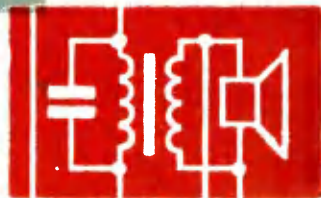


Б. Богданович, Э. Ваксер



КРАТКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

М И Н С К 1 9 6 8



Б. БОГДАНОВИЧ, Э. ВАКСЕР

КРАТКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

**(ТЕХНИКА
РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО
ПРИЕМА И УСИЛЕНИЯ)**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «БЕЛАРУСЬ» МИНСК 1968

6Ф2(083)

Б 73

УДК 621.396(03)

Богданович Б. М., Ваксер Э. Б.

Краткий радиотехнический справочник. (Техника радиовещательного приема и усиления). Минск, «Беларусь», 1968. 560 с. с илл. 130 000 экз. 74 к.

Справочник содержит основные сведения, необходимые радиолюбителям, мастерам по ремонту радиоприборов и производителям, занимающимся эксплуатацией, ремонтом и конструированием приемно-усилительной и звуковоспроизводящей аппаратуры на электронных лампах и транзисторах.

В нем помещены основные сведения из радиотехники, радиотехнические схемы, данные об источниках питания, усилителях низкой частоты, аппаратуре для звуковоспроизведения и звукозаписи, радиовещательных приемниках (ремонт и налаживание радиоаппаратуры), промышленной и любительской приемно-усилительной аппаратуре.

Приводятся сведения о наиболее распространенных приемниках и усилителях, выпускаемых отечественной промышленностью, а также о хорошо зарекомендовавшей себя любительской аппаратуре.

ВВЕДЕНИЕ

Справочник содержит восемь разделов, каждый из которых является самостоятельным и может рассматриваться независимо от других. Однако, чтобы избежать повторения, в некоторых разделах сделаны соответствующие ссылки на другие разделы.

Справочник рассчитан на широкий круг читателей. В связи с этим в зависимости от квалификации читателя материал, изложенный в справочнике, может быть условно разделен на три части.

Одна часть справочника содержит чисто описательные сведения о современных радиовещательных приемниках и усилителях. Эта часть рассчитана на неподготовленного читателя, желающего получить необходимую информацию, не обращаясь к специальной литературе.

В другой части справочника содержатся наиболее важные схемные решения основных узлов радиовещательной аппаратуры, а также необходимые сведения по важнейшим элементам схем (электронным лампам, транзисторам, резисторам, конденсаторам, трансформаторам и др.). Приведенные схемы взяты из реальных, наиболее удачных промышленных и любительских конструкций и могут

быть легко воспроизведены. Эта часть справочника рассчитана на начинающих радиолюбителей, а также на любителей средней квалификации.

Третья часть справочника рассчитана на квалифицированных радиолюбителей и радиомастеров. В этой части содержится расчетный материал (формулы, таблицы, графики) и рекомендации по расчету некоторых наиболее важных узлов радиовещательных приемников и усилителей низкой частоты.

Справочник не является специальным пособием по проектированию. Поэтому в нем не приводятся громоздкие расчетные формулы, не рассматриваются графо-аналитические методы расчета. Приведенные же формулы дают возможность произвести приближенный расчет — определить с достаточной для практики точностью порядок величин некоторых элементов схем, встречающихся в радиолюбительской практике, или выбрать примерный режим работы усилительного элемента (лампы или транзистора). Во многих случаях вместо расчета некоторых режимов или величин элементов схем рекомендуется пользоваться типовыми значениями этих величин или режимов, установленных практикой. Все величины, подставляемые в формулы, если это специально не оговорено, должны быть выражены в практической системе единиц.

Для удобства пользования справочник снабжен подробным алфавитным указателем.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОВЕЩАНИИ

1-1. Основные определения

Радиовещание — передача по радио речи и музыки одновременно неограниченному числу слушателей.

Канал радиовещания — комплекс аппаратуры и линий от микрофона в студии до громкоговорителя приемника.

Тракт радиовещания — любая часть канала радиовещания, имеющая определенные функции.

Блок-схема канала радиовещания (рис. 1-1) содержит:

м и к р о ф о н, преобразующий звуковые колебания в электрические колебания низкой (звуковой) частоты;

с т у д и й н ы й к о м п л е к с, включающий усилители низкой частоты (микрофонный, программный, линейный);

р а д и о п е р е д а т ч и к, в котором электрические колебания низкой частоты модулируют электрические колебания высокой частоты;

р а д и о п е р е д а ю щ у ю а н т е н н у, преобразующую модулированные электрические колебания в электромагнитные волны, излучаемые в пространство;

р а д и о п р и е м н о е у с т р о й с т в о, содержащее радиоприемную антенну, радиоприемник и громкоговори-

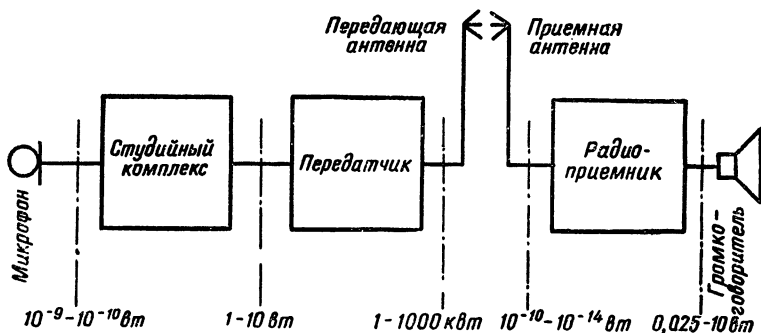


Рис. 1-1. Блок-схема канала радиовещания.

тель. Радиоприемная антенна улавливает электромагнитные волны, излучаемые передающей антенной, и преобразует их в модулированные электрические колебания высокой частоты. Радиоприемник усиливает эти модулированные колебания и осуществляет их демодуляцию (детектирование), т. е. выделяет модулирующие колебания низкой (звуковой) частоты, а затем усиливает их. Громкоговоритель преобразует электрические колебания низкой частоты в звуковые колебания.

Для радиовещания используются два вида модуляции: амплитудная (АМ), при которой происходит изменение амплитуды высокочастотного колебания (несущей частоты), и частотная (ЧМ), при которой изменяется несущая частота.

Модулированное высокочастотное колебание называется также радиосигналом.

Спектр сигнала — совокупность гармонических составляющих, на которые может быть разложен сигнал.

Спектр сигнала, модулированного по амплитуде колебанием низкой частоты F , содержит несущую частоту f ,

соответствующую частоте высокочастотного сигнала, и две боковые частоты:

$$f' = f + F \text{ и } f'' = f - F.$$

Спектр амплитудно-модулированного радиовещательного сигнала содержит несущую частоту и две боковые полосы. Ширина каждой боковой полосы соответствует диапазону звуковых частот, используемых при модуляции.

Проводная радиофикация — система вещания с использованием проволочных линий.

Радиотрансляционный тракт — комплекс станционных и линейных сооружений, обеспечивающих доведение до абонентских установок слушателей вещательных программ.

В зависимости от построения станционных устройств системы проводного вещания делятся на централизованные и децентрализованные. В централизованной системе все станционные сооружения (предварительные усилители, мощные усилители и другие устройства) размещаются в одном месте. В децентрализованной системе мощные усилители устанавливаются в нескольких местах радиофицируемой местности и получают программу передачи по соединительной линии от центральной усилительной станции.

В зависимости от построения линейных сооружений системы проводного вещания могут быть в виде одно-, двух- и трехзвенных сетей.

В однозвенных сетях напряжение в линиях, называемых абонентскими, соответствует напряжению, подаваемому к абонентским установкам без каких-либо промежуточных трансформаторных устройств.

В двухзвенных сетях вводится промежуточное звено с более высоким напряжением — распределительный

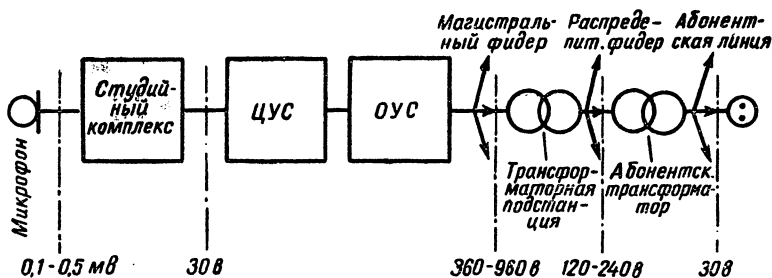


Рис. 1-2. Децентрализованная трехзвенная система проводного вещания.

фидер. Это позволяет осуществлять вещание на большие расстояния. Понижение напряжения между распределительным фидером и абонентской линией осуществляется абонентским трансформатором.

В трехзвенных сетях для дальнейшего расширения радиуса действия вводится третье промежуточное звено — магистральный фидер с еще более высоким напряжением. Понижение напряжения от магистрального фидера к распределительному осуществляется трансформаторами, устанавливаемыми в трансформаторных подстанциях.

Для различных звеньев сети проводного вещания установлены следующие нормы напряжений:

для абонентских линий — 30 в (эф.);

для распределительных фидеров — 120—240 в (эф.);

для магистральных фидеров в зависимости от протяженности и нагрузки — 360, 480, 680, 960 в (эф.).

В крупных городах обычно используется децентрализованная трехзвенная система проводного вещания (рис. 1-2). При этом программа вещания от микрофона и студийного комплекса, расположенного в радиодоме,

подается по соединительной линии на центральную уси-
лительную станцию (ЦУС), оборудованную аппаратурой
предварительного усиления (обычно мощностью 15 *вт*).
ЦУС с помощью соединительных линий связана с мощ-
ными усилителями — опорными усилительными станция-
ми (ОУС) мощностью 0,6—5 *квт* и более.

В районных центрах и сельской местности использу-
ется централизованная двухзвенная система проводного
вещания (рис. 1-3). При этом источником программы
служит профессиональный радиоприемник или между-
городная линия.

Проводное вещание отличается высокими качествен-
ными показателями, простотой пользования, надежно-
стью действия в любых условиях, высокими экономиче-
скими показателями сооружений и их эксплуатации.
Основной недостаток — возможность передачи только
одной программы. В настоящее время используются
и внедряются системы многопрограммного вещания с
применением аппаратуры уплотнения.

Тракт радиовещания и радиотрансляционный харак-
теризуются большим диапазоном изменения уровней
мощности и напряжения вдоль тракта. Так, например, в
тракте радиовещания (рис. 1-1) уровни мощности изме-
няются в пределах от 10^{-14} *вт* до 10 *вт*, т. е. в 10^{15} раз, а в
радиотрансляционном тракте (рис. 1-2) уровни напряже-

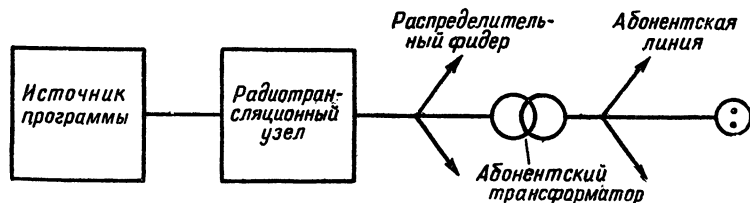


Рис. 1-3. Централизованная двухзвенная система проводного вещания.

ния могут изменяться в пределах $0,1 \text{ мв} — 1000 \text{ в}$, т. е. в 10^7 раз. В связи с этим удобно пользоваться логарифмическими единицами — децибелами (дб).

Отношение двух напряжений U_1 и U_2 , выраженное в децибелах, соответствует $20 \lg \frac{U_1}{U_2}$, а отношение двух мощностей P_1 и P_2 , выраженное в дб, — $10 \lg \frac{P_1}{P_2}$ (табл. 1-1). Если отношение напряжений или мощностей меньше 1, то перед числом децибел ставится знак минус.

При сравнении уровней напряжения и мощности принято отсчет уровня производить относительно нулевого. Таким нулевым уровнем для напряжений принят $0,775 \text{ в}$, а для мощностей — 1 мвт .

Децибелы широко используются в технике радиоприема и усиления (см. главы II и III).

Т а б л и ц а 1-1

Перевод децибелов в отношения мощностей и напряжений

Децибелы	Отношение напряжений	Отношение мощностей
0	1,000	1,000
0,1	1,012	1,023
0,2	1,023	1,047
0,3	1,035	1,072
0,4	1,047	1,096
0,5	1,059	1,122
0,6	1,072	1,148
0,7	1,084	1,175
0,8	1,096	1,202
0,9	1,109	1,230

Продолжение таблицы 1-1

Децибелы	Отношение напряжений	Отношение мощностей
1,0	1,122	1,259
2	1,26	1,58
3	1,41	1,99
4	1,58	2,51
5	1,78	3,16
6	1,99	3,98
7	2,24	5,01
8	2,51	6,31
9	2,82	7,94
10	3,16	10,00
11	3,55	12,59
12	3,98	15,85
13	4,47	19,95
14	5,01	25,12
15	5,62	31,62
16	6,31	39,81
17	7,08	50,12
18	7,94	63,10
19	8,91	79,43
20	10,00	100,00
21	11,22	125,9
22	12,59	158,5
23	14,13	199,5

Продолжение таблицы 1-1

Децибелы	Отношение напряжений	Отношение мощностей
24	15,85	251,2
25	17,78	316,2
26	19,95	398,1
27	22,39	501,2
28	25,12	631,0
29	28,18	794,3
30	31,62	1000
31	35,48	1259
32	39,81	1585
33	44,67	1990
34	50,12	2510
35	56,23	3160
36	63,10	3980
37	70,79	5010
38	79,43	6310
39	89,13	7940
40	100,0	10 000
41	112,2	12 600
42	125,9	15 800
43	141,3	19 900
44	158,5	25 100
45	177,8	31 600

Продолжение таблицы 1-1

Децибелы	Отношение напряжений	Отношение мощностей
46	199,5	39 800
47	223,9	50 100
48	251,2	63 100
49	281,8	79 400
50	316,2	100 000
51	354,8	126 000
52	398,1	158 000
53	446,7	199 000
54	501,2	251 000
55	562,3	316 000
56	631,0	399 000
57	707,9	501 000
58	794,3	631 000
59	891,3	794 000
60	1000,0	1 000 000
70	3162	10^7
80	10 000	10^8
90	31 620	10^9
100	10^5	10^{10}
110	316 200	10^{11}
120	10^6	10^{12}

1-2. Диапазоны волн, используемые в радиовещании, и их особенности

Таблица 1-2

Некоторые определения, относящиеся к распространению радиоволн

Понятие	Определение	Обозначение, единица измерения и порядок величин
Радиоволна	Электромагнитное колебание, применяемое в беспроводной связи для передачи электрических сигналов на расстояние	
Длина волны	Расстояние, проходимое радиоволной за один период колебания электромагнитного поля	λ ; м; в радиовещании 2000—4,11 м
Скорость распространения радиоволн	Скорость, с которой радиоволна распространяется в пространстве, окружающем передающую антенну	<p>C; км/сек; в свободном пространстве (т. е. пространстве, не заполненном веществом) 300 000 км/сек; в пространстве, заполненном веществом с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ и магнитной проницаемостью μ, скорость v равна:</p> $v = \frac{C}{\sqrt{\epsilon\mu}}$

Продолжение таблицы 1-2

Понятие	Определение	Обозначение, единица измерения и порядок величин
Частота колебаний электромагнитного поля	<p>Число колебаний поля в секунду; определяется частотой колебаний источника, возбуждающего антенну; для свободного пространства частота колебаний электромагнитного поля связана с длиной волны λ следующим соотношением:</p> $f = \frac{c}{\lambda}$	f ; кГц (МГц); связь величин f и λ (см. табл. 1-3)
Диапазоны радиоволн	<p>В зависимости от особенностей распространения различают волны:</p> <ul style="list-style-type: none"> длинные средние промежуточные короткие метровые дециметровые сантиметровые миллиметровые 	<p>$f_{\min} - f_{\max}$</p> <p>$f < 100$ кГц</p> <p>0,1—1,5 МГц</p> <p>1,5—6 МГц</p> <p>6—30 МГц</p> <p>30—300 МГц</p> <p>0,3—3 ГГц</p> <p>3—30 ГГц</p> <p>30—300 ГГц</p>

* Для радиовещания из указанных диапазонов практически используется диапазон метровых волн, которые иногда называют ультракороткими волнами (УКВ).

Продолжение таблицы 1-2

Понятие	Определение	Обозначение, единица измерения и порядок величин
Поверхностные волны	Волны, распространяющиеся вдоль земной поверхности	
Пространственные волны	Волны, распространяющиеся за счет отражения от слоя заряженных электрических частиц, называемого ионосферой	
Замирания (фединги)	Хаотические изменения уровня сигнала в месте приема, обусловленные изменением условия распространения радиоволн	

Особенности распространения некоторых диапазонов волн следующие.

Длинные волны распространяются на большие расстояния в виде пространственных волн. Условия распространения практически не зависят от сезона и в слабой степени зависят от времени суток (ночью наблюдается небольшое увеличение сигнала в месте приема). Для получения относительно большой напряженности поля требуются передатчики большой мощности и громоздкие передающие антенны.

Средние волны в дневное время в значительной степени поглощаются в ионосфере, поэтому днем они распространяются в основном в виде поверхностных волн с радиусом действия для радиовещательных станций около

Таблица 1-3

Перевод длины волны в частоту

λ , м	f , кГц	λ , м	f , кГц	λ , м	f , кГц	λ , м	f , кГц	λ , м	f , кГц
1	300 000	45	6667	380	789,5	760	394,7	1350	222,2
2	150 000	50	6000	400	750,0	780	384,6	1400	214,3
3	100 000	70	4286	420	714,3	800	375,0	1450	206,9
4	75 000	80	3750	440	681,8	820	365,8	1500	200,0
5	60 000	90	3333	460	657,2	840	357,1	1550	193,5
6	50 000	100	3000	480	625,0	860	348,8	1580	189,9
7	42 857	120	2500	500	600,0	880	340,9	1600	187,5
8	37 500	140	2143	520	576,9	900	333,3	1650	181,8
9	33 333	160	1875	540	555,6	920	326,0	1700	176,5
10	30 000	180	1667	560	535,7	940	319,1	1750	171,4
12	25 000	200	1500	580	517,2	960	312,5	1800	166,7
14	21 428	220	1364	600	500,0	980	306,1	1850	162,2
16	18 750	240	1250	620	483,9	1000	300,0	1900	157,9
18	16 667	260	1154	640	468,8	1050	295,7	1950	153,8
20	15 000	280	1071	660	454,5	1100	272,7	2000	150,0
25	12 000	300	1000	680	441,2	1150	260,9	3000	100,0
30	10 000	320	937,5	700	428,6	1200	250,0		
35	8571	340	882,5	720	416,7	1250	240,0		
40	7500	360	839,5	740	405,4	1300	230,8		

1 тыс. км. Ночью поглощение в ионосфере пространственных волн уменьшается и радиус действия радиостанций возрастает (для радиовещания до 4—5 тыс. км). Прием сигнала в это время может сопровождаться замираниями.



Рис. 1-4. Распространение метровых волн в пределах «прямой видимости».

Напряженность поля принимаемых сигналов для одного и того же времени суток зависит от сезона, однако эта зависимость мало сказывается. Тем не менее отношение уровня сигнала к уровню помехи в летнее время заметно меньшее, чем зимой, что объясняется в основном увеличением величины атмосферной помехи, обусловленной возрастающей в летнее время грозовой активностью.

Короткие волны распространяются на большие расстояния в виде пространственных волн, причем в точку приема могут приходить волны с различными траекториями. Условия распространения в значительной степени зависят от времени суток, сезона и периода солнечной активности. Днем наилучшие условия приема обычно имеют место на волнах 10—25 м, ночью — 35—50 м. Прием часто сопровождается глубокими замираниями. Радиус действия радиовещательных передатчиков при относительно малых мощностях достигает десятков тысяч километров.

Метровые волны не требуют передатчиков больших мощностей и громоздких антенн.

Сигналы, принимаемые в этом диапазоне радиовещательным приемником, обусловлены в основном поверхностной волной, для которой характерна прежде всего прямолинейная траектория со слабым огибанием земной поверхности. Хорошие результаты приема на метровых волнах достигаются в пределах так называемой прямой

видимости между антеннами (рис. 1-4), дальность которой определяется следующим выражением:

$$r_{(км)} = 3,57 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}),$$

где h_1 и h_2 — соответственно высоты передающей и приемной антенн, м.

В некоторых случаях возможен уверенный прием на расстояниях, значительно превышающих величину r . Это обусловлено рассеянием радиоволн в слоях тропосферы (наиболее низкая часть земной атмосферы).

Прием сигналов, обусловленных тропосферным рассеянием, требует сложных приемных антенн, специальных приемников и на обычный радиовещательный приемник затруднителен.

1-3. Помехи радиовещательному приему

Помехи — это посторонние электрические возмущения, накладывающиеся на сигнал радиовещательной станции и затрудняющие ее прием или ухудшающие качество воспроизведения.

Помехи различаются:

по происхождению — активные (атмосферные, промышленные, флуктуационные, от соседних радиостанций) и пассивные (вызваны природными условиями, влияющими на распространение радиоволн);

по характеру — импульсные, состоящие из отдельных периодических или непериодических импульсов (рис. 1-5, а), и гладкие (рис. 1-5, б).

В табл. 1-4 приведены краткие характеристики основных источников помех радиовещательному приему, а также меры борьбы с ними.

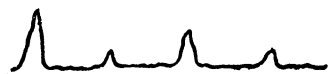
Таблица 1-4

Основные характеристики источников помех радиовещательному приему

Вид помех	Причины помех	Проявление помех при прослушивании радиовещательной передачи	Меры борьбы с помехами в радиовещательном приемнике
Атмосферные	Электромагнитные излучения грозových разрядов и другие явления	Беспорядочный треск; шорох (дальние грозы)	Настройка приемника на более высокую частоту (переход на КВ и УКВ); применение направленных антенн, в том числе внутренней магнитной антенны; сужение полосы пропускания приемника
Промышленные	Электромагнитные излучения, обусловленные искрообразованием в различных электроустановках (сварочные аппараты, электроаппараты, бытовые электроприборы, неисправные электрические контакты, системы зажигания, автоаппаратура и т. д.)	Треск, щелчки	В месте возникновения помехи: экранирование источника помех; уменьшение или исключение искрообразования; применение фильтров в цепях питания; В месте приема: применение фильтров в цепях питания; применение направленных и специальных антенн; сужение полосы пропускания приемника; переход на КВ и УКВ (исключая высокочастотные установки, работающие в этих поддиапазонах)
	Электромагнитные излучения высокочастотных медицинских и промышленных установок	Шипение	

Продолжение таблицы 1-4

Вид помех	Причины помех	Проявление помех при прослушивании радиовещательной передачи	Меры борьбы с помехами в радиовещательном приемнике
От соседних (по частоте) радиостанций	Полное или частичное наложение спектров сигналов нескольких радиостанций	Одновременное прослушивание нескольких программ; свист, обусловленный биениями между несущими частотами станций	Сужение полосы пропускания приемника; применение направленных антен (в том числе внутренней магнитной антенны)
Флуктуационные помехи	Беспорядочное изменение напряжений на концах сопротивлений, на колебательных контурах, проводниках в схеме приемника, зажимах приемной антенны; беспорядочное изменение тока электронных усилительных приборов	Шипение; мешающее действие в основном проявляется в диапазоне УКВ	Эффективное усиление сигнала на принимаемой частоте (т. е. в УВЧ); использование в первом каскаде приемника малошумящего усилительного прибора; выбор режима работы усилительного прибора; выбор величины связи антенны и усилителя с антенной и усилительным прибором и т. д.



a



б

Рис. 1-5. Временные характеристики импульсной (а) и гладкой (б) помехи.

Перечислим некоторые способы борьбы с промышленными помехами.

Защита комнатных антенн от воздействия радиопомех. В питающую сеть приемника включается фильтр нижних частот, ослабляющий помехи, но практически не препятствующий прохождению тока промышленной частоты.

Фильтр заключается в металлический экран и помещается по возможности ближе к питающей розетке сети переменного тока. На рис. 1-6 приведены некоторые схе-

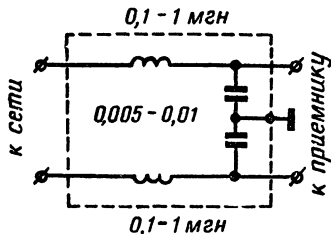
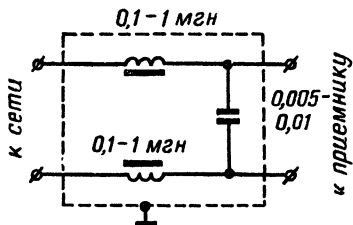
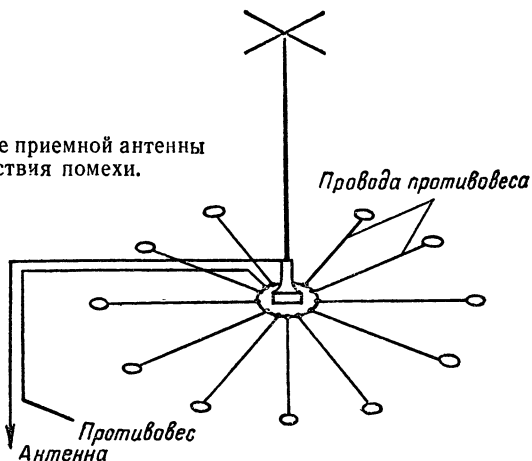


Рис. 1-6. Схемы электрических фильтров для подавления помех из питающей сети.

Рис. 1-7. Вынесение приемной антенны из зоны действия помехи.



мы фильтров и величины их элементов. Желательная форма катушек индуктивности — тороидальная.

Вынесение приемной антенны из зоны действия помехи. Особенно эффективна эта система при замене заземления противовесом, размещенным над крышей и изолированным от нее (рис. 1-7). Число проводов противовеса 3—10, длина проводов 0,5—1,5 м. При наличии горизонтальной части антенны провода противовеса должны проходить под всей антенной, включая ее горизонтальную часть.

Наилучший вариант соединения антенны с противовесом — соединение с помощью симметричной линии и двух согласующих трансформаторов, работающих в диапазонах ДВ, СВ, КВ (рис. 1-8, а).

Данные обмоток трансформаторов

I к — 30 витков, ПШД 0,2 — 0,25 мм

II к — 30 витков, ПШД 0,2 — 0,25 мм

I д — 400 витков, ПШД 0,08 мм

II д — 140 витков (две секции), ПШД 0,08 мм

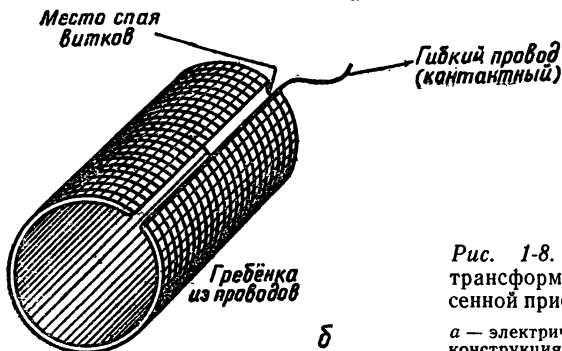
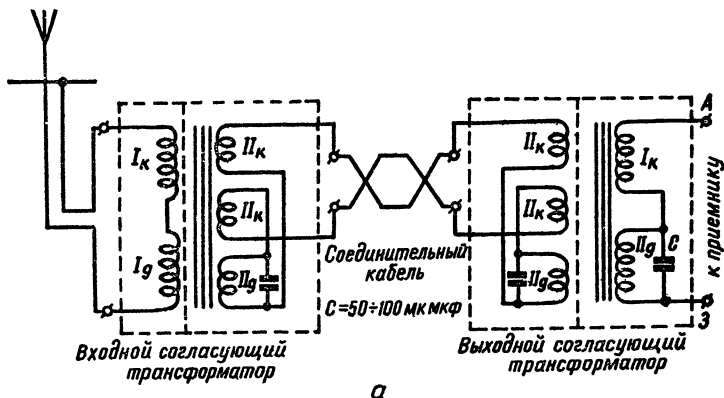


Рис. 1-8. Согласующий трансформатор для вынесенной приемной антенны:

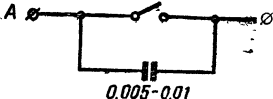
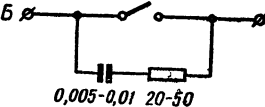
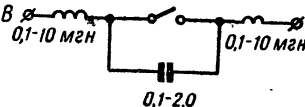
а — электрическая схема; б — конструкция электростатического экрана.

Между обмотками трансформаторов прокладывается электростатический экран (рис. 1-8, б), соединенный с наружным экраном. Трансформатор должен быть залит влагостойкой массой и снабжен прочными выводами.

Некоторые схемы защиты у источников помех приведены в табл. 1-5.

Таблица 1-5

Схемы защиты у источников помех

Источник помехи	Схема защиты
Выключатели и переключатели:	
А — в маломощных цепях с низким напряжением	
Б — в цепях с большой мощностью и напряжением до 50 в	
В — в цепях с высоким напряжением	

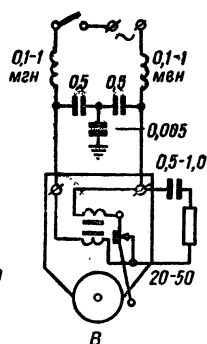
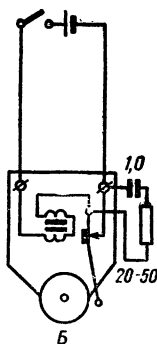
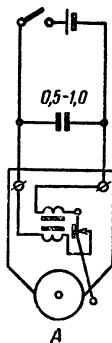
Продолжение таблицы 1-5

Источник помехи

Схема защиты

Электрические
звонки:

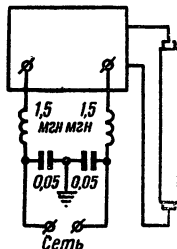
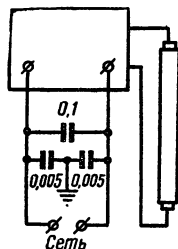
А — с симметричным соединением обмоток и питанием от батарей или аккумуляторов



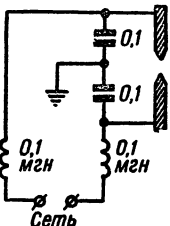
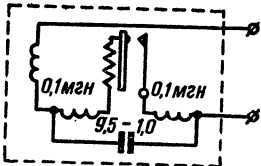
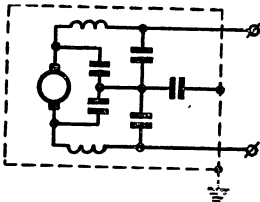
Б — с несимметричным соединением обмоток и питанием от батарей

В — с питанием от электросети

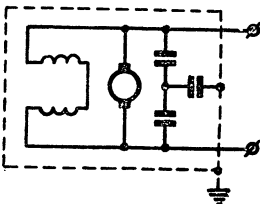
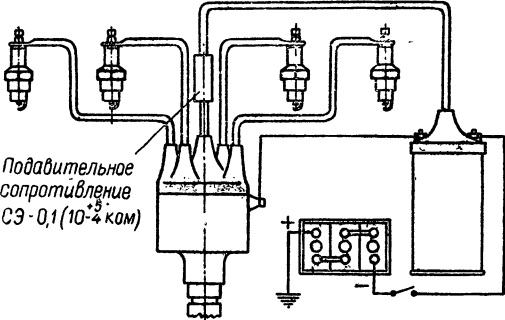
Люминесцентные лампы



Продолжение таблицы 1-5

Источник помехи	Схема защиты
Дуговые лампы	
Прибор с термо-реле	
Электродвигатель или электрогенератор с последовательным возбуждением	

Продолжение таблицы 1-5

Источник помехи	Схема защиты
<p>Электродвигатель или генератор с параллельным возбуждением</p>	 <p>Схема защиты</p>
<p>Система зажигания автомобиля</p>	 <p>Подавительное сопротивление $CЭ - 0,1 (10^{-5} \text{ ком})$</p>

На рис. 1-9 приведены графики эффективности экранирования в зависимости от частоты и толщины экранов из различных материалов.

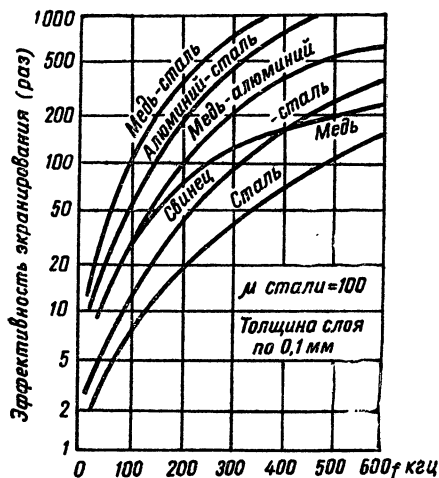


Рис. 1-9. Зависимость эффективности экранирования от частоты и толщины экранов из различных материалов.

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ (УНЧ)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2-1. Блок-схема и классификация

Усилители низкой частоты (УНЧ) применяются в радиовещательных приемниках, магнитофонах, электрофонах, слуховых аппаратах, радиотрансляционных узлах, звуковом кино, модуляторах радиовещательных передатчиков и др.

УНЧ является элементом усилительного устройства, которое кроме усилителя должно содержать источник сигнала, нагрузку и источник питания (рис. 2-1). Основное назначение УНЧ — усилить мощность сигнала, т. е. при подаче на его вход колебания от источника сигнала малой мощности получить на нагрузке те же колебания, но большей мощности. Для усиления мощности УНЧ преобразует энергию источника питания с помощью усилительных элементов (электронных ламп или транзисторов). В некоторых случаях УНЧ имеет и вспомогательное назначение — корректирует частотные искажения.

Для УНЧ могут использоваться в качестве источников сигналов детекторы радиоприемников, микрофоны, звукозаписывающие устройства, воспроизводящие головки магнитофо-

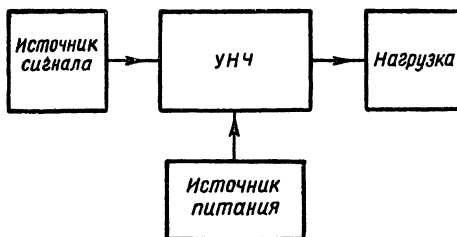


Рис. 2-1. Блок-схема
усилительного устрой-
ства.

нов, фотоэлементы. Все источники сигнала характеризуются э. д. с. или напряжением $U_{\text{и}}$ и внутренним сопротивлением $R_{\text{и}}$ (табл. 2-1).

Т а б л и ц а 2-1

Основные данные источников сигнала УНЧ

Источник сигнала	$U_{\text{и}}$	$R_{\text{и}}$
Детектор радиовещательного приемника	0,2—5 в	10—500 ком
Звукосниматель пьезоэлектрический	0,25 в	0,5 Мом
Микрофон электродинамический	0,5—0,2 мв	0,25—500 ком
Фотоэлемент	30—300 мв	0,1—1 Мом

Т а б л и ц а 2-2

Типы усилителей низкой частоты

Тип усилителя	Источник сигнала	Нагрузка
УНЧ радиовещательного приемника	Детектор	Громкоговоритель
УНЧ электрофона	Звукосниматель	»
Записи магнитофона	Микрофон	Записывающая головка
Воспроизведения магнитофона	Воспроизводящая головка	Громкоговоритель
Радиотрансляционный студийный	Микрофон	Линия
Радиотрансляционный станционный	Выход микрофонного (студийного) УНЧ	»

Наиболее распространенными видами нагрузки УНЧ являются: громкоговорители, телефоны, трансляционные линии и записывающие головки магнитофонов. Нагрузки характеризуются величиной сопротивления (Z_n), зависимостью сопротивления нагрузки от частоты (частотной характеристикой) и номинальной мощностью (или номинальным напряжением). Сопротивление нагрузки, как правило, комплексное, т. е. имеет активную и реактивную составляющие. Однако для удобства расчетов сопротивление нагрузки часто указывается для средних частот, при которых можно не учитывать реактивную составляющую, как, например, для громкоговорителей. Нагрузки для УНЧ могут быть постоянными и переменными. Переменная нагрузка характерна для УНЧ, используемых для проводного вещания (радиотрансляционных). Она

изменяется в зависимости от числа подключенных абонентских установок и от количества подключенных фидеров.

УНЧ классифицируются по ряду признаков.

По назначению УНЧ делятся в зависимости от нагрузки и источника сигнала (табл. 2-2). Некоторые типы УНЧ могут работать от нескольких источников сигнала, например, в усилителях записи магнитофонов — от микрофона, звукоусилителя, трансляционной линии и т. д. Применяются также универсальные усилители, которые могут переключаться на работу от разных источников сигнала и на разные нагрузки. Так, универсальные усилители магнитофонов могут быть использованы в качестве усилителей записи и усилителей воспроизведения.

По типу усилительного элемента они могут быть разделены на ламповые, транзисторные и гибридные, в которых используются как лампы, так и транзисторы.

По конструктивному оформлению УНЧ бывают стационарные, настольные и переносные.

По способу питания могут быть сетевые, с питанием от автономных источников постоянного тока и универсального питания.

По количеству каналов усиления — одно- и многоканальные. Многоканальные УНЧ используются для получения объемного звучания. УНЧ, предназначенные для стереофонического воспроизведения — стереофонические усилители (см. 5-3), — представляют собой двухканальные УНЧ с идентичными каналами. Монофонические усилители для получения объемного звучания могут содержать несколько неидентичных каналов, имеющих разные частотные характеристики.

По качественным показателям УНЧ различного назначения делятся на классы. Радиовещательные приемники, в составе которых имеются УНЧ (ГОСТ 5651—64),

делятся на 5 классов (высший, I, II, III и IV); электрофоны (ГОСТ 11157—65) — на 4 класса (высший, I, II и III); радиотрансляционные усилители (ГОСТ 5968—51) — на 3 класса (I, II и III). В радиолюбительской практике принято УНЧ делить на обычные и высококачественные, у которых приняты специальные меры по повышению качества звучания.

2-2. Основные параметры УНЧ

Для оценки качественных показателей УНЧ используют параметры, различающиеся в зависимости от назначения УНЧ.

Для УНЧ, у которых в качестве нагрузки используются громкоговорители (радиовещательные приемники, электрофоны), вводятся акустические параметры, дающие возможность оценить весь тракт усиления, включая УНЧ и громкоговоритель. При этом в качестве исходного параметра принимается номинальное звуковое давление $P_{\text{ср. ном.}}$.

Для УНЧ, имеющих в качестве нагрузки линию, влияющие громкоговорителя не учитываются. Параметры УНЧ, не учитывающие акустические системы, называют электрическими. При этом в качестве исходного параметра принимают номинальную выходную мощность $P_{\text{вых. ном.}}$ или номинальное выходное напряжение $U_{\text{вых. ном.}}$.

Связь между $P_{\text{ср. ном.}}$, $P_{\text{вых. ном.}}$ и $U_{\text{вых. ном.}}$ устанавливается с помощью формул:

$$P_{\text{вых. ном.}} = \frac{U_{\text{вых. ном.}}^2}{Z_{\text{вых}}}; \quad P_{\text{вых. ном.}} = 0,1 \left(\frac{P_{\text{ср. ном.}}}{P_{\text{ср. ст}}} \right)^2.$$

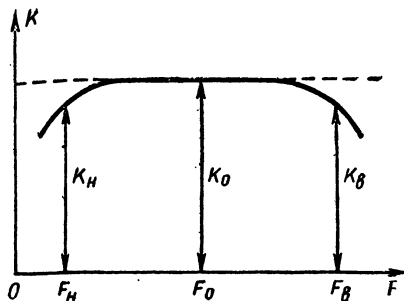


Рис. 2-2. Частотная характеристика $k = \varphi(F)$.

Определения основных электрических и акустических параметров УНЧ приведены в табл. 2-3, 2-4 и 2-5. В табл. 2-6 и 2-7 приведены некоторые выдержки из ГОСТ на УНЧ электрофонов и радиотрансляционных узлов. Выдержки из ГОСТ на радиовещательные приемники приведены в табл. 3-1.

УНЧ, применяемые в радиолюбительской практике, можно условно разделить на 4 группы (I—IV):

I группа — используемые в консольных радиоллах, радиокомбайнах и высококачественных стереофонических установках;

II группа — применяемые в радиоприемниках, радиоллах и магнитофонах хорошего качества;

III группа — используемые в настольных радиоприемниках, радиоллах и переносных магнитофонах;

IV группа — применяемые в упрощенных конструкциях радиограммофонов, магнитофонов и малогабаритных сетевых радиоприемников.

Основные электрические параметры радиолюбительских УНЧ приведены в табл. 2-8.

Таблица 2-3

Основные электрические параметры УНЧ

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Номинальная выходная мощность	Мощность, выделяемая УНЧ в нагрузку и заданная техническими требованиями. Для УНЧ, у которых нагрузкой служит громкоговоритель, — мощность, при которой обеспечиваются заданные величины звукового давления и коэффициента нелинейных искажений	$P_{\text{вых.ном}}$	вт (ва)	3
Номинальное выходное напряжение	Напряжение на нагрузке, соответствующее номинальной выходной мощности	$U_{\text{вых.ном}}$	в	3
Выходное сопротивление	Сопrotивление для токов звуковой частоты, измеренное между выходными зажимами УНЧ (при условии, что источник сигнала включен, но его напряжение равно нулю)	$Z_{\text{вых}},$ $R_{\text{вых}}$	ом	4
Номинальное входное напряжение (чувствительность)	Напряжение, подаваемое на вход УНЧ, при котором на выходе создается номинальная мощность. При измерении в децибелах за нулевой уровень отсчета принимают уровень 0,775 в	$U_{\text{вх. ном}}$	в, мв, мкв, дб	1, 2, 3

Продолжение таблицы 2-3

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Входное сопротивление	Сопротивление для токов звуковой частоты, измеренное между входными зажимами усилителя	$Z_{вх}, R_{вх}$	ом	5
Коэффициент усиления по напряжению	Отношение номинального выходного напряжения к номинальному входному Может выражаться в децибелах	$k_u, k,$ $k(дб)$	— дб	4
Частотная характеристика по напряжению (по коэффициенту усиления)	Зависимость коэффициента усиления по напряжению от частоты сигнала (рис. 2-2) Зависимость номинального выходного напряжения от частоты сигнала при неизменном $U_{вх. ном}$	$k = \varphi(F)$ $U_{вых. ном} = \varphi(F)$	—	
Неравномерность частотной характеристики по напряжению	Наибольшее отклонение коэффициента усиления (или выходного напряжения) в заданном диапазоне частот от значения, определенного для средней частоты (1000 гц)		дб	3
Коэффициент частотных искажений	В области нижних частот — отношение коэффициента усиления по напряжению в области нижних частот (k_n) к коэффициенту усиления в области средних частот (k_0)	M_n		4

Продолжение таблицы 2-3

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Коэффициент частотных искажений	В области верхних частот — отношение коэффициента усиления в области верхних частот (k_v) к коэффициенту усиления в области средних частот (k_0) Могут быть выражены в децибелах	M_v	дБ	4
Рабочий диапазон частот	Область частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики по напряжению не превышает заданных значений. Различают: нижнюю частоту диапазона верхнюю частоту диапазона	F_H F_B	Гц »	3
Коэффициент нелинейных искажений (среднеквадратичный коэффициент гармоник)	Отношение корня квадратного из суммы квадратов выходных напряжений всех высших гармоник, возникающих в результате нелинейных искажений, к выходному напряжению основной частоты при подаче на вход УНЧ синусоидального сигнала. Зависит от частоты, поэтому указывается для различных, заранее согласованных частот	k_T	%	3

Продолжение таблицы 2-3

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Уровень фона (по электрическому напряжению)	Отношение измеренного напряжения фона на выходе УНЧ к напряжению сигнала, соответствующему номинальной выходной мощности, выраженное в децибелах		— дБ	1, 2
Уровень шума	Отношение измеренного напряжения шума на выходе УНЧ к напряжению сигнала, соответствующему номинальной выходной мощности, выраженное в децибелах В некоторых случаях задается обратная величина — отношение сигнал/шум		— дБ + дБ	3
Диапазон регулирования громкости	Отношение напряжения, подаваемого на вход УНЧ, при регуляторе в положении минимальной громкости к напряжению, соответствующему регулятору в положении максимальной громкости, выраженное в децибелах		дБ	1, 2
Действие тонкомпенсации при регулировании громкости	Увеличение напряжения низких звуковых частот при уменьшении громкости (с помощью регулятора)			4

Продолжение таблицы 2-3

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Пределы регулирования тембра	Пределы изменения с помощью регуляторов тембра напряжения крайних частот диапазона (F_H и F_B) по отношению к средней частоте		дБ	4
Номинальный промышленный к. п. д.	Отношение номинальной выходной мощности к общей мощности, потребляемой усилителем от источников питания	$\eta_{ном}$	%	3

Примечания: 1. Нормируется ГОСТ 5651—64 (приемники радиовещательные).

2. Нормируется ГОСТ 11157—65 (электрофоны).

3. Нормируется ГОСТ 5968—51 (усилители радиотрансляционных узлов).

4. Не нормируется.

5. Нормируется для звукоосциллографов.

6. Не нормируется; значения M не должны превышать неравномерности частотной характеристики.

