый инвертор. С выхода первого каскада берется напряжение  $U_{вх1}$ , с выхода второго каскада  $U_{вх2}$ . Второй каскад получает на сетку напряжение с выхода первого через делитель, который регулируется так, чтобы  $U_{вх1}$  и  $U_{вх2}$  были равны. При усилении во втором каскаде полярность напряжения меняется на обратную. Следовательно, полярности  $U_{вх1}$  и  $U_{вх2}$  противоположны. В отличие от предыдущей схемы эта обладает усилением  $K$ , как и обычная реостатная усилительная схема.

Применяются и другие, более сложные схемы инвер-

торов. Принцип работы УНЧ ничем существенно не отличается от работы УНЧ на сопротивлениях, если частота входного напряжения  $f = f_0$ . При этом условии в анодной цепи усилителя включено активное сопротивление  $R_{ак}$ . С увеличением расстройки  $\Delta f = f - f_0$  сопротивление контура резко падает, снижая усиление. В этом и заключаются избирательные свойства усилителя.

На практике применяют несколько другую схему включения контура. Дело в том, что ротор конденсатора в схеме рис. 25 а не заземлен. Это создает трудности в изолировании ручки ротора от шасси. Кроме того, при настройке к емкости  $C$  будет добавлена некоторая паразитная емкость  $C_{пар}$  через руку оператора, что затруднит настройку. Все эти неудобства устраняются в схеме рис. 25 б. Здесь  $C_1$  во много раз больше  $C$ , и поэтому емкость контура по-прежнему равна  $C$ . Зато появилась возможность заземлить ротор конденсатора  $C$ . В остальном это та же схема, что и на рис. 25 а.

Кроме усилителей с одиночными контурами могут применяться усилители со связанными контурами в анодной цепи (рис. 25 в). Связь между контурами чаще всего трансформаторная. Такие усилители называют также полосовыми. Однако полосовые усилители трудно делать перестраиваемыми, и поэтому их используют для усиления фиксированной частоты. В этом случае полосовые усилители имеют преимущества перед обычными УВЧ. Дело в том, что с увеличением избирательности одиночного контура уменьшается его полюс пропускания. Особенно сильно это сказывается на длинных и средних волнах, где для обеспечения требуемой полосы пропускания необходимо снижать добротность контура и тем самым ухудшать избирательность.

Преимущество полосовых усилителей заключается в том, что скаты резонансной кривой связанных контуров круче, чем одиночных (рис. 6д), и это позволяет получить требуемую полосу пропускания без ухудшения избирательности.

### ДЕТЕКТОРЫ

**Диодный детектор.** В радиовещательных приемниках чаще всего применяется диодный детектор (рис. 26 а). Принцип работы детектора ясен из рис. 16. Анодный ток диода имеет вид однопольярных импульсов, амплитуда которых изменяется в соответствии с модулирующим сигналом. Напряжение на резисторе  $R_n$  имеет вид, показанный на рис. 26 б, т. к. высококачественные составляющие анодного тока замыкаются через  $C_n$ , почти не создавая падения напряжения. Напряжение на  $R_n$  состоит из переменной составляющей  $U_{\sim}$  соответствующей полезному сигналу низкой частоты, и постоянной составляющей  $U_0$ . Цепь  $CR$  производит разделение составляющих, и  $U_{вх} = U_{\sim}$ .

**Анодный детектор** (рис. 26 в) во многом напоминает по схеме усилитель на сопротивлениях, только сопротивление  $R_a$  зашунтировано по переменному току конденсатором  $C_a$ . Напряжение  $E_a$  по величине близко к напряжению отсечки. Таким образом, наряду с усилением достигается отсечка отрицательных полюсов напряжения сигнала. Анодный ток имеет вид однопольярных импульсов. Далее происходит разделение составляющих, на выход поступает напряжение низкой частоты.