Т а б л и ц а 2-4

Основные акустические параметры УНЧ

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Среднее (номинальное) звуковое давление	Звуковое давление, создаваемое акустической системой на расстоянии 1 м и заданное техническими требованиями	$p_{ср. ном}$	бар, н/м ²	1, 2

Продолжение таблицы 2-4

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения	Примечание
Среднее (номинальное) звуковое давление	Давление, соответствующее подводимой мощности в 0,1 <i>ва</i> , — среднее стандартное звуковое давление	$p_{\text{ср. ст}}$	<i>бар</i> , н/м^2	1, 2
Частотная характеристика по звуковому давлению	Зависимость между звуковым давлением, создаваемым акустической системой, и частотой сигнала при неизменном напряжении сигнала, подаваемого на вход тракта УНЧ. При заданной неравномерности указываются: нижняя частота диапазона верхняя частота диапазона	$p_{\text{ср}} = \varphi(F)$ $F_{\text{Н}}$ $F_{\text{В}}$	 <i>гц</i> »	 1, 2
Неравномерность частотной характеристики по звуковому давлению	Отношение наибольшей величины звукового давления к наименьшей в заданном диапазоне частот, выраженное в децибелах		<i>дб</i>	1, 2
Коэффициент нелинейных искажений (всего тракта усиления) по звуковому давлению	Отношение действующей величины гармоник звукового давления, развиваемого акустической системой, к действующей величине основной частоты и гармоник	k_{Γ}	%	1, 2

Примечания: 1. ГОСТ 5651—64.
2. ГОСТ 11157—65.

Т а б л и ц а 2-5

Дополнительные параметры стереофонических УНЧ

Параметр	Определение	Обозначение	Единица измерения
Рассогласование стереофонических каналов усиления по чувствительности	Разница в уровнях громкости обоих каналов при регулировке громкости от максимального значения (соответствующего номинальной мощности) до уменьшенной на 20 дБ	d_r	дБ
Рассогласование частотных характеристик стереофонических каналов усиления	Неидентичность частотных характеристик обоих каналов при любых положениях регуляторов тембра	d_x	дБ
Переходное затухание между стереофоническими каналами усиления	Отношение напряжения полезного сигнала на выходе данного канала к напряжению сигнала, проникшему из другого канала Определяется на заданных частотах		дБ
Пределы регулирования стереобаланса	Пределы изменения усиления одного из каналов относительно другого	B	дБ

Примечание. Нормируется ГОСТ 11157—65 (электрофоны).

Таблица 2-6

Электрофоны (выдержки из ГОСТ 11157 — 65)

Параметры	Нормы по классам			
	высший	I	II	III
Частотная характеристика тракта усиления по звуковому давлению при неравномерности не более 14 дБ в Гц, не хуже	60—15 000	80—12 000	100—10 000	150—7000
Среднее (номинальное) звуковое давление каждого канала в $\text{м}/\text{м}^2$, не менее, при питании	от сети переменного тока	1,0	0,8	0,6
	от автономных источников постоянного тока	0,6	0,4	0,3
	200—400 Гц	4	5	5
Коэффициент нелинейных искажений всего тракта (без звукоусилителя) по звуковому давлению в %, не более, на частотах	свыше 400 Гц	3	4	4
	свыше 400 Гц	3	4	4
Уровень фона по электрическому напряжению в дБ, не хуже	со входа тракта усиления	—60	—54	—46
	для всего тракта	—50	—46	—40

Продолжение таблицы 2-6

Параметры	Нормы по классам				
	высший	I	II	III	
Чувствительность тракта усиления при входном сопротивлении не менее 0,5 <i>Мом</i> в <i>в</i> , не хуже	0,25				
Ручное регулирование громкости в <i>дб</i> , не менее	60	50	40		
Расположение стереофонических каналов усиления по чувствительности в <i>дб</i> , не более	2		3		
Расположение частотных характеристик стереофонических каналов усиления в <i>дб</i> , не более	2		3		
Переходное затухание между стереофоническими каналами усиления (без звукоусилителя) при разнесенных акустических системах в <i>дб</i> , не менее, на частотах	35	30	25	20	
	1000 <i>гц</i>	40	35	30	25
	5000 <i>гц</i>	35	30	25	20
Пределы регулирования стереобаланса тракта усиления в каждом канале в <i>дб</i> , не менее	30	25	20	—	

—8

Таблица 2-7

Усилители для станций и усилительных подстанций радиотрансляционных узлов (выдержки из ГОСТ 5968—51)

Наименование показателей	Единица измерения	Класс		
		I	II	III
Номинальная мощность на выходе усилителя, не более	<i>вт</i>	Не нормируется	800	20
Номинальные эффективные напряжения (абсолютные уровни напряжения) на входных зажимах усилителя:				
а) на входе для микрофона, не более	<i>мв (дб)</i>	0,5 (— 64)	0,6 (— 62,2)	Не нормируется
б) на входе для звукоснимателя, не более	<i>мв (дб)</i>	150 (— 14,2)	150 (— 14,2)	»
в) на входе для радиоприемника, не более	<i>мв (дб)</i>	775(0)	775(0)	»
г) на входе для соединительной линии, не более	<i>мв (дб)</i>	775(0)	775(0)	»
Номинальные эффективные напряжения на выходных зажимах усилителя:				
а) для усилителей с номинальной мощностью до 100 <i>вт</i> включительно	<i>в</i>	30	30	15 и 30

Продолжение таблицы 2-7

Наименование показателей	Единица измерения	Класс		
		I	II	III
б) для усилителей с номинальной мощностью свыше 100 до 800 <i>вт</i> включительно	в	120	120	—
в) для усилителей с номинальной мощностью свыше 800 <i>вт</i>	в	240	—	—
Рабочий диапазон частот, не менее	гц	50—10000	60—8000	100—5000
Неравномерность частотной характеристики коэффициента усиления относительно номинального коэффициента усиления (при уровне на входе на 6 дБ ниже номинального), в рабочем диапазоне частот, не более	дБ	— 2,0	— 3,0	— 5,0
Коэффициент нелинейных искажений:				
а) на частотах до 100 <i>гц</i> включительно, не более	%	4,0	10,0	—
б) на частотах свыше 100 <i>гц</i> , не более	%	2,5	4,0	8,0
Отношение значения номинального напряжения на выходе усилителя к значению напряжения собственного шума на выходе усилителя, не менее	—	560	320	100

Продолжение таблицы 2-7

Наименование показателей	Единица измерения	Класс		
		I	II	III
Номинальный промышленный к. п. д., не менее:				
а) для усилителей с питанием от источников постоянного тока	%	—	30	30
б) для усилителей с питанием от источников переменного тока (с учетом к. п. д. выпрямителей):				
для усилителей с номинальной мощностью до 100 <i>вт</i> включительно	%	12	12	—
для усилителей с номинальной мощностью свыше 100 до 800 <i>вт</i> включительно	%	30	30	—
для усилителей с номинальной мощностью свыше 800 до 5000 <i>вт</i> включительно	%	35	—	—
для усилителей с номинальной мощностью свыше 5000 <i>вт</i>	%	40	—	—

Таблица 2-8

Основные электрические параметры радиолобительских УНЧ

Параметр	Нормы по группам			
	I	II	III	IV
Номинальная выходная мощность, <i>вт</i>	10	5 — 10	2 — 4	2
Рабочий диапазон частот, <i>гц</i>	40 — 20 000	60 — 12 000	80 — 10 000	100 — 7 000
Коэффициент нелинейных искажений, %:				
на частотах до 200 <i>гц</i>	3,5	5	5	7
на частотах свыше 200 <i>гц</i>	1	3	3	5
Пределы регулирования тембра, <i>дб</i> :				
на верхних частотах	± 10	± 6	± 6	± 10
на нижних частотах	± 10	± 6	± 6	—
Чувствительность, <i>мв</i>	200	200	200	250

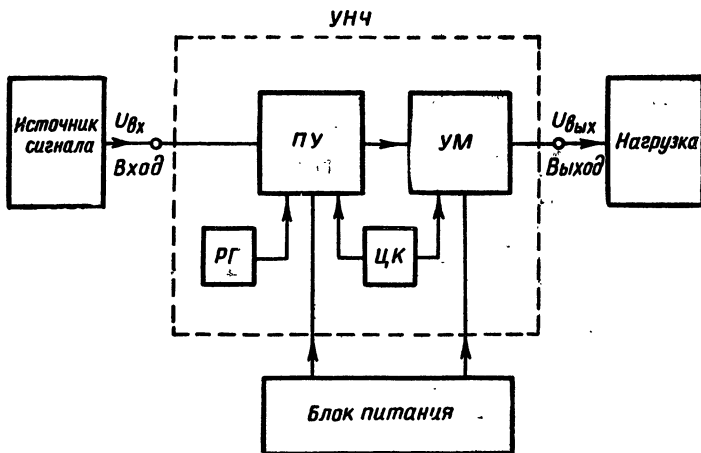


Рис. 2-3. Блок-схема усилителя низкой частоты.

2-3. Элементы блок-схемы УНЧ и их показатели

Основными элементами блок-схемы УНЧ (рис. 2-3) являются: предварительный усилитель (усилитель напряжения) — ПУ и мощный (оконечный) усилитель — УМ. К дополнительным элементам УНЧ относятся регулятор громкости (РГ) и цепи коррекции (ЦК).

Мощный усилитель служит для создания необходимой мощности в нагрузке и содержит оконечный и предоконечный каскады.

Предварительный усилитель предназначен для «раскачки» мощного, т. е. для получения необходимого напряжения на входе мощного усилителя, и содержит входной и промежуточные каскады.

Регулятор громкости предусматривается для изменения пределов усиления.

Цепи коррекции используются для изменения частотной характеристики усилителя в нужном направлении.

Усилительные каскады. Оконечные каскады делятся по построению схемы, по режиму работы и по виду нагрузки.

По построению схемы они бывают однотактными и двухтактными.

По режиму работы оконечные каскады могут работать в трех различных режимах, называемых классами: А, В и АВ. Эти режимы отличаются выбором рабочей точки усилительного прибора (лампы или транзистора). Для электронных ламп при работе в режиме класса А (рис. 2-4, а) рабочая точка выбирается примерно посередине прямолинейной части анодно-сеточной характеристики лампы, и анодный ток протекает через лампу в течение всего периода входного сигнала. В режиме класса В (рис. 2-4, б) рабочая точка выбирается на нижнем сгибе анодно-сеточной характеристики и анодный ток покоя равен нулю. При наличии входного сигнала анодный ток протекает через лампу только в течение положительного полупериода сигнала. Идеальный режим класса В, при котором анодный ток покоя равен нулю, трудно осуществить. Поэтому используют практически осуществимый режим класса АВ (рис. 2-4, в), занимающий промежуточное положение между режимами классов А и В. Режимы при работе с сеточными токами обозначают индексами 2: классы A_2 , AB_2 и B_2 (в отличие от A_1 , AB_1 и B_1 при работе без сеточных токов). Для транзисторов могут быть использованы те же режимы (для коллекторного тока).

По виду нагрузки оконечные каскады бывают трансформаторные, в которых согласование нагрузки с выход-

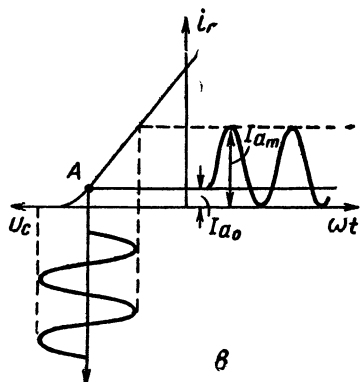
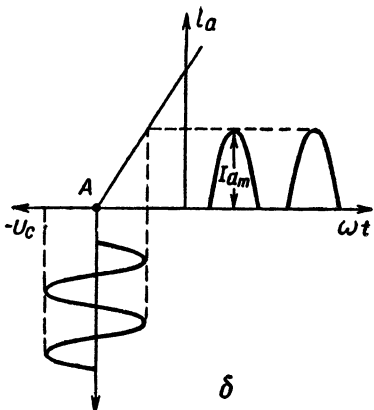
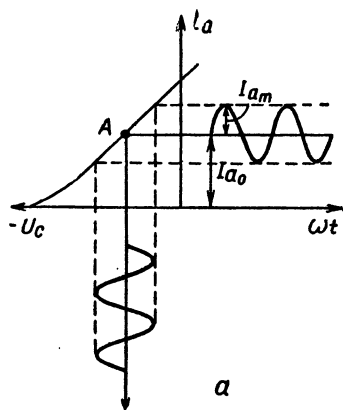


Рис. 2-4. Классы усиления:
 а — класс А; б — класс В; в —
 класс АВ.

ной цепью усилительного прибора осуществляется с помощью трансформаторов, и бестрансформаторные, в которых нагрузка включается непосредственно в выходную цепь усилительного прибора.

Предоконечные каскады служат для возбуждения оконечных. Для возбуждения двухтактных оконечных каскадов предоконечные должны создавать два противофазных напряжения (одинаковых по амплитуде, но сдвинутых по фазе на 180°). Такие каскады называются фазоинверсными. Предоконечные каскады различаются по виду нагрузки — резистивные, трансформаторные и дроссельные; по построению схемы — одноктактные и двухтактные (в усилителях большой мощности).

Каскады предварительных усилителей, входные и промежуточные, делятся по виду нагрузки (резистивные, трансформаторные и дроссельные) и по построению схемы. В мощных усилителях каскады предварительных усилителей делаются двухтактными из-за меньшей восприимчивости к внешним полям.

Общими параметрами для всех каскадов являются: рабочий диапазон частот, определяемый рабочим диапазоном всего УНЧ; неравномерность частотной характеристики (по напряжению) каскада устанавливается для каждого каскада в зависимости от его назначения. Неравномерность частотной характеристики УНЧ в целом определяется как сумма неравномерностей частотных характеристик отдельных его каскадов. Обычно задаются коэффициентами частотных искажений в области нижних (M_n) и верхних частот (M_v).

Специфическими параметрами для оконечных каскадов являются: номинальная отдаваемая мощность ($P_{2\text{ ном}}$); коэффициент нелинейных искажений (k_r); выходное сопротивление ($R_{\text{вых}}$); электрический к. п. д. (η); использование усилительного прибора по мощности;

мощность возбуждения ($P_{вх}$) и коэффициент усиления по мощности (k_p).

Первые три показателя при отсутствии выходного трансформатора определяют соответствующие параметры всего УНЧ ($P_{вых. ном}$, k_T и $R_{вых}$).

Электрический к. п. д. — отношение $P_{2 ном}$ к мощности, потребляемой выходной цепью усилительных приборов оконечного каскада (анодной — для ламп или коллекторной — для транзисторов).

Использование усилительного прибора по мощности — отношение мощности, отдаваемой усилительным прибором, к его допускаемой мощности рассеяния (P_a для лампы или P_K — для транзистора).

Мощность возбуждения — мощность, потребляемая входной цепью оконечного каскада от предоконечного.

Коэффициент усиления каскада по мощности — отношение $P_{2 ном}$ к мощности возбуждения.

Последние два показателя — $P_{вх}$ и k_p важны при выборе предоконечного каскада.

Показатели оконечных каскадов зависят от построения схемы, используемых усилительных приборов, режима их работы, а также от сопротивления нагрузки.

Для каскадов предварительных усилителей специфическими параметрами являются коэффициент усиления каскада по напряжению (k) и коэффициент усиления каскада по мощности (k_p).

Коэффициент усиления каскада по напряжению (k) — отношение напряжения усиливаемого сигнала на выходе каскада к напряжению сигнала на входе каскада.

Коэффициент усиления каскада по мощности (k_p) — отношение мощности усиливаемого сигнала на выходе каскада к мощности сигнала на входе каскада. Используется для оценки каскадов транзисторных усилителей.

Уровень фона и шума — важный показатель для входных каскадов, в основном определяющий уровень фона и шума всего УНЧ в целом.

Входное сопротивление каскада — сопротивление для токов звуковой частоты, измеренное между входными зажимами каскада.

Выходное сопротивление каскада — сопротивление для токов звуковой частоты, измеренное между выходными зажимами каскада.

Регуляторы громкости делятся:

по характеру действия — плавные и ступенчатые. Ступенчатые регуляторы дают возможность регулировать уровень сигнала при наличии у усилителя различных входов;

по месту установки — входные, устанавливаемые во входной цепи УНЧ, и промежуточные, устанавливаемые между каскадами усилителя;

по наличию тонкомпенсации — компенсированные и простые. Тонкомпенсация создает неизменный для слуха тембр звучания при различной громкости воспроизведения.

В стереофонических усилителях регуляторы громкости обоих каналов делаются объединенными (спаренными).

Основными параметрами, характеризующими регуляторы громкости, служат: диапазон регулирования громкости и действие тонкомпенсации при регулировании громкости (см. табл. 2-3).

В радиовещательных приемниках и электрофонах высшего и I класса должны применяться регуляторы громкости с тонкомпенсацией.

Цепи частотной коррекции бывают нерегулируемые и регулируемые.

Нерегулируемые цепи используются для коррекции: зависимости сопротивления громкоговорителя

от частоты; частотной характеристики сквозного канала магнитофонов; частотной характеристики звукоснимателя и др. целей.

Необходимость в коррекции частотной характеристики сквозного канала магнитофонов вызвана тем, что в усилителях записи корректирующие цепи создают (при записи) специальные предыскажения частотной характеристики, осуществляя завал верхних частот. В усилителях воспроизведения с помощью соответствующих цепей коррекции обеспечивается необходимое исправление частотной характеристики — подъем верхних частот.

Коррекция частотной характеристики звукоснимателя связана с необходимостью при воспроизведении пластинок осуществлять подъем нижних частот, так как при записи создаются соответствующие предыскажения частотной характеристики.

Регулируемые цепи частотной коррекции — регуляторы тембра бывают плавные и ступенчатые (тон-регистры).

Плавные регуляторы тембра дают возможность изменять в определенных пределах усиление крайних частот диапазона (нижних и верхних) в зависимости от желания слушателя.

Плавные регуляторы тембра делятся по назначению и по сложности.

По назначению бывают регуляторы тембра верхних частот (допускающие изменение только верхних частот диапазона); нижних частот (изменяющие только нижние частоты) и комбинированные регуляторы, допускающие изменение не только верхних и нижних частот, но и частотной характеристики на средних фиксированных частотах.

По сложности бывают простые регуляторы тембра, допускающие только ослабление нижних или верхних

частот, и сложные, допускающие как ослабление, так и подъем нижних или верхних частот.

Тонрегистры изменяют частотную характеристику сразу в нужном направлении в зависимости от прослушиваемой программы. Имеют различные фиксированные положения: «Речь», «Оркестр», «Джаз», «Басы», «Соло». Изменение частотной характеристики при различных положениях тонрегистра показано ниже:

Положение тонрегистра	Нижние частоты		Верхние частоты
«Речь»	Резкое ослабление		
«Оркестр»	Без изменения		
«Джаз»	Без изменения	Резкий подъем	
«Басы»	Резкий подъем	Без изменения	
«Соло»	Незначительный подъем		

Основным показателем, характеризующим цепи коррекции, служат пределы регулирования тембра (табл. 2-3).

В радиовещательных приемниках и электрофонах высшего, I и II классов обязательно применение отдельных регуляторов тембра верхних и нижних частот, а III класса — только регуляторов тембра верхних частот.

В стереофонических усилителях регуляторы тембра обоих каналов. делаются объединенными (спаренными).

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМПАХ

2-4. Элементы усилительного каскада

Усилительный каскад УНЧ на электронных лампах содержит электронную лампу, нагрузку, цепи питания и элементы связи с последующим каскадом (если это не окончательный каскад).

Нагрузки усилительных каскадов по своему характеру могут быть трех типов: резисторы, трансформаторы и дроссели. В зависимости от этого различаются и типы каскадов — резистивные, трансформаторные и дроссельные.

Электронные лампы для усилительных каскадов могут быть включены по трем различным схемам: с общим катодом (ОК), общим анодом (ОА) и общей сеткой (ОС). Эти схемы отличаются (для усиливаемых токов звуковой частоты) способом соединения общей точки входной и выходной цепи. В зависимости от схемы включения лампы резко изменяются свойства усилительного каскада: коэффициент усиления по напряжению, входное и выходное сопротивления.

Схема с общим анодом, называемая также катодным повторителем (рис. 2-5, б), имеет наибольшее входное и наименьшее выходное сопротивления, но не усиливает напряжения ($k < 1$). Поэтому схема используется только в ряде специальных случаев (в частности, в фазоинверсных каскадах с разделенной нагрузкой).

Схема с общей сеткой (рис. 2-5, в) имеет очень малое входное сопротивление (сотни *ом*) и поэтому в УНЧ применяется крайне редко (в частности, в фазоинверсных каскадах с катодной связью и в каскодных схемах).

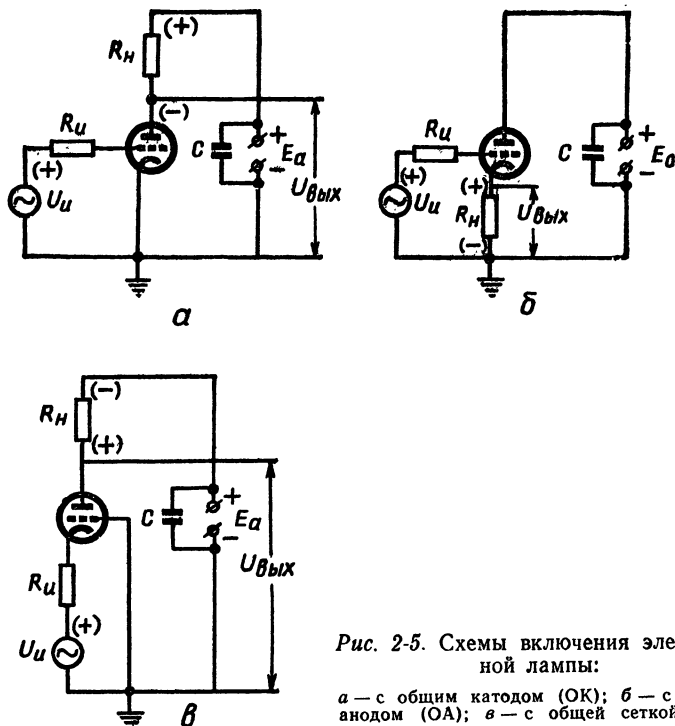


Рис. 2-5. Схемы включения электронной лампы:

a — с общим катодом (ОК); *б* — с общим анодом (ОА); *в* — с общей сеткой (ОС).

Схема с общим катодом (рис. 2-5, *a*) характеризуется сравнительно высоким входным сопротивлением и большим усилением по напряжению. Она получила исключительное применение в схемах УНЧ. Отличительная особенность схемы — 180° -ный сдвиг (на средних частотах) между входным и выходным напряжениями.

Цепи питания. Питание цепей управляющих сеток ламп чаще всего осуществляют индивидуально для каждого каскада с помощью резистора R_x (рис. 2-6), включаемого в цепь катода лампы. При прохождении через резистор анодного тока покоя лампы, I_{a0} (рис. 2-6, а), а также тока экранирующей сетки I_{c2} (рис. 2-6 б, в) на R_k создается падение напряжения, необходимое для смещения управляющей сетки U_{c1} . Такое смещение называют автоматическим. Блокировочный конденсатор C_k служит для устранения паразитной обратной связи через резистор R_k .

Питание цепей экранирующих сеток обычно осуществляют индивидуально для каждого каскада от источника анодного питания. Если напряжение экранирующей сетки U_{c2} меньше, чем анодное (E_a), то используют гасящий резистор R_z (рис. 2-6, б) или применяют делитель напряжения $R_{d1} - R_{d2}$ (рис. 2-6, в). Нужно чтобы ток, протекающий через делитель, I_d был

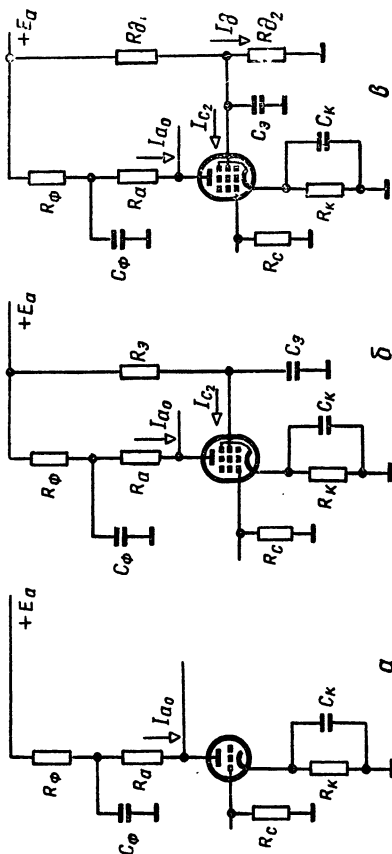


Рис. 2-6. Цепи питания усилительного каскада на электронной лампе:

а — на триоде; б, в — на пентоде.

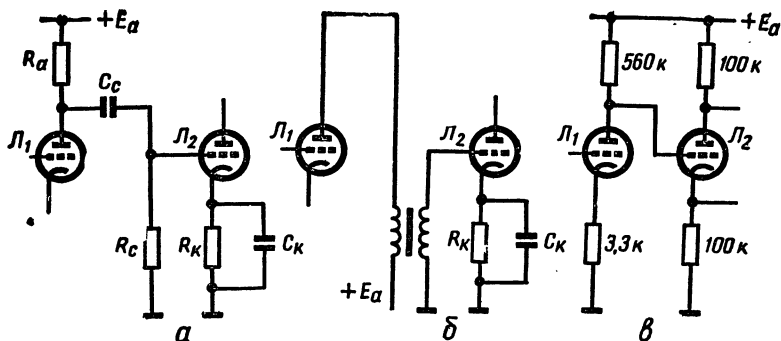


Рис. 2-7. Связь между усилительными каскадами на электронных лампах:

а — резистивно-емкостная; *б* — трансформаторная; *в* — непосредственная.

в несколько раз (2—5) больше тока экранирующей сетки лампы (I_{c_2}). Блокировочный конденсатор C_9 служит для устранения паразитной обратной связи на экранирующую сетку.

Питание цепей анодов ламп всех каскадов чаще всего осуществляется от одного источника. При этом анодные цепи всех каскадов обычно соединяются параллельно. Во избежание самовозбуждения усилителя за счет паразитной обратной связи через общий источник питания предусматриваются развязывающие фильтры $R_\Phi C_\Phi$. Резистор R_Φ включается последовательно с нагрузкой R_a , и на нем теряется часть анодного напряжения. Поэтому рекомендуется выбирать сопротивление резистора R_Φ в несколько раз меньше (2—10) сопротивления резистора R_a .

Выбор величин сопротивлений резисторов R_k , R_a , R_{d1} , R_{d2} и R_f , используемых в цепях питания, обусловлен требуемым режимом работы лампы и может быть произведен по соответствующим формулам (табл. 2-9).

Выбор емкостей конденсаторов C_{κ} , C_a и C_f обусловлен требованиями к частотной характеристике каскада (влияет на прохождение нижних частот) и может быть произведен по соответствующим формулам (табл. 2-9) для заданной нижней частоты диапазона F_n .

Элементы связи. Связь между каскадами может быть непосредственная или с помощью реактивных элементов: резистивно-емкостная и трансформаторная (рис. 2-7).

Связь с помощью реактивных элементов дает возможность снять с нагрузки только напряжение усищаемого сигнала, исключив постоянное напряжение, имеющееся на аноде лампы. Однако за счет реактивных элементов — емкости связи C_c или индуктивностей трансформатора L_1 и L_s — ухудшается частотная характеристика усилителя.

Непосредственная связь не содержит реактивных элементов и поэтому не вносит частотных искажений, но требует принятия специальных мер, чтобы исключить подачу постоянного напряжения на сетку лампы последующего каскада. Удобно использовать непосредственную связь при необходимости связать каскад с общим катодом и каскад с общим анодом (рис. 2-7, в).

Наибольшее распространение в предварительных усилителях имеет резистивно-емкостная связь (рис. 2-7, а) с помощью цепочек C_c — R_c . Выбор величин емкости конденсатора связи C_c и сопротивления утечки R_c обусловлен требованиями к частотной характеристике каскада (см. 2-5).

Т а б л и ц а 2-9

Расчетные формулы и ориентировочные значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, используемых в цепях питания предварительных каскадов УНЧ

Формула	Порядок величин
$R_K = \frac{U_{c1}}{I_a + I_{c2}}$	0,5—10 <i>ком</i>
$R_3 = \frac{E_a - U_{c2}}{I_{c2}}$	100—2000 <i>ком</i>
$R_{д1} = \frac{E_a - U_{c2}}{I_{c2} + I_d}$	25—500 <i>ком</i>
$R_{д2} = \frac{U_{c2}}{I_d}$	10—150 <i>ком</i>
$C_K \geq \frac{(1 - 2) \cdot 10^3}{F_H \cdot R_K}$	20—50 <i>мкф</i>
$C_3 \geq \frac{(0,5 - 1) \cdot 10^3}{F_H \cdot R_3}$	0,05—0,1 <i>мкф</i>
$C_\Phi \geq \frac{(2 - 5) \cdot 10^3}{F_H \cdot R_\Phi}$	0,25—30 <i>мкф</i>

Размерность величин: *ком*, *мкф*, *в*, *ма*, *гц*.

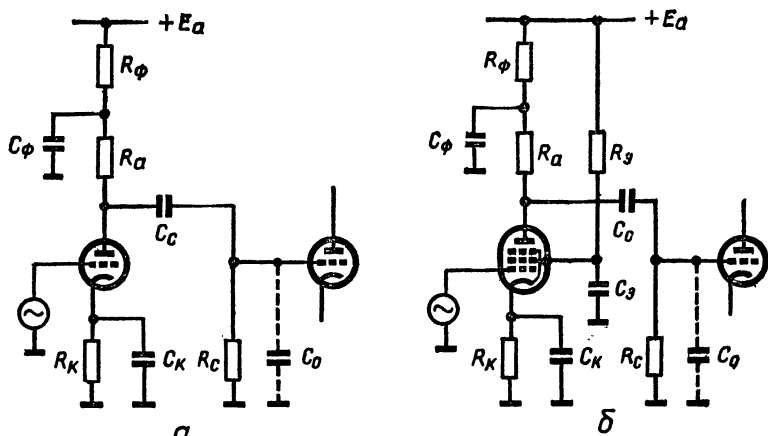


Рис. 2-8. Принципиальная схема резистивного каскада:

а — на триоде; б — на пентоде.

2-5. Каскады предварительных усилителей

Резистивные каскады. Схема резистивного каскада показана на рис. 2-8. Нагрузкой каскада служит резистор R_a , включенный в цепь анода лампы.

Частотная характеристика каскада неравномерна: ослабляются («заваливаются») как нижние, так и верхние частоты. Ослабление нижних частот обусловлено влиянием конденсатора связи C_c , а ослабление верхних — влиянием паразитной емкости C_0 , включенной (для токов звуковой частоты) параллельно нагрузке лампы. Емкость C_0 включает выходную емкость лампы каскада, входную емкость лампы последующего каскада и емкость монтажа. Обычно C_0 имеет порядок 100—200 пф. Для улучшения прохождения нижних частот

следует увеличивать емкость C_c , а для верхних — снижать C_0 или уменьшать величину R_a .

Коэффициент усиления каскада в области средних частот зависит от сопротивления анодной нагрузки R_a и от параметров лампы (μ , R_i и S).

При выборе элементов схемы в качестве электронных ламп для резистивных каскадов рекомендуются триоды с большим коэффициентом усиления μ (6Н2П, 6Н1П). При использовании триодов для получения высокого значения k_0 сопротивление R_a выбирается в 2—3 раза больше внутреннего сопротивления лампы R_i — в пределах 47—220 *ком*. При этом $k_0 = (0,6—0,7)\mu$. При необходимости получить в одном каскаде усиление более 100 могут быть использованы пентоды с короткой характеристикой (6Ж1П, 6Ж3П). При этом $k_0 \cong S \cdot R_a$.

По заданному значению k_0 выбирается тип лампы, режим ее работы и определяется сопротивление R_a . Ориентировочно это может быть сделано с помощью табл. 2-10, 2-11. Из этих же таблиц могут быть найдены рекомендуемые значения сопротивлений R_k и R_a , определяющих режим лампы по постоянному току.

Сопротивление утечки R_c рекомендуется выбирать в 5—10 раз больше сопротивления R_a — в пределах 0,5—2 *Мом*, но не выше значений, указываемых в справочных сведениях для выбранных ламп.

Выбор емкости C_c зависит от величины R_c и обусловлен требованиями к частотной характеристике каскада. Ориентировочно значение C_c можно выбрать по табл. 2-12, предполагая, что коэффициент частотных искажений M_H не должен превышать 0,8 (2 *дб*). При других значениях M_H емкость C_c может быть рассчитана по соответствующей формуле. По ряду причин желательно выбирать емкость C_c не более 0,1—0,2 *мкф*.

Емкость C_k выбирается в пределах 20—50 *мкф*, а C_a —

0,05—0,1 мкф. Расчет этих емкостей может быть произведен по формулам табл. 2-9.

$$k_0 = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + R_i}; \quad C_{с (мкф)} = \frac{150}{F_{н (гц)} \cdot R_{с (ом)}} \sqrt{\frac{1}{M_n^2} - 1}.$$

(для триодов)

Во входных резистивных каскадах УНЧ с высокой чувствительностью, у которых источником сигнала служит микрофон, применяются специальные меры по снижению уровня шума и фона.

Для снижения уровня шума стремятся получить большое усиление от входного каскада и применять маломощные лампы. Для усиления используют пентоды с короткой отсечкой или применяют каскодную схему. В качестве пентода рекомендуется использовать специальную маломощную лампу 6Ж32П (рис. 2-9, а). В каскодной схеме (рис. 2-9, б) лампа L_1 используется по схеме с ОК, а L_2 — по схеме с ОС. По постоянному току обе лампы соединены последовательно. Подобная схема обеспечивает большое усиление при малом уровне шума. Одним из способов снижения уровня шума является включение регулятора громкости не во входную цепь, а между I и II каскадами УНЧ.

Для снижения уровня фона:

а) смещают управляющую сетку лампы сеточным током с помощью резистора 5,0—10,0 Мом (рис. 2-9, а, г). При этом заземляется катод лампы;

б) используют отдельную обмотку накала для лампы входного каскада, а на катод лампы подают положительный потенциал (15—20 в) относительно подогревателя

Таблица 2-10

Данные резистивных каскадов на триодах

Тип лампы	$E_a, \text{ в}$	$R_a, \text{ ком}$	$R_k, \text{ ком}$	k_o
6Н1П	120—230	47	1	11—15
		100	2,2	
		220	6,2	
	230—280	47	1	16—22
		100	1,5	
		220	4,7	
6Н2П	180—230	100	1	30—45
		220	2	
	230—280	100	1	40—55
		220	2	
6Ф1П (триодная часть)	150—250	47	1	14—20
		100	3	
		220	4,7	
6Ф3П (триодная часть)	150—250	47	1	14—20
		100	3	
		220	4,7	
6И1П (триодная часть)	150—250	47	1	11—15
		100	1,5	
		220	3,3	

Таблица 2-11

Данные резистивных каскадов на пентодах

Тип лампы	$E_a, \text{ в}$	$R_a, \text{ ком}$	$R_k, \text{ ом}$	$R_g, \text{ ком}$	$k_0,$
6ЖЗП	100—150	100	560—680	470—680	100—140
		220	560—680	470—680	150—180
		470	1500—2200	1000—2000	180—220
	200—250	100	560—680	470—680	150—190
		220	560—680	470—680	200—280
		470	1500—2200	1000—2000	280—340
6Ф1П (пентод- ная часть)	150—250	100	560—680	470—680	100—150
		220	560—680	470—680	160—200
		470	1000—2000	1000—2000	200—240

Таблица 2-12

Емкость разделительного конденсатора C_c

$R_c, \text{ Мом}$	При низшей частоте $F_H, \text{ гц}$			
	30	70	100	200
0,5	0,025 мкф	0,015 мкф	0,01 мкф	5100 пф
1,0	0,015 »	6200 пф	4300 пф	2000 »
2,0	6200 пф	3000 »	2000 »	1000 »

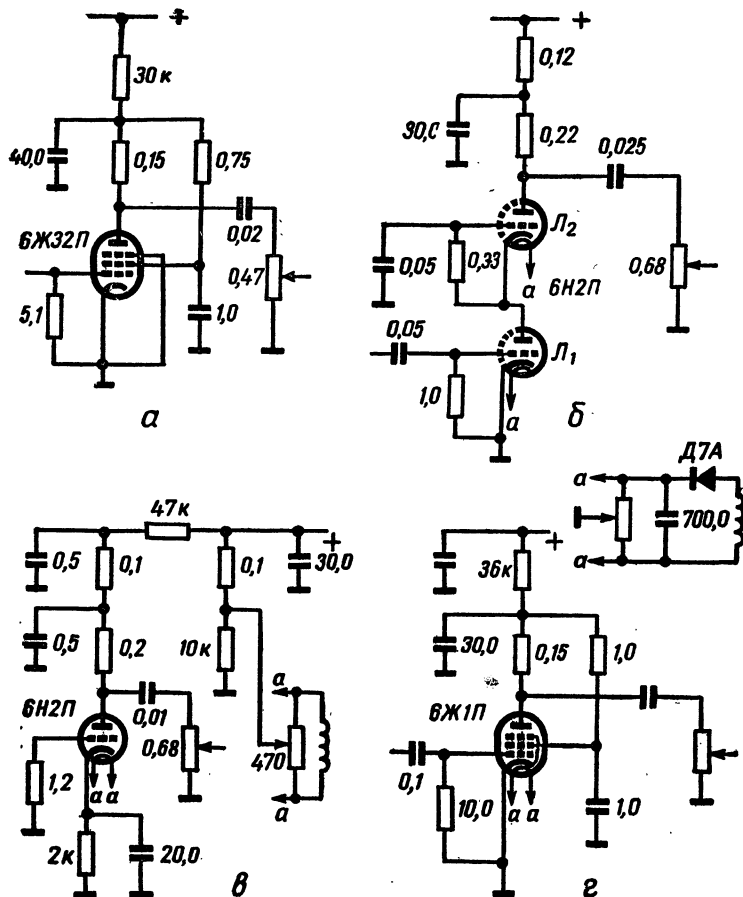


Рис. 2-9. Схемы входных резистивных каскадов на электронных лампах:

а — на малошумящем пентоде 6Ж32П; **б** — каскодная; **в** — с отдельной обмоткой накала; **г** — с питанием подогревного катода постоянным током.

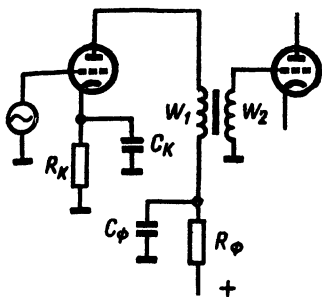


Рис. 2-10. Принципиальная схема трансформаторного каскада.

(рис. 2-9, в). С помощью подбора средней точки добиваются снижения уровня фона. Если уровень фона все же велик, то питание подогревных катодов ламп производится постоянным током от отдельного выпрямителя (рис. 2-9, г);

в) улучшают фильтрацию анодного напряжения с помощью дополнительных RC -фильтров, используемых одновременно в качестве развязывающих;

г) тщательно экранируют входной каскад и располагают его как можно дальше от силового и выходного трансформаторов, а также дросселей фильтров. Каскад должен быть соединен с экраном только в одной точке. Не рекомендуется использовать шасси усилителя в качестве заземляющего проводника.

Трансформаторные каскады. Схема трансформаторного каскада показана на рис. 2-10. Нагрузкой каскада служит трансформатор, первичная обмотка которого включена в цепь анода лампы.

Частотная характеристика каскада неравномерна: ослабляются как нижние, так и верхние частоты. Ослабление нижних частот обусловлено влиянием индуктивно-

сти первичной обмотки трансформатора L_1 , а ослабление верхних — влиянием индуктивностей рассеяния обмоток L_s . Для улучшения частотной характеристики каскада требуются трансформаторы с большим значением L_1 и малым значением L_s . Это приводит к удорожанию трансформаторов, увеличению их габаритов и веса.

Коэффициент усиления каскада в области средних частот зависит от коэффициента трансформации n ($n = \frac{w_2}{w_1}$) и от коэффициента усиления лампы μ :

$$k_0 \cong \mu \cdot n.$$

Трансформаторные каскады по сравнению с резистивными имеют: большие вес, габариты и стоимость; в них труднее получить хорошую частотную характеристику; они более чувствительны к внешним магнитным полям.

Однако с их помощью можно обеспечить: высокие выходные напряжения, превышающие 100—150 в (при напряжениях источника питания не более 250 в); выходные напряжения, изолированные от земли; симметричные напряжения; работу при сеточных токах последующего каскада и др.

Преимущества трансформаторных каскадов могут быть использованы только в специальных случаях. Поэтому эти каскады в предварительных усилителях применяются редко. Основное их применение — оконечные и предоконечные каскады мощных усилителей.

При выборе элементов схемы в качестве электронных ламп рекомендуются триоды с малым R_i (а следовательно, и с малым μ) или пентоды в триодном включении. За счет малого R_i может быть уменьшена индуктивность L_1 трансформатора, а значит, упрощен трансформатор.

При использовании трансформаторных каскадов в качестве промежуточных рекомендуется выбирать $n=2-4$.

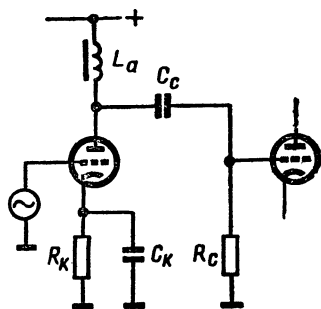


Рис. 2-11. Принципиальная схема дроссельного каскада.

Ориентировочные значения индуктивностей трансформатора: $L_1 = 20—40$ гн; $L_s = 0,2—0,4$ гн.

$$L_1 (\text{гн}) \cong \frac{R_t (\text{ом})}{6,3 F_n (\text{гц}) \sqrt{\frac{1}{M_n^2} - 1}}; \quad L_s \cong 0,01 L_1.$$

Дроссельные каскады. Схема дроссельного каскада показана на рис. 2-11. Нагрузкой каскада служит дроссель L_a , включенный в анодную цепь лампы.

Преимущество каскада по сравнению с резистивным: за счет малого сопротивления дросселя постоянному току увеличивается падение напряжения на лампе. Это дает возможность получить более высокое усиление.

Недостатки: частотная характеристика хуже, а стоимость деталей большая.

Дроссельные каскады в предварительных усилителях применяются крайне редко. Они используются в мощных блоках радиотрансляционных усилителей.

2-6. Каскады мощных усилителей

Однотактные оконечные каскады могут быть использованы только в режиме класса А. В этом режиме электрический к. п. д. может находиться в пределах 0,17—0,28 для триодов и 0,35—0,4 — для тетродов и пентодов. Использование электронной лампы по мощности имеет значение 0,17—0,28 для триодов и 0,35—0,4 для тетродов и пентодов. Коэффициент нелинейных искажений (без обратной связи) не превышает 2—3%.

Преимущества по сравнению с двухтактным: использование только одной лампы, простота схемы, малые нелинейные искажения.

Недостатки: низкое значение электрического к. п. д. и плохое использование электронной лампы по мощности.

Однотактные каскады используются при малых мощностях, для которых недостатки каскада незначительны. Обычно эти мощности не превышают 2—4 *вт* при сетевом питании и 0,1—0,15 *вт* при питании от автономных источников постоянного тока.

В зависимости от способа включения нагрузки могут быть трансформаторные и бестрансформаторные схемы.

Трансформаторная схема (типовая) показана на рис. 2-12, а. Назначение трансформатора — согласовать сопротивление нагрузки с оптимальным нагрузочным сопротивлением лампы (приведенным сопротивлением) R_a . Ультралинейная трансформаторная схема (рис. 2-12, б) использует отрицательную обратную связь на экранирующую сетку лампы. С этой целью делается отвод от части витков первичной обмотки выходного трансформатора (ψ_a). В результате резко снижаются нелинейные искажения.

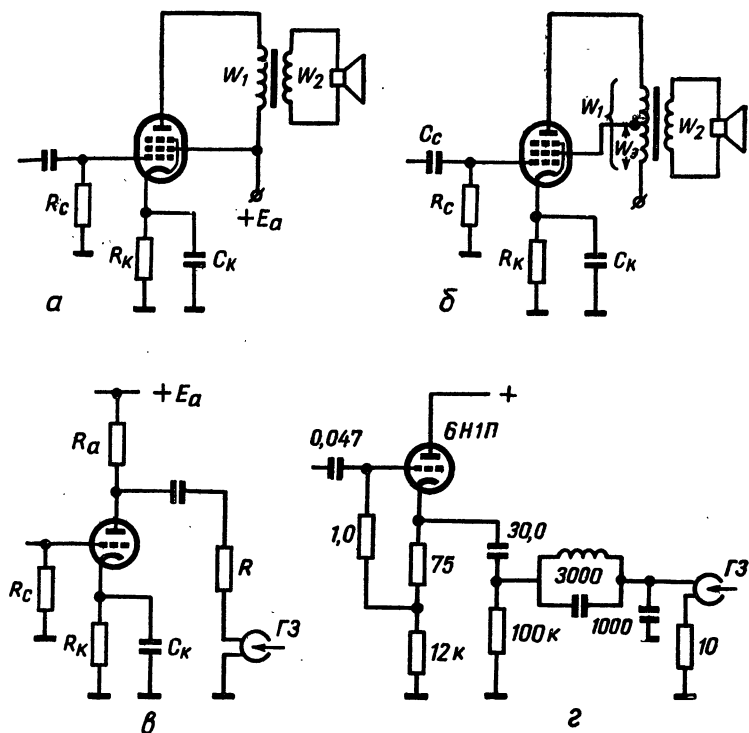


Рис. 2-12. Схемы одноканальных выходных каскадов:

а — типовая трансформаторная; б — ультралинейная трансформаторная; в — резистивная с общим катодом; г — резистивная с общим анодом.

При выборе элементов трансформаторной схемы в качестве электронных ламп рекомендуется применять лучевые тетроды и пентоды (6П1П, 6П14П, 6П18П), имеющие лучшие показатели по сравнению с триодами: большее

значение к. п. д., лучшее использование по мощности, меньшее напряжение возбуждения.

Для каждой лампы, используемой в оконечных каскадах, указывается рекомендуемый режим: номинальная выходная мощность, режим лампы по постоянному току, коэффициент нелинейных искажений, оптимальное сопротивление нагрузки. В зависимости от требуемой мощности может быть выбрана лампа и режим ее работы. При использовании лампы в не рекомендуемом режиме нужно произвести графо-аналитический расчет, используя статические анодные характеристики лампы (здесь не рассматриваются).

Выходной трансформатор ориентировочно может быть выбран по данным табл. 2-13, где указаны рекомендуемые режимы некоторых ламп, а также для трансформатора — сечение сердечника (S), число витков первичной обмотки (w_1), диаметры проводов первичной и вторичной обмоток (d_1 и d_2). Число витков вторичной обмотки (w_2) зависит от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя (R_n) и может быть рассчитано по приближенной формуле:

$$w_2 = 1,1 w_1 \sqrt{\frac{R_n}{R_a}}.$$

Для выбора выходного трансформатора можно воспользоваться также табл. 7-45, где приведены данные трансформаторов, используемых в радиовещательной аппаратуре.

Резистор R_k выбирается согласно табл. 2-13 или может быть рассчитан по формулам (табл. 2-9). Емкость C_k должна быть не менее 10 мкф для лампы 6П14П и не менее 5 мкф для остальных ламп. Сопротивление утечки R_c — в пределах 0,5—1,0 Мом (указывается в справочных сведениях для электронных ламп).

Выходной трансформатор может быть рассчитан по заданным значениям: $P_{\text{вых}}$ (вт); $M_{\text{н}}$ (дб); $F_{\text{н}}$ (гц); $R_{\text{н}}$ (ом); $R_{\text{а}}$ (ом) и $I_{\text{а}_0}$ (ма). В результате расчета определяются: ω_1 , ω_2 , d_1 , d_2 , размеры магнитопровода и длина немагнитного зазора l_3 (мм). Для ультралинейной схемы может быть определено положение отвода ω_3 .

Таблица 2-13

Данные однотактных выходных трансформаторных каскадов

Тип лампы	$E_{\text{а}},$ в	$I_{\text{а}},$ ма	$R_{\text{к}},$ ом	$P_{\text{вых}},$ вт	$R_{\text{а}},$ ком	$S,$ см ²	ω_1	$d_1,$ мм	$d_2,$ мм
6П1П	250	44	270	2,5	5	3,2	3000	0,12	0,51
6П14П	200	34	130	1,8	5,3	3,6	2600		
	250	47	120	3,0	4,8	5,4	2000		
6П18П	180	53	110	2,2	3	4	1600		
6Ф1П	170	10,5	150	0,35	15	4	2800		
6Ф3П	250	30	300	1,5	5	4	2400		

Для расчета по табл. 2-14 находят конструктивную постоянную A , а затем по табл. 7-43, 7-44 — размеры магнитопровода ($S_{\text{ст}}$, $l_{\text{м}}$ и $l_{\text{в}}$). Остальные величины определяются по формулам:

$$\omega_1 = k_1 \sqrt{\frac{R_{\text{а}} \cdot l_{\text{м}}}{S_{\text{ст}}}}; \quad \omega_2 = k_3 \cdot \omega_1 \sqrt{\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{а}}}}.$$

$$d_1 = k_2 \sqrt{\frac{\omega_1 \cdot l_{\text{в}}}{R_{\text{а}}}}; \quad d_2 = k_4 \sqrt{\frac{\omega_2 \cdot l_{\text{в}}}{R_{\text{н}}}}.$$

$$l_3 = 8\omega_1 \cdot I_{\text{а}_0} \cdot 10^{-7}; \quad \omega_3 = k_5 \cdot \omega_1.$$

Таблица 2-14

Конструктивные постоянные (А) магнитопроводов из электротехнической стали для выходных трансформаторов однотактных каскадов

$P_{\text{вых, вт}}$	$F_{\text{н, см}^2}$	$M_{\text{н, дб}}$			
		0,5	1,0	2,0	3,0
До 0,5	70	40	30	20	15
	100	30	20	12	10
	150	20	15	8	6
	200	15	9	6	5
	300	9	6	4	3
0,5—1,5	70	45	35	20	17
	100	35	25	15	12
	150	25	15	10	8
	200	20	10	7	5,5
	300	10	7	5	3,5
1,5—4	70	60	40	25	20
	100	40	30	20	15
	150	30	20	15	10
	200	20	15	10	7
	300	15	10	7	5

Коэффициент k_1 может быть определен по табл. 2-15, а коэффициенты k_2 , k_3 и k_4 — по табл. 2-16, k_5 выбирается равным 0,22 для лампы 6П14П или 0,11 — для 6П1П.

Бестрансформаторные схемы однотактных оконечных каскадов применяются, в частности, в усилителях записи

магнитофонов. Для этих усилителей в качестве выходных используются резистивные каскады по схеме с ОК или ОА (рис. 2-12, в, г).

Двухтактные оконечные каскады обычно используются в режимах АВ и В. В режимах АВ₁ и В₁ (без сеточных токов) электрический к. п. д. может находиться в пределах 0,3—0,6. Использование электронной лампы по мощности имеет значение 1—2 для триодов и 1,7—3 для тетродов и пентодов. Коэффициент нелинейных искажений (без обратной связи) имеет значение 3—7%. В режимах АВ₂ и В₂ (с сеточными токами) электрический к. п. д. достигает 0,5—0,7, а коэффициент нелинейных искажений (без обратной связи) — 5—10%.

Преимущества по сравнению с одноктактными: высокое значение электрического к. п. д., хорошее использование электронных ламп по мощности, отсутствие постоянного подмагничивания сердечника выходного трансформатора.

Т а б л и ц а 2-15

Коэффициент k_1

$F_{н, эц}$	$M_{н, об}$			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	50	40	33	30
100	40	35	27	25
150	35	30	23	20
200	30	25	20	17
300	25	20	16	14

Т а б л и ц а 2-16

Величины коэффициентов k_2 , k_3 , k_4

Коэффициенты	$P_{\text{вых}}, \text{ вт}$		
	До 0,5	0,5—1,5	1,5—4
k_2	0,038	0,042	0,047
k_3	1,2	1,16	1,12
k_4	0,032	0,037	0,043

Недостатки: наличие двух ламп, большие нелинейные искажения, необходимость в фазоинвертере для создания противофазных напряжений.

Двухтактные каскады используются при мощностях, превышающих 2—3 вт (при сетевом питании), когда их преимущества перед одноктактными становятся существенными. При мощностях до 20—50 вт используются режимы AB_1 и B_1 , а при больших мощностях — AB_2 и B_2 . Режимы AB_2 и B_2 имеют более высокий к. п. д., что существенно при больших мощностях, но имеют большие нелинейные искажения; усложняется предоконечный каскад, питание, так как требуются отдельные источники для питания цепей анодов, управляющих и экранирующих сеток.

В зависимости от способа включения нагрузки могут быть трансформаторные и бестрансформаторные схемы.

Трансформаторная схема (типовая) показана на рис. 2-13, а. Назначение трансформатора — согласовать сопротивление нагрузки с оптимальным нагрузочным сопротивлением лампы (приведенным сопротивлением R_a).

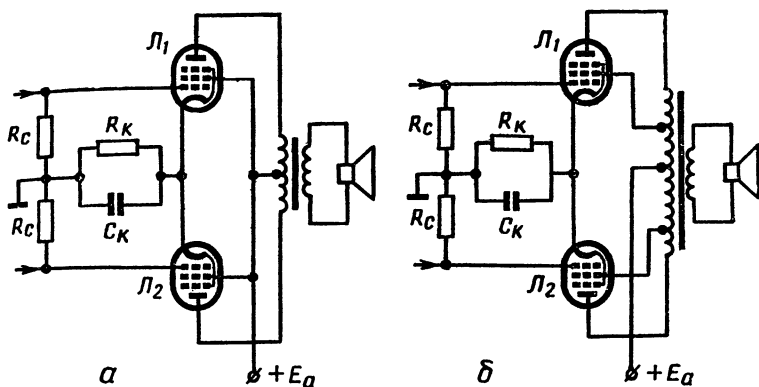


Рис. 2-13. Принципиальные схемы трансформаторных двухтактных оконечных каскадов:

a — типовая; *б* — ультралинейная,

В ультралинейной схеме (рис. 2-13, б) для снижения нелинейных искажений используют отрицательную обратную связь на экранирующую сетку. С этой целью, так же как и для однотактной схемы, делается отвод от части витков первичной обмотки выходного трансформатора (ω_3).

При выборе элементов трансформаторной схемы (для режимов без сеточных токов) в качестве электронных ламп, так же как и для однотактных каскадов, рекомендуется применять лучевые тетроды и пентоды, имеющие лучшие показатели по сравнению с триодами. Для каждой лампы, используемой в режимах АВ₁ или В₁, указывается рекомендуемый режим: номинальная выходная мощность; режим лампы по постоянному току; коэффициент нелинейных искажений; оптимальное сопротивление

ние нагрузки R_a (или сопротивление между анодами R_{aa}). В зависимости от требуемой мощности может быть выбрана лампа и режим ее работы. При использовании лампы не в рекомендуемом режиме требуется произвести графо-аналитический расчет, используя статические анодные характеристики лампы (здесь не рассматриваются).

Выходной трансформатор ориентировочно может быть выбран по данным табл. 2-17, где указаны рекомендуе-

Т а б л и ц а 2-17

Данные двухтактных выходных трансформаторных каскадов

Тип лампы	E_a , в	I_k^* , ма	R_k , ом	$P_{\text{вых}}$, вт	R_{aa} , ком	S , см ²	w_1	d_1 , мм	d_2 , мм
6П1П	250	75	200	6	9	6	1500×2	0,18	0,51
6П6С	250	92	200	8	10	6	1000×2	0,2	0,64
6ПЗС		130	130	11	5				0,72
6П14П	250	65	120	9	8	5	1500×2	0,2	0,64
6ФЗП		75	250	7	6				

мые режимы некоторых ламп, а также трансформаторов — сечение сердечника (S), число витков первичной обмотки (w_1), диаметры проводов первичной и вторичной обмоток (d_1 и d_2). Число витков вторичной обмотки (w_2) зависит от сопротивления звуковой катушки громкогово-

* I_k — суммарный ток, потребляемый от источника анодного питания в режиме покоя.

рителя (R_H) и может быть рассчитано по приближенной формуле:

$$\omega_2 = 1,1 \omega_1 \sqrt{\frac{R_H}{R_{aa}}}.$$

Для выбора выходного трансформатора можно воспользоваться также табл. 7-46, где приведены данные трансформаторов, используемых в радиовещательной аппаратуре.

Резистор R_K выбирается согласно табл. 2-17. Емкость C_K должна быть в пределах 20—100 мкф. Сопротивление утечки R_c — в пределах 0,5—1,0 Мом (указывается в справочных сведениях для электронных ламп).

Выходной трансформатор может быть рассчитан по заданным значениям: $P_{\text{вых}}$ (вт); M_H (дб); F_H (гц); R_H (ом); сопротивления между анодами R_{aa} (ом). В результате расчета определяются: ω_1 , ω_2 , d_1 , d_2 , размеры магнитопровода. Для ультралинейной схемы может быть определено положение отвода ω_3 .

Для расчета по табл. 2-18 находят конструктивную постоянную A , а затем по табл. 7-43, 7-44 — размеры магнитопровода ($S_{ст}$, l_M и l_B). Остальные величины определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= k_1 \sqrt{\frac{R_{aa} \cdot l_M}{S_{ст}}}; \quad \omega_2 = k_3 \cdot \omega_1 \sqrt{\frac{R_H}{R_{aa}}}. \\ d_1 &= k_2 \sqrt{\frac{\omega_1 \cdot l_B}{R_{aa}}}; \quad d_2 = k_4 \sqrt{\frac{\omega_2 \cdot l_B}{R_H}}. \\ \omega_3 &= 2k_5 \cdot \omega_1. \end{aligned}$$

Коэффициент k_1 может быть определен по табл. 2-19, а коэффициенты k_2 , k_3 и k_4 — по табл. 2-20. k_5 выбирается равным 0,22 для лампы 6П14П или 0,11 — для 6П1П.

Таблица 2-18

Конструктивные постоянные (А) магнитопроводов из электротехнической стали для выходных трансформаторов двухтактных каскадов (класс В)

$P_{\text{вых}}, \text{вт}$	$F_H, \text{гц}$	$M_H, \text{дб}$			
		0,5	1,0	2,0	3,0
1,5—4	70	20	15	10	8
	100	16	11	7	5
	150	11	7	4,5	3,5
	200	8	5	3,5	2,5
	300	5	3,5	2,5	2
4—12	70	30	25	15	10
	100	25	15	10	8
	150	15	10	6	4,5
	200	12	7	5	3,4
	300	7	5	3	2,5
12—30	70	45	30	20	16
	100	35	25	15	12
	150	20	15	10	7
	200	16	10	7	5
	300	12	8	5	3,5

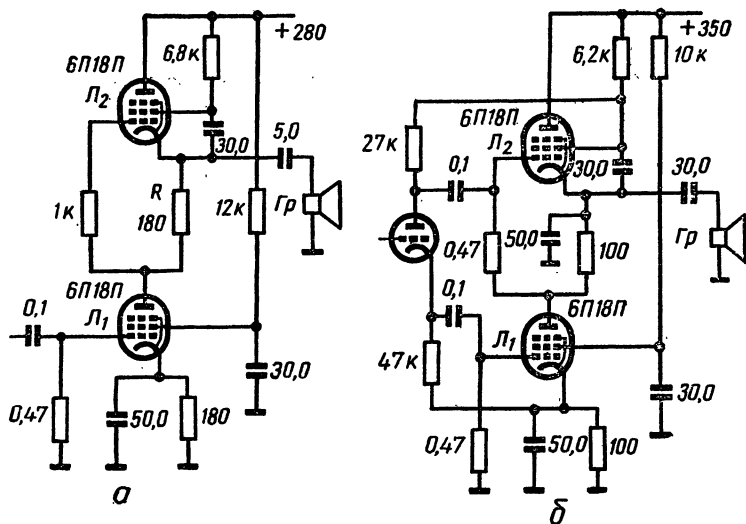


Рис. 2-14. Схемы бестрансформаторных двухтактных оконечных каскадов:

а — без фазоинвертера; *б* — с фазоинвертером.

Бестрансформаторные двухтактные схемы возможны в двух вариантах: с фазоинвертером (рис. 2-14, *б*) и без фазоинвертера (рис. 2-14, *а*). Для схемы без фазоинвертера возбуждение лампы L_2 производится от резистора R , включенного в катодную цепь лампы. Схема характеризуется большим коэффициентом нелинейных искажений и может быть использована только в режиме класса А.

Преимущества бестрансформаторных схем по сравнению с трансформаторными: устранение потерь, частотных и нелинейных искажений, вносимых трансформатором, снижение стоимости каскада.

Недостатки: для бестрансформаторных схем требуются специальные высокоомные громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки 100—200 *ом*; лампы L_1 и L_2 соединены по постоянному току последовательно, в связи с чем требуется удвоенное напряжение (по сравнению с трансформаторной схемой).

Для бестрансформаторных схем обычно используется лампа 6П18П, работающая при пониженных анодных напряжениях и имеющая малое внутреннее сопротивление. При напряжении $E_a = 300\text{—}350$ в каскад на этих лампах может отдать мощность 6—8 вт при коэффициенте нелинейных искажений 2—3 %.

Таблица 2-19

Коэффициент k_1

$F_{\text{н}}, \text{ гц}$	$M_{\text{н}}, \text{ дб}$			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	50	40	35	30
100	40	35	30	25
150	35	30	25	20
200	30	25	20	17
300	25	20	16	14

Фазоинверсные предоконечные каскады бывают резистивные, трансформаторные и дроссельные. Резистивные каскады используются для возбуждения двухтактных каскадов, работающих без сеточных токов (режимы

Таблица 2-20

Величины коэффициентов k_2 , k_3 , k_4

Коэффициенты	$P_{\text{вых}}, \text{вт}$		
	1,5—4	4—12	12—30
k_2	0,043	0,05	0,06
k_3	1,12	1,09	1,05
k_4	0,033	0,04	0,05

классов AB_1 и B_1), а трансформаторные и дроссельные — для работающих с сеточными токами (режимы классов AB_2 и B_2).

Резистивные каскады бывают трех типов: с разделенной нагрузкой, с общим катодом и с катодной связью.

В схеме с разделенной нагрузкой (рис. 2-15, а) требуемые противофазные напряжения создаются на резисторах R_1 и R_2 . Сопротивления этих резисторов выбираются равными. Резистор R_k обеспечивает необходимое напряжение смещения на управляющую сетку лампы. Преимущество схемы: наличие только одной лампы. Недостатки: малый коэффициент усиления ($k=0,85—0,95$), требуется повышенное напряжение анодного источника (280—320 в). Рекомендуемые значения сопротивлений R_1 , R_2 и R_k для некоторых типов ламп указаны в табл. 2-21.

В схеме с общим катодом (рис. 2-15, б, в) используются 2 лампы: L_1 и L_2 . За счет L_2 создается необходимый сдвиг фаз во втором плече, а L_1 образует обычный резистивный каскад. В схеме (рис. 2-15, б) делитель $R_1—R_2$ создает требуемое ослабление для второго плеча.

В автобалансной схеме (рис. 2-15, в) это ослабление создается за счет отрицательной обратной связи. В ней сопротивления резисторов R_1 , R_2 и R_3 практически выбирают равными 0,2—0,47 Мом.

В схеме с катодной связью (рис. 2-15, г) используются 2 лампы: L_1 и L_2 . В цепь катодов ламп включено сопротивление R_K . Переменное напряжение, создаваемое на этом сопротивлении, возбуждает лампу L_2 , включенную по схеме с ОС. Усиление обоих плеч получается практически одинаковым. Рекомендуемые значения анодных нагрузок R_1 , R_2 и сопротивления R_K приведены в табл. 2-21.

Таблица 2-21

Данные фазоинверсных резистивных каскадов

Тип лампы	E_a , в	R_1, R_2 , ком	R_K , ком
Схема с разделенной нагрузкой			
6Н1П	250—300	10—22	2
6Н2П	250—300	30—100	1—2
6Ф1П*	250—300	10—22	1—2
6И1П*	250—300	10—22	1—2
6Ф3П*	250—300	10—22	1—2
Схема с катодной связью			
6Н1П	250—300	100	2—3
6Н2П	250—300	220	4,7

* Триодная часть лампы.

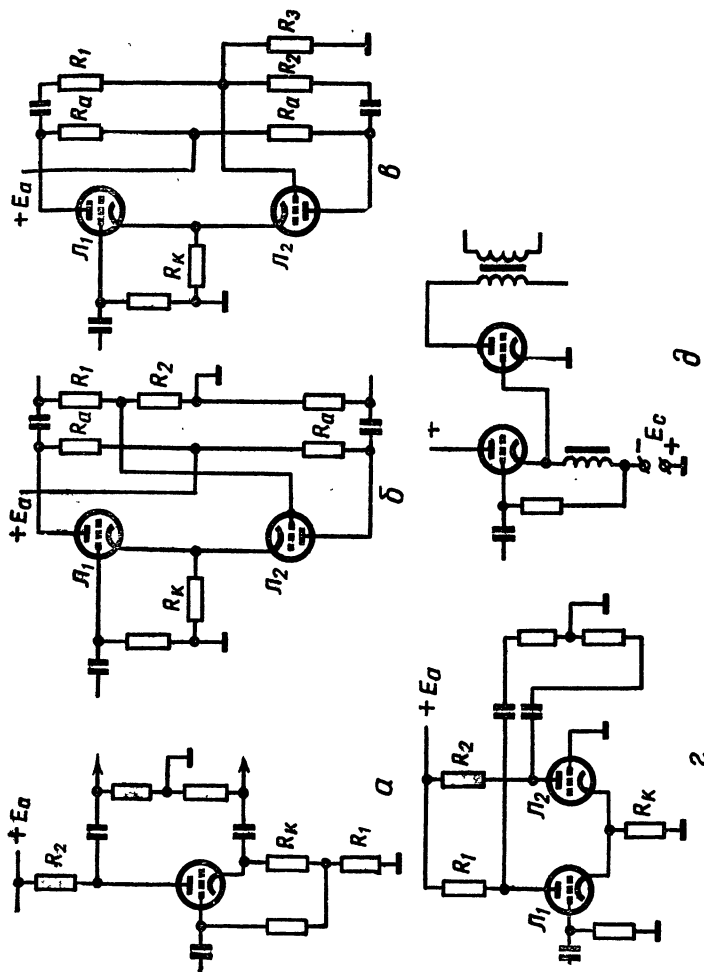


Рис. 2-15. Принципиальные схемы предоконечных каскадов:

а — с разделенной нагрузкой; **б** — с общим катодом; **в** — автобалансная; **г** — с катодной связью; **д** — дроссельного катодного повторителя.

Трансформаторные каскады не применяют в высококачественных усилителях большой мощности ввиду трудности охвата их отрицательной обратной связью и используют лишь в усилителях невысокого качества, где отрицательная обратная связь отсутствует или имеет небольшую глубину.

Дроссельные каскады используются в высококачественных усилителях. На рис. 2-15, *д* показана схема предоконечного каскада для одного плеча двухтактной схемы. Каскад, выполненный по схеме с ОА (катодный повторитель), не создает инверсию фазы, но обладает двумя преимуществами для возбуждения каскадов, работающих с сеточными токами: имеет малое выходное сопротивление переменному току, что обеспечивает малые нелинейные искажения; малое сопротивление постоянному току, что обеспечивает постоянство смещения ламп оконечного каскада.

2-7. Отрицательная обратная связь

Отрицательная обратная связь широко используется в УНЧ для улучшения их качественных показателей. Бывает местной, охватывающей только один усилительный каскад, и общей, охватывающей два (или более) каскада.

Местная обратная связь используется в оконечных каскадах для уменьшения нелинейных искажений; снижения выходного сопротивления; уменьшения уровня фона; повышения симметрии в двухтактных каскадах. Обратная связь может вводиться в цепи управляющей сетки, катода или экранирующей сетки выходной лампы. Различные способы осуществления обратной связи в выходных каскадах показаны на рис. 2-16: параллельная обратная связь по напряжению, вводимая в цепь управляющей сетки непосредственно с анода лампы

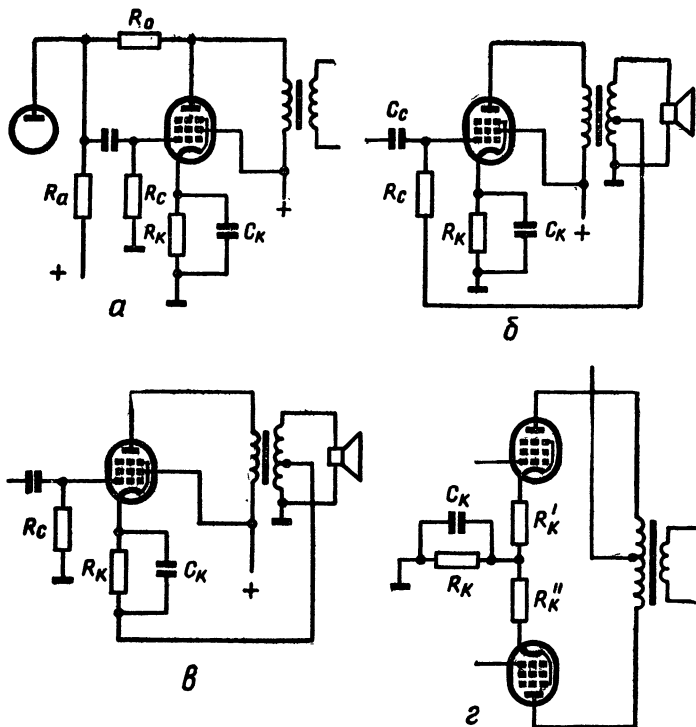


Рис. 2-16. Способы осуществления отрицательной обратной связи в выходных каскадах:

a — параллельная обратная связь по напряжению; *б*, *в* — последовательная обратная связь, используемая в однотактных каскадах; *г* — последовательная обратная связь, используемая в двухтактных каскадах.

(рис. 2-16, а); последовательная обратная связь по напряжению, вводимая в цепь управляющей сетки с использованием выходного трансформатора (рис. 2-16, б); последовательная обратная связь по напряжению, вводимая в цепь катода лампы с помощью выходного трансформатора (рис. 2-16, в). Обратная связь в цепи экранирующей сетки используется в ультралинейных каскадах (рис. 2-12, б; 2-13, б). В двухтактных каскадах для повышения симметрии схем используется последовательная обратная связь (рис. 2-16, г).

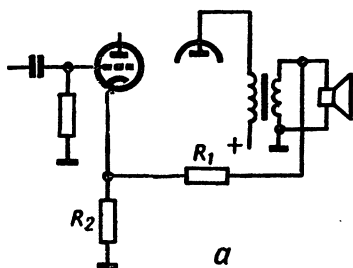
В предварительных и предоконечных каскадах местная обратная связь используется главным образом в цепях частотной коррекции (см. 2-8), а также в катодных повторителях (например, в фазоинверсном каскаде с разделенной нагрузкой, рис. 2-15, а).

Общая обратная связь используется в усилительных устройствах малой мощности при охвате двух или трех каскадов. Различные способы осуществления подобной обратной связи показаны на рис. 2-17. Частотно-зависимая обратная связь, используемая для коррекции частотных характеристик, рассмотрена в 2-8.

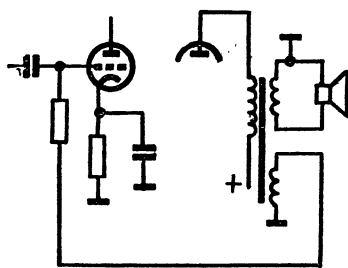
Глубина обратной связи характеризуется величиной $A = 1 + k \cdot \beta$, где k — коэффициент усиления каскадов усилителя, охватываемых обратной связью (при отклоненной цепи обратной связи), а β — коэффициент передачи цепи обратной связи. Для схемы (рис. 2-17, а)

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

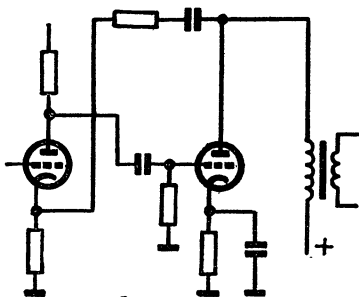
При введении отрицательной обратной связи в A раз уменьшается усиление усилителя, но одновременно улучшаются и качественные показатели: примерно в A раз снижаются коэффициент нелинейных искажений, уровень фона, выходное сопротивление и т. д.



a



б



в

Рис. 2-17. Способы осуществления отрицательной обратной связи при охвате нескольких каскадов:

a — с использованием вторичной обмотки выходного трансформатора;
б — с использованием отдельной обмотки; *в* — непосредственно с анода выходной лампы.

Предельное значение A ограничено устойчивостью УНЧ, так как на некоторых частотах отрицательная обратная связь может стать положительной и УНЧ самовозбудится. Для УНЧ небольшой мощности глубина обратной связи не должна превышать 2—3 (6—10 дБ). В мощных усилителях обратная связь охватывает до четырех каскадов и имеет глубину 10—16 (20—24 дБ).

При расчете элементов отрицательной обратной связи задаются требуемым значением A и по известному k определяют β .

Для устранения генерации на высоких частотах при введении отрицательной обратной связи вводят коррекцию: аноды ламп соединяют с катодом через небольшую емкость (200—500 $nф$) и непосредственно у анодного вывода в анодную цепь каждой лампы включают небольшие безреактивные резисторы (50—200 $ом$).

2-8. Регуляторы громкости и цепи частотной коррекции

Ступенчатые регуляторы громкости используются, в частности, в усилителях записи или универсальных усилителях магнитофонов для возможности включения на вход различных источников сигнала. Подобные регуляторы представляют собой делители напряжения с отводами (рис. 2-18, *а*). В некоторых усилителях вместо ступенчатого регулятора подключают микрофон на вход первого каскада, а линию и звукоусилитель — на вход второго каскада (рис. 2-18, *б*).

Плавные регуляторы громкости бывают простые и тонкомпенсированные. Простые регуляторы громкости включаются на входе первого каскада (рис. 2-18, *в*) или между каскадами (I и II или II и III). Включение между каскадами используется в чувствительных усилителях магнитофонов для ослабления воздействия внешних полей (рис. 2-18, *г*). Тонкомпенсированные регуляторы громкости используются во входных цепях высококачественных УНЧ радиовещательных приемников и электрофонов (рис. 2-18, *д*).

Цепи частотной коррекции. Для коррекции частотной характеристики используют частотно-зависимые нагрузки (элементы L , C , R) и частотно-зависимую обратную связь.

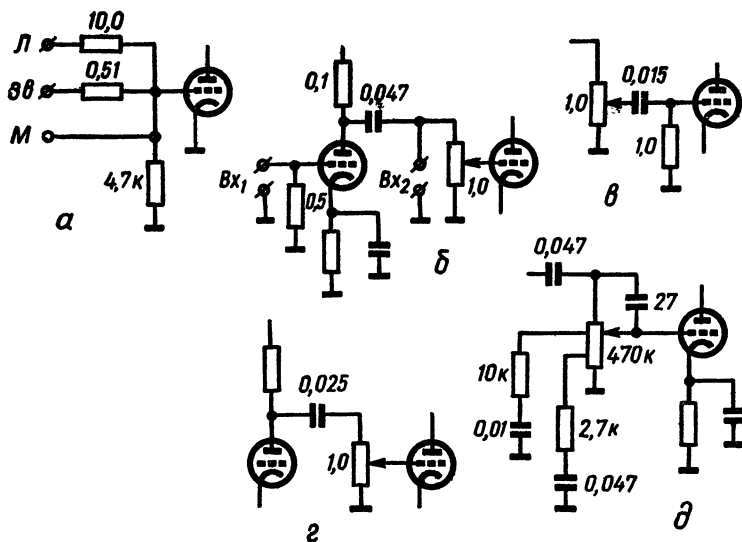


Рис. 2-18. Схемы регуляторов громкости, применяемых в ламповых УНЧ:

а — ступенчатый регулятор громкости; *б* — схема, использующая два входа усилителя; *в*, *г* — простые плавные регуляторы громкости; *д* — тонкомпенсированный регулятор громкости.

Принцип коррекции с помощью частотно-зависимых нагрузок основан на изменении сопротивления нагрузки усилителя, а следовательно, и его усиления в зависимости от частоты. Это достигается с помощью корректирующих цепочек. На рис. 2-19, *а* показана схема, в которой с помощью корректирующей цепочки $R_K C_K$, включенной параллельно нагрузке, результирующее сопротивление нагрузки уменьшается с ростом частоты. Такая схема

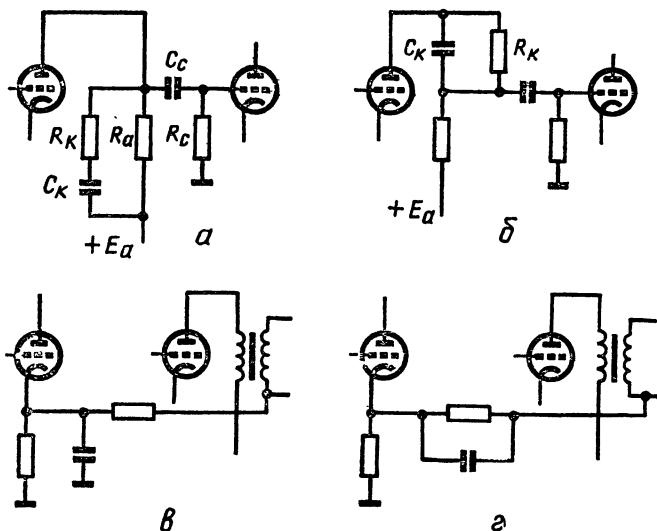


Рис. 2-19. Принципиальные схемы частотной коррекции:

а, г — для ослабления («завала») верхних частот; *б* — для завала нижних частот; *в* — для подъема верхних частот.

создает ослабление («завал») верхних частот. На рис. 2-19, *б* показана схема, где с помощью корректирующей цепочки $R_K C_K$, включенной последовательно с нагрузкой, с уменьшением частоты снижается напряжение, снимаемое с нагрузочного сопротивления R_a . Подобная схема создает завал нижних частот.

Принцип коррекции при использовании частотно-зависимой обратной связи заключается в том, что усиление, даваемое усилителем, снижается или повышается путем введения отрицательной обратной связи. На рис. 2-19, *в* показана схема, обеспечивающая при использовании час-

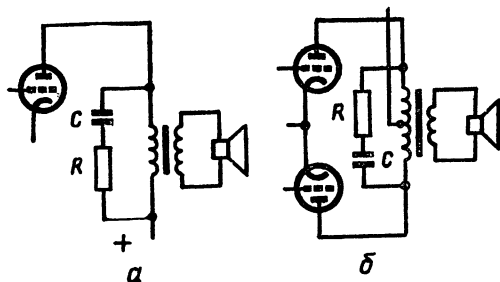


Рис. 2-20. Принципиальные схемы коррекции зависимости сопротивления громкоговорителя от частоты:

а — для однотактных каскадов; *б* — для двухтактных каскадов.

точно-зависимой обратной связи подъем верхних частот, а на рис. 2-19, *г* — завал верхних частот.

Нерегулируемые цепи частотной коррекции в УНЧ на электронных лампах используются для коррекции: зависимости сопротивления громкоговорителя от частоты, частотной характеристики сквозного канала магнитофонов, частотной характеристики звукоснимателя и др.

Коррекция зависимости сопротивления громкоговорителя от частоты осуществляется с помощью корректирующих цепочек RC (рис. 2-20, *а*). Сопротивление катушки громкоговорителя имеет индуктивный характер и возрастает с повышением частоты, а у корректирующей цепочки падает. В результате при правильном подборе элементов цепи сопротивление разветвления в широком диапазоне частот остается почти неизменным. Аналогичная схема используется и в двухтактных каскадах (рис. 2-20, *б*).

Схемы, используемые для частотной коррекции сквозного канала магнитофонов, показаны на рис. 2-21.

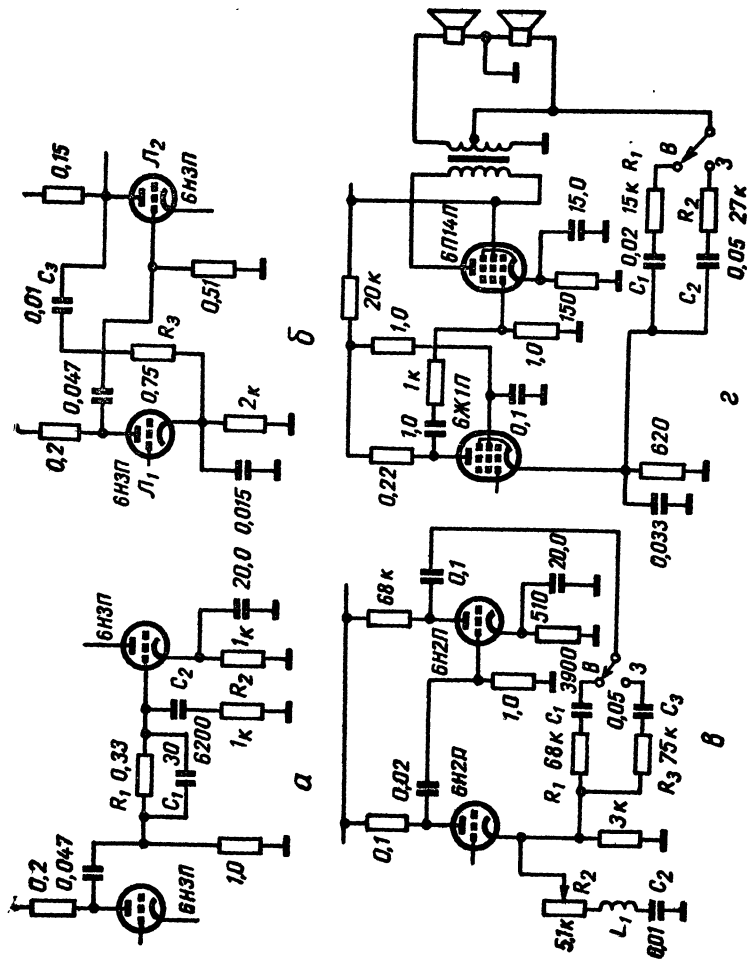


Рис. 2-21. Схемы частотной коррекции сквозного канала магнитофонов:

а — в усилителе воспроизведения; *б* — в усилителе записи; *в* — в универсальном усилителе.

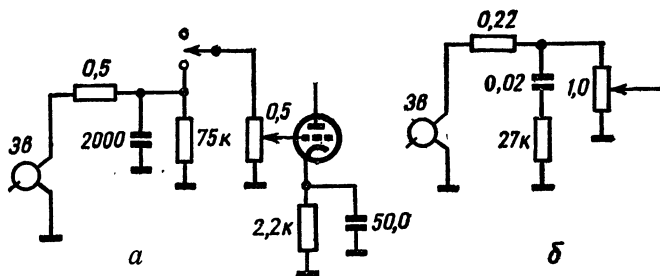


Рис. 2-22. Схемы коррекции частотной характеристики звуко-
снимателей.

В усилителе воспроизведения магнитофона (рис. 2-21, а) коррекция осуществляется частотно-зависимой нагрузкой цепочками R_1C_1 и R_2C_2 , расположенными между первым и вторым каскадами усилителя. В усилителе записи этого магнитофона (рис. 2-21, б) предыскажения создаются с помощью цепи частотно-зависимой обратной связи (R_3C_3) с анода лампы \mathcal{L}_2 на катод \mathcal{L}_1 . В универсальном усилителе магнитофона (рис. 2-21, в) при воспроизведении цепочка R_1C_1 осуществляет некоторый подъем нижних частот, а цепочка $C_2L_1R_2$ — подъем на верхних частотах. В положении «Запись» создаются соответствующие предыскажения с помощью цепочки R_3C_3 . Коррекция частотной характеристики универсального магнитофона (рис. 2-21, г) осуществляется за счет частотно-зависимой обратной связи. В положении «Воспроизведение» включается цепочка R_1C_1 , а при записи — цепочка R_2C_2 .

Коррекция частотной характеристики звуко-
снимателей осуществляется на входе усилителей с помощью кор-
ректирующих RC -цепочек (рис. 2-22, а, б) или с помощью

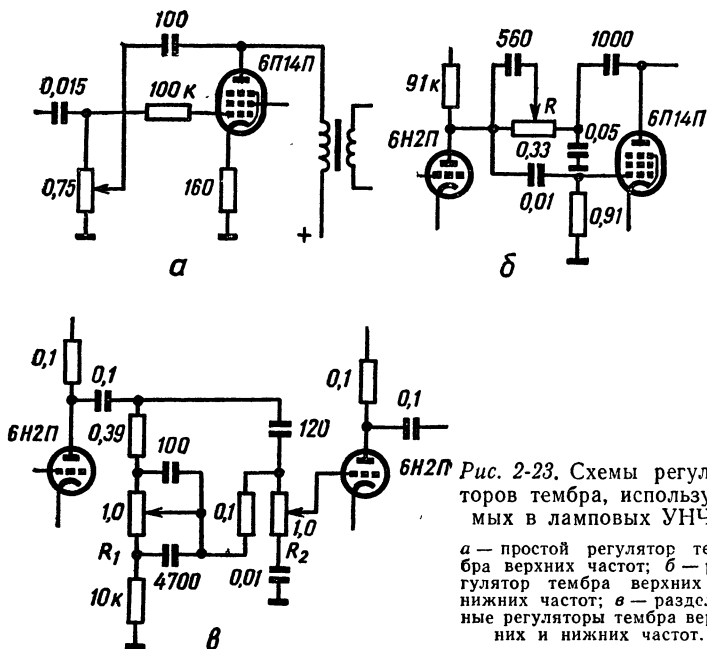
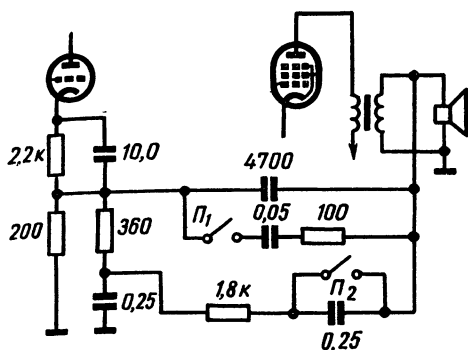


Рис. 2-23. Схемы регуляторов тембра, используемых в ламповых УНЧ:

а — простой регулятор тембра верхних частот; б — регулятор тембра верхних и нижних частот; в — отдельные регуляторы тембра верхних и нижних частот.

частотно-зависимой обратной связи непосредственно в усилителе.

Некоторые типы регуляторов тембра, используемых в УНЧ, показаны на рис. 2-23. Простой регулятор тембра только верхних частот (рис. 2-23, а) создает плавное ослабление верхних частот с помощью частотно-зависимой отрицательной обратной связи. В регуляторе тембра верхних и нижних частот (рис. 2-23, б) в левом положении



	Π_1	Π_2
<i>Речь</i>		
<i>Оркестр</i>		
<i>Басы</i>		

Рис. 2-24. Схема тонрегистра.

нии движка R ослабляются только верхние частоты (до 15 дб), а в правом — осуществляется подъем нижних и верхних частот (до 8 дб).

Раздельные регуляторы тембра верхних и нижних частот применяются в радиовещательных приемниках и электрофонах высшего, I и II классов. Типовая схема регуляторов тембра (рис. 2-23, в) дает возможность осуществлять как ослабление, так и подъем нижних и верхних частот. При соответствующем выборе элементов (R и C) схема может обеспечить пределы регулировки тем-

бра до 20 дБ. С помощью движка R_1 осуществляется регулировка нижних частот, а R_2 — верхних.

Простейший тон-регистр на 3 положения — «Речь», «Оркестр» и «Басы» — показан на рис. 2-24.

2-9. Стереофонические усилители низкой частоты

Для стереофонического воспроизведения используются двухканальные УНЧ с одинаковыми каналами. Основное требование к подобным усилителям — полная идентичность каналов как по коэффициенту усиления, так и по частотной характеристике. Для этого регуляторы громкости в обоих каналах делаются спаренными с тем, чтобы уровни громкости изменялись одновременно в обоих каналах. Регуляторы тембра должны также обеспечивать идентичность обоих каналов при любых положениях регуляторов тембра.

Начальная регулировка громкости в обоих каналах стереофонических усилителей осуществляется регуляторами стереобаланса.

Некоторые схемы регуляторов стереобаланса показаны на рис. 2-25. Регулятор стереобаланса (рис. 2-25, а) включен на выходе первого каскада УНЧ. При регулировке, когда усиление одного из каналов возрастает, усиление другого падает. Регулятор стереобаланса (рис. 2-25, б) включен на входе первого каскада последовательно с регулятором громкости. Регулятор (рис. 2-25, в) изменяет глубину обратной связи. За счет этого усиление одного канала возрастает, а другого — падает. Регулятор стереобаланса (рис. 2-25, г) изменяет напряжение на экранирующей сетке ламп входного каскада.

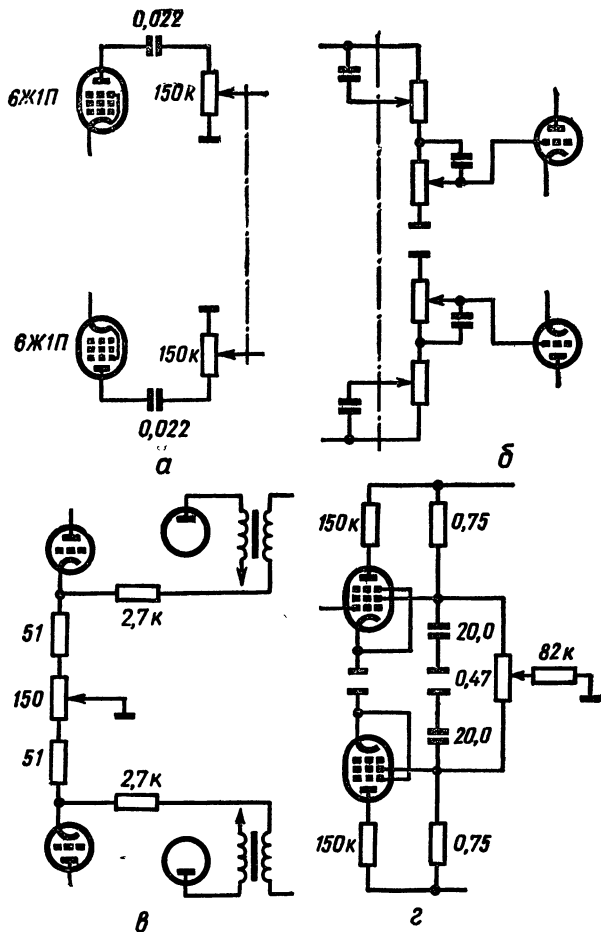


Рис. 2-25. Схемы регуляторов стереобаланса:

a — на выходе первого каскада УНЧ; *б* — на входе первого каскада УНЧ;
в — изменяющего глубину обратной связи; *г* — изменяющего напряжение на экранирующей сетке ламп первого каскада.