**Сеточный детектор.** В этой схеме (рис. 26 г) в качестве диода используется промежуток сетка-катод. Положительные полюсы сигнала вызывают сеточный ток, и поэтому на цепочке  $C_e R_e$  создается напряжение смещения, которое меняется во времени в соответствии с модулирующим сигналом. С этим напряжением складывается напряжение сигнала, и каскад работает с переменным смещением. Это переменное смещение приводит к изменению постоянной составляющей анодного тока  $I_{a0}$  по закону модулирующего сигнала. Конденсатор  $C_1$  служит для того, чтобы высокочастотная составляющая анодного тока не создавала падения напряжения на аноде. Итак, анодное напряжение состоит из постоянной составляющей и составляющей низкой частоты. Далее, после разделения составляющих, напряжение низкой частоты  $U_{вх}$  подается на УНЧ.

### ЦЕПИ РАЗВЯЗКИ

Обычно в приемниках анодные цепи многокаскадных усилителей подключаются к источнику анодного напряжения через цепочки  $R_a C_a$  (рис. 27). Это делается для устранения паразитной связи каскадов через внутреннее сопротивление источника анодного напряжения. Т. к. переменные составляющие анодных токов всех каскадов проходили бы через это сопротивление в случае отсутствия цепочек  $R_a C_a$ , то напряжение, созданное током 3-го каскада, через анодную цепь 1-го каскада пошло бы на сетку 2-го каскада. Такая обратная связь является положительной и может вызвать самовозбуждение усилителя. Это относится к любым усилителям. При наличии цепочки  $R_a C_a$  переменная составляющая анодного

тока каждого каскада замыкается через конденсатор  $C_a$  в цепь катода своей лампы, и возможность самовозбуждения устраняется.

### ПИТАНИЕ

Обычно все анодные и экранные цепи ламп питаются от одного источника постоянного напряжения. По мере необходимости это напряжение понижает при помощи делителей и гасящих резисторов. Источником постоянного напряжения служит выпрямитель. В основе работы выпрямителя лежит способность ламповых или полупроводниковых диодов пропускать ток только в одном направлении.

Очень распространена схема двухполупериодного выпрямителя (рис. 28 а). В этом выпрямителе используется мощный двойной диод с общим катодом, называемый обычно двуханодным кенотроном. Напряжение на аноды диодов подается с концов вторичной обмотки силового трансформатора, первичная обмотка которого включена в сеть переменного тока. Первичная обмотка имеет отводы для изменения коэффициента трансформации в соответствии с напряжением сети (127 в, 220 в), чтобы величина напряжения на вторичной обмотке оставалась постоянной. Вторичная обмотка имеет вывод от средней точки, соединяемый с шасси (общий). Если в течение одного полупериода на верхнем конце вторичной обмотки потенциал положительный, а на нижнем — отрицательный, то открыт верхний диод. Ток течет от верхнего конца вторичной обмотки через дроссель в нагрузку  $R_n$  (лампы, резисторы и пр.), и замыкается через общий провод на среднюю точку вторичной обмотки. В течение другого полупериода полярность напряжения изменяется, ток течет от нижнего конца вторичной обмотки через нижний диод, дроссель, нагрузку и замыкается на среднюю точку. Если бы не было дросселя и конденсаторов, ток через нагрузку имел бы форму импульсов, повторяющихся без интервалов (рис. 28 б), а напряжение на нагрузке было бы той же формы. Схема из дросселя и конденсаторов называется сглаживающим фильтром. Через конденсатор  $C_1$  замыкается большая часть переменной составляющей тока. Вся постоянная составляющая проходит через дроссель. Остальная часть переменной составляющей тока замыкается через конденсатор  $C_2$ . На нагрузку поступает постоянное напряжение, имеющее лишь небольшие «гребешки» — пульсации (рис. 28 в). Пульсации тем меньше, чем больше величины  $R_n$  и  $C$ . Широко применяется также схема двухполупериодного мостового выпрямителя на мощных полупроводниковых диодах (рис. 28 г). Она отличается большей экономичностью и долговечностью, т. к. не требует энергии для питания подогрева кенотрона, и срок службы полупроводниковых диодов значительно больше, чем срок службы кенотрона. Кроме того, здесь снижены размеры силового трансформатора, т. к. не требуется удваивать число витков вторичной обмотки. Путь тока в первый полупериод: верхний конец обмотки — Д<sub>1</sub> — Д<sub>2</sub> —  $R_n$  — общий провод. Д<sub>3</sub> — нижний конец обмотки. Во второй полупериод: нижний конец — Д<sub>4</sub> — Д<sub>1</sub> —  $R_n$  — общий провод — Д<sub>1</sub> — верхний конец.