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА ТРАНЗИСТОРАХ

2-10. Элементы усилительного каскада

Усилительный каскад УНЧ на транзисторах содержит: транзистор, нагрузку, цепи питания и, если это не оконечный каскад, то элементы связи с последующим каскадом.

Нагрузки усилительных каскадов по своему характеру могут быть трех типов: резисторы, трансформаторы и дроссели. В зависимости от этого различаются и типы каскадов — резистивные, трансформаторные и дроссельные.

Транзисторы для усилительных каскадов могут быть включены по трем различным схемам: с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Эти схемы отличаются (для усиливаемых токов звуковой частоты) способом соединения общей точки входной и выходной цепи. В зависимости от схемы включения транзистора резко изменяются свойства усилительного каскада: коэффициенты усиления — по току k_i , по напряжению k_u , по мощности k_p и входное и выходное сопротивления $R_{вх}$ и $R_{вых}$ (табл. 2-22).

Схема с общим коллектором, называемая также эмиттерным повторителем (рис. 2-26, в), имеет наибольшее входное и наименьшее выходное сопротивление, но не усиливает напряжения. Поэтому используется только в тех случаях, когда эти показатели (малое входное и большое выходное сопротивление) являются наиболее важными.

Схема с общей базой (рис. 2-26, а) имеет очень малое входное сопротивление и поэтому в УНЧ используется редко. Находит применение в некоторых оконечных каскадах, где необходимы ее другие положительные свой-

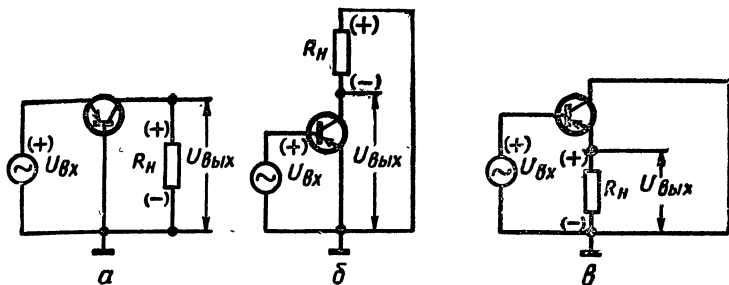


Рис. 2-26. Схемы включения транзистора:

a — с общей базой (ОБ); *б* — с общим эмиттером (ОЭ); *в* — с общим коллектором (ОК).

ства: высокая линейность, малое влияние дестабилизирующих факторов.

Схема с общим эмиттером (рис. 2-26, б) характеризуется сравнительно высоким входным сопротивлением и наибольшим усилением по мощности. Получила почти исключительное применение в схемах УНЧ. Отличительная ее особенность — 180° -ный сдвиг (на средних частотах) между входным и выходным напряжениями.

Цепи питания. Питание цепей базы транзисторов осуществляется индивидуально для каждого транзистора от общего с коллектором источника питания E_k .

Существует несколько методов смещения базы.

Смещение фиксированным током базы (рис. 2-27, а) с помощью резистора R_6 , подключаемого к источнику E_k . При соответствующем выборе сопротивления резистора через базу протекает требуемый начальный ток I_{60} .

Смещение фиксированным напряжением базы (рис. 2-27, б) с помощью делителя R_{61} —

Т а б л и ц а 2-22

Свойства транзисторных усилительных каскадов

Схема включения	k_i	k_u	k_p	$R_{вх}$	$R_{вых}$
ОБ	Немного меньше 1	Десятки — сотни	От 100 до 1000	Десятки ом	Сотни ком
ОЭ	100—200	»	От 1000 до 10 000	Сотни ом — единицы ком	Десятки ком
ОК	100—200	Немного меньше 1	100—200	Десятки — сотни ком	Десятки — сотни ом

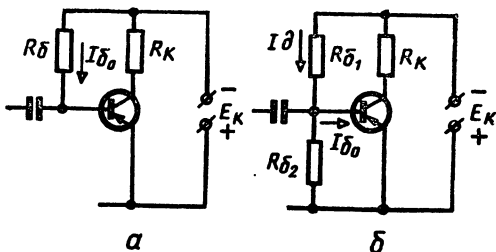
$R_{б2}$. Нужно, чтобы ток I_d , проходящий через делитель, был бы в несколько раз (2—3) больше требуемого тока базы $I_{б0}$. Напряжение на эмиттерном переходе $U_{бэ}$, снимаемое с плеча делителя $R_{б2}$, должно составлять 0,1—0,2 в.

Обе схемы с фиксированным смещением не обеспечивают стабильность рабочей точки транзистора при изменении температуры. В связи с этим используют различные методы стабилизации положения рабочей точки, включающие применение отрицательной обратной связи по постоянному току (см. 2-13), и термокомпенсацию. Стабильность рабочей точки оценивают по значению коэффициента неустойчивости S , который в зависимости от требования к схеме должен выбираться в пределах 2—7. Чем меньше S , тем стабильнее рабочая точка. Для радиолюбительских конструкций S обычно выбирают равным 3.

Из схем с отрицательной обратной связью наибольшее применение имеет схема эмиттерной стабилизации

Рис. 2-27. Цепи питания усилительного каскада на транзисторе:

a — смещение фиксированным током базы; *б* — смещение фиксированным напряжением базы.



(рис. 2-37, б, или 2-30), использующая резистор $R_э$ в цепи эмиттера. На этом резисторе падает часть коллекторного напряжения $E_к$. Поэтому рекомендуется выбирать сопротивление резистора $R_э$ в несколько раз (2,5—5) меньше сопротивления коллекторной нагрузки $R_к$. Блокировочный конденсатор $C_э$ служит для устранения паразитной обратной связи по переменному току. Сопротивления плеч делителя $R_{д1}$ и $R_{д2}$ обеспечивают необходимое значение тока эмиттера $I_э$.

В схемах термокомпенсации в цепь питания вводят элементы, сопротивления которых зависят от температуры: термисторы, полупроводниковые диоды (с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления — ОТК) или силиконовые термосопротивления (с положительным температурным коэффициентом — ПТК). Возможны различные варианты схем термокомпенсации (рис. 2-28), отличающиеся способом включения термосопротивления. Схемы термокомпенсации находят применение в основном в оконечных каскадах, так как позволяют снизить расход энергии в цепях обратной связи, что особенно существенно для оконечных каскадов. Пример термокомпенсации оконечного каскада показан на рис. 2-28, г. Общий недостаток схем термо-

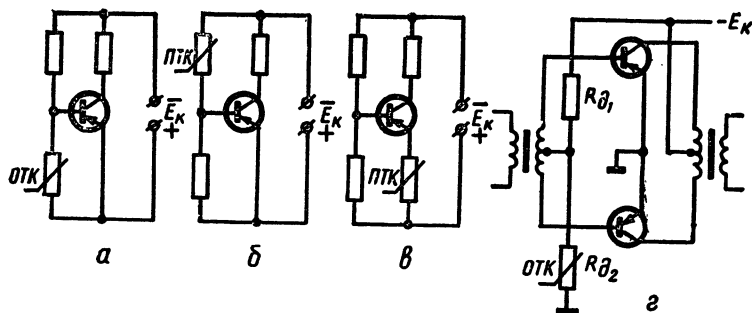


Рис. 2-28. Схемы термокомпенсации:

a, *г* — с применением термосопротивления, имеющего отрицательный температурный коэффициент (ОТК); *б*, *в* — с применением термосопротивления, имеющего положительный температурный коэффициент (ПТК).

компенсации — необходимость тщательного подбора температурных характеристик термокомпенсирующей цепи.

Выбор величин сопротивлений резисторов $R_{б}$, $R_{б1}$, $R_{б2}$, $R_{д1}$, и $R_{д2}$, используемых в цепях питания, обусловлен требуемым режимом работы транзистора и может быть произведен по соответствующим формулам (табл. 2-23).

Выбор емкости конденсатора C_3 зависит от требований к частотной характеристике каскада (влияет на прохождение нижних частот) и может быть произведен по соответствующей формуле (табл. 2-23) для заданной нижней частоты диапазона F_H .

Ориентировочные значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, используемых в цепях питания предварительных каскадов УНЧ, приведены в табл. 2-23.

Элементы связи. Связь между каскадами, аналогично УНЧ на электронных лампах, может быть непосредственная, резистивно-емкостная и трансформаторная.

Т а б л и ц а 2-23

Расчетные формулы и ориентировочные значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, используемых в цепях питания транзисторных УНЧ

Формула	Порядок величин
$R_6 \cong \frac{E_K}{I_{60}}$	200—470 <i>ком</i>
$R_{61} = \frac{E_K - U_{63}}{I_6 + I_d}$	10—12 <i>ком</i>
$R_{62} = \frac{U_{63}}{I_d}$	1,5—4,7 <i>ком</i>
$R_{д1} = \frac{E_K}{I_9} (S - 1)$	10—150 <i>ком</i>
$R_{д2} = \frac{1}{\frac{1}{R_9(S-1)} - \frac{1}{R_{д1}}}$	2,7—10 <i>ком</i>
$C_3 \geq \frac{2500}{F_H}$	10—50 <i>мкф</i>

Размерность величин: *ком, мкф, в, ма, гц.*

Резистивно-емкостная связь с помощью цепочки $R_c C_c$ (рис. 2-29, а) имеет наиболее широкое применение в предварительных усилителях. Выбор величин C_c и R_c обусловлен требованиями к частотной характеристике каскада. Роль сопротивления утечки R_c обычно играет сопротивление делителя в цепи смещения базы транзистора.

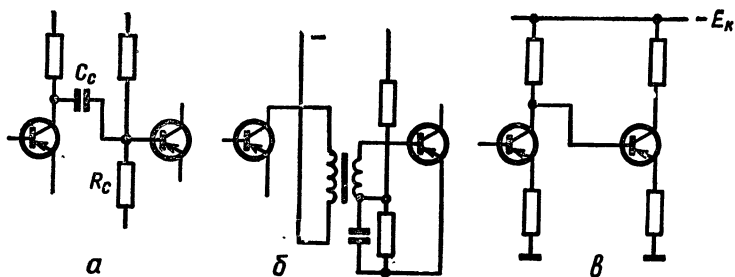


Рис. 2-29. Связь между усилительными каскадами на транзисторах:
 а — резистивно-емкостная; б — трансформаторная; в — непосредственная.

Трансформаторная связь (рис. 2-29, б) дает возможность согласовать малое входное сопротивление последующего каскада со сравнительно высоким выходным сопротивлением предыдущего. Применяется в основном для связи предоконечного каскада с окончным.

Непосредственная связь каскадов (рис. 2-29, в) дает возможность в сочетании с обратной связью по постоянному току создать удобные схемы стабилизации рабочей точки. При этом уменьшается число деталей, входящих в схему, и экономится питание (см. 2-13).

2-11. Каскады предварительных усилителей

Резистивные каскады. Схема резистивного каскада с общим эмиттером показана на рис. 2-30. Нагрузкой служит резистор R_k , включенный в цепь коллектора.

Частотная характеристика каскада неравномерна: ослабляются как нижние, так и верхние частоты. Ослабление нижних частот обусловлено влиянием конденсатора связи C_c , а ослабление верхних — влиянием паразитной

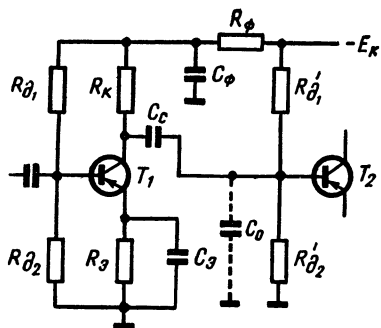


Рис. 2-30. Принципиальная схема резистивного каскада на транзисторе.

емкости C_0 , включенной параллельно нагрузке транзистора, а также уменьшением коэффициента усиления транзистора с ростом частоты. Для улучшения прохождения нижних частот следует увеличивать емкость C_c , а для верхних — применять транзисторы с высоким значением предельной частоты усиления по току (f_a).

Коэффициент усиления каскада в области средних частот k_0 зависит от параметров транзистора и от эквивалентного сопротивления нагрузки. В отличие от электронных ламп параллельно сопротивлению нагрузки R_k включается малое входное сопротивление последующего каскада. Поэтому эквивалентное сопротивление нагрузки в основном определяется параметром h_{11} , последующего каскада. Если оба транзистора (T_1 и T_2) одинаковы, то приближенно коэффициент усиления каскада k_0 равен параметру h_{21} , транзисторов и достигает нескольких десятков.

При выборе элементов схемы в качестве транзисторов рекомендуется использовать транзисторы общего применения (П13—П15, ГТ108—ГТ109 и др.). При выборе транзистора его параметр h_{21} , (β) должен ориентировочно

соответствовать заданному значению k_0 , а предельная частота f_α должна быть примерно в β раз больше верхней частоты усиливаемого диапазона (F_B). Ток эмиттера обычно выбирается в пределах 1—2 *ма*. Сопротивление коллекторной нагрузки R_K рекомендуется выбирать в пределах 4,7—10 *ком*. Расчет элементов смещения и стабилизации $R_{д1}$, $R_{д2}$ и R_3 может быть произведен по соответствующим формулам (табл. 2-23). Емкость связи C_c ориентировочно может быть взята в пределах 10—15 *мкф* или рассчитана. Для расчета должны быть известны эквивалентное сопротивление нагрузки R_H (приблизительно равное $h_{11э}$ последующего каскада), F_H и M_H :

$$C_c (\text{мкф}) \geq \frac{159}{F_H (\text{гц}) \cdot R_H (\text{ком})} \sqrt{\frac{1}{M_H^2} - 1}$$

Входной резистивный каскад. Во входных каскадах, работающих от высокоомных источников сигнала (например, пьезоэлектрических звукоснимателей), повышают входное сопротивление различными способами (рис. 2-31): используют схемы с ОК (эмиттерный повторитель); местную отрицательную обратную связь; включают последовательно с базой ограничительное сопротивление.

Входной каскад по схеме с ОК показан на рис. 2-31, *а*. В некоторых случаях в таких каскадах используют составной транзистор (рис. 2-31, *б*), при этом входное сопротивление каскада повышается до 500 *ком*. Во входном каскаде по схеме с ОЭ (рис. 2-31, *в*) для повышения входного сопротивления вводится местная обратная связь за счет резистора в цепи эмиттера R_3 , не блокированного конденсатором. Повышение входного сопротивления

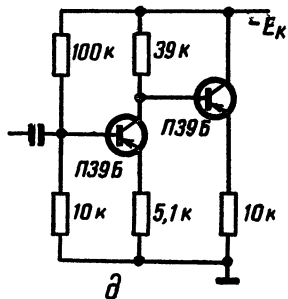
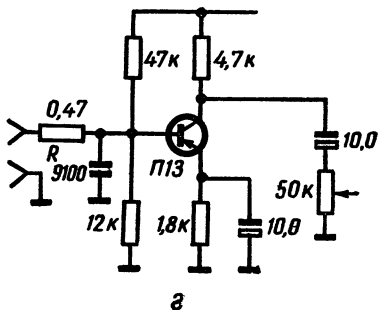
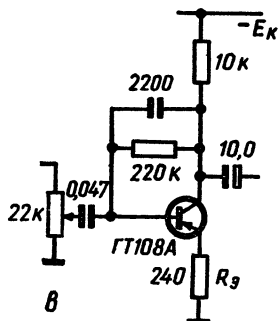
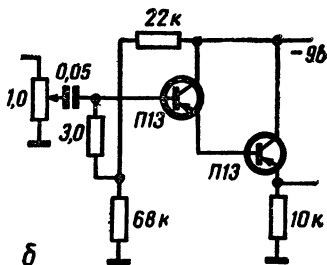
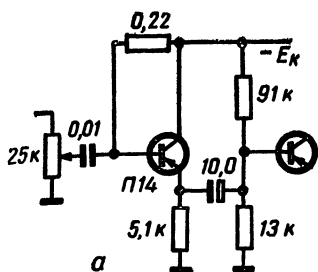


Рис. 2-31. Схемы входных резистивных каскадов на транзисторах:

а, б — с общим коллектором; в, г — с общим эмиттером и повышенным входным сопротивлением; д — с общим эмиттером и низким уровнем шума.

каскада по схеме с ОЭ (рис. 2-31, *г*) достигается включением в цепь базы ограничительного сопротивления R . Входное сопротивление каскада при этом практически определяется величиной R .

Во входных каскадах усилителей воспроизведения магнитофонов важное значение приобретает снижение уровня шума. С этой целью подбирают малошумящие транзисторы и устанавливают соответствующий оптимальный режим их работы. Во входном каскаде (рис. 2-31, *д*) используются малошумящие транзисторы ПЗ9Б. При коэффициенте усиления по напряжению более 100 каскад дает возможность получить незначительные шумы усилителя. Входное сопротивление каскада повышается за счет местной отрицательной обратной связи в цепи эмиттера.

Для усилителей записи магнитофонов уровень шума не играет такой важной роли, как в усилителях воспроизведения. В этих усилителях основное внимание уделяется борьбе с высокочастотными наводками (от ВЧ генератора), которые могут привести к нарушению нормальной работы усилителя. Для борьбы с наводками применяют специальные конструктивные меры: рациональное размещение усилителя и генератора, экранировку, а также используют фильтр-пробки.

Трансформаторные каскады. Схема трансформаторного каскада с ОЭ показана на рис. 2-32. Нагрузкой каскада служит трансформатор, первичная обмотка которого включена в цепь коллектора транзистора.

Частотная характеристика каскада неравномерна: ослабляются как нижние, так и верхние частоты. Ослабление нижних частот обусловлено влиянием индуктивности первичной обмотки трансформатора L_1 , а ослабление верхних — влиянием индуктивностей рассеяния обмоток L_s , а также уменьшением коэффициента усиления

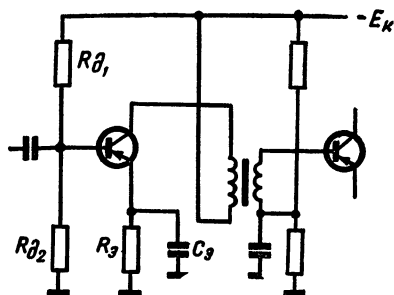


Рис. 2-32. Принципиальная схема трансформаторного каскада на транзисторе.

транзистора с ростом частоты. Для подъема нижних частот следует увеличивать L_1 , а для подъема верхних — применять транзисторы с высоким значением f_a и снижать L_s .

Коэффициент усиления каскада в области средних частот k_0 зависит от параметров транзистора и от коэффициента трансформации n . Ориентировочно $k_0 \cong h_{21\beta} \cdot n$, т. е. в n раз может быть больше, чем для резистивного каскада. Однако для получения высоких значений n приходится усложнять трансформатор.

Недостатки трансформаторного каскада по сравнению с резистивным: большие вес, габариты и стоимость особенно существенны для транзисторной аппаратуры, имеющей малые габариты. В связи с этим трансформаторные каскады в предварительных усилителях применяются редко. Основное их применение — предоконечные и оконечные каскады мощных усилителей.

2-12. Каскады мощных усилителей

Однотактные оконечные каскады могут быть использованы только в режиме класса А. В этом режиме электрический к.п.д. может находиться в пределах 0,25—0,475

(в зависимости от напряжения источника питания). Использование транзистора по мощности имеет порядок 0,3. Коэффициент нелинейных искажений (без обратной связи) имеет значение 2—7 %.

Преимущества по сравнению с двухтактными: использование только одного транзистора и достаточно малый коэффициент нелинейных искажений.

Недостатки: низкое значение электрического к.п.д. и плохое использование транзистора по мощности. Для транзисторных УНЧ, питаемых от автономных источников постоянного тока, экономичность питания является одним из важнейших показателей. Для таких УНЧ применение одноктактных каскадов целесообразно только при малых мощностях, не превышающих 40—50 мвт.

Мощность, отдаваемая одноктактным каскадом нагрузке $P_{\text{вых}}$, зависит от коллекторного напряжения U_K и сопротивления нагрузки R_K . Если заданы $P_{\text{вых}}$ и U_K , то требуемое значение нагрузки может быть определено по формуле:

$$R_K \cong \frac{0,5 U_K^2}{P_{\text{вых}}}.$$

В зависимости от способа включения нагрузки возможны трансформаторные и бестрансформаторные схемы.

Бестрансформаторные схемы с непосредственным включением нагрузки в коллекторную цепь (рис. 2-33, а) могут быть применены для высокоомных нагрузок, сопротивление которых равно R_K , требуемому для получения мощности $P_{\text{вых}}$. Используется, в частности, в усилителях слуховых аппаратов и микроприемников, где в качестве нагрузки применяются телефоны с сопротивлением 100—400 ом (рис. 2-33, б). Подбор режима каскада осуществляется изменением сопротивления смещения базы R_6 . В некоторых микроприемниках

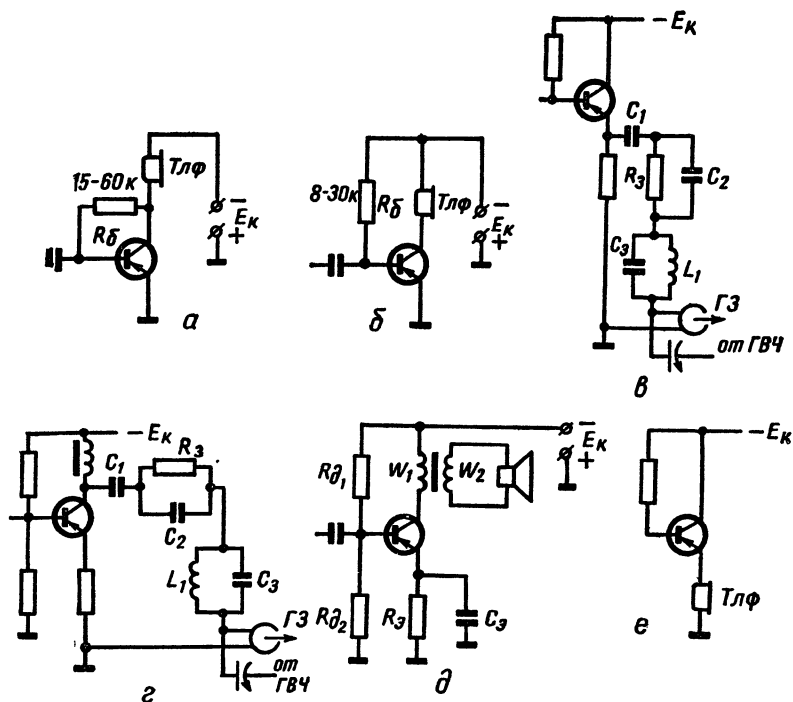


Рис. 2-33. Схемы однотактных выходных каскадов на транзисторах:

а, б — с непосредственным включением нагрузки в цепь коллектора; *в, г* — выходные каскады усилителей записи магнитофонов; *д* — типовая трансформаторная схема; *е* — с непосредственным включением нагрузки в цепь эмиттера.

выходной каскад используется в схеме с ОК (рис. 2-33, *е*). Нагрузка (телефон) включается при этом непосредственно в цепь эмиттера. Недостаток обеих схем — протекание через нагрузку постоянного тока.

В усилителях записи транзисторных магнитофонов при низкоомных записывающих головках используют выходные каскады по схеме с ОК (рис. 2-33, *в*) или дроссельные — по схеме с ОЭ (рис. 2-33, *г*). В обоих случаях последовательно с головкой записи включаются: разделительный конденсатор C_1 , цепь стабилизации R_3C_2 и фильтр-пробка L_1C_3 .

Трансформаторная схема (типовая) показана на рис. 2-33, *д*.

Достоинство схемы — возможность использования нагрузки с любым сопротивлением. Согласование сопротивлений R_H и R_K достигается с помощью трансформатора.

Недостатки схемы: потери в трансформаторе достигают 20—50% (в зависимости от мощности); трансформатор ухудшает частотную характеристику каскада; постоянный ток, проходящий по первичной обмотке трансформатора, вызывает подмагничивание сердечника, что усложняет конструкцию трансформатора, увеличивает его вес, габариты и стоимость.

Ориентировочные данные схемы, показанной на рис. 2-33, *д* для транзисторов П13—П16: $E_K=8-9$ в; $P_{\text{вых}}=15-20$ мвт; $R_K=1500$ ом; $I_K=5-7$ ма; $R_{\pi_1}=10-12$ ком; $R_{\pi_2}=1,5-4,7$ ком; $R_3=0$. Выходной трансформатор собирается на сердечнике Ш 9×9 (Ш 10×10): $w_1=1700$; $d_1=0,12-0,15$; $d_2=0,31-0,35$. Число витков вторичной обмотки w_2 определяется по приближенной формуле в зависимости от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя R_H :

$$w_2 = 1,1 w_1 \sqrt{\frac{R_H}{R_K}}.$$

Выбор элементов трансформаторной схемы производится исходя из заданной выходной мощности $P_{\text{вых}}$ и на-

Т а б л и ц а 2-24

**Конструктивные постоянные (A) магнитопроводов
из 45%-ного пермаллоя для выходных трансформаторов
однотактных каскадов**

$F_H, \text{ эц}$	$M_H, \text{ дб}$			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	13	9	6	4,5
100	9	6,5	4	3,5
150	6	4,5	3	2,2
200	5	3	2	1,5
300	3	2	1,4	1

пряжения источника питания E_K . Определяются: допускаемая мощность рассеяния $P_K \cong 3 \cdot P_{\text{вых}}$ и предельное напряжение $U_{K3} \cong (2,5-3) E_K$. У выбираемого транзистора P_K доп и U_{K3} макс не должны превышать найденных значений.

Приведенное сопротивление нагрузки R_K и постоянная составляющая тока коллектора I_{K0} могут быть определены по приближенным формулам:

$$R_K \cong \frac{0,35 E_K^2}{P_{\text{вых}}}; \quad I_{K0} \cong \frac{2,5 P_{\text{вых}}}{E_K}.$$

Резисторы $R_{д1}$, $R_{д2}$ и R_3 могут быть рассчитаны по формулам (табл. 2-23).

Выходной трансформатор может быть рассчитан по заданным значениям: $P_{\text{вых}}$ (вт); M_H (дб); F_H (эц); R_H (ом); R_K (ом); I_{K0} (ма). В результате расчета опреде-

ляются: число витков первичной и вторичной обмоток (w_1 и w_2); диаметр проводов этих обмоток (d_1 и d_2); размеры магнитопровода и длина немагнитного зазора l_3 (мм).

Для расчета по табл. 2-24 определяют конструктивную постоянную A , а затем по табл. 7-44 — размеры магнитопровода ($S_{ст}$, l_m и l_B). Остальные величины находят по формулам:

$$\begin{aligned} w_1 &= k_1 \sqrt{\frac{R_K \cdot l_m}{S_{ст}}}; \quad w_2 = 1,2 w_1 \sqrt{\frac{R_H}{R_K}}. \\ d_1 &= 0,038 \sqrt{\frac{w_1 \cdot l_B}{R_K}}; \quad d_2 = 0,032 \sqrt{\frac{w_2 \cdot l_B}{R_H}}. \\ l_3 &= 10 w_1 \cdot I_{к0} \cdot 10^{-7}. \end{aligned}$$

Т а б л и ц а 2-25

Коэффициент k_1

F_H , эц	M_H , дб			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	30	25	20	17
100	25	20	16	14
150	20	16	13	12
200	17	13	11	10
300	14	11	10	8

Коэффициент k_1 может быть найден по табл. 2-25.

Двухтактные оконечные каскады могут быть использованы в режимах классов АВ и В. В отличие от лампо-

вых схем во всех случаях входная цепь транзисторов потребляет ток, что усложняет требования к предоконечным каскадам.

Двухтактная схема, работающая в режиме класса В, может обеспечить электрический к. п. д. до 0,75. При этом минимальный коэффициент нелинейных искажений (без обратной связи) составляет 6—10%. В режиме класса АВ схема имеет меньшие нелинейные искажения, но дает меньшую выходную мощность и имеет меньший к. п. д. Практически наибольшее применение имеет двухтактный каскад в режиме класса В, обеспечивающий наибольшую экономичность.

В двухтактных схемах используются все 3 схемы включения транзистора: ОЭ, ОБ и ОК, обеспечивающие получение примерно равной мощности. При этом схема с ОБ дает возможность получить наименьшие нелинейные искажения. Более распространенной, однако, является схема с ОЭ, которая характеризуется наибольшим коэффициентом усиления по мощности, благодаря чему снижаются требования к предоконечному каскаду и предварительному усилителю.

Двухтактные каскады выполняются по трансформаторным и бестрансформаторным схемам.

Трансформаторная схема (типовая) показана на рис. 2-34, а.

Достоинство схемы: возможность использования нагрузок с любым сопротивлением. Согласование сопротивлений R_n и R_k достигается с помощью трансформатора.

Недостатки схемы: потери в трансформаторе достигают 20—40% (в зависимости от мощности); трансформатор ухудшает частотную характеристику каскада.

Ориентировочные данные схемы (рис. 2-34, а) для транзисторов П13—П16: $E_k=9$ в; $P_k=150$ мвт; $R_{кк}=440$ ом; $R_1=6,8\text{—}8,2$ ком; $R_2=180\text{—}220$ ом. Трансфор-

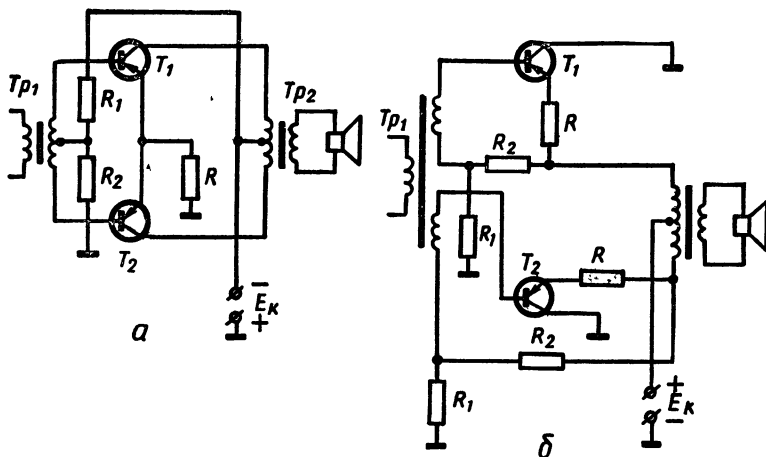


Рис. 2-34. Принципиальные схемы трансформаторных двухтактных выходных каскадов на транзисторах:

a — типовая; *б* — для мощных транзисторов.

матор Tp_1 собирается на сердечнике Ш 10×10 ; $\omega_1 = 1600$; $d_1 = 0,1 - 0,12$; $\omega_2 = 2 \times 400$; $d_2 = 0,15 - 0,18$. Трансформатор Tp_2 — на сердечнике Ш 10×10 ; $\omega_1 = 2 \times 200$; $d_1 = 0,25 - 0,31$; $d_2 = 0,54 - 0,64$. Число витков вторичной обмотки Tp_2 определяется в зависимости от сопротивления звуковой катушки громкоговорителя R_H по приближенной формуле:

$$\omega_2 = 1,1 \omega_1 \sqrt{\frac{R_H}{R_{KK}}}.$$

Для выбора трансформаторов Tp_1 и Tp_2 (выходного) можно воспользоваться также табл. 7-47, где приведены данные трансформаторов, используемых в радиовещательной аппаратуре.

При использовании мощных транзисторов применяют видоизмененную схему с ОЭ (рис. 2-34, б), которая дает возможность крепить транзисторы на общем радиаторе или шасси без изолирующих прокладок. Данные схемы для транзисторов П216Б: $E_k=12,8$ в; $P_{\text{вых}}=2$ вт; $R_1=820$ ом; $R_2=10$ ом. Трансформатор Tr_1 собирается на сердечнике Ш 6×12 ; $\omega_1=900$; $\omega_2=156$; $d_1=0,15$; $d_2=0,23$. Трансформатор Tr_2 (выходной) — на сердечнике Ш 9×18 ; $\omega_1=2 \times 120$; $d_1=0,31$; $\omega_2=67$; $d_2=0,8$.

При выборе элементов схемы транзисторы подбирают исходя из заданной выходной мощности $P_{\text{вых}}$ и напряжения источника питания E_k . Определяются: допускаемая мощность рассеяния $P_k \cong 0,3 P_{\text{вых}}$ и предельное напряжение $U_{kэ} \cong (2-2,5) E_k$. У выбираемого транзистора $P_{k, \text{доп}}$ и $U_{kэ, \text{макс}}$ не должны превышать найденных значений.

Приведенное сопротивление нагрузки R_{kk} может быть найдено по приближенной формуле:

$$R_{kk} \cong \frac{E_k^2}{P_{\text{вых}}}.$$

Таблица 2-26

Конструктивные постоянные (А) магнитопроводов из 45%-ного пермаллоя для выходных трансформаторов двухтактных каскадов

$F_{H, \text{гц}}$	$M_H, \text{дб}$			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	3	2,5	1,3	1
100	2	1,5	0,9	0,7
150	1,5	1	0,6	0,5
200	1	0,7	0,5	0,4
300	0,8	0,6	0,5	0,4

Таблица 2-27

Коэффициент k_1

$F_H, \text{зц}$	$M_H, \text{об}$			
	0,5	1,0	2,0	3,0
70	30	25	20	17
100	25	20	16	14
150	20	16	13	12
200	17	13	11	10
300	14	11	10	8

Выходной трансформатор может быть рассчитан по заданным значениям: $P_{\text{вых}}$ (вт); M_H (об); F_H (зц); R_H (ом) и $R_{\text{кк}}$ (ом). В результате расчета определяются: число витков первичной и вторичной обмоток (ω_1 и ω_2); диаметр проводов этих обмоток (d_1 и d_2) и размеры магнитопровода.

Для расчета по табл. 2-26 находят конструктивную постоянную A , а затем по табл. 7-44 — размеры магнитопровода ($S_{\text{ст}}$, l_M и l_B). Остальные величины определяются по формулам (для $P_{\text{вых}}$ до 0,5 вт):

$$\omega_1 = k_1 \sqrt{\frac{R_{\text{кк}} \cdot l_M}{S_{\text{ст}}}}; \quad \omega_2 = 1,2 \sqrt{\frac{R_H}{R_{\text{кк}}}}.$$

$$d_1 = 0,035 \sqrt{\frac{\omega_1 \cdot l_B}{R_{\text{кк}}}}; \quad d_2 = 0,026 \sqrt{\frac{\omega_2 \cdot l_B}{R_H}}.$$

Коэффициент k_1 может быть определен по табл. 2-27.

Достоинства бестрансформаторных схем: отсутствие трансформатора и в связи с этим более высокий к. п. д.;

лучшая частотная характеристика; меньшие вес, габариты и стоимость. Благодаря отсутствию трансформатора возможно также увеличение глубины обратной связи, что дает дополнительные преимущества.

Недостатки: требуется повышенное напряжение питания; используются нагрузки только с определенным сопротивлением.

Существует несколько разновидностей бестрансформаторных схем: с параллельным (несимметричным) выходом, с дополнительной симметрией, мостовые и др.

В схеме с параллельным выходом (рис. 2-35, *а*) нагрузка включается через разделительный конденсатор большой емкости. По постоянному току оба транзистора включены последовательно. В связи с этим требуется удвоенное напряжение питания E_k (по сравнению с трансформаторной схемой). Схема используется в режиме класса В и требует применения на входе фазоинверсного каскада.

В схеме с дополнительной симметрией (рис. 2-35, *б*) использованы транзисторы типов $p-n-p$ и $n-p-n$, включенные по схеме с ОК. Схему называют также эмиттерным повторителем с дополнительной симметрией. Она не требует применения на входе фазоинверсного каскада. В этом ее основное достоинство. Рекомендуется выбирать оба транзистора по возможности близкими по характеристикам и параметрам. Наиболее близки пары: П9—П13А и П11—П14. На рис. 2-35, *в* показана практическая схема для пары П9—П13А. Данные схемы: $P_{\text{вых}}=70$ мвт; $R_n=75$ ом. В схеме с дополнительной симметрией (рис. 2-35, *г*) применяются 4 транзистора: 2 с разной проводимостью используются в качестве фазоинвертера, а 2 с одинаковой проводимостью (типа $p-n-p$) — в оконечном каскаде. При элементах схемы, показанных на рис. 2-35, *г*, обеспечивается $P_{\text{вых}}=1$ вт.

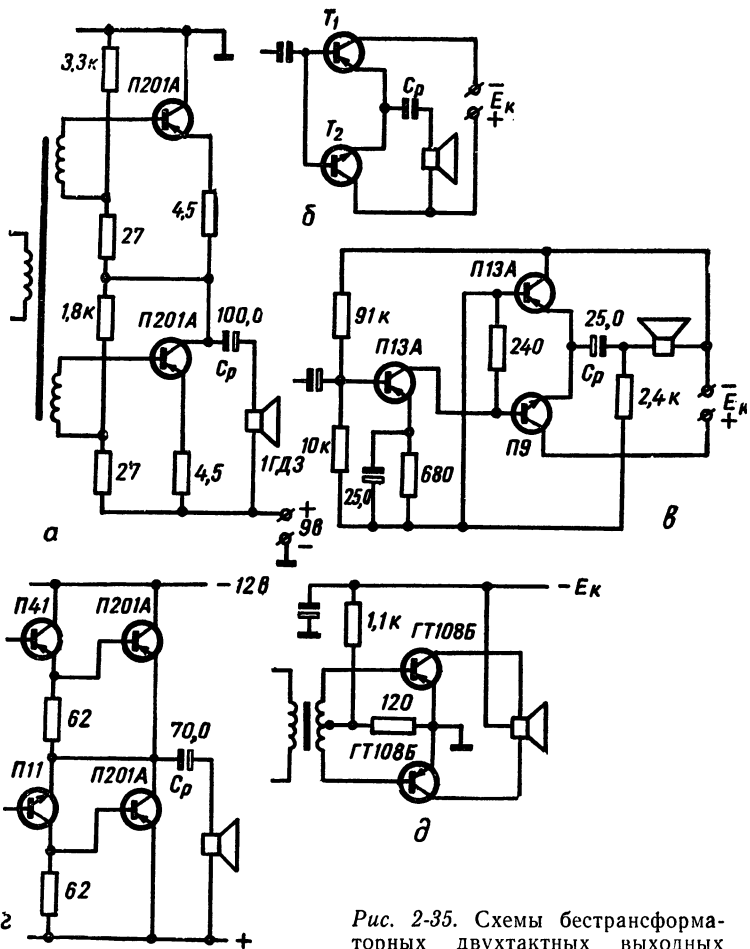


Рис. 2-35. Схемы бестрансформаторных двухтактных выходных каскадов:

а — с параллельным выходом; б, в, г — с дополнительной симметрией; д — со специальным громкоговорителем.

Одна из разновидностей бестрансформаторных схем применена в микроприемниках Т-7 (рис. 2-35, д). Схема может быть использована только для специально разработанных громкоговорителей, имеющих среднюю точку в звуковой обмотке. Данные схемы: $E_k = 2,5 \text{ в}$; $P_{\text{вых}} = 25 \text{ мвт}$; громкоговоритель 0,025 ГД-2; сопротивление звуковой катушки $30 + 30 \text{ ом}$.

При выборе элементов схемы транзисторы для схем с дополнительной симметрией подбирают по максимальному току коллектора $I_{k. \text{ макс}}$, допускаемой мощности рассеяния P_k и максимальному напряжению $U_{kэ}$. Для расчета этих величин должны быть заданы: $P_{\text{вых}}$, E_k и R_n . У выбираемого транзистора $P_{k. \text{ доп}}$, $I_{k. \text{ макс}}$ и $U_{kэ. \text{ макс}}$ не должны превышать найденных значений.

Выбор разделительного конденсатора C_p производится по заданным F_n и R_n .

$$I_{k. \text{ макс}} \cong \sqrt{\frac{2P_{\text{вых}}}{R_n}}; \quad U_{kэ. \text{ макс}} = E_k.$$

$$P_{k. \text{ доп}} \cong 0,27 P_{\text{вых}}; \quad C_p (\text{мкф}) \geq \frac{3,7 \cdot 10^5}{F_n (\text{гц}) \cdot R_n (\text{ом})}.$$

Предоконечные каскады для одноктактных оконечных должны обеспечить необходимую «раскачку». Для этой цели обычно используются резистивные ступени.

К предоконечным каскадам для двухтактных оконечных предъявляются три требования: обеспечить необходимую инверсию фазы, развить мощность, необходимую для возбуждения входной цепи оконечного каскада ($P_{\text{вх}}$) и обеспечить получение во входной цепи оконечного каскада сопротивления R_c , требуемого для малых нелинейных искажений. Для двухтактных трансформаторных каскадов всем трем требованиям обычно удовлетворяет

только трансформаторный предоконечный каскад, получивший наибольшее распространение.

Ориентировочные данные для предоконечного трансформаторного каскада, питающего оконечную ступень с $P_{\text{вых}}=150$ мвт (рис. 2-36, а): транзистор П15; $E_K=4,5$ в; $R_1=36$ ком; $R_2=6,8$ ком; $R_3=100$ ом; $C_3=15$ мкф. Трансформатор собран на сердечнике Ш 6,4×12; $\omega_1=800$; $d_1=0,15$; $\omega_2=2\times 200$; $d_2=0,18$.

Для расчета предоконечного трансформаторного каскада должны быть известны сведения об оконечном каскаде: мощность возбуждения $P_{\text{вх}}$ и его входное сопротивление $R_{\text{вх}}$. Эти сведения могут быть получены только на основании графо-аналитического расчета оконечного каскада с использованием характеристик транзисторов. Поэтому в радиолюбительской практике обычно рекомендуется использовать практически опробованные схемы с высокими показателями.

В табл. 7-48 приведены данные трансформаторов предоконечных каскадов, используемых в радиовещательной аппаратуре.

Предоконечные каскады часто используются для температурной компенсации оконечных. В схеме (рис. 2-36, б) смещение баз транзисторов оконечного каскада осуществляется от эмиттерного сопротивления предоконечного каскада. Для температурной компенсации используется сопротивление 220 ом с отрицательным температурным коэффициентом. В некоторых случаях предоконечный каскад используется для температурной стабилизации оконечного и входного каскадов (рис. 2-36, в).

В двухтактных бестрансформаторных каскадах при использовании схем с дополнительной симметрией можно в качестве предоконечного применить резистивный каскад и обойтись без дополнительного трансформатора и связанных с ним недостатков.

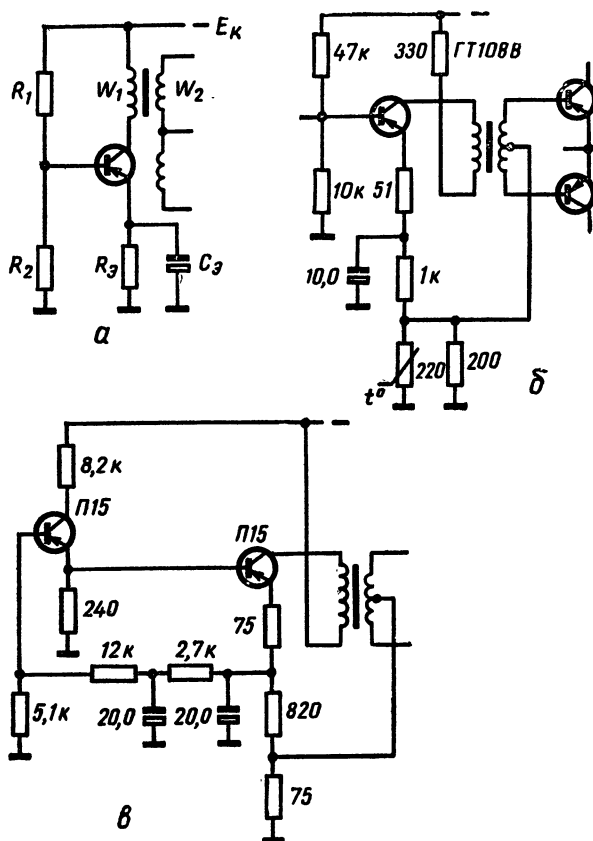


Рис. 2-36. Схемы предоконечных каскадов на транзисторах
a — типовая трансформаторная; *б* — с температурной компенсацией выходного каскада; *в* — с температурной компенсацией входного и выходного каскадов.