### СХЕМЫ ПРИЕМНИКОВ

В заключение рассмотрим две практически схемы приемников: лампового и транзисторного.

**Ламповый приемник.** Это приемник прямого усиления 0—V—1 с положительной обратной связью во входном каскаде. Его схема (рис. 29) взята из книги В. Бурилинды и П. Жерембова «Хрестоматия радиолюбителя» (изд. «Энергия», 1966 г., стр. 163). Приемник рассчитан на прием передач в диапазонах ДВ (200—732 м) и СВ (577—200 м) и питается от сети 127—220 в.

Входной контур образован катушкой  $L_1$  (СВ диапазон) или одновременно двумя последовательно соединенными катушками  $L_1$  и  $L_2$  (ДВ диапазон) и переменным конденсатором  $C_a$ . Напряжение высокой частоты с контура подается через конденсатор  $C_2$  на сетку лампы Л<sub>1</sub>. Эта лампа работает в режиме сеточного детектирования. Анодный ток, содержащий высокочастотную и низкочастотную составляющие, проходит через катушки  $L_3$  и  $L_4$  и резисторы  $R_3$  и  $R_4$ . Т. к. катушки  $L_3$  и  $L_4$  имеют трансформаторную связь с катушками  $L_1$  и  $L_2$ , то при соответствующем включении катушек  $L_3$  и  $L_4$  возникает положительная обратная связь на высокой частоте. На низкой частоте эта связь настолько мала, что ее можно не принимать во внимание. При неправильном включении концов катушек  $L_3$  и  $L_4$  обратная связь станет отрицательной и только ухудшит работу усилителя. Положительная обратная связь компенсирует часть потерь энергии во входном контуре, вызванных его внутренним активным сопротивлением и нагружающим действием сеточного детектора. Благодаря этому повышаются чувствительность и избирательность приемника. На сопротивление  $R_1$  выделяется только низкочастотное и постоянное напряжение, т. к. высокочастотная составляющая анод-

ного тока замыкается через конденсатор  $C_b$ . Делитель напряжения  $R_5 R_6$  предназначен вместе с конденсатором  $C_6$  для питания цепи экранной сетки и регулировки глубины обратной связи. При очень сильной положительной обратной связи первый каскад может возбуждаться, и приемник «зависит».

Если движок резистора  $R_6$  находится в верхнем положении, напряжение на экранной сетке наибольшее, анодный ток наибольший, и имеет место самая сильная обратная связь. При перемещении движка вниз уменьшается напряжение на экранной сетке, что приводит к уменьшению анодного тока и ослаблению обратной связи. С резистора  $R_4$  через конденсатор  $C_7$  низкочастотное напряжение подается на сетку лампы Л<sub>2</sub>, которая работает в схеме уже знакомого нам одноконтурного усилителя мощности на трансформаторе Т<sub>1</sub>, выходная обмотка которого нагружена на громкоговоритель. Выпрямитель собран по мостовой схеме. Предохранитель При включен на схеме на напряжении 220 в. Для переключения приемника на 127 в необходимо включить предохранитель между нижним и средним гнездами. Гнезда «Зв» предназначены для включения звукоимитатора. Если звукоимитатор пьезоэлектрический (он применяется в большинстве современных проигрывателей), то параллельно гнездам «Зв» необходимо подключить резистор 100 ком.