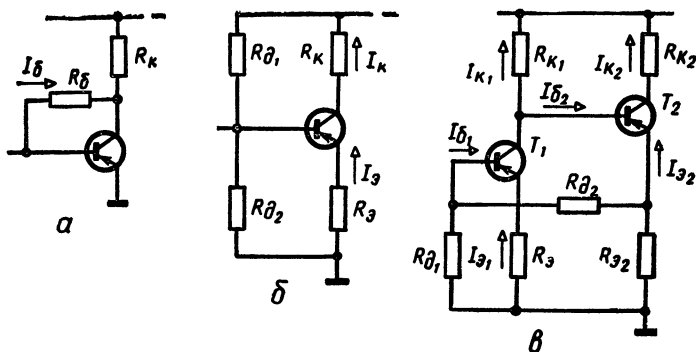


Рис. 2-37. Способы осуществления обратной связи по постоянному току:

а — местная параллельного типа; *б* — местная последовательного типа;
в — общая, охватывающая два каскада.

2-13. Отрицательная обратная связь

В транзисторных усилителях используются два вида отрицательной обратной связи: по постоянному току и по переменному.

Отрицательная обратная связь по постоянному току употребляется для стабилизации рабочих точек транзисторов. Применяют местную обратную связь, охватывающую один каскад, и общую — с охватом двух каскадов.

Возможны два основных типа местной обратной связи: параллельная (рис. 2-37, *а*) и последовательная (рис. 2-37, *б*). В схеме обратной связи параллельного типа, называемой также схемой коллекторной стабилизации, при возрастании тока коллектора происходит падение напряжения на коллекторной нагрузке, что вы-

зывает уменьшение тока базы, приводящее к уменьшению тока коллектора. В схеме обратной связи последовательного типа, называемой также схемой эмиттерной стабилизации, за счет делителя $R_{д1} - R_{д2}$ напряжение на сопротивлении $R_{д2}$ поддерживается постоянным. При возрастании тока коллектора увеличивается ток эмиттера, падает напряжение на $R_э$, а это приводит к уменьшению напряжения на эмиттерном переходе и к снижению тока коллектора. Схема эмиттерной стабилизации более эффективна и поэтому находит широкое применение. Расчет элементов этой схемы рассмотрен в 2-10.

Общая обратная связь по постоянному току предусматривает непосредственную связь двух каскадов. Пример такой схемы показан на рис. 2-37, в. Напряжение смещения на базу транзистора T_1 подается от эмиттерного сопротивления $R_{э2}$. Если возрастает ток $I_{к2}$, то увеличивается падение напряжения на $R_{э2}$ и увеличиваются токи $I_{б1}$ и $I_{к1}$. В результате падает напряжение на коллекторе транзистора T_1 и уменьшается ток $I_{б2}$, приводящий к уменьшению тока $I_{к2}$.

Отрицательная обратная связь по переменному току применяется для улучшения качественных показателей усилителя и отдельных его каскадов.

Местная обратная связь, охватывающая только один каскад, используется тех же двух типов, что и связь по постоянному току: параллельного (рис. 2-38, а) — с помощью сопротивления Z_k , включаемого между коллектором и базой, и последовательного (рис. 2-38, б) — с помощью резистора $R_э$, включаемого в цепь эмиттера. Обратная связь параллельного типа используется преимущественно для частотной коррекции, чтобы повысить устойчивость усилителя при охвате его общей обратной связью. Обратная связь последователь-

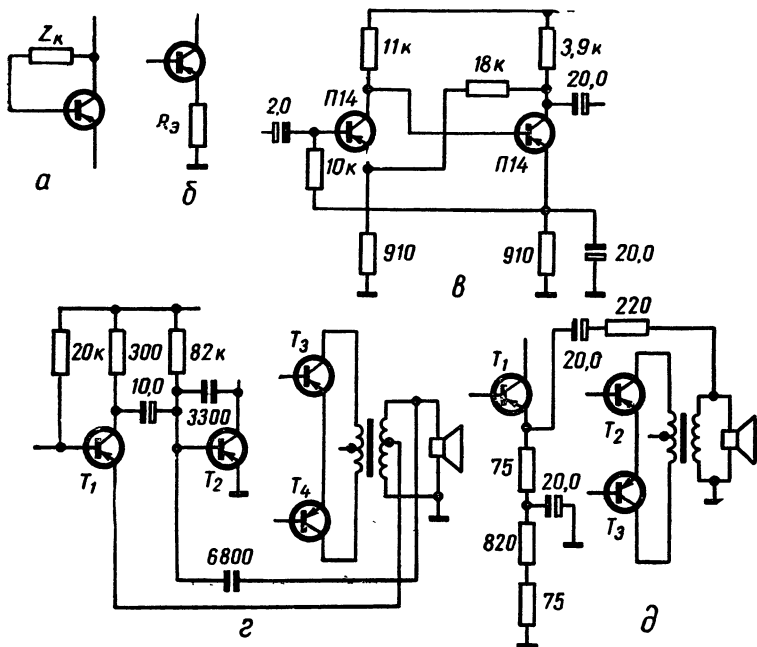


Рис. 2-38. Способы осуществления обратной связи по переменному току:

а — местная параллельного типа; *б* — местная последовательного типа; *в*, *г*, *д* — общая, охватывающая два и более каскадов.

ного типа используется в предварительных каскадах главным образом для увеличения входного сопротивления, а в оконечных двухтактных каскадах — для повышения симметрии схемы.

Общая обратная связь, охватывающая 2 (и более) каскада, используется в основном для снижения нелинейных искажений, уменьшения выходного сопротив-

ления и частотной коррекции. Различные способы осуществления общей обратной связи показаны на рис. 2-38. Частотно-зависимая обратная связь, используемая для коррекции частотных характеристик, рассмотрена в 2-14.

2-14. Регуляторы громкости и цепи частотной коррекции

В транзисторных УНЧ применяются плавные регуляторы громкости — простые и тонкомпенсированные.

Простые регуляторы громкости включаются на входе I каскада (рис. 2-39, а) или между каскадами — I и II (рис. 2-39, б), II и III (рис. 2-39, в). Во входных регуляторах применяют переменные резисторы 5,1—33 *ком*, а в междукаскадных — 10—50 *ком*.

Тонкомпенсированный регулятор громкости (рис. 2-39, г) используется на входе первого каскада.

В УНЧ, имеющих 2 входа с разной чувствительностью, например в усилителях записи магнитофонов, используют отдельные регуляторы громкости для каждого входа. В схеме, использованной в одном из усилителей записи (рис. 2-39, д), один регулятор громкости включен на входе третьего каскада, служащего входом УНЧ при работе от линии, а второй регулятор громкости — на выходе второго каскада (используется при работе от микрофона).

Нерегулируемые цепи частотной коррекции применяются для коррекции частотной характеристики: сквозного канала магнитофонов, звукозаписывающих устройств, усилителя в области верхних частот.

Некоторые схемы, используемые для частотной коррекции сквозного канала магнитофонов, показаны на рис. 2-40. В схеме частотной коррекции универсального усилителя (рис. 2-40, а) на нижних частотах в цепь базы

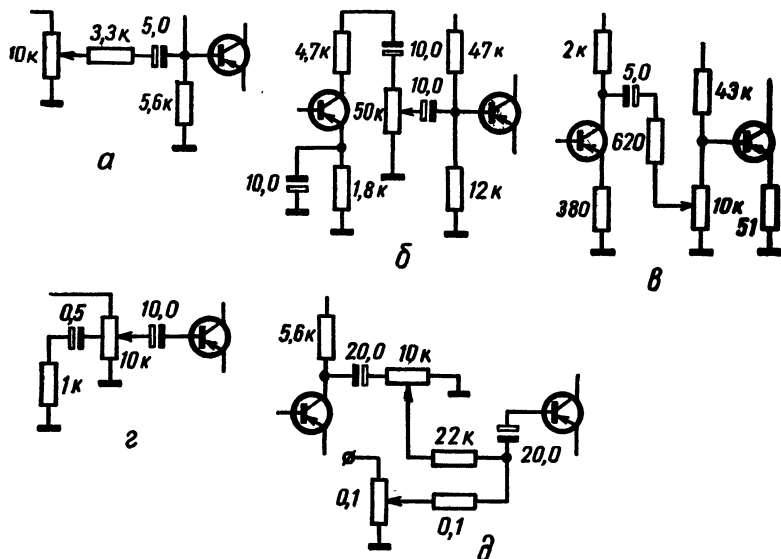


Рис. 2-39. Схемы регуляторов громкости, применяемых в транзисторных УНЧ:

а — простой регулятор громкости, включаемый на входе УНЧ; *б, в* — простые регуляторы громкости, включаемые между каскадами УНЧ; *г* — тонкомпенсированный регулятор громкости; *д* — схема, использующая два входа усилителя,

транзистора T_1 включен фильтр, состоящий из конденсатора C_1 и резисторов R_1 и R_2 . Резистор R_2 включается в режиме записи, а R_1 — в режиме воспроизведения. Для коррекции частотной характеристики на верхних частотах в цепь коллектора T_2 включен фильтр, состоящий из катушки коррекции L_1 и конденсатора C_2 . В универсальном усилителе (рис. 2-40, б) предусмотрены частотные предискажения при записи и частотная коррекция при

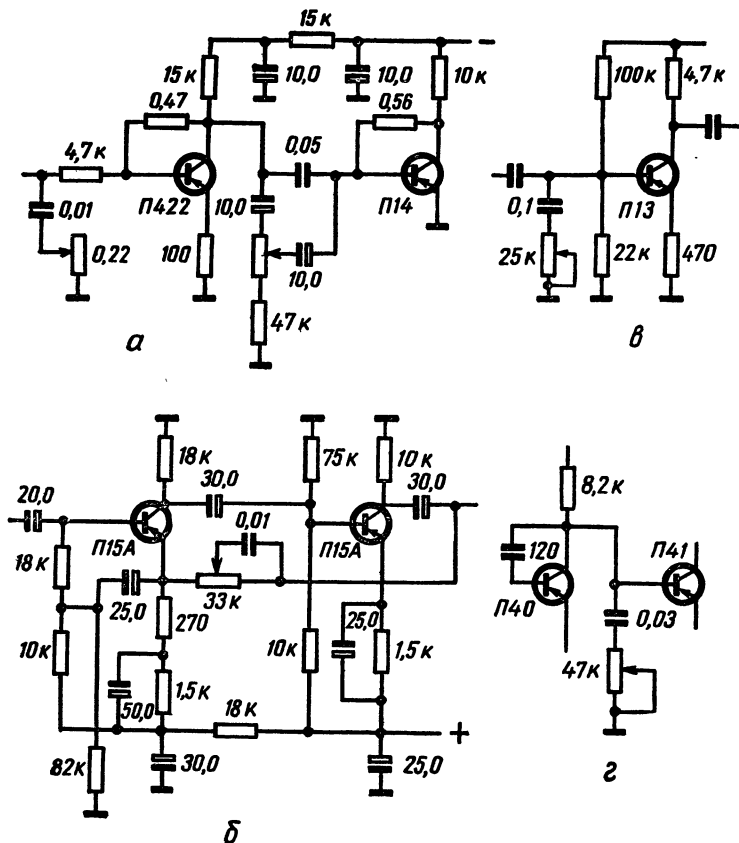


Рис. 2-41. Схемы регуляторов тембра, используемых в транзисторных УНЧ:

a — раздельные регуляторы тембра верхних и нижних частот; *б*, *в*, *г* — регуляторы тембра верхних частот.

воспроизведении, осуществляемые за счет цепи частотно-зависимой обратной связи между транзисторами T_1 и T_2 , а также за счет фильтра LC , включенного в цепь коллектора T_4 .

Коррекция частотной характеристики звукоснимателя обычно осуществляется на входе усилителя с помощью корректирующих цепочек RC (рис. 2-40, в).

Частотная коррекция характеристики усилителя в области верхних частот используется для повышения устойчивости усилителей, охваченных отрицательной обратной связью, а также для устранения подчеркивания верхних частот, создаваемого громкоговорителями, имеющими малые размеры (рис. 2-40, г).

Некоторые типы регуляторов тембра, используемых в транзисторных УНЧ, показаны на рис. 2-41.

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКАХ

3-1. Функции радиовещательного приемника

К основным функциям радиовещательных приемников относятся:

- выделение полезного сигнала принимаемой радиостанции из множества других сигналов и помех радиоприему;

- усиление полезного сигнала;

- преобразование его частоты;

- выделение из полезного сигнала токов звуковой частоты;

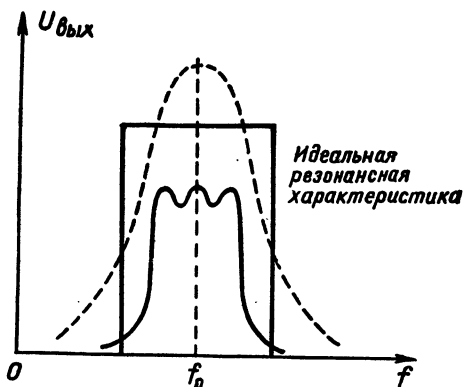
- воспроизведение звуковых колебаний.

Выделение полезного сигнала осуществляется в основном с помощью резонансных колебательных систем, которые состоят из колебательных контуров. Колебательный контур по-разному пропускает колебания различных частот.

Резонансной характеристикой колебательной системы называют зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от частоты входного сигнала f с неизменной величиной $U_{\text{вх}}$. Резонансные характеристики некоторых колебательных систем приведены на рис. 3-1.

Наилучшей резонансной характеристикой является П-образная, так как она обеспечивает равномерное про-

Рис. 3-1. Резонансные характеристики некоторых колебательных систем.



пускание составляющих спектра полезного сигнала вблизи частоты f_0 и полное подавление других сигналов.

Усиление сигнала необходимо для получения на входе громкоговорителя приемника достаточного для его работы напряжения (единицы — десятки вольт). Так как сигнал далеких радиостанций на входе приемника мал и бывает обычно десятки — сотни $\mu\text{кВ}$, то коэффициент усиления приемного тракта должен быть порядка 10^4 — 10^6 раз.

Усиление в приемнике осуществляется с помощью усилительных каскадов.

В радиовещательном приемнике различают два вида усилителей: усилитель колебаний высокой частоты (УВЧ) и усилитель колебаний низкой частоты (УНЧ). Схемы низкочастотных и высокочастотных усилительных каскадов различаются прежде всего по виду нагрузки и типу используемого усилительного прибора.

Преобразование частоты — преобразование модулированного колебания одной высокой частоты в колебание другой с сохранением вида модуляции (рис. 3-2).

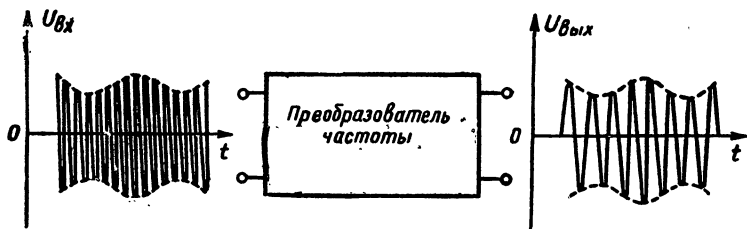


Рис. 3-2. Преобразование частоты модулированного колебания.

Промежуточной ($f_{\text{пр}}$) называют ту частоту, в которую преобразуется частота входного сигнала.

Частота сигнала в процессе преобразования понижается (исключая диапазон длинных волн), что обеспечивает получение в радиовещательных приемниках высокого усиления и выделение полезного сигнала.

Для преобразования частоты используются специальные преобразовательные электронные лампы или транзисторы, включаемые в каскад преобразователя частоты (ПЧ). На электроды преобразовательных приборов поступают колебания двух частот: входного сигнала (f_c) и вспомогательного генератора (f_r), называемого гетеродином. В результате сложного управления током и вследствие нелинейности характеристики преобразовательного элемента в его выходной цепи возникает множество колебаний, одно из которых имеет разностную частоту $f_r - f_c = f_{\text{пр}}$.

Гетеродин приемника перестраивают в диапазоне рабочих частот так, чтобы частота $f_r - f_c$ была практически неизменной. Усилитель, в котором осуществляется усиление колебаний промежуточной частоты, называется усилителем промежуточной частоты приемника (УПЧ).

Воспроизведение звуковых колебаний осуществляется звуковоспроизводящей акустической системой, которая преобразует электрические колебания в звуковые. Она состоит из одного или группы громкоговорителей и футляров (ящиков), в которых они установлены.

3-2. Блок-схемы радиовещательных приемников

Радиоприемник прямого усиления — это радиоприемник, в котором усиление до детектора осуществляется на частоте входного сигнала. Он не обеспечивает высоких качественных показателей и применяется в простейших радиолюбительских конструкциях или миниатюрных радиовещательных приемниках промышленного изготовления.

Блок-схема радиоприемника прямого усиления (рис. 3-3, *а*) состоит из входной цепи ВЦ, содержащей один или несколько контуров и осуществляющей предварительное выделение полезного сигнала из множества других сигналов и помех; усилителя высокой частоты УВЧ (один-два каскада); детектора Д; усилителя низкой частоты УНЧ (один-три каскада); блока питания БП.

Супергетеродинный приемник — это радиоприемник, использующий принцип преобразования частоты входного сигнала.

На рис. 3-3, *б* дана блок-схема супергетеродинного приемника, состоящая из входной цепи ВЦ; усилителя высокой частоты УВЧ (один каскад); преобразователя частоты ПЧ; гетеродина Г; усилителя промежуточной частоты УПЧ (один-три каскада); детектора Д; усилителя низкой частоты УНЧ (один-три каскада); блока питания БП.

В простейших радиовещательных приемниках УВЧ отсутствует, а УПЧ содержит один каскад.

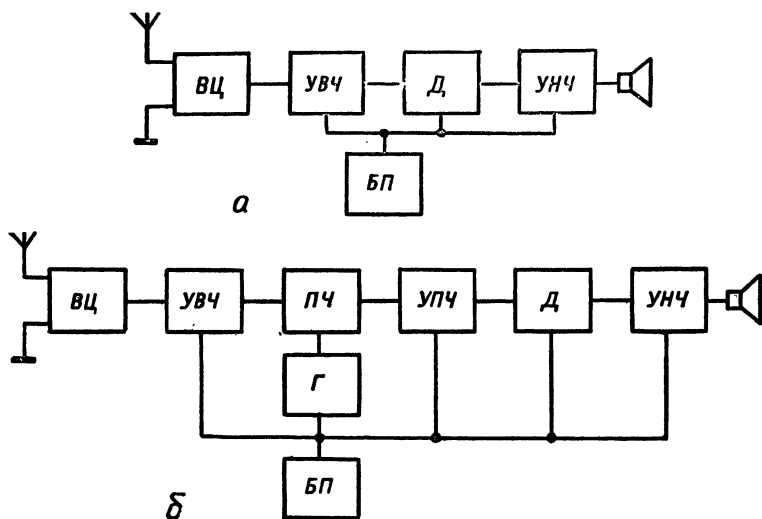


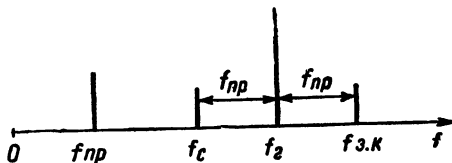
Рис. 3-3. Блок-схемы радиоприемников:

а — приемник прямого усиления; *б* — супергетеродинный приемник.

Основные достоинства супергетеродинного приемника: высокая избирательность; большая величина усиления высокочастотного тракта; относительное постоянство величины усиления и избирательности в диапазоне рабочих частот.

Основные недостатки: относительно высокая сложность схемы; большая трудоемкость настройки при изготовлении и ремонте приемника, так как в высокочастотном тракте имеются колебания трех частот f_c , f_g , $f_{пр}$; наличие дополнительных, «паразитных» каналов приема.

Рис. 3-4. Расстановка частот f_c , f_r , $f_{пр}$, $f_{з.к}$ в супергетеродинном приемнике.



К основным паразитным каналам относятся: «зеркальный» канал. Под частотой зеркального канала понимают частоту мешающего сигнала $f_{з.к}$, отстающую от частоты полезного сигнала f_c на величину $2f_{пр}$, т. е. $f_{з.к} = f_c + 2f_{пр}$. Расстановка частот f_c , f_r , $f_{з.к}$ иллюстрируется рис. 3-4. Попадая на вход преобразователя частоты, мешающий сигнал с частотой $f_{з.к}$ преобразуется в сигнал промежуточной частоты;

канал, обусловленный помехой с частотой, равной промежуточной. Это колебание может попасть в тракт промежуточной частоты и оказать заметное мешающее действие при приеме полезных сигналов;

канал, обусловленный преобразованием на гармониках гетеродина. Возникает в результате появления на входе ПЧ, кроме основного колебания, гармоники напряжения гетеродина с частотой nf_r ($n=2, 3, 4 \dots$). Тогда в выходном токе преобразователя появляются колебания с частотой $f = nf_r \pm f'_c$ или $f = f'_c \pm nf_r$. Если для некоторого значения f'_c величина f равна $f_{пр}$, то колебание f'_c преобразуется в $f_{пр}$;

канал, обусловленный преобразованием на гармониках сигнала. Возникает в результате появления на входе ПЧ гармоник частоты колебания

mf_c'' ($m=2, 3, 4 \dots$), связанного с величиной $f_{\text{пр}}$ следующим соотношением:

$$f_{\text{пр}} = f_r \pm mf_c'' \text{ или } f_{\text{пр}} = mf_c'' \pm f_r.$$

Тогда колебание f_c' преобразуется в $f_{\text{пр}}$. Канал характерен для местных мощных радиостанций, создающих на входе приемника большие напряжения.

Для уменьшения влияния паразитных каналов необходимо:

повысить избирательность части схемы, содержащей входную цепь и УВЧ и называемой преселектором приемника;

устранить возможность появления гармоник гетеродина (выбором режима работы гетеродинного и преобразовательного каскадов, а также величины напряжения гетеродина);

уменьшить нелинейность УВЧ и преобразовательного элемента по сигнальному входу (выбором типа и режима работы преобразовательного элемента).

3-3. Виды и качественные показатели радиовещательных приемников, выпускаемых промышленностью

Радиовещательные приемники различаются:

по назначению — стационарные, переносные, автомобильные;

по наличию дополнительного оборудования — комбинированные радиовещательные установки: радиолы — радиовещательные приемники, снабженные устройством для проигрывания грамзаписи; магнитолы — радиовещательные приемники, снабженные магнитофоном; телекомбайны, имеющие радиовещательный приемник, и т. д.;

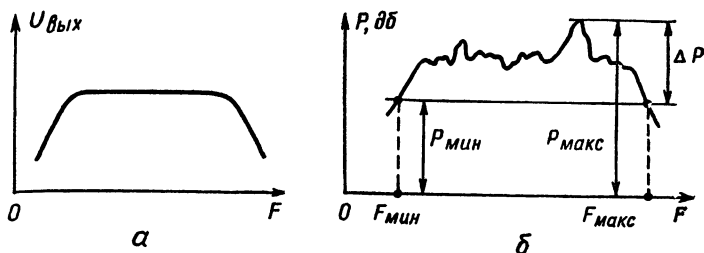


Рис. 3-5. Характеристика «верности воспроизведения»:
 α — по напряжению; β — по звуковому давлению.

по способу питания — сетевые, батарейные, с универсальным питанием;

по конструкции — настольные, малогабаритные, в мебельном оформлении;

по электрической схеме — прямого усиления и супергетеродинного типа;

по электрическим и акустическим показателям — радиовещательные приемники различных классов;

по числу каналов в системе звуковоспроизведения — монофонические, стереофонические и т. д.

3-4. Основные электрические и акустические параметры современных радиовещательных приемников

Электрические и акустические показатели современных отечественных радиовещательных приемников должны соответствовать требованиям Государственного общесоюзного стандарта (ГОСТ 5651—64).

В соответствии с ГОСТ все радиовещательные приемники делятся на пять классов (в порядке улучшения параметров: четвертый, третий, второй, первый, высший).

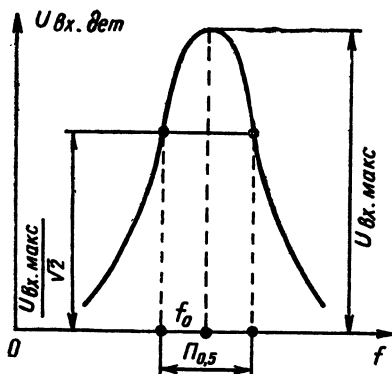


Рис. 3-6. Резонансная характеристика высокочастотной части приемника.

Из-за значительного различия в выходной мощности стационарных и переносных приемников в каждом классе, исключая высший, различают два типа приемников.

Ниже приведены величины некоторых параметров радиовещательных приемников в соответствии с ГОСТ 5651—64 (табл. 3-2, 3-3) и краткие пояснения (табл. 3-1).

3-5. Антенны, используемые в практике радиовещательного приема

Радиовещательные приемные антенны различаются по конструкции — Г-образные, Т-образные, «метелочные», вертикальный вибратор, полуволновый горизонтальный вибратор, шлейф-вибратор (рис. 3-7);

по месту установки — наружные, внутренние, автомобильные;

по диапазону частот — узкодиапазонные, используемые на УКВ, и широкодиапазонные, используемые на ДВ, СВ, КВ;

по назначению — профессиональные и абонентские.

Таблица 3-1

Основные параметры радиовещательных приемников

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначение	Единица измерения	Порядок величин
3	Чувствительность	Способность радиоприемника работать от слабого сигнала, действующего на его входе. Количественно чувствительность — это величина минимальной э. д. с. или напряженности поля нормально модулированного сигнала на входе приемника, которая обеспечивает выделение в нагрузке нормальной выходной мощности при заданном отношении уровня сигнала к уровню помехи (≥ 20 дб). Под нормальной модуляцией при испытании приемников на ДВ, СВ, КВ понимают амплитудную модуляцию с частотой 400 гц и коэффициентом глубины модуляции 30 %, на УКВ — частотную модуляцию с девиацией частоты ± 15 кГц и частотой модуляции 1 кГц. Нормальная мощность — это мощность 50 мвт и 5 мвт,	ЕА	мкв, мв/м	Со входа для внешней антенны: на ДВ, СВ, КВ 50—300 мкв; на УКВ 5—30 мкв; с внутренней магнитной антенной 0,7—3 мв/м

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
3	Чувствительность	если номинальная выходная мощность приемника 150 <i>вт</i> и ниже			
4, 6, 10	Избирательность	Способность радиоприемника выделять полезный сигнал из ряда других сигналов. Количественно под избирательностью понимают величину ослабления входного сигнала при определенном отличии его частоты от частоты, на которую настроены приемники, т. е. при определенной величине расстройки Δf . Зависит от величины расстройки и типов используемых резонансных систем. В зависимости от величины Δf различают следующие виды избирательности:	S	<i>дБ</i>	
4	Избирательность по соседнему каналу	Характеризует подавление сигнала соседней (по оси частот) радиостанции (для ДВ, СВ, КВ $\Delta f_{с.к} = \pm 10 \text{ кГц}$, для УКВ $\Delta f_{с.к} = \pm 250 \text{ кГц}$)	S _{с.к}	<i>дБ</i>	20—60 <i>дБ</i>

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Пояснение	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
6	Избирательность по зеркальному каналу	Характеризует подавление зеркального канала (для $f_r > f_c$ $\Delta f_{з.к} = 2f_{пр}$, для $f_r < f_c$ $\Delta f_{з.к} = -2f_{пр}$)	$S_{з.к}$	дБ	20 — 60 дБ
10	Избирательность в отношении сигналов с частотой, равной промежуточной	Характеризует подавление колебаний с $f_{пр}$ для наихудшего случая (наиболее близкая к $f = f_{пр}$ частота рабочего диапазона)	$S_{пр}$	дБ	26 — 40 дБ
	Качество воспроизведения модулирующего сигнала	Оценивается величиной искажений, вносимых приемником в модулирующий сигнал			
	Частотные искажения	Связаны с тем, что колебания различных модулирующих частот			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
15	Частотные искажения	по-разному усиливаются радиоприемником Зависимость напряжения на выходе приемника от частоты модуляции неизменного по величине сигнала на его входе называется характеристикой «верности воспроизведения» по напряжению Зависимость звукового давления (на расстоянии 1 м от приемника) от частоты модуляции неизменного по величине сигнала на его входе называется характеристикой верности воспроизведения по звуковому давлению	$U_{\text{вых}} = f(F)$		Примерный вид характеристики приведен на рис. 3-5, а
	Полоса пропускания приемного тракта	Полоса частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики ($\Delta p = 20 \lg \frac{p_{\text{макс}}}{p_{\text{мин}}}$) см. рис. 3-5, б) не превышает заданную величину (14 дБ для $f > 250$ кГц и 18 дБ для $f < 250$ кГц),	$p = f(F)$		Примерный вид характеристики приведен на рис. 3-5, б
			$F_{\text{мин}} - F_{\text{макс}}$	гц	В зависимости от диапазона и класса приемника от 40 — 15 000 до 450 — 3000 гц

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
15	Полоса пропускания приемного тракта	называется полосой пропускания приемника Частотные искажения на нижних звуковых частотах обусловлены УНЧ и звуковоспроизводящей системой, на верхних частотах — также высокочастотным трактом Зависимость напряжения на входе детектора от частоты неизменного по величине сигнала в антенне называют резонансной характеристикой высокочастотной части приемника (рис. 3-6)	$P_{0,5}$	кГц	На УКВ 120—180 кГц, на ДВ, СВ, КВ 6—12 кГц
	Полоса пропускания высокочастотного тракта	Область частот, в пределах которой выходное напряжение падает не более чем на 6 дБ (в 2 раза) по сравнению с частотой резонанса f_0 , называют полосой пропускания высокочастотного тракта. Чем уже полоса пропускания, тем больше искажения характеристики			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
17	Полоса пропускания высокочастотного тракта	ки верности воспроизведения в области верхних частот и меньше полоса пропускания всего приемника			
	Полоса пропускания приемного тракта на УКВ	На УКВ высокочастотный тракт практически не вносит больших частотных искажений, и полоса пропускания приемника определяется УНЧ и звуковоспроизводящей системой	F_{\min} — F_{\max}	Гц	От 40—15 000 до 150 — 7000 Гц
	Нелинейные искажения Коэффициент нелинейных искажений	Оцениваются с помощью коэффициента гармоник или коэффициента нелинейных искажений При измерении коэффициента гармоник на вход приемника подается сигнал, модулированный колебанием одной из звуковых частот, например 400 Гц. При наличии нелинейных искажений на выходе приемника возникает колебание не только с частотой 400 Гц.	k_T	%	3—12%

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
	Коэффициент нелинейных искажений	но и ряд колебаний кратных частот, которые называют гармониками основного колебания. С помощью коэффициента гармоник оценивают процентное содержание гармоник в выходном сигнале приемника по сравнению с основным колебанием			
	Характеристики эксплуатации радиотехнических регуляторов	Характеристики настройки приемника на частоту принимаемого сигнала в ГОСТ 5651—64 представлены следующими показателями: диапазоном рабочих (принимаемых) частот, указанием об обязательном включении индикатора точной настройки; указанием о необходимости применения «растянутых» или «полурастянутых» поддиапазонов	f_{\max} — f_{\min}	кгц (Мгц)	От 150 кгц до 73 Мгц
1	Диапазон рабочих частот	Область частот, в пределах которой находятся нормально принимаемые приемником сигналы ра-			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
1	Диапазон рабочих частот	диостанций. Различают длинные, средние, короткие и ультракороткие волны (ДВ, СВ, КВ, УКВ)			
24	Включение индикатора точной настройки	Контроль за точностью настройки на слух оказывается несовершенным, особенно при наличии помех. Поэтому в ряде радиовещательных приемников используется специальный электроннолучевой прибор, называемый электронносветовым индикатором настройки			Например, «растянутые» поддиапазоны: 11,7 — 12,1 МГц ($\lambda \approx 25$ м), 9,5 — 9,8 МГц ($\lambda \approx 31$ м), 7,1 — 7,3 МГц ($\lambda \approx 41$ м), 5,9 — 6,2 МГц ($\lambda \approx 49$ м), «полурастянутые» поддиапазоны: 9,36 — 12,1 МГц (КВ-I), 3,95 — 7,4 МГц (КВ-II)
19	«Растянутые» или «полурастянутые» поддиапазоны	Имеют малую величину отношения граничных частот f_{\max}/f_{\min} . Введение в радиоприемник «растянутых» поддиапазонов значительно упрощает настройку на КВ, где велика плотность станций, о которой можно судить по количеству принимаемых станций на один поворот ручки настройки приемника			
	Регулировка	Используется как ручная, так и автоматическая регулировка гром-			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
	усиления (громкости)	кости. Так как изменение громкости происходит вследствие изменения усиления, то иногда эти регулировки называют ручной и автоматической регулировками усиления			
	Автоматическая регулировка усиления (АРУ)	Автоматическая регулировка усиления служит для того, чтобы автоматически поддерживать неизменным напряжение на нагрузке детектора приемника и, следовательно, на его выходе при значительных изменениях сигнала в антенне. Возможное изменение напряжения в процессе радиоприема обусловлено, во-первых, различием уровней сигналов от различных радиостанций и, во-вторых, возможным изменением сигнала принимаемой станции вследствие особенностей распространения радиоволн Основной характеристикой АРУ является регулировочная харак-			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
11	Автоматическая регулировка усиления (АРУ)	характеристика, т. е. зависимость напряжения на выходе приемника от э. д. с. сигнала в антенне			
	Эффективность АРУ	Характеризуется с помощью отношения напряжений на выходе приемника (a) при определенном отношении э. д. с. сигнала в антенне (p)	p a	$дБ$ $дБ$	$p = 26 - 60$ $a = 8 - 12$ $дБ$
12	Ручная регулировка усиления	Обеспечивает возможность индивидуального подбора требуемой громкости воспроизводимой передачи; характеризуется глубиной (диапазоном) регулирования (см. главу II)		$дБ$	$40 - 60$ $дБ$
27	Регулировка тембра	Позволяет подобрать характер звучания в соответствии с прослушиваемой передачей, своими наклонностями, а также акустическими свойствами помещения, где установлен приемник (см. главу II)			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
27	Регулировка тембра	Осуществляется в УНЧ, так как в этом случае один и тот же регулятор можно использовать при проигрывании грамзаписи. Допускается регулирование с помощью отдельных регуляторов на верхних и нижних звуковых частотах. Часто регулировку тембра по высочим частотам объединяют с регулировкой полосы пропускания	$P_{0.5}$	кГц	6—12 кГц
28	Регулировка полосы пропускания	Полезна в условиях приема радиовещательным приемником разных по уровню сигналов в присутствии помех. Так, например, при приеме слабого сигнала, прослушиваемого на фоне помехи, полосу пропускания приемника целесообразно уменьшить. При приеме сильного сигнала можно расширять полосу пропускания, так как сильный сигнал подавляет помеху	$f_{пр}$	кГц (МГц)	На ДВ, СВ, КВ 465 кГц, на УКВ 6,5 (8,4) МГц
29	Промежуточная частота	Не должна находиться внутри диапазона частот; отведенного для радиостанций, так как сигнал			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
2	Промежуточная частота	<p>радиостанции с частотой f пр будет создавать значительные помехи приему. Для низкой промежуточной частоты ($f \leq 150$ кГц) характерны:</p> <ul style="list-style-type: none"> большое усиление в УПЧ; высокая избирательность по соседнему каналу; низкая избирательность по зеркальному каналу; возможность частотных искажений сигнала в УПЧ <p>Для высокой промежуточной частоты ($f > 1,6$ МГц) характерны:</p> <ul style="list-style-type: none"> малая величина усиления в УПЧ; малая избирательность по соседнему каналу; высокая избирательность по зеркальному каналу; возможность получения малых искажений сигнала в УПЧ. <p>Выбирая среднее значение промежуточной частоты ($f_{пр} = 465$ кГц)</p>			

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
2	Промежуточная частота	для ДВ, СВ, КВ и 6,5 (8,4) МГц на УКВ), можно получить относительно удовлетворительные показатели для всех параметров			
8	Стабильность частоты гетеродина	Определяется величиной ухода частоты гетеродина от самопрогрева, отсчитываемого за определенный временной интервал. При нестабильном гетеродине происходит изменение величины $f_r - f_c$ и преобразованная частота огличается от промежуточной частоты приемника. В результате этого спектр принимаемого сигнала оказывается смещенным относительно центральной частоты $f_{пр}$ УПЧ, что вызывает искажение спектра, а при больших изменениях f_r его «выпадение» из канала УПЧ	Δf_r	кГц	На КВ 2 — 6 кГц, на УКВ 20 — 50 кГц
9	Допускаемое излучение гетеродина	Определяется как напряженность поля излучения на расстоянии 3 м от приемника в диапазоне УКВ	E_r	мкВ/м	150 мкВ/м

Продолжение таблицы 3-1

№ показателя в табл. 3-2, 3-3	Показатель	Определения и пояснения	Обозначения	Единица измерения	Порядок величин
9	Допускаемое излучение генератора	Ограничение излучения обусловлено тем, что «просочившиеся» на вход приемника колебания генератора попадают в приемную антенну и излучаются в окружающее приемник пространство. Это приводит к появлению помех на входе других радиоприемников, расположенных поблизости			

Примечания: 1. Другие показатели (номинальное звуковое давление, допускаемый уровень фона, требования к источникам питания и т. д.) см. в главе II.

2. Электрические и акустические параметры отдельных экземпляров выпускаемых в настоящее время приемников обычно превышают оговоренные в ГОСТ 5651 — 64 величины. Так, например, чувствительность приемников I класса на ДВ, СВ, КВ составляет 10 — 40 мкв, что превышает заданные нормы.

3. Радиовещательные приемники старых выпусков по ряду параметров могут не соответствовать ГОСТ 5651 — 64.

Таблица 3-2

Параметры
радиовещательных приемников (выдержки из ГОСТ 5651—64)

Параметры	Нормы по классам				
	высший	I	II	III	IV
1. Диапазоны принимаемых частот (волн)	ДВ в кгц (м)	150,0—408,0 (2000,0—735,3)			
	СВ в кгц (м)	525,0—1605,0 (571,4—186,9)			
	КВ в Мгц (м)	3,95—12,10 (75,9—24,8)		—	
	УКВ в Мгц (м)	65,8—73,0 (4,56—4,11)		—	
2. Промежуточная частота для диапазонов	ДВ, СВ и КВ в кгц	465,0±2,0			
	УКВ в Мгц	6,5 ± 0,1; 8,4 ± 0,1		—	

Продолжение таблицы 3-2

160

Параметры		Нормы по классам						
		высший	I	II	III	IV		
3. Чувствительность	со входа для внешней антенны в мкз, не хуже, в диапазонах		ДВ и СВ	КВ	50	150	200	300
		УКВ (при входном сопротивлении 300 ом)	5	10	20	30	—	
	с внутренней магнитной антенной (для переносных приемников) в мв/м, не хуже, в диапазонах	ДВ	—	1,0	2,0	2,5	3,0	
		СВ	—	0,7	1,0	1,5	2,0	
4. Избирательность по соседнему каналу (ДВ, СВ), не менее			60	46	34	26	20 (16)	
5. Ширина полосы пропускания тракта УКВ в кГц			120—160	120—180			—	
6. Избирательность по зеркальному каналу, не менее	ДВ		60	46	40	26 (20)	20 (16)	
	СВ		50	26	20	20 (16)		

Продолжение таблицы 3-2

Параметры	Нормы по классам				
	высший	I	II	III	IV
6. Избирательность по зеркальному каналу, не менее	КВ	26	14	12	—
	УКВ	30	22	20	—
7. Подавление сигналов сопутствующей амплитудной модуляции в тракте УКВ в <i>дБ</i> , не менее		20	16	12	10
8. Уход частоты гетеродина от самопрогрева (от измеренной через 5 мин после включения приемника) в <i>кГц</i> , не более	в течение первого часа на частотах 65,8—73,0 <i>МГц</i>	20	50		
	в течение 15 мин на частотах	2	4	—	
		3	6	—	
9. Излучение гетеродина в диапазоне УКВ в <i>мкВ/м</i> , не более		150			—
10. Ослабление сигнала частот, равных промежуточным, в <i>дБ</i> , не менее		40	34	30	26

Продолжение таблицы 3-2

Параметры		Нормы по классам				
		высший	I	II	III	IV
11. Действие автоматической регулировки усиления в диапазонах ДВ, СВ и КВ	p в дБ, не менее	60	40		26	
	a в дБ, не более	8	12	10	12	
12. Ручная регулировка громкости в дБ, не менее		60	50		40 (30)	
13. Чувствительность тракта низкой частоты (со входа для звукопринимающей) при входном сопротивлении не менее 0,5 Мом в ϵ , не хуже		0,25				
14. Уровень фона по электрическому напряжению в дБ, не хуже	с антенного входа	—54	—44	—40		—30
	со входа усилителя низкой частоты	—60	—50	—46		—36
15. Частотная характеристика всего тракта усиления («кривая «верности»)	ДВ, СВ и КВ в g , не хуже	40—6000	60—4000	80—4000		—
	для непрерывных приемников в мебельном оформлении	40—6000	60—4000	80—4000		—
по звуковому давлению	в настольном оформлении	60—6000	80—4000	100—4000	150—3500	200—3000
	для непрерывных приемников	60—6000	80—4000	100—4000	150—3500	200—3000

Продолжение таблицы 3-2

Параметры		Нормы по классам				
		высший	I	II	III	IV
15. Частотная ха- рактеристика всего тракта усиления (кривая «верности») по звуковому дав- лению	для перенос- ных приемни- ков	—	150—4000	200—4000	300—3500	450— 3000
	для переносных приемников УКВ (при его отсутст- вии для тракта усиления низ- кой частоты) в гц не хуже	40—15 000	60— 12 000	80— 10 000	—	—
		60—15 000	80— 12 000	100— 10 000	150— 7000	200— 6000
		—	150— 12 000	200— 10 000	300— 7000	—
16. Среднее (номи- нальное) звуковое давление в бар, не менее, для прием- ников	от сети	10,0	8,0	6,0	4,5	3,5
	от автоном- ных источни- ков	6,0	4,0	3,0	2,5	2,0
	переносных	—	4,0	2,5	2,3	1,0

Продолжение таблицы 3-2

Параметры		Нормы по классам				
		высший	I	II	III	IV
17. Коэффициент нелинейных искажений всего тракта усиления по звуковому давлению в %, не более, в диапазонах	ДВ, СВ и КВ при 0,8 и среднем (номинальном) звуковом давлении на частотах	от 200 до 400 гц	8		10	12
		выше 400 гц	5	7		8
	0,5 и соответствующему звуковому давлению на частотах	от 200 до 400 гц	5		7	10
		выше 400 гц	3	4	5	7
	УКВ при девиации частоты ± 50 кГц и среднем (номинальном) звуковом давлении на частотах	от 200 до 400 гц	5		7	—
		выше 400 гц	3	4	5	—

Продолжение таблицы 3-2

Параметры		Нормы по классам				
		высший	I	II	III	IV
18. Напряжения питания	от сети	номинальные в \varnothing	127 и 220			
		допускаемые отклонения, при которых приемник должен соответствовать требованиям, указанным в технических условиях, в %	± 10			
	от автономных источников	номинальные в \varnothing	12,0 или 9,0	9,0 или 6,0	9,0; 6,0 или 4,5	
		минимальные, при которых приемник должен сохранять работоспособность по ГОСТ 9783—61, в \varnothing	7,2 или 5,6	5,6 или 3,8	5; 6; 3,8 или 2,8	

Таблица 3-3

Вспомогательные устройства в приемнике

Наименование вспомогательных устройств	Применение по классам								
	выс-ший	I		II		III		IV	
		не-пере-нос-ные	пе-ре-нос-ные	не-пере-нос-ные	пе-ре-нос-ные	не-пере-нос-ные	пе-ре-нос-ные	не-пере-нос-ные	пе-ре-нос-ные
«Растянутые» или «полурастянутые» диапазоны	О	О	О	Н	Н	—	—	—	—
Вход для присоединения внешней антенны на ДВ, СВ и КВ диапазонах	О	О	О	О	О	О	Н	О	Н
Вход для присоединения внешней антенны на УКВ диапазоне	О	О	О	О	Н	О	Н	—	—
Внутренняя (встроенная) антенна УКВ диапазона	О	О	О	О	Н	Н	Н	—	—
Фиксированное положение «местный прием» на диапазонах ДВ и СВ	О	О	О	О	Н	Н	Н	Н	—
Индикатор точной настройки	О	О	Н	О	Н	Н	Н	—	—
Индикатор включения (электрический или механический)	О	О	О	О	О	О	О	О	О
Регулятор громкости с тонкомпенсацией	О	О	О	Н	Н	—	—	—	—
Регулятор тембра по низким звуковым частотам	О	О	О	О	Н	Н	Н	—	—
Регулятор тембра по высоким звуковым частотам	О	О	О	О	О	О	Н	Н	—
Вход для присоединения звукоусилителя и магнитофона на воспроизведение	О	О	О	О	Н	О	Н	Н	—
Выход для присоединения магнитофона на запись	О	О	О	О	Н	Н	Н	—	—

Обозначения: О — обязательно, Н — необязательно.

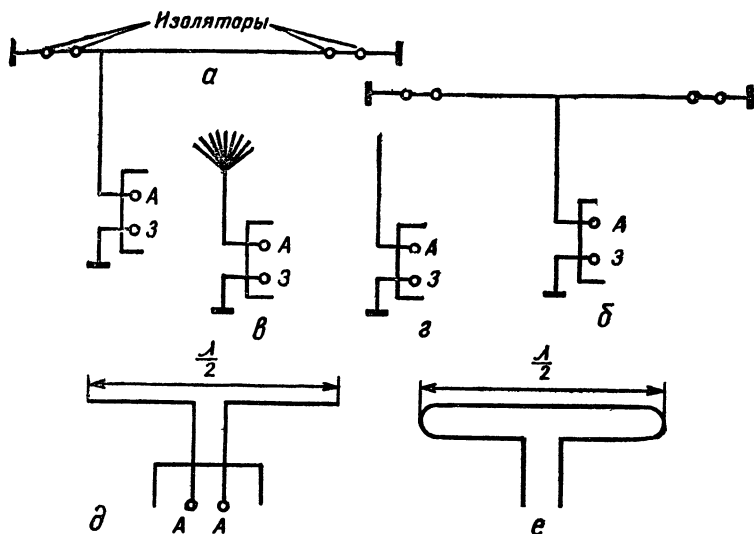


Рис. 3-7. Радиовещательные приемные антенны:

а — Г-образная; *б* — Т-образная; *в* — «метелочная»; *г* — вертикальный вибратор; *д* — полуволновый горизонтальный вибратор; *е* — шлейф-вибратор.

Приводим краткие сведения об абонентских (радиослушательских) антеннах.

Наружные антенны для ДВ, СВ, КВ. В большинстве случаев на ДВ, СВ, КВ радиослушатель использует короткий вертикальный провод, «метелочную» антенну, а также Г- и Т-образные антенны. Современный радиовещательный приемник на этих диапазонах обеспечивает прием относительно мощных станций при использовании короткой комнатной вертикальной антенны длиной в несколько метров.

Для приема дальних станций целесообразно применять Г- или Т-образные антенны, подвешенные на высоте 10—15 м над землей или 3—8 м над крышей с длиной горизонтальной части 20—30 м (рис. 3-8). Особенно эффективно применение таких антенн в сельской местности, где малый уровень внешних помех.

Горизонтальная часть антенны соединяется с приемником с помощью провода снижения, удаленного на расстояние более 0,5 м от стен дома или деревьев. Горизонтальную часть желательно располагать перпендикулярно к линиям электропередачи. Ввод снижения в помещение выполняется с помощью проходного изолятора (фарфоровая втулка или резиновая трубка).

При использовании наружных антенн должно быть устроено заземление, а также установлены грозовой разрядник и грозовой переключатель (рис. 3-8, з), который будет «заземлять» антенну во время грозы или при включении приемника.

Заземление (рис. 3-8, в) выполняется таким образом: металлический оцинкованный лист зарывается на глубину 1—2 м и припаивается к толстому проводу, идущему к приемнику. Можно использовать водопроводные трубы, однако применение центрального отопления и газопровода при приеме на наружную систему запрещено.

На КВ в переносных приемниках, а также на ДВ, СВ в автомобильных приемниках применяются телескопические вертикальные штыревые вибраторы длиной около одного метра.

Внутренние антенны для ДВ, СВ (т. е. встроенные в ящик приемника магнитные антенны) выполняются в виде катушки провода, намотанного на стержень из магнитодиэлектрического материала, например высокочастотного феррита.

Наиболее ценные свойства магнитной антенны — это

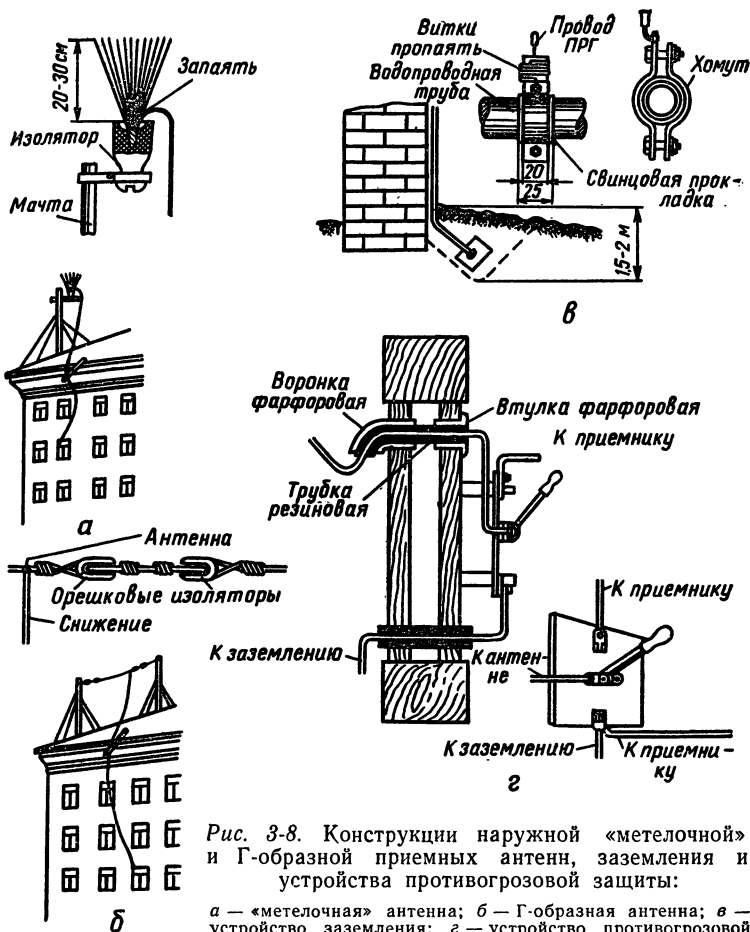


Рис. 3-8. Конструкции наружной «метелочной» и Г-образной приемных антенн, заземления и устройства противогрозовой защиты:

а — «метелочная» антенна; б — Г-образная антенна; в — устройство заземления; г — устройство противогрозовой защиты.

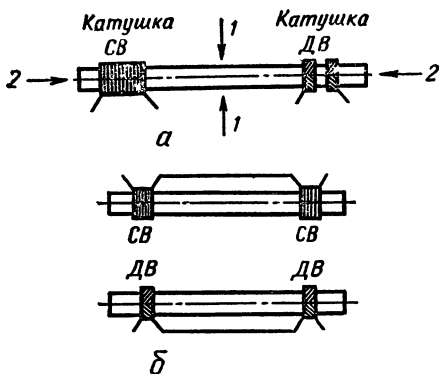


Рис. 3-9. Магнитная антенна радиовещательного приемника:

а — катушки ДВ и СВ намотаны на одном сердечнике; б — катушки ДВ и СВ намотаны на разных сердечниках; 1 — направление наилучшего приема; 2 — направление наибольшего ослабления принимаемого сигнала,

малые размеры и способность хорошо принимать электромагнитные волны только с определенных направлений. Ориентируя антенну так, чтобы направление наилучшего приема совпадало с направлением на принимаемую станцию или с направлением наихудшего приема помехи, можно заметно уменьшить влияние внешних помех, а также сигналов радиостанций, расположенных в других направлениях. При использовании магнитной антенны значительно уменьшается мешающее действие многих источников промышленных помех, так как такая антенна в основном реагирует на магнитную составляющую электромагнитного поля, в то время как большинство источников промышленных помех создает поля с преобладающей электрической составляющей.

В наиболее простых приемниках катушки антенны диапазонов ДВ и СВ размещаются на разных концах ферритового стержня (рис. 3-9, а). Однако лучшие результаты достигаются тогда, когда катушки каждого из диапазонов размещают на отдельных стержнях симметрично их середине (рис. 3-9, б).

Величина индуктивности катушки может изменяться при перемещении ее по отношению к стержню. Это используется при регулировке магнитной антенны.

Приемные антенны радиовещательного УКВ диапазона (65—73 Мгц). Для приема сигналов близких радиостанций используется внутренняя антенна, практически одинаково хорошо принимающая сигнал со всех направлений. Она может быть выполнена из отрезка линии КАТВ длиной 160—170 см, закрепленного внутри футляра приемника (рис. 3-10, в).

Для приема сигналов от радиостанций, находящихся на больших расстояниях (до 30—40 км), могут применяться простейшие УКВ антенны: полуволновый линейный вибратор и полуволновый шлейф-вибратор (рис. 3-10, а, б), имеющие некоторую направленность.

Вибраторы выполняются из стальных, латунных или дюралюминиевых трубок, а также из металлических полос или уголков.

Линейный полуволновый вибратор крепится как можно выше к металлической или деревянной мачте на изоляторах из высокочастотной керамики или пластмассы (допустимо применение текстолита и бакелизированного гетинакса).

Шлейф-вибратор крепится к мачте в точке нулевого потенциала без изоляторов.

Для лучшей работы антенны следует применить согласующее устройство, выполненное из отрезков кабеля типа РК-1 или др. с волновым сопротивлением 75 ом.

Направленные УКВ антенны в практике радиовещательного приема применяются при значительном удалении от радиостанции. Сведения о них можно найти, например, в книге А. А. Куликовского «Справочник радиолюбителя», Госэнергоиздат, 1963.

Рассмотрим некоторые параметры приемных антенн.

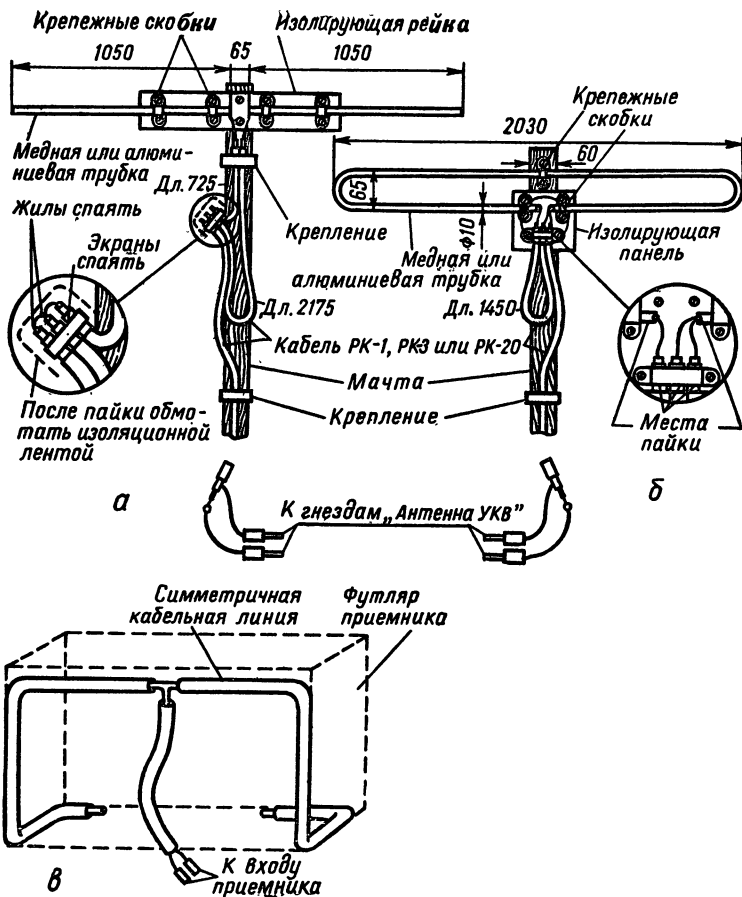


Рис. 3-10. Радиовещательные приемные антенны диапазона УКВ:
а — полуволновый линейный вибратор; б — шлейф-вибратор; в — встроенная в футляр приемника внутренняя УКВ антенна.

Рис. 3-11. Зависимость эффективной магнитной проницаемости от размеров сердечника магнитной антенны.

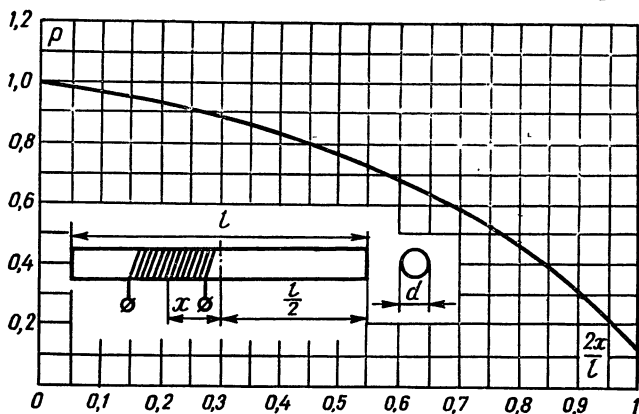
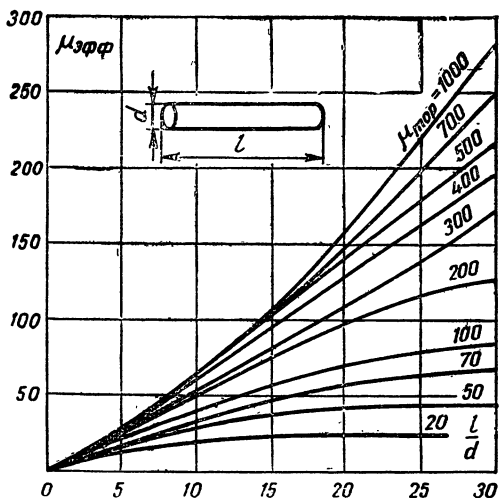


Рис. 3-12. Зависимость коэффициента ρ от расположения катушки на сердечнике.

Для радиоприемника антенна является источником э. д. с. сигнала с величиной E_A и внутренним сопротивлением Z_A .

Величина E_A определяется напряженностью поля сигнала E и действующей высотой (длиной) антенны h_d (l_d): $E_A = Eh_d$. Действующая высота и внутреннее сопротивление антенны зависят от конструкции, а также соотношения размеров антенны и длины волны принимаемого колебания.

В табл. 3-4 приведены сведения о величинах Z_A и h_d (l_d) некоторых антенн. При расчете величины l_d магнитной антенны используются зависимости $\mu_{\text{эфф}} = F\left(\frac{l}{d}\right)$, $p = f\left(\frac{2x}{l}\right)$, приведенные на рис. 3-11, 3-12, где $\mu_{\text{тор}}$ — тороидальная проницаемость материала сердечника, зависящая от марки феррита, соответствует цифре, стоящей рядом с буквенным обозначением марки (на ДВ, СВ величина $\mu_{\text{тор}}$ 300—1000 гс/э). Например, для феррита 400 НН $\mu_{\text{тор}} = 400$.

Обозначения различных марок ферритов приведены в табл. 7-61.

3-6. Приемный колебательный контур





Простейший колебательный контур — это электрическая цепь, содержащая катушку индуктивности L и конденсатор C (рис. 3-13).

Резонансная характеристика колебательного контура (рис. 3-14) — это зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от частоты входного сигнала f с неизменной величиной $U_{\text{вх}}$. Частота f_0 , на которой $U_{\text{вых}}$ имеет максимальную величину, называется резонансной частотой.

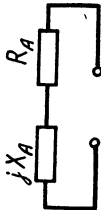
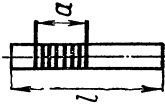
К основным электрическим параметрам приемного колебательного контура относятся: индуктивность (L);

Т а б л и ц а 3-4

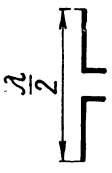
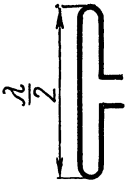
Некоторые параметры приемных радиовещательных антенн

Вид антенны	Диапазон частот	Z_A или эквивалентная схема	h_d (l_d)	Условное обозначение
Вертикальный вибратор	ДВ, СВ		Для $h \ll \lambda$: $h_d \approx \frac{h}{2}$ (вертикальный вибратор), $h_d \approx h$ (Г- и Т-образные антенны)	 <i>a</i>
Г-образная				 <i>б</i>
Т-образная		$C_A \approx 200 \text{ пф}$ $L_A \approx 20 \text{ мкГн}$ $R_A \approx 25 \text{ ом}$		 <i>в</i>

Продолжение таблицы 3-4

Вид антенны	Диапазон частот	Z_A или эквивалентная схема	h_d (l_d)	Условное обозначение
То же	КВ	 <p>Для 15—20 МГц $R_A \approx 100—300 \text{ ом}$ $X_A \approx 100—200 \text{ ом}$ Для 5—10 МГц $R_A \approx 50—200 \text{ ом}$ $X_A \leq 1000 \text{ ом}$</p>	<p>Для вертикального вибратора</p> $h_d = \frac{2}{\pi} h$ $\left(h = \frac{\lambda}{4} \right)$	
Магнитная антенна	ДВ, СВ		$l_d = \frac{2 \pi s \omega}{\lambda} \mu_{\text{эфф}} m p,$ <p>где ω — число витков, s — площадь сечения катушки; $\mu_{\text{эфф}}$ — рис. 3-11; $m = (1-0,3) \frac{a}{l}$; p — рис. 3-12</p>	

Продолжение таблицы 3-4

Вид антенны	Диапазон частот	Z_A или эквивалентная схема	$h_d (I_d)$	Условное обозначение
Полуволновый линейный вибратор	УКВ	73 ом (при настройке в резонанс)	$\lambda \frac{\pi}{\pi}$	
Полуволновый шлейф-вибратор	УКВ	290 ом (при настройке в резонанс)	$2\lambda \frac{\pi}{\pi}$	

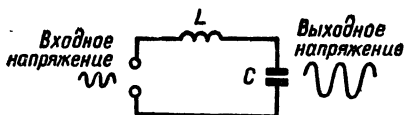


Рис. 3-13. Схема последовательного колебательного контура.

емкость (C); частота настройки, или резонансная частота (f_0); добротность (Q); полоса пропускания (Π); коэффициент перекрытия диапазона (k_d) (для контуров, перестраиваемых в диапазоне частот).

Индуктивность контура L на ДВ, СВ, КВ определяется катушкой индуктивности; на УКВ некоторое влияние оказывают провода, соединяющие элементы контура (1 см монтажного провода имеет индуктивность порядка 0,01 мкГн).

Емкость контура C (рис. 3-18) состоит из емкости конденсатора C_n (5—900 пф), емкости подстроечного конденсатора C_t (десятки пф) и паразитной емкости $C_{пз}$; емкости монтажа C_m (5—25 пф), собственной емкости катушки $C_{к0}$ (3—20 пф) и междueleктродной емкости усилительного прибора, с которым соединяется контур $C_{мэ}$ (единицы — десятки пф). Для контуров, перестраиваемых в рабочем диапазоне частот, конденсатор C_n имеет переменную емкость, характеризующуюся предельными величинами $C_{н.мин}$ — $C_{н.макс}$ (в среднем $C_{н.мин} \approx 10$ —17 пф, $C_{н.макс} \approx 450$ —540 пф, см табл. 7-40),

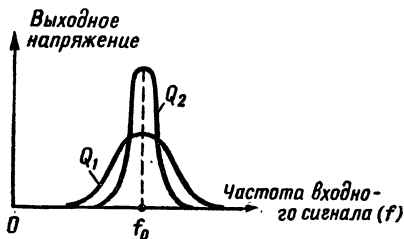


Рис. 3-14. Резонансная характеристика колебательного контура для разных величин его добротности Q , (Q_2 больше Q_1).

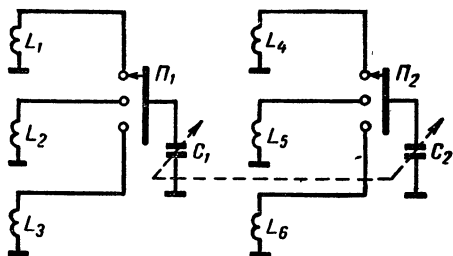


Рис. 3-15. Схема настрой-
ки контуров в трехдиапа-
зонном приемнике.

Резонансная частота одиночного кон-
тура f_0 зависит от величины емкости контура C и ин-
дуктивности L . Поэтому настройка контура на частоту
принимаемого сигнала может происходить как при измене-
нии L , так и C . Чем меньше величина емкости или ин-
дуктивности, тем на более высокую частоту f_0 настроен
контур. Широкий диапазон частот делят на отдельные
поддиапазоны, например, поддиапазоны ДВ, СВ, КВ,
УКВ. В пределах каждого из поддиапазонов, исключая
УКВ, настройку, как правило, осуществляют с помощью
конденсатора переменной емкости. Переключаются под-
диапазоны в результате переключения катушек индук-
тивности. Для этого в схему приемника вводят переключатель
поддиапазонов (рис. 3-15).

Величина L выбирается такой, чтобы обеспечить на-
стройку контура на минимальную частоту заданного под-
диапазона.

Коэффициент перекрытия диапазона — это
отношение граничных резонансных частот настраиваемого
контура $\left(k_d = \frac{f_{0 \text{ макс}}}{f_{0 \text{ мин}}}\right)$. Величина k_d определяется граничны-
ми значениями полной контурной емкости и не зависит
от величины L .

Для того чтобы k_d контура было равно заданному зна-

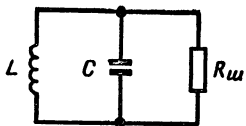


Рис. 3-16. Схема, поясняющая шунтирование колебательного контура параллельным сопротивлением $R_{ш}$.

чению, необходимо подобрать величину емкости подстроечного конденсатора C_T . Для уменьшения k_d C_T увеличивают, для увеличения k_d C_T уменьшают. Если емкость C_T мала, то параллельно подстроечному конденсатору включают дополнительный конденсатор постоянной емкости. Максимальная реализуемая величина k_d при использовании типовых конденсаторов переменной емкости — около 3—3,5, что достаточно для перекрытия поддиапазонов ДВ, СВ, КВ.

Добротность контура Q — это отношение выходного напряжения контура ко входному на частоте резонанса (рис. 3-13). Величина Q зависит от величин L , C , а также потерь высокочастотной энергии в контуре, условно представляемых некоторым активным сопротивлением R . Чем больше R , тем меньше добротность контура. При емкостной настройке добротность в поддиапазоне изменяется в небольших пределах. При индуктивной настройке добротность и другие параметры контура значительно изменяются, что является недостатком этого вида настройки.

Различают два вида добротности: конструктивную Q_k , характеризующую контур, изъятый из схемы приемника, и эквивалентную $Q_{\text{э}}$, характеризующую контур с учетом шунтирования его сопротивлениями, которые могут быть включены параллельно контуру в схему приемника. Величина $Q_{\text{э}}$ всегда меньше Q_k . Чем меньше полное шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ (рис. 3-16) и емкость C , тем меньше добротность контура при установке его в схему приемника.

Полоса пропускания контура Π — это область частот, в пределах которой напряжение на выходе контура падает не более чем в заданное число раз по сравнению с выходным напряжением на частоте резонанса.

Допускаемая величина падения напряжения в большинстве случаев принимается равной $\sqrt{2} \approx 1,41$, так как в этом случае уменьшение отдельных составляющих спектра сигнала несущественно.

На рис. 3-17 показана резонансная характеристика контура, а также обозначены полоса пропускания и ширина спектра сигнала, искажения которого относительно невелики.

Полоса пропускания в поддиапазоне увеличивается с увеличением частоты настройки контура и уменьшением его добротности.

Колебательные контуры различаются:

по наличию электрических связей — одиночные и связанные, содержащие два и более связанных контура;

по способу включения источника сигнала — последовательный (рис. 3-13) и параллельный (рис. 3-18).

Виды связей между контурами (рис. 3-19):

внешнеемкостная, осуществляемая с помощью емкости $C_{св1}$;

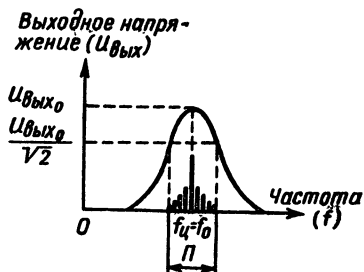


Рис. 3-17. Резонансная характеристика контура, хорошо пропускающего спектр принимаемого сигнала.

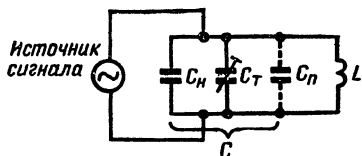


Рис. 3-18. Схема параллельного колебательного контура.

внутриемкостная — с помощью емкости $C_{\text{св}2}$, обтекаемой токами каждого из контуров;

индуктивная трансформаторная — с помощью магнитного потока, пересекающего катушки контуров L_1 и L_2 ; она характеризуется коэффициентом связи $k_{\text{св}} = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$, где

M — взаимная индуктивность двух связанных катушек;

автотрансформаторная — определяемая положением отвода N от катушки L , а также величиной взаимной индуктивности катушек L_1 и L_2 ;

комбинированная и др.

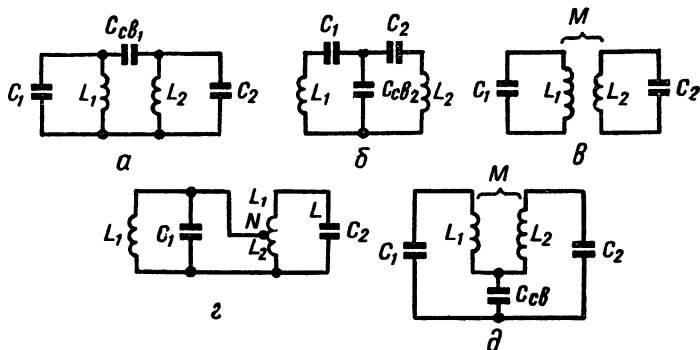


Рис. 3-19. Виды связей между контурами:

a — внешнеемкостная; $б$ — внутриемкостная; $в$ — индуктивная трансформаторная; $г$ — автотрансформаторная; $д$ — комбинированная.

Одиночный последовательный и параллельный контуры различаются по величине входного сопротивления (сопротивление, которое контур оказывает току источника сигнала) на частоте резонанса.

Для последовательного контура оно мало и равно величине R (единицы — десятки $ом$); для параллельного контура — велико и равно $Q^2 R$ (десятки — сотни $ком$). Если частота источника сигнала не равна f_0 , то входное сопротивление имеет активную и реактивную составляющие.

Ниже приведены ориентировочные величины параметров контуров в поддиапазонах ДВ, СВ, КВ, УКВ, а также некоторые расчетные формулы.

Таблица 3-5

Ориентировочные величины параметров приемных контуров

Поддиапазон	$f_{\min} - f_{\max}$	k_d	$L, мкгн$	$C_{н. \min} - C_{н. \max}$	Q_K	$P, кгц$
ДВ	(150—408) $кгц$	2,7	$2 \cdot 10^3$	9,5—518	10—25	7—40
СВ	(525—1605) »	3,06	270	9,5—518	40—70	8—40
КВ	(3,95—12,1) $Мгц$	3,06	4	9,5—518	80—120	40—120
УКВ	(65,8—73) »	1,11	0,2	7—19	100—200	330—700

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$C_{\max} = C_{н. \max} + C_T + C_{п.}$$

$$L_{(мкгн)} = \frac{2,53 \cdot 10^4}{C_{\max (пф)} \cdot f_{0\min}^2 (Мгц)}$$

$$P = \frac{f_0}{Q_3}$$

$$Q_3 \cong \frac{6,28f_0L}{R} = \frac{1}{6,28f_0CR}.$$

$$k_d = \sqrt{\frac{C_{н. макс} + C_{п} + C_{т}}{C_{н. мин} + C_{п} + C_{т}}}.$$

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАКТ ДЛЯ ДВ, СВ, КВ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ НА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМПАХ

3-7. Входная цепь

Входная цепь содержит одиночный контур или несколько контуров, настраиваемых на частоту входного сигнала и связанных с одной стороны с антенной приемника, с другой стороны — с сеткой первой лампы.

Требования к входной цепи следующие: высокий резонансный коэффициент передачи, равный отношению напряжения на входе первого усилительного прибора к э. д. с. сигнала в антенне при резонансе в контуре входной цепи ($k_0 = \frac{U_{0\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$); высокая избирательность; малые частотные искажения; перекрытие заданного диапазона частот, для чего входная цепь должна содержать элементы настройки колебательных контуров; обеспечение малого влияния смены антенны на работу приемника.

Входные цепи различаются:

по числу колебательных контуров — одноконтурные и двухконтурные;

по электрическим схемам связи контуров с антенной — емкостная, индуктивная, комбинированная (рис. 3-20);

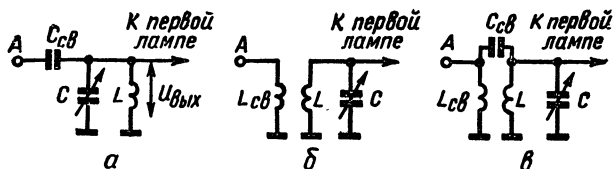


Рис. 3-20. Схемы входных цепей:

а — емкостная связь контура с антенной; *б* — индуктивная трансформаторная связь контура с антенной; *в* — комбинированная связь контура с антенной.

по виду приемной антенны — входная цепь, работающая от внешней антенны, и входная цепь, работающая от внутренней магнитной антенны.

Входная цепь, работающая от внешней антенны. Непосредственное включение колебательного контура в цепь антенны недопустимо, так как это приводит к заметному шунтированию контура антенной и влиянию смены антенны на работу приемника. При слабой связи контура входной цепи с антенной коэффициент передачи уменьшается для всех схем, однако слишком сильная связь тоже нежелательна, так как при этом заметно возрастает влияние смены антенны на работу приемника и увеличивается шунтирование колебательного контура цепью антенны. Малое влияние смены антенн в диапазоне ДВ, СВ, КВ достигается тогда, когда коэффициент связи $k_{св}$ для схем (рис. 3-20) выбирается не более нескольких десятков процентов, а $C_{св}$ — порядка 5—15 $nф$.

При перестройке входной цепи в диапазоне частот величина k_0 для емкостной связи значительно изменяется (рис. 3-21). Поэтому, несмотря на простоту такой схемы, ее можно применять только в приемниках с узким диапазоном рабочих частот.

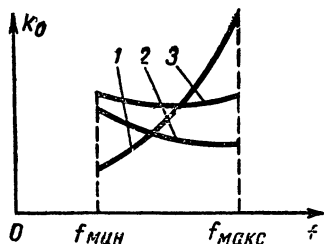


Рис. 3-21. Частотные характеристики коэффициента передачи входных цепей:

1 — емкостная связь для $f_{0A} < f_{мин}$; 2 — индуктивная связь; 3 — комбинированная связь.

В схеме с индуктивной связью во входной цепи включена система двух связанных контуров, один из которых (L, C) настраивается на частоту сигнала f , а второй настроен на одну и ту же частоту f_{0A} , которая определяется параметрами антенны и индуктивностью $L_{св}$. Если f_{0A} меньше минимальной частоты рабочего диапазона $f_{мин}$, то контуры оказываются расстроенными относительно друг друга, что приводит к малому изменению коэффициента передачи в диапазоне частот (рис. 3-21). Практически $f_{0A} \approx 0,7f_{мин}$, что при известных параметрах антенны позволяет выбрать величину $L_{св}$.

В схемах с комбинированной связью одновременно используются связи с разным характером частотной зависимости k_0 , что при соответствующем подборе величин $L_{св}$ и $C_{св}$ даст возможность получить еще меньшую неравномерность коэффициента передачи, чем в предыдущем случае. Однако они сложнее схемы с индуктивной связью и находят меньшее применение.

Ниже приведены ориентировочные параметры, величины элементов схемы и конструктивные данные, а также расчетные формулы для индуктивной связи (табл. 3-6).

Входная цепь, работающая от внутренней магнитной антенны. Возможны разные способы включения магнитной антенны в схему приемника.

Т а б л и ц а 3-6

Ориентировочные параметры и величины элементов
схемы одноконтурной входной цепи

Поддиапазон	$L_{св}$, мкГн	$k_{св}$	$S_{з.к.}$, дБ	k_0
ДВ	$(4-15) \cdot 10^3$	0,40	40—50	2—3
СВ	$(0,5-1,3) \cdot 10^3$	0,25	30—40	4—6
КВ	2—25	0,03	15—25	3—5

Т а б л и ц а 3-7

Конструктивные данные входной цепи для
индуктивной связи

Под- диапа- зон	$f_{мин} — f_{макс.}$ кГц	Сердеч- ник	Намотка		Индуктивность, мкГн	
			катушка контура	катушка связи	катушка контура	катушка связи
ДВ	150—408	600 НН	3×180 ПЭВЛ-0,1	3×300 ПЭВЛ-0,1	$3320 \pm 5\%$	$4530^* \pm$ $\pm 10\%$
СВ	520—1600	600 НН	3×50 ПЭВЛ-0,1	2×150 ПЭВЛ-0,1	$270 \pm 5\%$	$520 \pm 5\%$
КВ	$(3,95—$ $7,4) \cdot 10^3$	100 НН	15 ПЭЛШ- КО-0,27	40 ПЭВ1-0,12	2,2	10

* Параллельно $L_{св}$ на ДВ включена емкость 100 пф.

На ДВ, СВ:

$$L_{\text{св}} (\text{мкГн}) \approx \frac{350}{f_{\text{мин}}^2 (\text{МГц})}.$$

$$k_{\text{св}} \approx 0,2 - 0,4.$$

$$k_0 \approx k_{\text{св}} Q \sqrt{\frac{L}{L_{\text{св}}}} \frac{1}{1 - 0,3 \left(\frac{f_{\text{мин}}}{f} \right)^2}.$$

На КВ:

$$L_{\text{св}} (\text{мкГн}) \approx \frac{16 - 100}{f_{\text{мин}} (\text{МГц})}.$$

$$k_{\text{св}} \approx \frac{0,3}{\sqrt{Q}}.$$

$$k_0 \approx (1 - 3) 10^{-2} \cdot Q f_{\text{мин}} (\text{МГц}) \cdot k_{\text{св}} \sqrt{L (\text{мкГн}) L_{\text{св}} (\text{мкГн})}.$$

В простых конструкциях магнитная антенна используется как катушка индуктивности входной цепи (рис. 3-22, а). В более качественных приемниках при включении внешней антенны магнитная антенна отключается (рис. 3-22, б). Можно последовательно включать катушки магнитной антенны и контурную катушку (рис. 3-22, а, в).

Резонансный коэффициент передачи контура с ферритовой антенной для схем (рис. 3-22, а) равен его добротности Q_3 . Так как величина Q_3 может быть большой (100—200), то коэффициент передачи относительно велик и полоса пропускания входной цепи мала. Для расширения полосы можно уменьшить Q_3 путем шунтирования контура входной цепи резистором или искусственным ухудшением добротности контура (например, намоткой катушки тонким проводом).

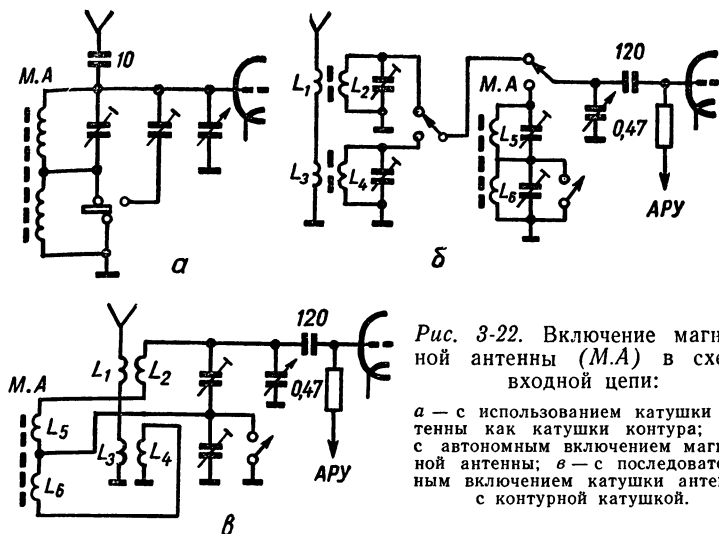


Рис. 3-22. Включение магнитной антенны (M.A.) в схему входной цепи:

а — с использованием катушки антенны как катушки контура; б — с автономным включением магнитной антенны; в — с последовательным включением катушки антенны с контурной катушкой.

В табл. 3-8 приведены некоторые ориентировочные параметры и конструктивные данные магнитных антенн.

Таблица 3-8

Конструктивные данные магнитных антенн

Диапазон	Торондальная проницаемость сердечника $\mu_{\text{тор}}$	Тип феррита	Размеры сердечника	Количество витков
ДВ	600	600 НН	$l = 140 \text{ мм}$ $d = 8 \text{ мм}$	2×260 ПЭЛШО-0,1 180
СВ	600	600 НН	То же	ПЭЛ-0,12

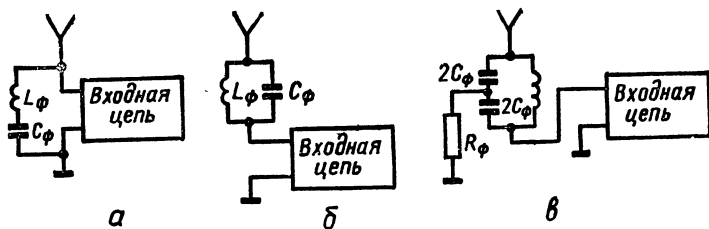


Рис. 3-23. Схемы фильтров для ослабления колебания промежуточной частоты;

а — с применением последовательного контура; б — с применением параллельного контура; в — с использованием Т-цепи.

Различают следующие виды фильтров:
с последовательным контуром (рис. 3-23, а);
с параллельным контуром (рис. 3-23, б); Т-образная схема (рис. 3-23, в).

Ниже приведены расчетные формулы и ориентировочные величины элементов схем фильтров:

$$L_{\phi} (\text{мкГн}) = \frac{2,53 \cdot 10^{10}}{C_{\phi} (\text{пФ}) \cdot f_{\text{пр}}^2 (\text{кГц})}.$$

$$R_{\phi} (\text{ком}) = 1,57 f_{\text{пр}} (\text{кГц}) \cdot L_{\phi} (\text{мкГн}) \cdot 10^{-6} Q.$$

$$Q \approx 50-80; C_{\phi} \approx 200-600 \text{ пФ}.$$

Т а б л и ц а 3-9

Величины элементов схем фильтров, подавляющих колебание промежуточной частоты

Приемник	Схема фильтра	C_{ϕ} , пФ	L_{ϕ} , мкГн	R_{ϕ} , ком
«Сибирь»	Т-образная	510	$300 \pm 5\%$	18
«Ригонда»	Параллельный контур	120	977	—

3-8. Усилитель высокой частоты

Усилительный каскад содержит усилительную лампу, нагрузку и источник питания.

К УВЧ предъявляют следующие требования: высокий резонансный коэффициент усиления, равный отношению выходного напряжения к напряжению на сетке лампы при резонансе; высокая избирательность; малые искажения (частотные и нелинейные); перекрытие заданного диапазона частот; устойчивость в работе.

Под устойчивостью усилительного каскада понимают удаленность его от режима самовозбуждения и постоянство основных параметров во время эксплуатации.

При самовозбуждении усилительный каскад превращается в генератор переменного напряжения.

Самовозбуждение в высокочастотном тракте приемника вызывает искажение сигнала на выходе приемника и может вызвать перегрузку усилительных ламп, изменить их режим и входные сопротивления.

Причиной самовозбуждения усилительной схемы является паразитная обратная связь. Паразитные связи возникают в результате близкого расположения деталей входной и выходной цепей усилителя, наличия емкости между анодом и управляющей сеткой усилительной лампы (C_{ac}) и общих цепей питания. Если фаза колебания, подаваемого с выхода на вход усилителя, совпадает с фазой колебания, имеющегося на его входе, то такая связь называется положительной. Если фазы колебаний противоположны, то связь называется отрицательной. Положительная обратная связь в УВЧ приводит к самовозбуждению и должна быть предельно ослаблена. Это объясняется тем, что даже при отсутствии самовозбуждения положительная обратная связь вызывает искажение резонансной характеристики каскада и приводит к

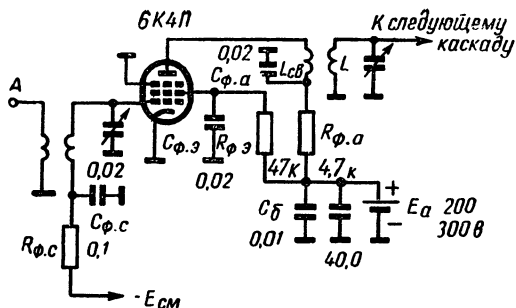


Рис. 3-24. Принципиальная схема УВЧ с включенными фильтрами в цепях анода, экранирующей и управляющей сеток лампы.

заметному влиянию разброса параметров электронной лампы в УВЧ при ее замене. Задаваясь малой величиной искажения, можно определить допускаемый коэффициент устойчивого усиления $k_{0\text{уст}}$, который уменьшается с увеличением емкости C_{ac} и рабочей частоты и увеличивается с увеличением крутизны характеристики лампы S . Величина $k_{0\text{уст}}$ значительно уменьшается, если между деталями в схеме усилителя есть сильные паразитные обратные связи. Поэтому при неграмотном монтаже, например, близком расположении колебательных контуров в анодной и сеточной цепях лампы усилитель работает неустойчиво даже при малом усилении.

Для устранения паразитных связей через общие источники питания следует тщательно блокировать источники питания по переменному току с помощью конденсаторов большой емкости, а в цепи анода, экранирующей и в некоторых случаях управляющей сетки лампы включать развязывающие фильтры, ослабляющие передачу паразитных напряжений в цепи соответствующих электродов (рис. 3-24).

Для упрощения схемы радиовещательного приемника и его удешевления используют простейшие Г-образные филь-

трующие звенья из резисторов R_{ϕ} и емкостей C_{ϕ} . Величина элементов фильтра должна быть такой, чтобы $R_{\phi} \gg \frac{1}{\omega C_{\phi}}$, а $R_{\phi.э}$ должно обеспечить режим питания лампы по экранирующей сетке.

Для анодной цепи $R_{\phi.а}$ выбирается таким, чтобы избежать больших падений напряжения на этом сопротивлении, — обычно не более 20—30 в.

Сопротивление $R_{\phi.с}$ в сеточной цепи лампы УВЧ может быть выбрано значительно большим, чем $R_{\phi.а}$ и $R_{\phi.э}$, так как приемно-усилительные лампы обычно работают с отрицательными смещениями, т. е. без сеточных токов, в результате чего на резисторе $R_{\phi.с}$ не создается заметного падения напряжения при $R_{\phi.с}$ около 1 Мом. Ориентировочные величины элементов фильтров и расчетные формулы приведены в табл. 3-10.

Таблица 3-10

Ориентировочные величины элементов фильтров

$R_{\phi.а}, \text{ком}$	$C_{\phi.а}, \text{мкф}$	$R_{\phi.э}, \text{ком}$	$C_{\phi.э}, \text{мкф}$	$R_{\phi.с}, \text{Мом}$
1—5	0,01—0,1	40—100	0,01—0,1	0,1—1

$$C_{\phi.а} (нф) \geq \frac{16 \cdot 10^3}{f_{\text{мин}} (\text{МГц}) \cdot R_{\phi.а} (\text{ком})};$$

$$C_{\phi.э} (нф) \geq 3,5 \frac{C_{\text{вх}}^2 (нф)}{[C_{\text{ас}} + (0,01 - 0,02)] нф};$$

$C_{\text{вх}}$ — входная емкость лампы.

$R_{\phi.а}, R_{\phi.э}$ см. в табл. 2-9.

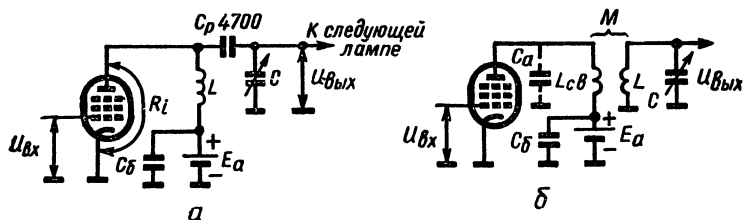


Рис. 3-25. Схема резонансного УВЧ:

а — с непосредственным включением контура в анодную цепь лампы; *б* — с трансформаторным включением контура в анодную цепь лампы.

Виды усилителей высокой частоты (УВЧ). Усилители высокой частоты различаются:

по назначению — резонансные, настраиваемые на частоту полезного сигнала, и широкополосные, перекрывающие без перестройки широкий диапазон частот;

по схемам — с непосредственным включением контура в анодную цепь лампы, с индуктивной трансформаторной связью контура с анодной цепью лампы и т. д.

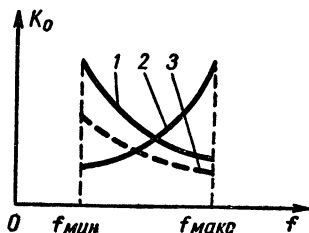
Резонансные УВЧ. Принципиальная схема простейшего усилительного каскада приведена на рис. 3-25, *а*. Чтобы на сетку лампы следующего каскада не попадало постоянное анодное напряжение, в схему усилителя включается разделительный конденсатор C_p (несколько тысяч $nф$). Блокировочный конденсатор $C_б$, имеющий малое сопротивление для переменного тока, исключает влияние источника анодного питания E_a на колебательный контур. Настройка контура УВЧ на частоту принимаемого сигнала осуществляется с помощью конденсатора переменной емкости C .

Для уменьшения шунтирования контура используют лампу с высоким внутренним сопротивлением (высокочастотный пентод) и ослабляют ее связь с контуром с по-

мощью, например, автотрансформаторной или трансформаторной связи (рис. 3-25, б).