Трансформатор Т<sub>2</sub> собран из пластин Ш-18, толщина пакета 40 мм. Сетевая обмотка содержит 880 + 700 витков провода ПЭЛ 0,31. Повышающая обмотка — 1700 витков провода ПЭЛ 0,2. Накальная обмотка — 50 витков провода ПЭЛ 0,41. Между первичной и вторичными обмотками трансформатора намотана экранирующая обмотка в один слой проводом ПЭЛ 0,2. Один конец этой обмотки следует изолировать, а другой заземлить. Дроссель фильтра собран из пластин Ш-18, толщина пакета 20 мм. Он содержит 3200 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2. Выходной трансформатор Т<sub>1</sub> собран из пластин Ш-18, толщина пакета 20 мм. Первичная обмотка содержит 3500 витков провода ПЭЛ 0,14, вторичная — 100 витков провода ПЭЛ 0,64. Можно применять заводские трансформаторы и дроссели.

При налаживании приемника необходимо так подобрать величину сопротивления  $R_b$ , чтобы приемник не возбуждался при верхнем положении движка резистора  $R_6$  во всем диапазоне, но был близок к самовозбуждению. Для нормальной работы приемника необходима наружная антенна длиной 10—15 м.

**Транзисторный приемник.** Это приемник прямого усиления 2—V—2 на четырех транзисторах. Его схема (рис. 30) опубликована в книге Светланова Л. И. «Справочник по малогабаритным радиоприемникам» (изд. ДОСААФ, Москва, 1966 г., стр. 53) и в журнале «Радио» № 5 за 1960 г.

Приемник рассчитан для приема передач в диапазоне 800—1700 м. Входной контур образован катушкой  $L_1$  и конденсатором  $C_1$ . Через катушку связан  $L_2$  и конденсатор  $C_2$  напряжение высокой частоты подается на базу транзистора Т<sub>1</sub>. Обе катушки намотаны на ферритовом стержне магнитной антенны. Транзисторы Т<sub>1</sub> и Т<sub>2</sub> работают в схеме двухкаскадного УВЧ на сопротивлениях. Транзисторы Т<sub>3</sub>, Т<sub>4</sub> образуют двухкаскадный УНЧ. С коллектора Т<sub>2</sub> высокочастотное напряжение подается на детектор, образованный конденсатором  $C_4$ , диодами Д<sub>1</sub> и Д<sub>2</sub>, резистором  $R_6$  и конденсатором  $C_6$ . Если в схеме детектора вместо диода Д<sub>1</sub> поставить резистор, то получится уже знакомая нам схема однополупериодного одноконтурного детектора. Но напряжение низкой частоты, снимаемое с такого детектора, почти вдвое ниже, чем при включении диода Д<sub>1</sub>. Схема, применяемая в этом приемнике, называется схемой с удвоенным напряжением. В выходном каскаде применена отрицательная обратная связь (конденсатор  $C_8$ ), которая сильно снижает усиление на верхних частотах для предотвращения самовозбуждения.

Питание базовых цепей всех каскадов осуществляется по схеме рис. 15. Эта схема наиболее экономична, но и наименее стабильна. Поэтому при налаживании приемника и смесе транзисторов необходим подбор сопротивлений  $R_1, R_3, R_5$  и  $R_6$  до получения тех значений коллекторных токов, которые указаны на схеме. Если указанная на схеме величина емкости  $C_8$  окажется недостаточной для устранения самовозбуждения, необходимо ее увеличить.

Транзисторы Т<sub>1</sub>, Т<sub>2</sub> (П401) должны иметь коэффициент усиления  $\beta$  не менее 35. Коэффициент усиления транзисторов Т<sub>3</sub>, Т<sub>4</sub> (П13А или другие низкочастотные) должен иметь значения  $\beta$  60—70. В качестве громкоговорителя используется капсуль ДЭМ-4, который может быть заменен заводским громкоговорителем.

Для настройки приемника используется подстроечный керамический конденсатор КПК-2. Его можно заменить готовым малогабаритным переменным конденсатором (например, фирмы «Тесла»). В качестве магнитной антенны используется ферритовый стержень 600 НН диаметром 8 мм и длиной 100 мм. Катушка  $L_2$  намотана на нем в пять секций проводом ПЭЛШО 0,15. Число витков каждой секции 50. Расстояние между секциями 5 мм, шириной каждой секции 4 мм. Катушка  $L_2$  намотана проводом ПЭЛ 0,3 и содержит 18 витков.