Коэффициент усиления каскада на частоте резонанса k_0 зависит от крутизны характеристики лампы S , резонансного сопротивления контура и величины связи контура с анодной цепью лампы. Зависимость резонансного коэффициента усиления от частоты определяется тем, на какую частоту f_{0a} настроен колебательный контур в анодной цепи, образованный индуктивностью катушки $L_{св}$ и емкостью C_a , включенной в схему параллельно катушке связи. В эту емкость входит емкость монтажа, собственная емкость катушки и выходная емкость усилительной лампы. Примерный вид зависимости величины k_0 от частоты, на которую настраивается УВЧ, показан на рис. 3-26. Частотная характеристика k_0 имеет значительную неравномерность как при больших, так и малых величинах f_{0a} . Однако, учитывая падающий характер зависимости резонансного коэффициента передачи входной цепи с трансформаторной связью от частоты, предпочтение следует отдать большому значению f_{0a} . При этом рост коэффициента усиления УВЧ будет компенсировать падение коэффициента передачи входной цепи, и общее усиление входной цепи и УВЧ может быть сделано относи-

Рис. 3-26. Зависимость k_0 входной цепи (кривая 3) и резонансного УВЧ (кривые 1, 2) от частоты:
1 — малая величина f_{0a} ; 2 — большая величина f_{0a} .



тельно постоянным в широком диапазоне частот при перестройке приемника.

Величина связи контура с анодной цепью лампы выбирается, во-первых, из соображений уменьшения шунтирующего действия лампы на контур, во-вторых, получения высокого усиления и, в-третьих, обеспечения устойчивости в работе усилительного каскада.

Величины элементов контура определяются аналогично величинам элементов входной цепи.

В табл. 3-11 приведены ориентировочные параметры и величины индуктивностей в схеме УВЧ с трансформаторным включением контура.

Ниже приведена формула для расчета k_{0y} .

$$k_{0y} = 6 \sqrt{\frac{S_{(ma/e)}}{f_{\max (M\mu)} (C_{ac} + C_n)_{пф}}}.$$

$C_n = 0,02_{пф}$ — для ламп «пальчикового» типа;

$C_n = 0,01_{пф}$ — для ламп металлической одноцокольной серии.

А п е р и о д и ч е с к и й У В Ч — это усилительный каскад с нагрузкой в виде резистора R_a (рис. 3-27).

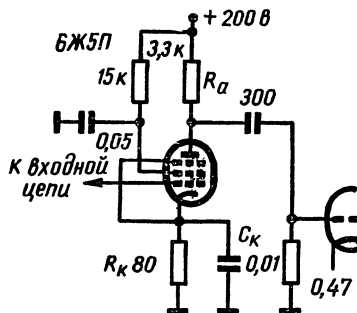
Апериодический УВЧ не обладает избирательностью. Параллельно R_a включена паразитная емкость схемы (емкость монтажа и соответствующие междуэлектродные емкости ламп), поэтому полное сопротивление нагрузки с ростом частоты падает. Чем больше R_a , тем интенсивнее такое падение. Это вынуждает использовать не очень большие сопротивления нагрузки (несколько *ком*), что приводит к относительно малому усилению. Использование подобных простейших усилителей

Таблица 3-11

Оrientировочные величины параметров УВЧ с трансформаторным включением контура

Поддиапазон	$f_{\min} - f_{\max},$ МГц	Сердечник	Намотка		Тип лампы		k_0	$S_{з.к.дб}$
			L	$L_{св}$	приемники новых типов	приемники старых типов		
ДВ	0,15—0,415	600 НН	4×130 ПЭВ2-0,1	17 ПЭВ2-0,1	6К4П	6К3	7—20	35—39
					6К1П	6К7 6К4		
СВ	0,52—1,6	600 НН	4×50 ПЭВ2-0,1	20 ПЭВ2-0,1	6К4П	6К3	7—15	33—36
					6К1П	6К7 6К4		
КВ	6,3—10	100 НН	23 ПЭЛ-0,23	18 ПЭВ2-0,1	6К4П	6К3	5—10	15—20
					6К1П	6К7 6К4		

Рис. 3-27. Схема аperiodического усилителя высокой частоты.



на КВ из-за малого усиления в большинстве случаев нецелесообразно.

В табл. 3-12 приведены ориентировочные данные величин элементов схемы для аperiodического УВЧ на лампе 6К4П.

Таблица 3-12

Ориентировочные величины
 R_a и k_0 аperiodического
УВЧ на лампе 6К4П

Поддиапазон	R_a , ком	k_0
ДВ	3,3	12—14
СВ	3,3	7—12

3-9. Преобразователь частоты

Для экономии числа электронных ламп в современных радиовещательных приемниках с диапазонами СВ, ДВ, КВ преобразование частоты и создание напряжения гетеродина осуществляется, как правило, с помощью одной

сложной многосеточной лампы. В этом случае весь каскад с функциями преобразования частоты и генерации колебания гетеродина называют преобразовательным каскадом. Если гетеродин собирается на отдельной электронной лампе, то каскад, в котором осуществляется преобразование частоты, называют смесительным каскадом.

Гетеродин, применяемый в преобразователе частоты супергетеродинного приемника, должен обеспечить требуемое выходное напряжение (на ДВ, СВ, КВ порядка 7—10 в); постоянное генерируемое напряжение при перестройке его в пределах поддиапазона частот; стабильность частоты; устойчивость в работе (отсутствие срывов генерации и т. д.).

Стабильность частоты гетеродина. Основные причины частотной нестабильности гетеродина: изменения температуры деталей гетеродина, питающих напряжений, влажности, а также механические воздействия (удары, тряска) на детали гетеродина.

Для повышения стабильности следует использовать детали, устойчивые к воздействию температуры. Значительно повышает стабильность применение деталей с малыми потерями, например керамических конденсаторов, катушек индуктивности гетеродина, намотанных на высококачественные каркасы, керамических ламповых панелей и т. д. Целесообразно ослабление связи контура гетеродина с электронной лампой.

Специальные способы стабилизации питающих напряжений в радиовещательных приемниках, как правило, не применяются. Поэтому при заметных относительных отклонениях питающих напряжений от номинального значения работоспособность приемника ухудшается и может полностью прекратиться работа гетеродина.

При выполнении монтажа схемы гетеродина следует использовать жесткий монтажный провод и прочное

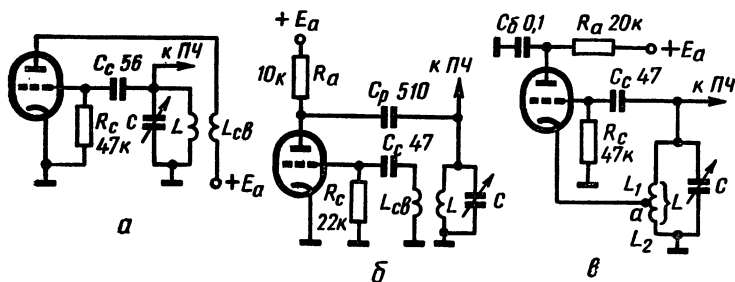


Рис. 3-28. Схемы гетеродинов:

а — с индуктивной связью и контуром в сеточной цепи лампы; *б* — с индуктивной связью и контуром в анодной цепи лампы; *в* — индуктивная «трех-точечная» схема.

крепление всех деталей. Независимо от вида гетеродина, его схема содержит усилительный прибор (как правило, триод), колебательный контур, настроенный на частоту f_r , и цепь положительной обратной связи.

В радиовещательных приемниках обычно применяют-ся две основные схемы гетеродина:

схема с индуктивной трансформаторной обратной связью и настроенным контуром в цепи сетки (рис. 3-28, *а*) или анода (рис. 3-28, *б*);

индуктивная «трехточечная» схема с «заземленным» по высокой частоте анодом (рис. 3-28, *в*). Величина связи между L и $L_{св}$ определяется из следующих соображений: при слабой связи возможен срыв генерации, при сильной связи форма колебания гетеродина может значительно отличаться от синусоидальной, что тоже нежелательно. С помощью элементов R_c и C_c устанавливается автоматическое сеточное смещение, обеспечивающее нормальный режим работы гетеродинной лампы.

В схеме (рис. 3-28, *в*) анод лампы по высокой частоте блокируется с помощью конденсатора C_6 большой емко-

сти (десятки тысяч $n\phi$). Это позволяет объединить преобразовательный каскад с гетеродином приемника (см. ниже). Величина связи анодной и сеточной цепи устанавливается соответствующим подбором положения отвода a от катушки L .

Наивыгоднейший режим работы гетеродина обычно соответствует выбору L_2 с числом витков около $\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$ от общего числа витков катушки L .

В табл. 3-13, 3-14 приведены ориентировочные величины элементов схемы гетеродинов, их параметров и конструкций катушек индуктивностей. Расчет цепей связи гетеродина труден. Величина связи подбирается опытным путем.

Таблица 3-13

Ориентировочные величины элементов
схемы гетеродинов

Тип лампы	Вид схемы	R_c , ком	C_c , пф	$\frac{L_{св}}{L}$, мкГн
6И1П (триодная часть)	Индуктивная трансформаторная	22	47—120	ДВ $\frac{40}{266}$
				СВ $\frac{12}{95}$
				КВ-I $\frac{*}{1,1}$
				КВ-II $\frac{**}{2}$

* КВ-I ... 9,36—12,1 Мгц.

** КВ-II ... 3,95—7,4 Мгц.

Таблица 3-14

Конструктивные величины L и $L_{св}$ для гетеродина на триодной части лампы 6И1П

Тип лампы	Поддиапазон	Сердечник	Намотка L	Намотка $L_{св}$
6И1П	ДВ	600 НН	48×3 ПЭВ1-0,12	45 ПЭВ1-0,12
	СВ	600 НН	29×3 ПЭВ1-0,12	25 ПЭВ1-0,12
6И1П	КВ-I*	100 НН	13 ПЭЛБО-0,38	8 ПЭВ1-0,12
	КВ-II**	100 НН	18 ПЭЛШКО-0,27	9 ПЭВ1-0,12

* См. стр. 201.

** То же.

Преобразовательный каскад должен: обладать высоким коэффициентом преобразования $k_{пр}$, равным отношению напряжения промежуточной частоты к напряжению сигнала на входе преобразователя; высокой избирательностью; перекрывать заданный диапазон частот; давать малые искажения (частотные и нелинейные) и т. д.

Различают два вида преобразователей: односеточные и двухсеточные.

Если напряжения сигнала и гетеродина поступают на один электрод (сетку) лампы, то такой преобразователь называют односеточным. При подаче напряжения на две

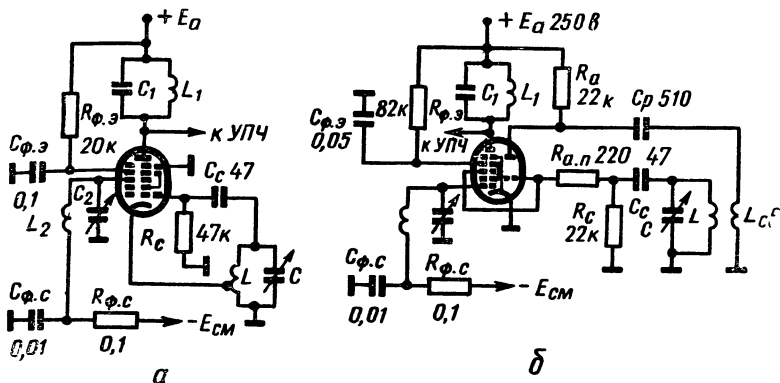


Рис. 3-29. Схемы преобразователей частоты:
а — на лампе 6А2П; б — на лампе 6И1П.

сетки преобразователь называют двухсеточным. В радиовещательных приемниках в диапазонах ДВ, СВ, КВ используют исключительно двухсеточное преобразование частоты, так как в этом случае значительно уменьшается паразитная связь цепей гетеродина и принимаемого сигнала. При уменьшении такой связи уменьшается «пролезание» колебания гетеродина в контур сигнала и, следовательно, на вход радиоприемника и упрощается настройка контуров.

На рис. 3-29, а приведена схема преобразовательного каскада на гептоде типа 6А2П.

В схеме гетеродина приемника в этом случае используются катод, первая управляющая сетка и первая экранирующая сетка, соединенная по переменному току при помощи $C_{ф.э}$ с общей точкой схемы. Гетеродинная часть

схемы полностью соответствует схеме, приведенной на рис. 3-28, *в*, и выполнена как индуктивная «трехточечная» схема.

Напряжение сигнала подается на третью сетку, к которой также приложено отрицательное напряжение смещения ($E_{см}$).

Колебание промежуточной частоты выделяется с помощью колебательного контура, включаемого в анодную цепь лампы.

На рис. 3-29, *б* дана схема преобразователя на триод-гептоде типа 6И1П, применяемом в современных радиовещательных приемниках на ДВ, СВ и КВ. Гетеродин собирается по схеме с индуктивной обратной связью на триодной части лампы (см. рис. 3-28, *а*). Резистор $R_{а.п.}$, величина которого составляет несколько сотен *ом*, предотвращает возникновение паразитной генерации на УКВ. Напряжение гетеродина поступает на третью сетку преобразовательной части лампы, а напряжение сигнала — на первую управляющую сетку. Назначение остальных сеток гептодной части аналогично назначению соответствующих сеток в лампе 6А2П.

Процесс преобразования частоты в приведенных схемах сопровождается дополнительным усилением сигнала. Обычно коэффициент преобразования в 3—4 раза меньше коэффициента усиления каскада на той же лампе и пропорционален крутизне преобразования $S_{пр}$ (см. стр. 372).

Для увеличения коэффициента преобразования необходимо обеспечить оптимальную величину напряжения гетеродина для данной лампы преобразователя (на ДВ, СВ, КВ 7—10 *в*). При отклонении напряжения гетеродина от оптимальной величины $k_{пр}$ уменьшается.

Ниже приведены некоторые расчетные формулы и ориентировочные данные параметров преобразователя (нагрузка — одиночный контур).

Таблица 3-15

Ориентировочные величины параметров преобразователя

Тип лампы	Поддиапазон	$S_{\text{пр}}, \text{ ма/е}$	$k_{\text{пр}}$
6И1П	ДВ, СВ, КВ	0,7—0,8	20—40

$$S_{\text{пр}} \approx \frac{S}{3-4}.$$

$$k_0 = 6,28 S_{\text{пр}} (\text{ма/е}) \cdot Q_9 \cdot L_{(\text{мкГн})} \cdot f_{\text{пр}} (\text{МГц}) \cdot 10^{-3}.$$

$Q_9, L, f_{\text{пр}}$ — параметры нагрузочного контура.

3-10. Сопряжение настроек в супергетеродинном приемнике

В диапазонном приемнике необходимо одновременно перестраивать контуры сигнала и гетеродина так, чтобы преобразованная частота $f_{\text{г}} - f_{\text{с}}$ была равна промежуточной частоте приемника.

Согласование настроек контуров сигнала и гетеродина называют сопряжением. С этой целью в контур гетеродина включают дополнительные конденсаторы, называемые конденсаторами сопряжения (последовательный $C_{\text{посл}}$ и параллельный $C_{\text{пар}}$). Возможная схема включения конденсаторов приведена на рис. 3-30. При правильном выборе величины этих конденсаторов возможно точное сопряжение в трех точках диапазона. В остальных точках промежуточная и преобразованная частоты могут отли-

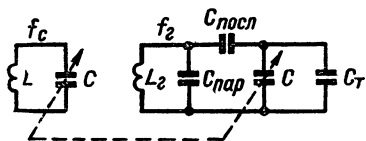


Рис. 3-30. Схема сопряжения контуров сигнала и гетеродина.

чаться, причем их разница составляет 10—20 кГц на КВ и 2—3 кГц на ДВ и СВ, что не оказывает заметного влияния на работу приемника. Ориентировочная величина $C_{пар}$ около 10—30 пф, $C_{посл}$ на ДВ — 150—200 пф, на СВ — 430—470 пф, на КВ — несколько тысяч пф.

Для выполнения сопряжения при регулировке приемника в схему контура гетеродина вводят элементы подстройки. С этой целью используют полупеременный конденсатор малой емкости (на рис. 3-30 — $C_{пар}$), оказывающий значительное влияние на настройку гетеродина на максимальной частоте, а также перемещающийся сердечник катушки индуктивности, с помощью которого осуществляется точное сопряжение на низкочастотном конце диапазона. При подгонке сопряжения на краях диапазона сопряжение в средней точке получается автоматически.

Для поддиапазонов с малой величиной k_d допустимо сопряжение в двух, а для так называемых растянутых поддиапазонов ($k_d \leq 1,1$) — в одной точке. Это позволяет исключить из схемы гетеродина один из конденсаторов (обычно $C_{посл}$), а для сопряжения в одной точке применить только один элемент регулировки в контуре гетеродина.

Расчет элементов сопряжения и индуктивности контура гетеродина L_T удобно производить с помощью графиков (рис. 3-31),

Порядок расчета следующий:
 определяется средняя частота поддиапазона $f_{\text{ср}} = \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2}$;

определяются вспомогательные величины $C_{\text{к.макс}} = C_{\text{н.макс.}} + C_{\text{т}}(C_{\text{т}}$ — емкость подстроечного конденсатора), $n = \frac{f_{\text{пр}}}{f_{\text{ср}}}$;

по графикам (рис. 3-31) определяются емкости $C_{\text{посл.}}$, $C_{\text{пар}}$, коэффициент q ;

рассчитывается индуктивность контура гетеродина $L_{\text{г}} = qL$, где L — индуктивность контура входной цепи.

В табл. 3-16 приведены ориентировочные данные элементов схемы сопряжения и $L_{\text{г}}$.

Т а б л и ц а 3-16

Ориентировочные данные элементов схемы сопряжения и индуктивности контура гетеродина

Поддиапазон	$f_{\text{мин}} - f_{\text{макс}}$, МГц	$C_{\text{н.мин}} - C_{\text{н.макс}}$	$L_{\text{г}}$, мкГн	$C_{\text{посл.}}$, пф	$C_{\text{пар}}$, пф
ДВ	0,15—0,408	9,5—518	266	240	5—20 и 68
СВ	0,525—1,605	9,5—518	95	560	8—30
КВ-I	9,36—12,1	9,5—518	1,1	240	5—20 и 130
КВ-II	3,95—7,4	9,5—518	2	4700	5—20 и 130

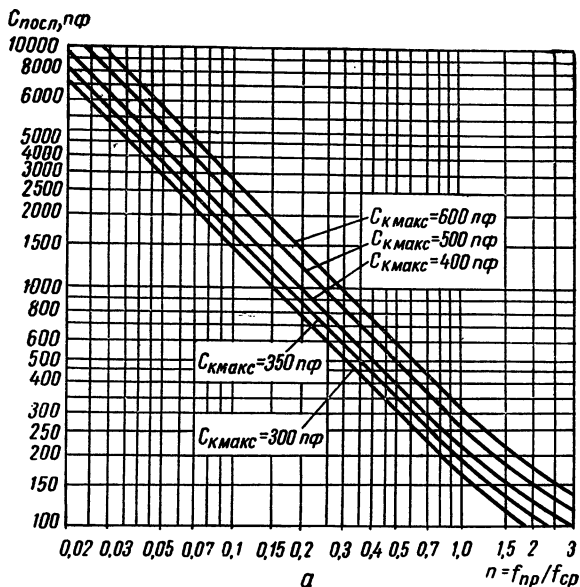


Рис. 3-31, а. График для расчета элементов сопряжения и индуктивности контура гетеродина:
 $C_{\text{посл}} = f(n)$.

3-11. Канал промежуточной частоты

Усилитель промежуточной частоты приемника (УПЧ) не перестраивается и обеспечивает равномерное усиление в некоторой полосе частот, определяемой шириной спектра сигнала. Неизменность настройки канала промежуточной частоты позволяет получить в этом канале, во-первых, большое усиление и, во-вторых, высокую избирательность.

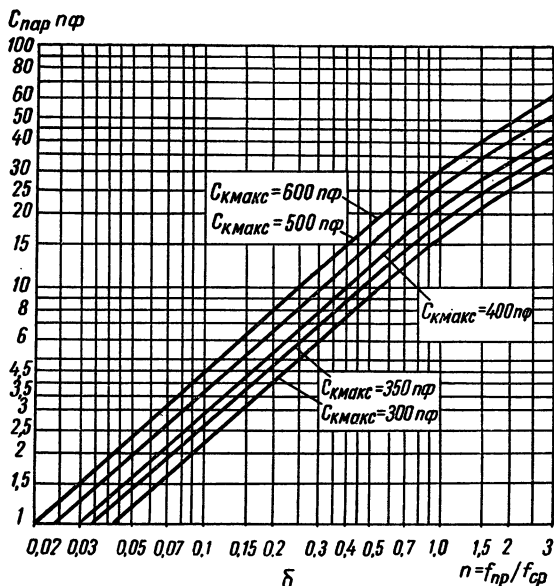


Рис. 3-31, б. График для расчета элементов сопряжения и индуктивности контура гетеродина:
 $C_{\text{пар}} = f(n)$.

Простые колебательные системы в УПЧ. Для получения высокой избирательности в УПЧ современных приемников широко используют относительно сложные резонансные системы. Простейшей из них является двухконтурный полосовой фильтр, состоящий из двух связанных, обычно одинаковых колебательных контуров.

В радиовещательных приемниках используют два ви-

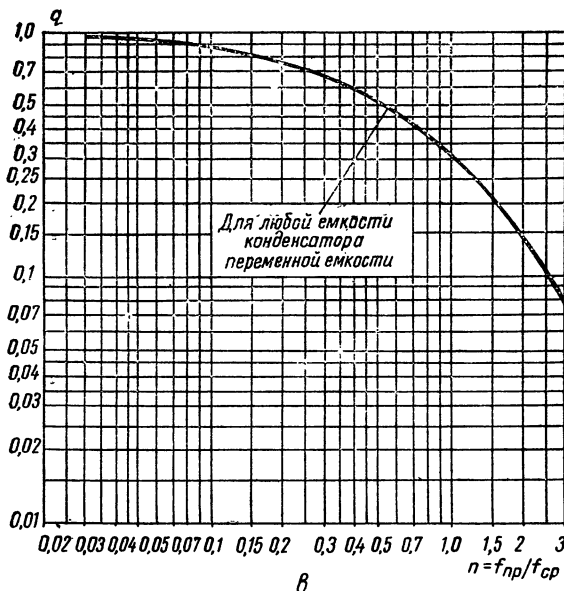


Рис. 3-31, в. График для расчета элементов сопряжения и индуктивности контура гетеродина:
 $q = f(n)$.

да связи: индуктивную трансформаторную (рис. 3-32, а) и емкостную (рис. 3-32, б).

Вид резонансной характеристики двухконтурного фильтра определяется фактором связи β , зависящим от величины связи $k_{св}$ и добротности контура Q ($\beta = k_{св}Q$).

Резонансные характеристики фильтра для разных величин связи приведены на рис. 3-33. При слабой связи ($\beta < 1$) напряжение на выходе второго контура мало, а

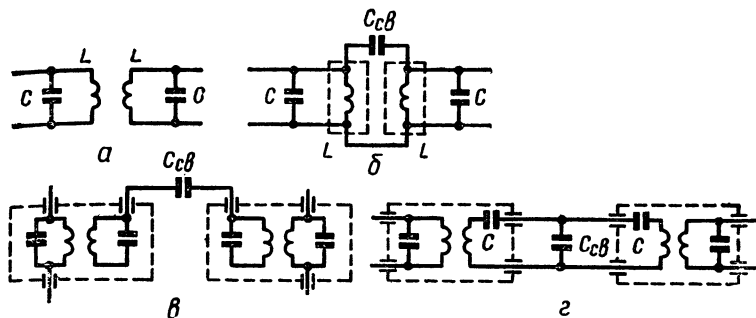


Рис. 3-32. Схемы полосовых фильтров:

а — двухконтурный фильтр с трансформаторной связью контуров; *б* — двухконтурный фильтр с емкостной связью контуров; *в* — ФСИ с внешнеемкостной связью двух двухконтурных полосовых фильтров; *г* — ФСИ с внутримемкостной связью двух двухконтурных полосовых фильтров.

форма резонансной характеристики фильтра повторяет форму резонансной характеристики одиночного контура. При относительно сильной связи ($\beta > 1$) характеристики имеют вид двугорбой кривой с провалом на резонансной частоте f_0 . Такая характеристика имеет большее приближение к идеальной П-образной. Вследствие этого использование двухконтурного фильтра позволяет улучшить форму характеристики УПЧ.

При так называемой критической связи ($\beta = 1$) выходное напряжение на частоте резонанса оказывается наибольшим. Эта характеристика занимает промежуточное положение между одnogорбой и двугорбой характеристиками и имеет уплощенную вершину, что приближает ее к идеальной.

Фильтры сосредоточенной избирательности (ФСИ). В последнее время в радиовещательных промышленных приемниках широко применяются более сложные резо-

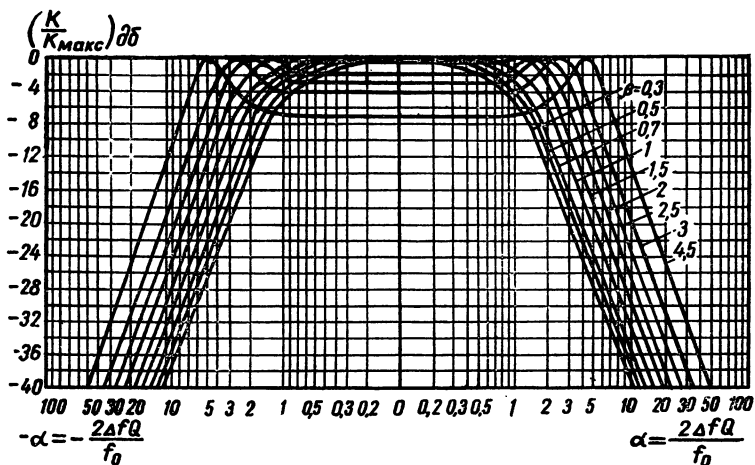
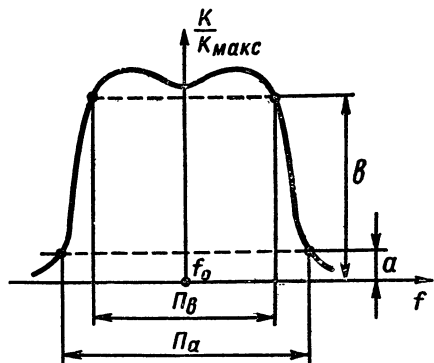


Рис. 3-33. Резонансные характеристики двухконтурного фильтра при разных величинах связи контуров ($k_{\text{макс}}$ — максимальный коэффициент передачи фильтра в полосе пропускания).

нансные системы, содержащие три и более колебательных контуров. Такие системы называются фильтрами сосредоточенной избирательности. Принципиальные схемы некоторых ФСИ показаны на рис. 3-32, в и 3-32, г. Эти фильтры содержат два одинаковых двухконтурных полосовых фильтра, связанных между собой с помощью внешней емкостной (рис. 3-32, в) или внутриемкостной связи (рис. 3-32, г). Чтобы избежать возникновения дополнительной паразитной связи между двухконтурными фильтрами, их элементы размещают в экранах. Величина связи между контурами обычно равна критической или несколько меньше ее. В этом случае регулировка такого фильтра несложна, так как она сводится к настройке

Рис. 3-34. Определение коэф-
фициента прямоугольности
фильтра.



всех контуров на центральную частоту УПЧ по максимальному выходному напряжению. При использовании ФСИ в анодной цепи усилительной лампы коэффициент усиления каскада оказывается малым и падает с ростом числа звеньев (контуров) фильтра. Потери сигнала в фильтре зависят также от величины связи между звеньями. При критической связи между контурами четырехзвенного фильтра усиление каскада падает примерно в 5 раз по сравнению с каскадом, нагруженным на одиночный контур. Поэтому ФСИ целесообразно включать в схему одного из каскадов (обычно преобразовательного), а остальные каскады выполнять с относительно простыми системами, например с одиночными контурами или двухконтурными фильтрами.

Для ФСИ применяется такая оценка формы резонансной характеристики, как коэффициент прямоугольности k_{Π} (отношение полос пропускания, отсчитанных на различных уровнях, — Π_a и Π_b):

$$k_{\Pi} = \frac{\Pi_a}{\Pi_b} \text{ (рис. 3-34).}$$

Чем ближе величина k_n к единице, тем лучше форма резонансной характеристики. Величина k_n зависит от количества контуров (звеньев) в ФСИ и параметра $d = \frac{f_{cp}}{PQ}$, где f_{cp} — средняя частота фильтра. Величина k_n для различных параметров приведена в табл. 3-17.

Т а б л и ц а 3-17

Зависимость коэффициента прямоугольности от величины d

Число звеньев	d	Коэффициент прямоугольности						
		$a, \text{дб}$	—6	—6	—6	—6	—6	—6
		$a, \text{дб}$	—26	—34	—40	—46	—54	—60
2	0,05	2,15	2,8	3,4	4,3	5,9	—	—
	0,1	2,2	2,9	3,6	4,5	6,1	—	—
	0,2	2,4	3,1	3,8	4,8	—	—	—
	0,5	2,8	3,8	4,6	6,0	—	—	—
	1,0	3,6	5,2	—	—	—	—	—
3	0,05	1,6	1,95	2,3	2,7	3,3	3,9	—
	0,1	1,7	2,1	2,4	2,8	3,4	4,0	—
	0,2	1,8	2,2	2,5	3,0	3,6	4,3	—
	0,5	2,1	2,5	2,9	3,5	4,2	5,0	—
	1,0	2,8	3,5	4,2	5,0	—	—	—
4	0,05	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	—
	0,1	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,8	—
	0,2	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0	—
	0,5	1,8	2,1	2,4	2,8	3,2	3,7	—
	1,0	2,3	2,8	3,3	3,8	4,4	5,2	—

Продолжение таблицы 3-17

Число звеньев	d	Коэффициент прямоугольности					
		$a, \text{ дб}$	—6	—6	—6	—6	—6
		$b, \text{ дб}$	—26	—34	—40	—46	—54
5	0,05	—	1,4	1,55	1,7	1,9	2,1
	0,1	—	1,45	1,6	1,75	1,95	2,15
	0,2	—	1,5	1,7	1,8	2,05	2,3
	0,5	1,5	1,8	2,0	2,2	2,55	2,9
	1,0	2,1	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1
6	0,05	—	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
	0,1	—	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
	0,2	—	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9
	0,5	1,4	1,55	1,7	1,9	2,1	2,3
	1,0	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2

При применении звеньев с низкой добротностью увеличение числа звеньев практически не влияет на прямоугольность характеристики. Поэтому добротность звеньев следует делать высокой. На определенной частоте f наивысшей добротности соответствуют некоторые оптимальные величины емкости C' и индуктивности контура при выбранной конструкции фильтра. Величина самой выгодной емкости для звеньев, использующих сердечники типа СБ, приведена в табл. 3-18.

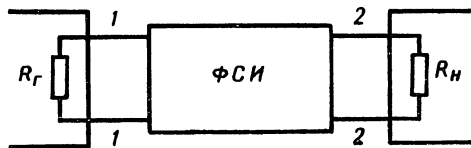


Рис. 3-35. Схема включения ФСН.

Таблица 3-18

Зависимость добротности от параметров звеньев

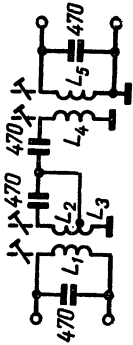
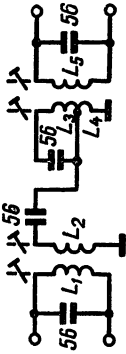
f , кГц	Тип сердечника	C , пф	L , мкГн	Число витков	Марка провода	Q
110	СБ-1	400	5	500	ПЭЛ-0,1	90
		400	5	310	ПЭЛ-0,1	100
		200	10	450	ПЭЛ-0,1	120
	СБ-3	400	5	350	ПЭЛ-0,15	140
		200	10	475	ПЭЛ-0,15	150
		120	17	590	ПЭЛ-0,15	140
465	СБ-1	400	0,29	120	ПЭЛ-0,15	100
		200	0,58	170	ПЭЛ-0,1	100
	СБ-2	400	0,29	74	ПЭЛ-0,15	120
		200	0,58	105	ПЭЛ-0,15	120
	СБ-3	400	0,29	76	ЛЭШО-7×0,07	190
		100	1,15	142	ЛЭШО-7×0,07	220

При выборе элементов связи ФСИ со схемой приемника следует при включении фильтра в схему учесть нагрузочные сопротивления R_r , R_n (рис. 3-35).

Если величина R_r или R_n больше характеристического сопротивления звена ρ_ϕ (см. формулу на стр. 218), то в соответствующих сечениях 1—1 и 2—2 следует уравнивать эти сопротивления, включив параллельно R_r и R_n шунтирующие резисторы. Если R_r или R_n меньше ρ_ϕ , то следует применить неполное включение крайних звеньев фильтра (рис. 3-36). Ниже приведены конструктивные данные одного из ФСИ (табл. 3-19) и некоторые расчетные соотношения.

Таблица 3-19

Конструктивные данные фильтра сосредоточенной избирательности

Схема фильтра	$f_{\text{пр}}, \text{МГц}$	Величины элементов схемы				сер.- денник
		L	мкГн	число витков	провод	
	0,465	L_1	240	37×4	ЛЭВ-5 $\times 0,06$	600 НН
		L_2	240	49×3	ЛЭВ-5 $\times 0,06$	
		L_3		1,5	ПЭЛШКО-0,1	
		L_4	240	37,4	ЛЭВ-5 $\times 0,06$	
		L_5	240	49×3	ЛЭВ-5 $\times 0,06$	
	6,5	L_1	10	32	ПЭЛ-0,1	100 НН
		L_2	10	32	ПЭЛ-0,1	
		L_3	10	32	ПЭЛ-0,1	
		L_4		1	ПЭЛШКО-0,1	
		L_5	10	32	ПЭЛ-0,1	

$$C = \frac{C'}{2}.$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_2^2 C}.$$

$$C_{\text{св}} \text{ (емкостная связь)} = \left(\frac{f_2^2}{f_1^2} - 1 \right) \frac{C}{2}.$$

$$\rho_{\Phi} = \frac{f_1}{2\pi \cdot f_2 (f_2 - f_1) C}.$$

$$P = \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{R_{\text{н}} \left(\frac{1}{k_p \rho_{\Phi}} - \frac{\sqrt{C}}{Q \sqrt{L}} \right)}.$$

f_1, f_2 — частоты, соответствующие границам полосы пропускания ФСИ.

$$k_p = \frac{R_{\text{н}}}{\rho_{\Phi}}.$$

Схемы УПЧ. Канал УПЧ радиовещательного приемника содержит один-два (реже три) усилительных каскада на высокочастотных пентодах. Принципиальная схема каскадов практически отличается от схемы УВЧ только видом нагрузки. Все соображения об устойчивости УВЧ в равной мере следует отнести к УПЧ.

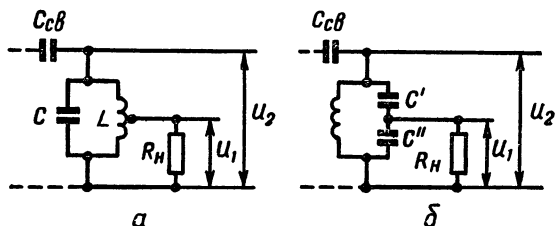


Рис. 3-36. Схема неполного включения крайних звеньев ФСИ:

а — с помощью автотрансформаторной связи; б — с помощью емкостной связи.

Коэффициент усиления каскада УПЧ определяется рядом величин, в том числе крутизной характеристики усилительной лампы, полосой пропускания нагрузочного фильтра, емкостью, используемой в контурах фильтра. Так как полоса пропускания УПЧ задана, то получить нужное усиление можно выбором соответствующей емкости контуров фильтра. Чем меньше эта емкость, тем больше величина усиления. Однако при использовании малых емкостей возрастает влияние смены электронных ламп в усилителе. Расстройка контуров в усилителе будет тем больше, чем меньше величина постоянных конденсаторов в контурах фильтра. Поэтому эти конденсаторы следует выбирать из компромиссных соображений, стремясь получить высокое усиление каскада и избежать заметной расстройки контуров при смене ламп. Обычно емкость контуров в двухконтурных фильтрах выбирается порядка нескольких сотен $n\phi$ для $f_{\text{пр}} = 465 \text{ кГц}$ и $40\text{—}70 \text{ нФ}$ для $f_{\text{пр}} = 8,4 \text{ МГц}$.

В табл. 3-20 приведены ориентировочные данные параметров одного каскада УПЧ (с двухконтурным полосовым фильтром).

Таблица 3-20

Ориентировочные данные параметров одного каскада УПЧ с двухконтурным фильтром

Тип лампы		k_0 (для 6К4П)	Сс. к, $\partial\delta$	$f_{\text{пр}}$, МГц
Приемники новых типов	Приемники старых типов			
6К1П, 6К4П 6К4П	6К3, 6К7	30—100	11—16	0,465
	6К3	40—60	12—18	8,4

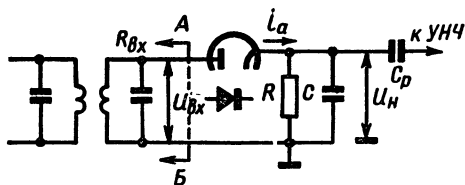


Рис. 3-37. Принципиальная схема диодного детектора.

3-12. Детекторный каскад

Источником высокочастотного сигнала для **диодного детектора** является полосовой фильтр последнего каскада УПЧ (рис. 3-37).

Высокие качественные показатели в диодном детекторе можно получить при больших амплитудах входного высокочастотного сигнала (более 2—3 в). Когда в схеме, изображенной на рис. 3-37, возникает отсечка колебания анодного тока диода, тогда ток i_a в цепи диода протекает не все время, а в течение коротких интервалов.

К детекторному каскаду предъявляются следующие требования:

- малое ослабление полезного сигнала, определяемое коэффициентом передачи k_d (отношение амплитуды напряжения звуковой частоты на выходе детектора к амплитуде огибающей входного сигнала);

- малые искажения сигнала (линейные и нелинейные);

- высокое входное сопротивление $R_{вх}$, под которым понимают сопротивление для тока частоты $f_{пр}$ со стороны детектора в точках А, В (рис. 3-37).

Чем больше величина $R_{вх}$, тем меньше диодный детектор шунтирует колебательный контур фильтра.

Различают два вида диодных детекторов: последовательный и параллельный.

В последовательном диодном детекторе сопротивление нагрузки и источник сигнала включены последовательно (рис. 3-38, а).

Для того чтобы удовлетворить перечисленным выше требованиям, следует:

на вход лампового детектора подать напряжение не менее 2—3 в;

выбрать относительно большое сопротивление $R = R_1 + R_2$, однако не более 0,5—1,0 Мом;

взять емкость C не менее 40—50 пф и не более 200 пф; сопротивление R_c , шунтирующее нагрузку детектора (рис. 3-38, а), должно быть по крайней мере в 5—10 раз больше, чем сопротивление R_2 .

При выполнении этих условий детектор работает хорошо, практически не ослабляет полезный сигнал ($k_d \approx 0,8—0,9$) и имеет входное сопротивление, равное половине R .

Значительное превышение величины R_c относительно R затруднительно. Это объясняется тем, что при R , рав-

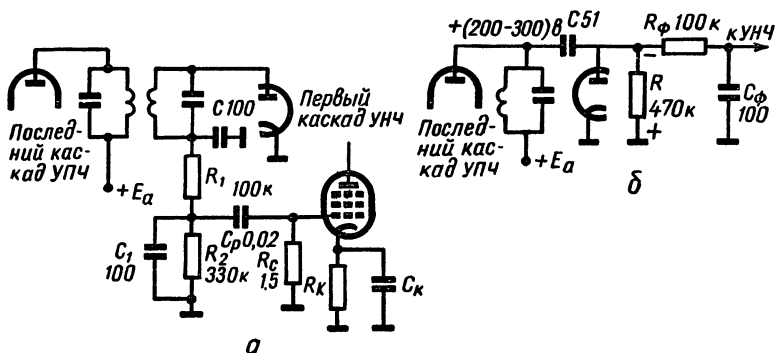


Рис. 3-38. Полные принципиальные схемы детекторов:

а — последовательная; б — параллельная,

ном 0,5 Мом, R_c должно быть около 2,5—5 Мом. Включение таких больших сопротивлений в сеточные цепи большинства приемно-усилительных ламп нежелательно, так как даже в нормальном режиме лампы при отрицательном смещении на сетке в ее цепи протекает малый постоянный ток, который может создать на большом сопротивлении R_c относительно большое напряжение. При выполнении нагрузки детектора в виде двух последовательно включенных резисторов R_1 и R_2 (рис. 3-38, а) можно удовлетворить последнее требование к детекторному каскаду. Сопротивление R_1 вместе с дополнительной емкостью C_1 , обычно выбираемой равной C , образует простой фильтр, ослабляющий возможный «остаток» высокочастотных колебаний на нагрузке детектора.

Напряжение низкой частоты с сопротивления R_2 через разделительный конденсатор C_p поступает на сетку первой лампы УНЧ. Обычно во избежание больших потерь напряжения на сопротивлении R_1 его величину выбирают так, что $R_1 = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5}\right)R_2$.

Ниже приведены ориентировочные параметры и величины элементов схемы последовательного детектора.

Таблица 3-21

Ориентировочные параметры и величины элементов схемы последовательного диодного детектора
(рис. 3-38, а)

Тип лампы		k_d	$C_1, C_2, нф$	$R_1, ком$	$R_2, ком$
Приемники новых типов	Приемники старых типов				
6 X 2П	6 X 6, 6Г2, 6Г7, 6Б8 и др.	0,8 — 0,9	100 — 200	50 — 150	200 — 430

Параллельный диодный детектор (рис. 3-38, б) используется тогда, когда высокочастотный сигнал снимается с точки схемы, имеющей высокий постоянный потенциал, например с анода лампы УПЧ. Чтобы избежать попадания большого напряжения на анод диода, желательно использовать разделительный конденсатор C . Полярность напряжения на нагрузке детектора указана на рис. 3-38, б.

Особенность параллельной схемы: сопротивление R для переменного тока не шунтируется емкостью C . Поэтому оно включено параллельно входному сопротивлению детектора, что уменьшает величину результирующего сопротивления до $\frac{R}{3}$. Уменьшение $R_{вх}$ в схеме параллельного детектирования является ее недостатком. Поэтому применение такой схемы оправдано только в тех случаях, когда нельзя применить последовательное детектирование.

Величины R и C выбирают аналогично величинам в схеме последовательного детектора. Для фильтрации напряжения промежуточной частоты на выходе параллельной схемы детектора обязательно включение Г-образного фильтра.

3-13. Регулировки в радиовещательных приемниках

Настройка приемника. Различают плавную настройку в диапазоне частот и настройку на некоторые постоянные, или фиксированные, частоты.

Плавная настройка в поддиапазонах ДВ, СВ и КВ выполняется с помощью блока конденсаторов переменной емкости и переключателя поддиапазонов.

Настройка на фиксированные частоты в современных радиовещательных приемниках применяется сравнитель-

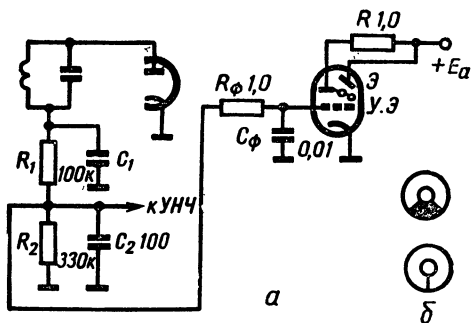


Рис. 3-39. Схема включения индикатора настройки (а) и его действие (б).

но редко и может быть произведена с помощью одновременного переключения конденсаторов или катушек индуктивности в контурах, настраиваемых на частоту сигнала и соответствующую частоту гетеродина. Это обычно осуществляется с помощью клавишного или кнопочного переключателя, расположенного на лицевой панели приемника. Предварительный выбор частоты настройки осуществляется посредством подстроечных конденсаторов или вращающихся сердечников катушек индуктивности настраиваемых контуров.

Контроль за точностью настройки можно осуществить на слух. Однако такой метод контроля оказывается несовершенным, особенно при наличии помех. Поэтому в ряде радиовещательных приемников используется специальный электроннолучевой прибор, называемый электронно-световым индикатором настройки (например, типа 6Е1П, 6Е5С). Принципиальная схема включения индикатора в приемник приведена на рис. 3-39, а. Напряжение с нагрузки детектора приемника поступает на Г-образный фильтр, пропускающий колебания относительно низких

частот. С помощью фильтра осуществляется выделение среднего уровня сигнала, который в отрицательной полярности поступает на управляющую сетку индикатора. Лампа индикатора — это комбинированный электронный прибор, содержащий обычный триод и миниатюрную электроннолучевую трубку, на которую поступает электронный поток из триодной части лампы. Электроны, попадая на экран (э), покрытый специальным веществом, вызывают его свечение.

При отсутствии сигнала полезное напряжение на управляющей сетке триода индикатора равно нулю, и сектор экрана вблизи управляющего электрода оказывается незасвеченным (рис. 3-39, б).

При настройке на станцию на нагрузке детектора появляется напряжение и электронный поток, равномерно бомбардируя экран, вызывает свечение всей его поверхности.

Таким образом, по исчезновении, а для слабых сигналов по предельному уменьшению величины затемненного сектора радиослушатель может судить о точности настройки на станцию.

Ручная регулировка усиления. С помощью ручного регулятора усиления радиослушателем устанавливается желаемая громкость воспроизведения передачи. Ручной регулятор включают, как правило, в ту часть схемы, которая не охвачена автоматической регулировкой, препятствующей ручной регулировке и тем самым уменьшающей ее эффективность.