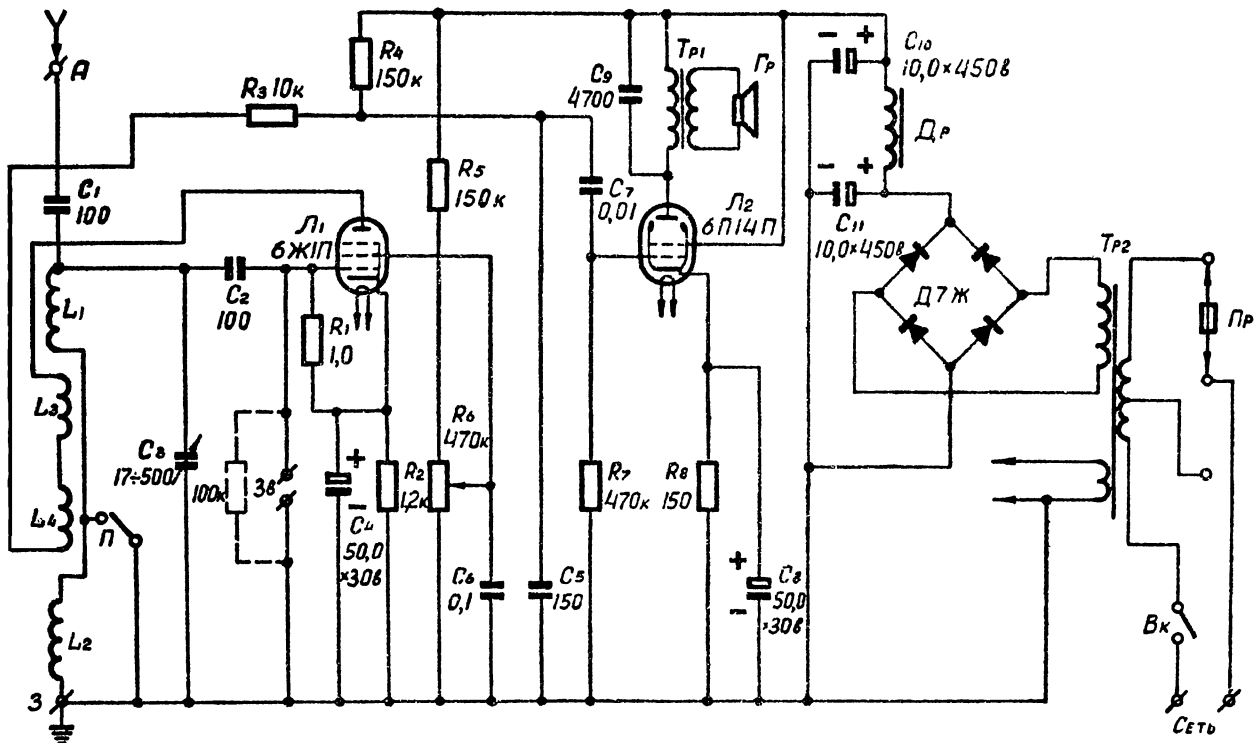


РИС. 29. ЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК

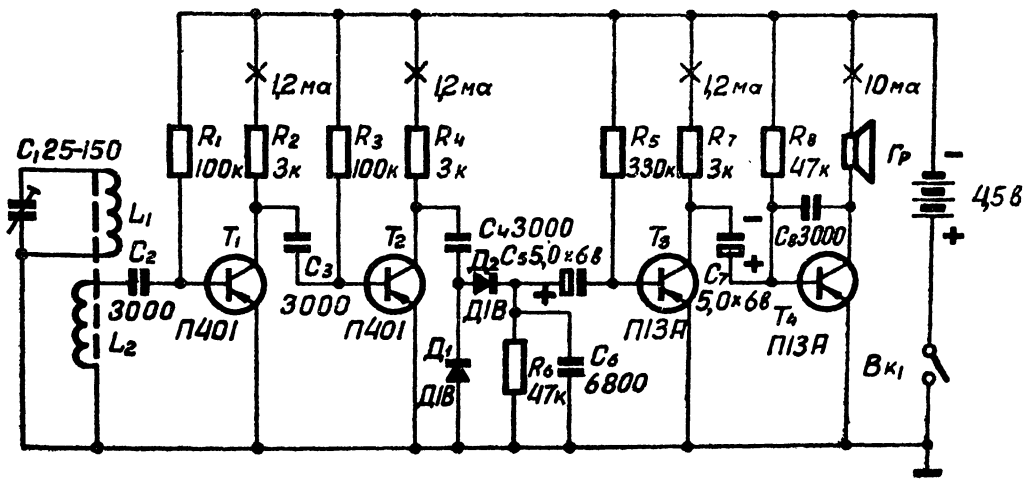
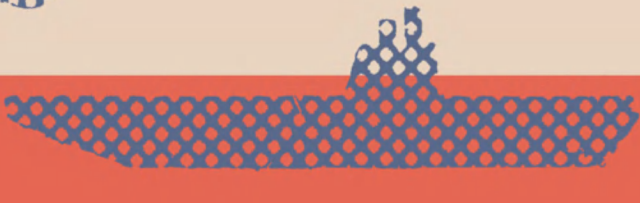
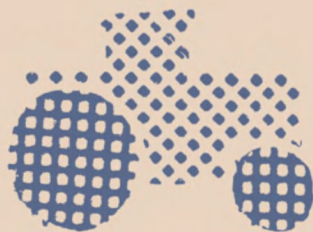
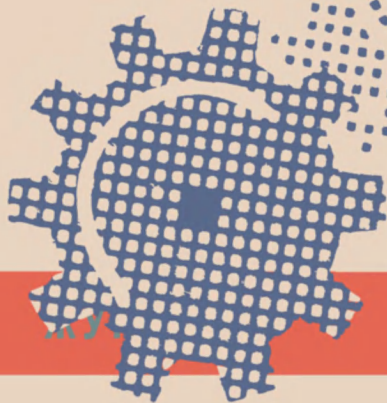
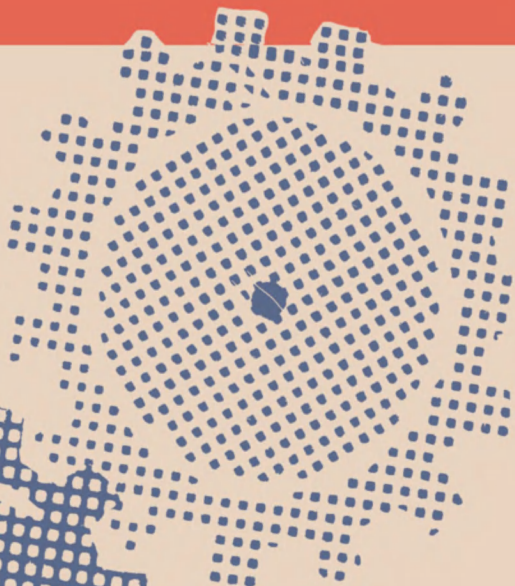


РИС. 30. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРИЕМНИК



# ДЛЯ УМЕЛЫХ РУК



**Художник В. Князьков**

Редактор **Н. Сендерова**  
Художественный редактор **Г. Коптелова**  
Технический редактор **И. Колодная**  
Корректор **Н. Шадрина**

Сдано в производство 10/VII — 69 г. Подпи-  
сано в печать 18/IX — 69 г. Л89987 Тираж 115 034  
Формат 70 × 108<sup>1/16</sup> Печ. л. 0,75 Усл. печ. л. 1  
Уч.-изд. л. 1,51 Изд. № 308 Заказ № 0625

По оригиналам издательства  
**«МАЛЫШ»**

Комитета по печати  
при Совете Министров РСФСР  
Московская типография № 13  
Главполиграфпрома Комитета по печати  
при Совете Министров СССР.  
Москва, ул. Баумана, Денисовский пер., д. 33.