Наиболее удобным местом включения ручного регулятора является нагрузка детектора или первый каскад УНЧ.

Вариант включения регулятора в нагрузку детектора показан на рис. 3-40. Здесь в качестве элемента регулировки используется регулируемый делитель напряжения

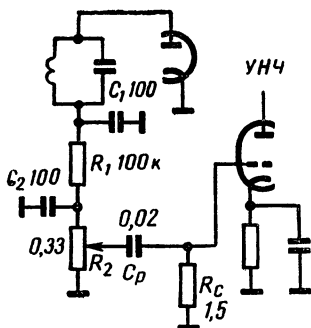


Рис. 3-40. Схема включения ручного регулятора усиления в детекторе приемника.

или переменный резистор, с помощью которого напряжение, снимаемое с нагрузки детектора, делится на определенное число.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ). С помощью автоматической регулировки изменяется усиление в той части схемы приемника, где сигнал относительно мал. Это объясняется тем, что регулировка при большом сигнале приводит к его искажениям. Обычно АРУ охватывает усилители высокой, промежуточной частоты и реже преобразовательный каскад.

Усиление как усилительных, так и преобразовательных каскадов пропорционально крутизне характеристики лампы. Поэтому регулировка усиления осуществляется с помощью изменения крутизны усилительных и преобразовательных ламп.

Для изменения крутизны наиболее удобно автоматически изменять отрицательное смещение на управляющей сетке лампы в соответствии с уровнем сигнала на входе приемника (рис. 3-41).

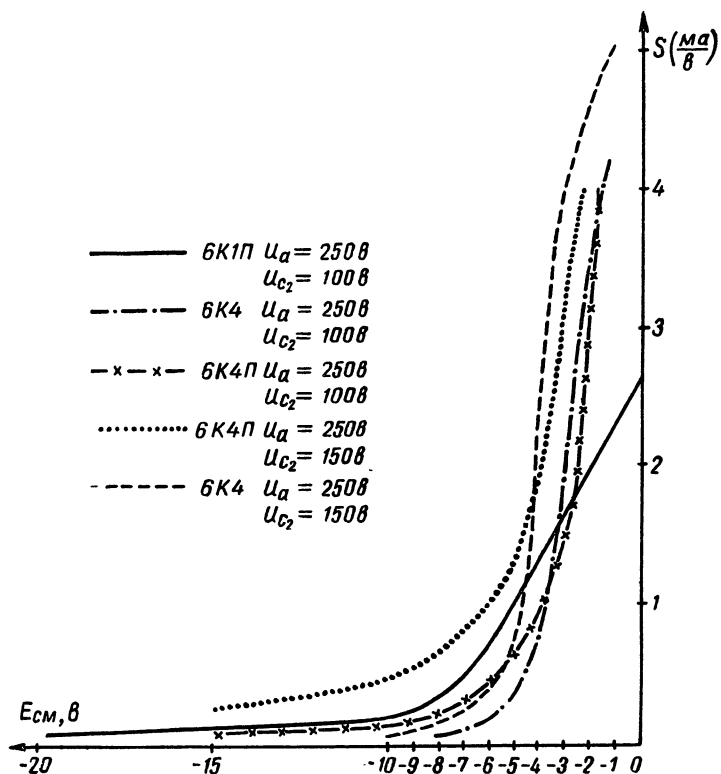


Рис. 341. Зависимость крутизны характеристики усилительных высокочастотных пентодов от величины напряжения смещения.

Напряжение смещения в цепи АРУ получается с помощью детектирования сигнала промежуточной частоты, для чего используется специальный диод или, если это допустимо (см. ниже), диод основного детектора при-

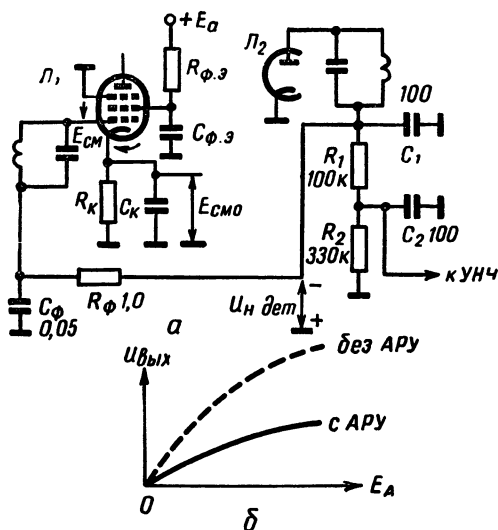


Рис. 3-42. Схема простой АРУ (а) и ее регулировочная характеристика (б).

емника. Регулируемые лампы должны иметь характеристики с широким диапазоном изменения крутизны S и малыми искажениями сигнала. Таким требованиям удовлетворяют так называемые пентоды с удлиненной характеристикой, например типа 6К4П, 6К1П и т. д.

Автоматическая регулировка усиления в радиовещательных приемниках бывает трех видов: простая, усиленная и «задержанная».

Простая АРУ. Схема простой АРУ приведена на рис. 3-42, а. Напряжение с нагрузки детектора через фильтр $R_{\phi}C_{\phi}$ поступает на управляющую сетку регулируемой лампы Π_1 . При отсутствии сигнала на входе приемника на сетку лампы передается исходное катодное автоматическое смещение $E_{см0}$. Оно создается благо-

даря падению постоянной составляющей напряжения на резисторе R_k . Величина $E_{смo}$ выбирается такой, чтобы обеспечить высокий коэффициент усиления каскада (обычно $|E_{смo}| \approx 1-3$ в).

При появлении входного сигнала на нагрузке детектора выделяется напряжение, которое через фильтр $R_\phi C_\phi$ в отрицательной полярности поступает на сетку лампы и увеличивает отрицательное смещение.

Фильтр $R_\phi C_\phi$ в сеточной цепи регулируемой лампы служит для выделения среднего уровня управляющего напряжения и препятствует прохождению «остатка» напряжения промежуточной частоты с выхода детектора обратно в УПЧ. При плохой фильтрации этого напряжения усилитель промежуточной частоты оказывается охваченным обратной связью, что может вызвать самовозбуждение.

Для улучшения качества фильтрации напряжения промежуточной частоты величины R_ϕ и C_ϕ желательно выбрать как можно большими. Однако в этом случае АРУ не успеет следовать за возможно быстрыми изменениями сигнала в антенне приемника. Учитывая вероятный характер этих изменений, в радиовещательном приемнике элементы фильтра выбираются следующим образом:

$$R_\phi \approx 1 \text{ Мом}, C_\phi = 0,05-0,1 \text{ мкф.}$$

Желательно, чтобы произведение $R_\phi C_\phi$ было равно примерно $0,05-0,2$ сек.

Простая АРУ незначительно усложняет схему приемника, однако имеет существенный недостаток, так как работает даже при малых сигналах на входе приемника и уменьшает его усиление, когда это нежелательно (рис. 3-42, б).

Задержанная АРУ. В схеме задержанной АРУ (рис. 3-43, а) диод детектора АРУ при малых сигналах заперт вследствие подачи на его анод некоторого исходного отрицательного смещения, условно называемого напряжением «задержки» E_z . Так как диодный детектор при подаче отрицательного исходного смещения может значительно исказить сигнал, то совмещаемость детектора АРУ с основным детектором приемника в этом случае недопустима. Поэтому в его схему приходится вводить двойной диод или два полупроводниковых диода.

Левый по схеме диод работает в цепи основного детектора.

Правый диод используется в АРУ и включен в схему параллельного детектора, так как непосредственно связан с первым контуром фильтра.

Если сигнал на входе приемника отсутствует или он мал, то диод АРУ закрыт. В этом случае цепь АРУ не работает и на сетку регулируемых ламп поступает исходное напряжение смещения, равное E_a . Обычно это напряжение выбирается таким, чтобы обеспечить хорошее усиление регулируемых каскадов.

Если напряжение сигнала на аноде диода превышает величину E_z , то через диод протекает ток и схема АРУ будет работать аналогично схеме, изображенной на рис. 3-42, а, осуществляя регулирование усиления.

Напряжение задержки обычно получается на резисторе, включенном в «минусовую» цепь выпрямителя приемника. Протекающий по сопротивлению постоянный ток I_0 , потребляемый всеми лампами приемника, создает относительно стабильное напряжение, используемое как напряжение задержки, и исходное смещение для регулируемых ламп.

Регулировочная характеристика задержанной АРУ приведена на рис. 3-43, б.

Усиленная АРУ. В этом случае напряжение в цепи АРУ дополнительно усиливается: до детектора — с помощью дополнительного каскада УПЧ, после детектора — усилителем постоянного тока. Так как малым изменениям э. д. с. сигнала в антенне в этом случае соответствуют большие регулирующие напряжения, можно эффективно управлять коэффициентом усиления регулируемых каскадов. В результате регулировочная характеристика усиленной АРУ может быть близка к идеальной. Этот вид регулировки усложняет схему приемника и применяется в наиболее качественных приемниках.

Регулировка полосы пропускания осуществляется в УПЧ (как правило, в полосовых фильтрах). Изменяя расстояние между катушками фильтра, т. е. изменяя величину связи, можно в широких пределах изменять полосу пропускания (см. рис. 3-33). Более сильной связи соответствует большая полоса. Однако слишком увеличивать связь не следует, так как это приводит к появлению большого провала на характеристике и к увеличению искажений спектра усиливаемого сигнала.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАКТ ДЛЯ ДВ, СВ, КВ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ

3-14. Особенности транзисторов, работающих в высокочастотных каскадах радиовещательных приемников

Особенностями транзисторов, работающих в высокочастотных каскадах радиовещательных приемников, являются: комплексность параметров; значительная частотная зависимость параметров; большие величины входной и выходной проводимости; значительный разброс пара-

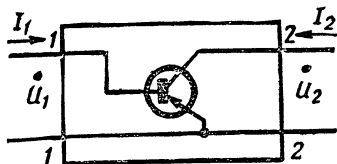


Рис. 3-44. Четырехполюсник, эквивалентный транзистору.

метров и значительное влияние внутренней обратной связи в самом транзисторе.

Комплексность параметров транзисторов. Благодаря комплексности оценка усилительных свойств транзисторов на высоких частотах с помощью параметров, приведенных в табл. 7-19—7-22, недостаточна. Наиболее полно транзистор можно охарактеризовать при помощи параметров эквивалентного четырехполюсника (рис. 3-44). Для малых сигналов токи и напряжения на рис. 3-44 связаны следующими соотношениями:

$$\dot{I}_1 = Y_{11} \dot{U}_1 + Y_{12} \dot{U}_2;$$

$$\dot{I}_2 = Y_{21} \dot{U}_1 + Y_{22} \dot{U}_2,$$

где Y_{11} , Y_{22} , Y_{21} , Y_{12} — так называемые Y -параметры четырехполюсника (Y_{11} — входная проводимость, Y_{22} — выходная проводимость, Y_{12} — проводимость обратной передачи, Y_{21} — проводимость прямой передачи).

Величины Y -параметров транзистора определяются: типом транзистора, рабочей частотой, схемой включения (общий эмиттер, общая база, общий коллектор), режимом питания по постоянному току.

Значительная частотная зависимость параметров. На высоких частотах Y -параметры являются функциями частоты и как комплексные величины определяются частотно-зависимыми модулем и фазой или активной и реактивной составляющей. Для Y_{11} и Y_{22} реактивная составляющая

щая имеет емкостный характер и соответствует емкостям C_{11} и C_{22} . Тогда $Y_{11} = G_{11} + j\omega C_{11}$, $Y_{22} = G_{22} + j\omega C_{22}$, где G_{11} и G_{22} — активные составляющие Y_{11} и Y_{22} .

На рис. 3-45 приведены частотные зависимости некоторых параметров транзисторов П13, П402, П411 в схеме с общим эмиттером.

Если ввести постоянную времени входной цепи транзистора τ (табл. 3-22), то можно выделить три частотные области:

1. $\omega = \omega\tau \leq 0,3$,

где все параметры имеют малую частотную зависимость, а C_{11} , C_{22} , $C_{12}(Y_{21})$ практически не изменяются; область соответствует наиболее благоприятным условиям использования транзисторов;

2. $\omega > 3$, где все параметры значительно отличаются от низкочастотных значений; использование транзистора в этой области нежелательно;

3. $0,3 < \omega < 3$, где все параметры имеют значительную частотную зависимость.

Для удобства определения частотной области по известной величине τ можно использовать рис. 3-46.

Таблица 3-22

Величина τ для различных транзисторов

Тип транзистора	П13	П14	П15	П16Б	П401	П402	П403
τ , мксек	1,2 — 2	1 — 1,5	0,6 — 1,1	1 — 1,5	0,07	0,025	0,011
П403А	П410	П410А	П411	П411А			
0,011	0,007	0,007	0,0018	0,0018			

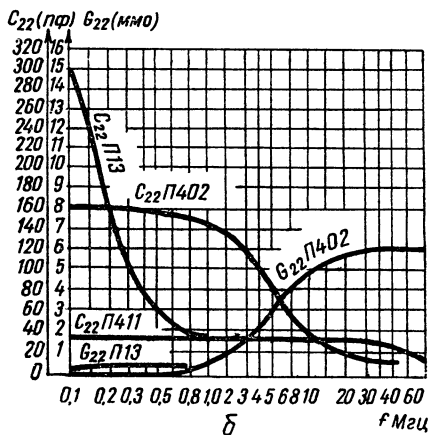
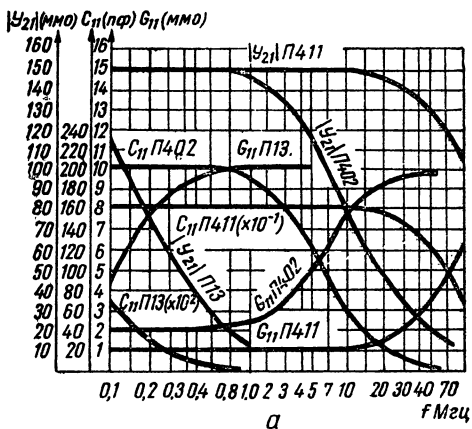


Рис. 3-45. Частотные зависимости параметров транзисторов П13, П402, П411:
а — $|Y_{21}|$, G_{11} , C_{11} ; б — G_{22} , C_{22} .

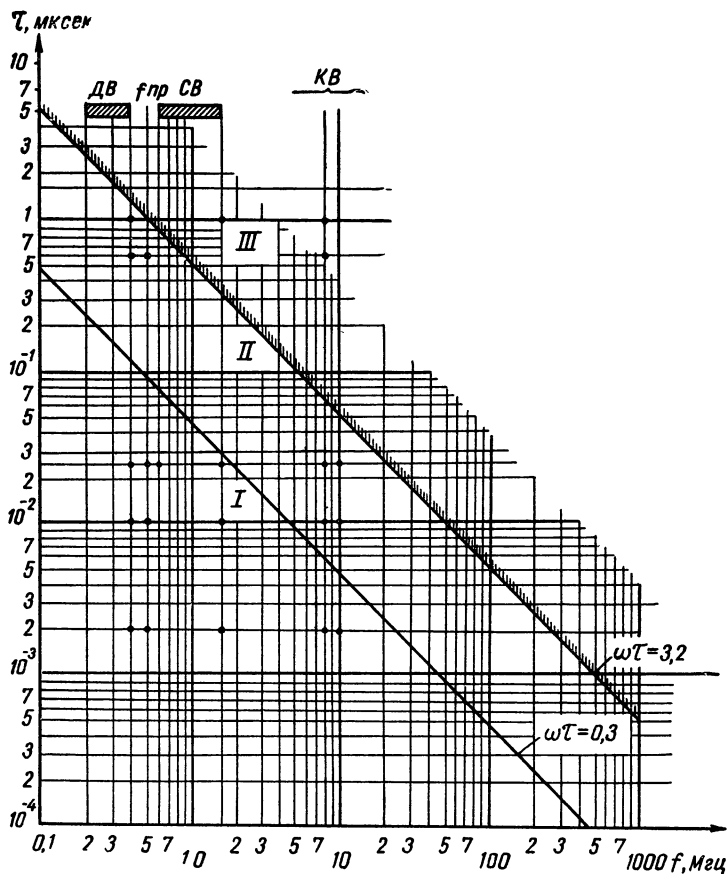


Рис. 3-46. Определение частотных областей по величине постоянной времени входной цепи транзистора.

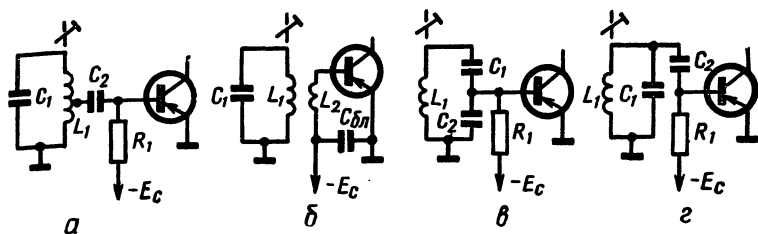


Рис. 3-47. Различные виды связи транзистора с колебательным контуром:

а — автотрансформаторная; *б* — индуктивная; *в* — внутриемкостная;
г — внешнеемкостная.

Большие величины входной и выходной проводимости транзистора, приводящие к шунтированию контуров, требуют ослабления связей колебательных цепей с транзисторами.

Возможные варианты ослабленных связей приведены на рис. 3-47.

Значительный разброс параметров транзисторов может привести при смене транзисторов в приемнике к изменению полосы пропускания, резонансных частот и формы резонансных характеристик, изменению усиления усилительных каскадов, а также к самовозбуждению. Уменьшение влияния разброса достигается ослаблением связей колебательных цепей с транзисторами.

Значительное влияние внутренней обратной связи в самом транзисторе определяется параметром U_{12} . Обратная связь приводит к самовозбуждению, изменению характеристик усилителя, увеличению влияния разброса параметров транзисторов на работу схемы.

Чтобы повысить устойчивость работы усилителя на высоких частотах, нужно:

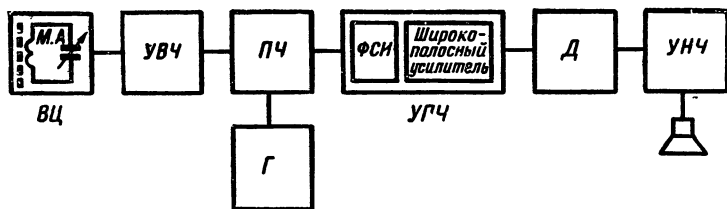


Рис. 3-48. Типовая блок-схема радиовещательного супергетеродинного приемника на транзисторах.

нейтрализовать внутреннюю обратную связь с помощью специальных схем;

уменьшить коэффициент усиления усилителя путем ослабления связей транзистора с источником сигнала и нагрузкой;

использовать схемы с ослабленной связью входной и выходной цепи транзистора (например, каскодная схема УВЧ).

Способ точной нейтрализации неудобен в массовом производстве приемников при больших разбросах параметров транзисторов, однако он обеспечивает хорошее использование усилительных свойств транзисторов. Каскодная схема требует двух транзисторов, но имеет высокую устойчивость и проста в регулировке. В радиовещательных приемниках наиболее широко применяется способ ослабления связей транзисторов с генератором и нагрузкой, способствующий одновременному уменьшению влияния разброса параметров транзисторов и изменения температуры. Из-за потери в усилении в этом случае желательно использовать транзисторы с относительно высокой граничной частотой (например, $f_T > 10 f$).

Типовая блок-схема транзисторного супергетеродинного приемника приведена на рис. 3-48. Здесь ВЦ—вход-

ная цепь (обычно одноконтурная), использующая магнитную антенну; УВЧ — усилитель высокой частоты; ПЧ — преобразователь частоты; Г — гетеродин; УПЧ — усилитель промежуточной частоты, содержащий фильтр сосредоточенной избирательности (ФСИ) и относительно широкополосный усилитель на 2—3 транзисторах; Д — детектор (обычно диодный); УНЧ — усилитель низкой частоты.

Малое влияние разброса параметров и высокая устойчивость приемной схемы достигается уменьшением числа стыков транзисторов с высокоизбирательными цепями, а также ослаблением связи в таких стыках.

3-15. Входная цепь *

В большинстве случаев входная цепь работает от внутренней магнитной антенны, хотя в некоторых приемниках (с КВ диапазоном или в настольных) допускается включение внешней антенны. Катушка индуктивности магнитной антенны используется, как правило, в качестве катушки контурной индуктивности (рис. 3-49). Связь контура входной цепи ослаблена по сравнению с ламповыми схемами.

Коэффициент включения $p = \frac{U_1}{U}$ (рис. 3-49) выбирается исходя из малого шунтирования контура входной проводимостью транзистора G_{11} , т. е. получения заданной эквивалентной добротности контура входной цепи Q_3 , обеспечивающей заданную избирательность по зеркальному каналу. Величина Q_3 всегда меньше величины конструктивной доб-

* Материал этого и последующих разделов является дополнением к материалу раздела «Высокочастотный тракт для ДВ, СВ, КВ радиовещательных приемников на электронных лампах» и отражает в основном специфику использования транзисторов в соответствующих схемах.

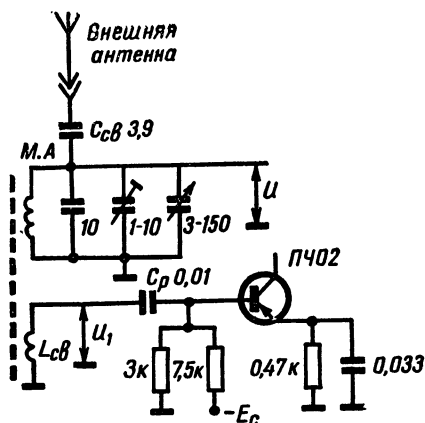


Рис. 3-49. Схема входной цепи, работающей от внутренней (магнитной) и внешней антенн.

ротности контура Q_K и приближается к ней для малых связей.

Непосредственное включение внешней антенны в схему входной цепи применяется только в простейших приемниках. Связи внешней антенны с контуром входной цепи и элементы контура выбираются из тех же соображений, что и в ламповом приемнике.

Ниже приведены ориентировочные величины и конструктивные данные элементов входных цепей ДВ, СВ, КВ диапазонов приемника с магнитной антенной, а также некоторые расчетные формулы.

$$\rho_1 = \sqrt{\left(1 - \frac{Q_3}{Q_K}\right) \frac{C_{\min} (пф) \cdot f_{\max} (МГц)}{159 Q_3 \cdot G_{11} (ммо)}}.$$

$$L_{св} \approx L_1 \left(\frac{\rho_1}{k_{св}}\right)^2.$$

$k_{св} \approx 0,3$; $k_0 = Q_3 \rho_1$; C_{\min} — полная минимальная емкость контура.

Таблица 3-23

**Величины элементов и конструктивные данные входных цепей
транзисторного приемника**

Поддиапазон	Контурная катушка					Катушка связи	
	L , мкГн	Число вит- ков и шаг намотки	провод	сердечник	добротность	число витков	провод
ДВ	4900	66×4	ПЭВЛ-0,12	600 НН $d=8$ мм $l=160$ мм	180 ($f=250$ кГц)	22,5	ПЭВЛ-0,12
СВ	420	$74(0,5$ мм)	ПЭВЛ-0,12	То же	180 ($f=760$ кГц)	6	ПЭВЛ-0,12
КВ-I (9,4—12 МГц)	1,12	4 (4 мм)	ПЭВЛ-0,41	100 НН $d=8$ мм $l=160$ мм	130 ($f=7,8$ МГц)	2,5	ПЭВЛ-0,15
КВ-II (3,93—7,4 МГц)	5,2	10 (1,5 мм)	ПЭВЛ-0,41	То же	200 ($f=7,8$ МГц)	4	ПЭВЛ-0,15

3-16. Усилитель высокой частоты

В большинстве случаев используют включение транзистора по схеме с общим эмиттером, обеспечивающей большое усиление. Исключение составляет работа на частотах, близких к предельной частоте транзистора, где схемы с ОЭ и ОБ дают примерно одно и то же усиление, но по схеме с ОБ оно отличается большей стабильностью.

Различают следующие виды УВЧ: резонансные, апериодические, каскодные.

Резонансные УВЧ применяются в приемниках, где требуется высокая избирательность по зеркальному каналу. Они повышают также чувствительность приемника, так как при использовании усиления по принимаемой частоте уменьшается мешающее действие внутренних шумов следующего каскада — преобразователя частоты. Влияние внутренних шумов в транзисторном приемнике приходится учитывать на частотах свыше 20 Мгц, а при использовании малоэффективных магнитных систем — в диапазоне более низких частот. Схемы УВЧ содержат одиночный колебательный контур, связанный с транзисторами УВЧ и ПЧ посредством ослабленной связи (рис. 3-50).

Величины коэффициентов включения контура $p_1 = \frac{U_1}{U}$ и $p_2 = \frac{U_2}{U}$ определяются исходя из высокой устойчивости резонансной характеристики каскада и достижения необходимой эквивалентной добротности, обеспечивающей избирательность по зеркальному каналу. Аналогично ламповому УВЧ вводят понятие допускаемого коэффициента устойчивого усиления $k_{0,уст}$ (см. стр. 192).

Для повышения устойчивости следует применять транзисторы с малой величиной параметра \mathcal{V}_{12} , а также ослаб-

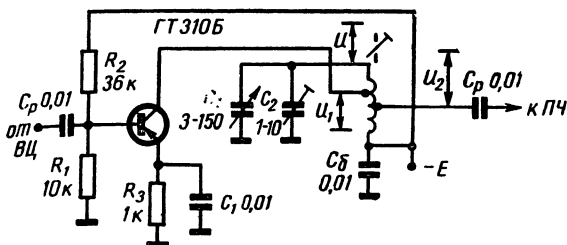


Рис. 3-50. Схема резонансного УВЧ.

лять связь контура с транзистором. Нейтрализация не нашла широкого применения в резонансных УВЧ транзисторных радиовещательных приемников.

Элементы R_1 , R_2 , R_3 входят в схему термостабилизации (стр. 105). Чтобы исключить потери усиления, конденсатор C_1 должен иметь малое сопротивление для токов высокой частоты.

Ниже приведены некоторые расчетные формулы для резонансных УВЧ.

$$k_{0уст} = 6,3 \sqrt{\frac{|Y_{21}|_{(ммо)}}{f_{\max} (МГц) C_{12} (пф)}}.$$

$$p_2 = \sqrt{\frac{\left(1 - \frac{Q_3}{Q_k}\right) f_{\max} (МГц) C_{мин} (пф)}{159 G_{11} (ммо) Q_3}}.$$

$$p_1 = \frac{k_{0уст} f_{\max} (МГц) C_{мин} (пф)}{159 p_2 |Y_{21}|_{(ммо)} Q_3}.$$

$$k_0 = p_1 p_2 |Y_{21}|_{(ммо)} \frac{159 Q_3}{f_{(МГц)} C(пф)},$$

где C — полная емкость контура, соответствующая расчетной частоте.

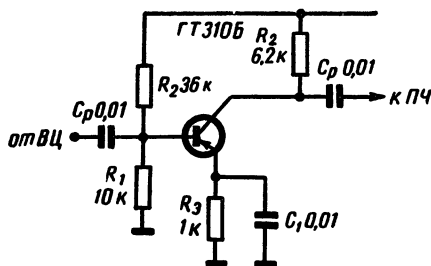


Рис. 3-51. Схема аperiodического УВЧ.

Аperiodический УВЧ может применяться тогда, когда требования к избирательности по зеркальному каналу невелики. Принципиальная схема приведена на рис. 3-51. Коэффициент усиления схемы определяется сопротивлением R_2 , а также входной проводимостью следующего транзистора ($Y_{11_2} = G_{11_2} + j\omega C_{11_2}$) и выходной проводимостью данного транзистора ($Y_{22_1} = G_{22_1} + j\omega C_{22_1}$). Чем больше величина R_2 , тем выше усиление схемы, однако для R_2 более нескольких тысяч Ω величина усиления практически определяется только параметрами транзистора. Схема не требует регулировки и обеспечивает высокую устойчивость в работе. Для увеличения усиления следует использовать как можно более высокочастотные транзисторы.

В табл. 3-24 приведены ориентировочные величины усиления аperiodического УВЧ.

Каскодная схема УВЧ (рис. 3-52) содержит два последовательно включенных транзистора (в схеме с общим эмиттером — T_1 и с общей базой — T_2) и нагрузочный контур. Нагрузкой первого транзистора является входная проводимость второго T_2 . Вследствие того что эта про-

Т а б л и ц а 3-24

Ориентировочные величины усиления аperiодического УВЧ на транзисторе

Поддиапазон	k_3	Тип транзистора
ДВ	5—30	П401, П402, П422,
СВ	2,5—5	ГТ309, ГТ310 и др.

димость велика (на частоте 70 Мгц для П411 соответствует сопротивлению 80—100 ом), первый транзистор работает с малым усилением и обеспечивает высокую устойчивость. Так как связь входного и выходного контуров осуществляется через два последовательно включенных транзистора, устойчивость всей схемы оказывается высокой.

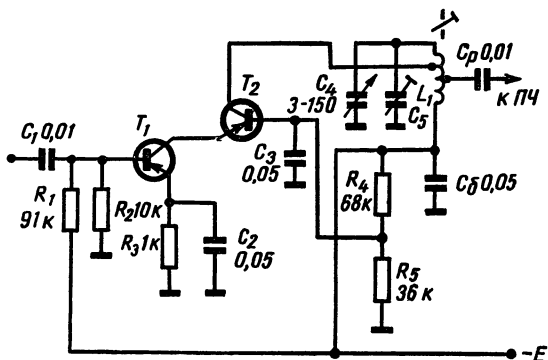


Рис. 3-52. Схема каскодного УВЧ.

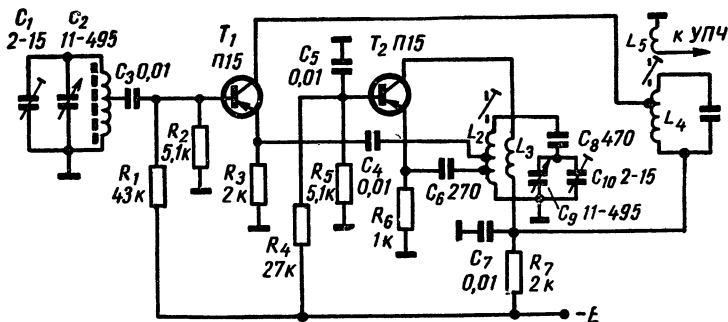


Рис. 3-53. Схема преобразователя частоты с отдельным гетеродином.

3-17. Преобразователь частоты

Транзисторный преобразователь частоты по сравнению с ламповым имеет большие входные и выходные проводимости, относительно высокий уровень внутренних шумов и нелинейных искажений, значительную взаимосвязь цепей сигнала и гетеродина, а также сильное влияние на коэффициент преобразования частоты сигнала, температуры и режима питания по постоянному току.

Различают преобразователи: с отдельным гетеродином и с совмещенным гетеродином.

Преобразователь с отдельным гетеродином (рис. 3-53) позволяет подобрать оптимальные режимы питания транзисторов в преобразовательном и генераторном режимах, упрощает настройку схемы.

Транзистор T_1 в преобразовательном режиме может быть включен по-разному, однако наилучшие результаты дает схема с общим эмиттером (по отношению к входному сигналу). Как и в УВЧ, здесь требуется ослабление

связи контуров с транзистором. Напряжение гетеродина поступает в цепь эмиттера.

Коэффициент преобразования определяется аналогично коэффициенту усиления УВЧ с той разницей, что под $|Y_{21}|$ следует понимать значение параметра прямой передачи в преобразовательном режиме:

$$|Y_{21_{\text{пр}}}| \approx \frac{|Y_{21}|}{3-4}.$$

Для увеличения $k_{\text{пр}}$ нужно применять более высокочастотные транзисторы и подбирать оптимальный режим питания транзистора по постоянному току. Наилучший режим соответствует постоянной составляющей тока эмиттера около 0,4—0,5 *ма* (рис. 3-54). Оптимальная величина напряжения гетеродина близка к $\frac{1}{2}$ величины смещения на базе транзистора (около 0,07—0,1 *в*).

Величина $k_{\text{пр}}$ имеет значительную частотную зависимость. Электрические схемы транзисторных гетеродинов

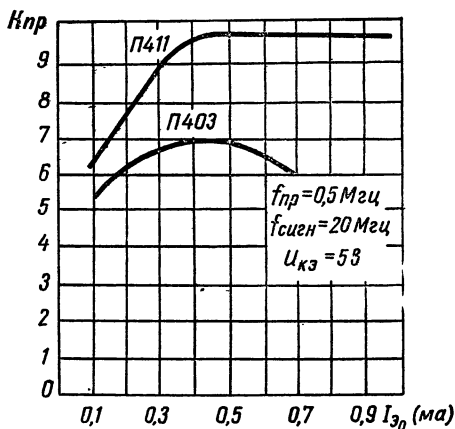


Рис. 3-54. Влияние постоянной составляющей тока эмиттера на коэффициент преобразования.

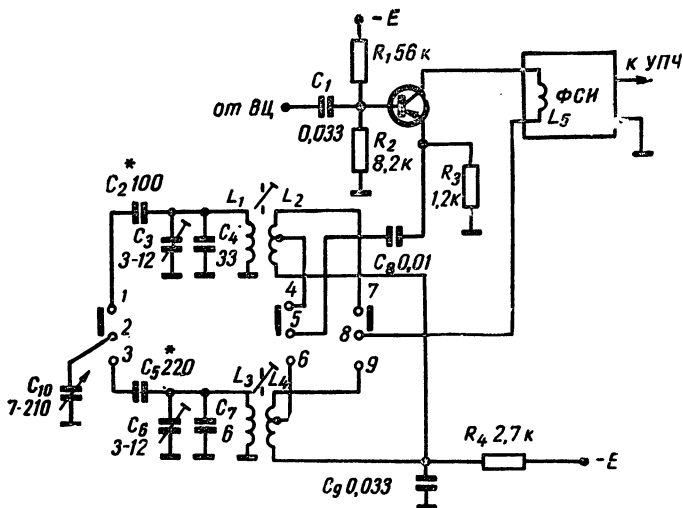


Рис. 3-55. Схема преобразователя частоты с совмещенным гетеродином.

аналогичны схемам ламповых приемников. В большинстве случаев используют схему гетеродина с индуктивной трансформаторной связью (рис. 3-53).

Электрический расчет схемы гетеродина (исключая элементы контура) труден в условиях радиолюбителя, поэтому элементы схемы удобнее подобрать экспериментально.

Преобразователь с совмещенным гетеродином (рис. 3-55) позволяет сэкономить один транзистор, но затрудняет оптимальное использование транзистора в преобразовательном и генераторном режимах, имеет большой уровень шумов и нелинейных искажений. Транзистор в этом случае должен иметь высо-

кую граничную частоту. Стабильность частоты гетеродина обеспечивается теми же способами, что и в ламповом приемнике, и, кроме того, уменьшением связи контура гетеродина с транзистором.

Оптимальный режим для преобразования $I_{э0} \approx 0,7 - 0,8 \text{ ма}$; коэффициент включения контура гетеродина в цепь эмиттера $p_э = \frac{U_1}{U}$ должен быть в 2 раза меньше, чем коэффициент включения контура в цепь коллектора $p_k = \frac{U_2}{U}$ ($p_k \approx 2p_э$). Обычно $p_э \approx 0,05$, $p_k \approx 0,1$.

Ниже приведены ориентировочные параметры и величины элементов схемы преобразователей с совмещенным гетеродином (рис. 3-55).

Т а б л и ц а 3-25

Ориентировочные величины параметров транзисторных преобразователей

Поддиапазон	Тип транзистора	$k_{пр}$
ДВ, СВ	П101, П402, П422	8—10
КВ	П423, ГТ309Г	4—5

3-18. Канал промежуточной частоты

Большинство радиовещательных приемников содержит фильтр сосредоточенной избирательности (ФСИ) и несколько широкополосных усилительных каскадов (рис. 3-56). В качестве широкополосных усилителей используют резистивные, реже одноконтурные резонансные

Таблица 3-26

Величины элементов и конструктивные данные для транзисторного преобразователя с совмещенным гетеродином (рис. 3-55)

Под- диапа- зон	Конденса- тор пере- менной ем- кости, пф	Конденсаторы сопряжения		Катушка контура гетеродина			Катушка связи с отводом	
		$C_{\text{посл.}}$ пф	$C_{\text{пар.}}$ пф	количество витков	провод	L , мкгн	доброт- ность	количество витков
ДВ	7—210	100	3—12 и 33	$58 \times 2 +$ $+ 57,5$	ПЭВ1-0,1	760	Не менее 60	5,5+8; отвод от 5,5 витка
СВ	7—210	220	3—12 и 6	$34 \times 2 +$ $+ 34,5$	ЛЭ-5 \times $\times 0,06$	250	Не менее 130	ПЭЛ- ШО-0,1 3 + 4; отвод от 3-го витка

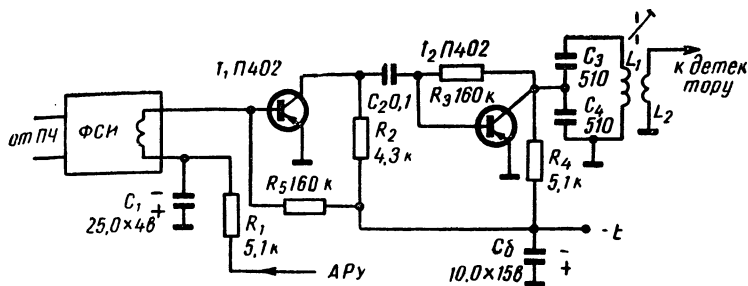


Рис. 3-56. Схема тракта промежуточной частоты транзисторного приемника.

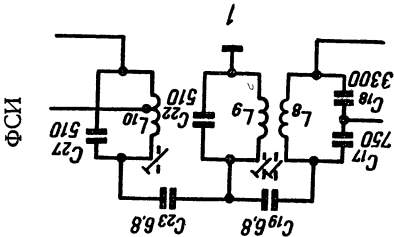
усилители с низкодобротными контурами, обеспечивающими полосу пропускания в 2,5—3 раза шире, чем ФСИ.

В последнем каскаде, как правило, применяют однотонный контур и ослабленную связь с детекторной схемой. Это позволяет улучшить использование последнего транзистора и обеспечить большее напряжение на детекторе. Иногда в широкополосных УПЧ применяют нейтрализацию внутренней обратной связи «в среднем» (рис. 3-57). Для этого напряжение с выхода усилительного каскада подается на вход по цепи дополнительной связи (C_4). Это позволяет частично компенсировать напряжение, попадающее на вход усилителя по цепи внутренней связи. При малом усилении каскада разброс параметров транзисторов сказывается в небольшой степени.

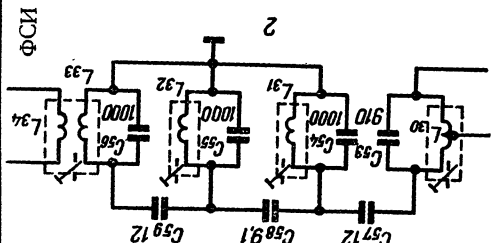
О фильтре сосредоточенной избирательности, его схемах и расчете см. в разделе «Высокочастотный тракт для ДВ, СВ, КВ радиовещательных приемников на электронных лампах». Ниже приведены данные индуктивностей селективных цепей в УПЧ некоторых транзисторных приемников.

Таблица 3-27

Данные индуктивностей селективных цепей в УПЧ некоторых транзисторных приемников

Схема фильтра	Радиоприемник	Величины элементов схемы			
		обозначение по схеме	мкГн	число витков	провод
	«Ласточка»	L_8	240	33×3	$ЛЭ-5 \times 0,06$
		L_9	240	33×3	$ЛЭ-5 \times 0,06$
		L_{10}	240	33×3 , отвод от 10-го витка	$ЛЭ-5 \times 0,06$
					Горшкообразный 600 НН
					То же
					»

Продолжение таблицы 3-27

Величины элементов схемы						
Схема фильтра	Радио-прием-ник	обозна- чение по схе- ме	мкГн	число витков	провод	сердечник
 <p>ФСИ</p>	«ВЭФ-Спидо-ла-10»	L_{30}	115	67; от-вод от 50-го витка	ЛЭШО-7×0,07	Чашка из фер-рита 600 НН, диаметр 11,5 мм, высота 5 мм; подстроечный стержень 600 НН (диаметр 2,8 мм, длина 14 мм)
		L_{31}	115	67	ЛЭШО-7×0,07	
		L_{32}	115	67	ЛЭШО-7×0,07	
		L_{33}	115	67	ЛЭШО-7×0,07	
		L_{34}		4	ПЭЛШО-0,1	
<p>Контур оконечного каскада УПЧ</p> <p>Промежуточный каскад УПЧ с нейтрализа-цией «в среднем» (рис. 3-57)</p>	«Спорт-2»	L_{κ} $L_{\text{св}}$	140	35×2 $20+80$	ПЭВТЛ-0,12	600 НН
	«ВЭФ-Спидо-ла-10»	L_{37}	290	104	ПЭВ-15×0,06	Аналогично ка-тушкам ФСИ
		L_{38}		10	ПЭЛШО-0,1	

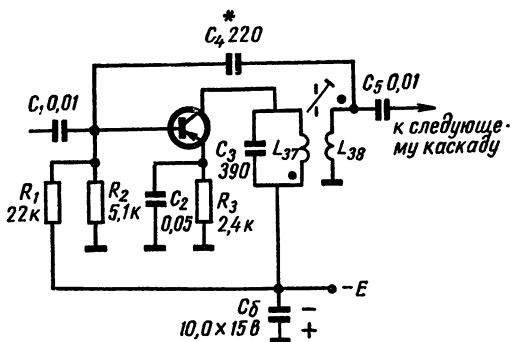


Рис. 3-57. Схема каскада УПЧ с нейтрализацией внутренней обратной связи в транзисторе.

3-19. Детекторный каскад

В зависимости от типа используемого прибора различают: диодный и транзисторный детекторы.

Диодный детектор выполнен по схеме, аналогичной ламповому приемнику (рис. 3-58). Особенности диодного полупроводникового детектора: необходимость учета обратного сопротивления диода; трудности в осуществлении высокоомной нагрузки (R).

Обратное сопротивление $R_{обр}$ связано с протеканием через диод тока в отрицательный полупериод входного сигнала. Оно снижает входное сопротивление детектора:

$$R_{вх} = \frac{R \cdot R_{обр}}{R + R_{обр}}.$$

В отличие от ламповых приемников, в транзисторном приемнике величина R мала, так как она определяется малым входным сопротивлением транзисторного УНЧ. Для увеличения $R_{вх}$ используют диоды с высоким обратным сопротивлением (300—500 ком), а так-

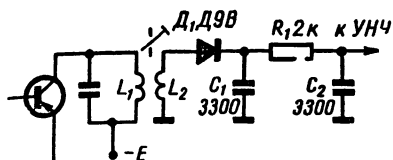


Рис. 3-58. Схема диодного детектора в транзисторном радиоприемнике.

же увеличивают входное сопротивление первого каскада УНЧ (путем применения отрицательной обратной связи, эмиттерного повторителя, добавочного сопротивления, включенного последовательно со входом первого каскада). Из-за малой величины сопротивления нагрузки емкости конденсаторов в схеме детектора выбираются большими, чем в ламповом приемнике (3—10 тыс. $пф$).

Транзисторный детектор имеет малое $R_{вх}$ и значительную зависимость коэффициента усиления от частоты. Выполняется по схеме, аналогичной схеме транзисторного резистивного УНЧ (рис. 3-59). Транзистор включается по схеме с общим эмиттером.

Для использования нелинейной характеристики $i_k = f(U_{бэ})$ необходимо сместить рабочую точку, подав на базу транзистора напряжение 0,05—0,1 в. Фильтрация

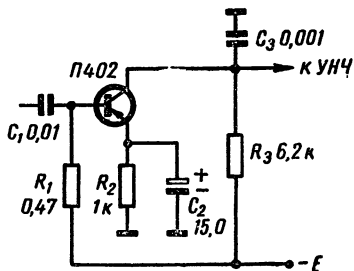


Рис. 3-59. Схема транзисторного детектора.

высокочастотного напряжения осуществляется с помощью емкости C_3 . Величина коэффициента передачи детектора:

$$k_d \approx \frac{|Y_{21}| Z_K}{2,5 - 3,3},$$

где Z_K — полное сопротивление нагрузки в коллекторной цепи транзистора.

3-20. Автоматическая регулировка усиления (APУ)

В транзисторных приемниках автоматическая регулировка усиления осуществляется: изменением режима транзистора по постоянному току, величины обратной связи по переменному току, величины межкаскадной связи; шунтированием нагрузки каскадов сопротивлениями, величина которых определяется управляющим напряжением.

В радиовещательных приемниках применяется в основном первый способ. В его основу положено изменение проводимости прямой передачи $|Y_{21}|$, аналогичной крутизне характеристики лампы S , под действием управляющего напряжения, полученного в результате детектирования сигнала. В отличие от ламповой АРУ регулирование в транзисторном приемнике:

сопровождается значительным влиянием режима на другие параметры (Y_{11} , Y_{22} и др.);

связано с низкоомностью управляемых цепей, что для некоторых схем регулирования требует определенных мощностей;

характеризуется большими нелинейными искажениями при больших сигналах;

имеет малые пределы регулирования при небольших искажениях.

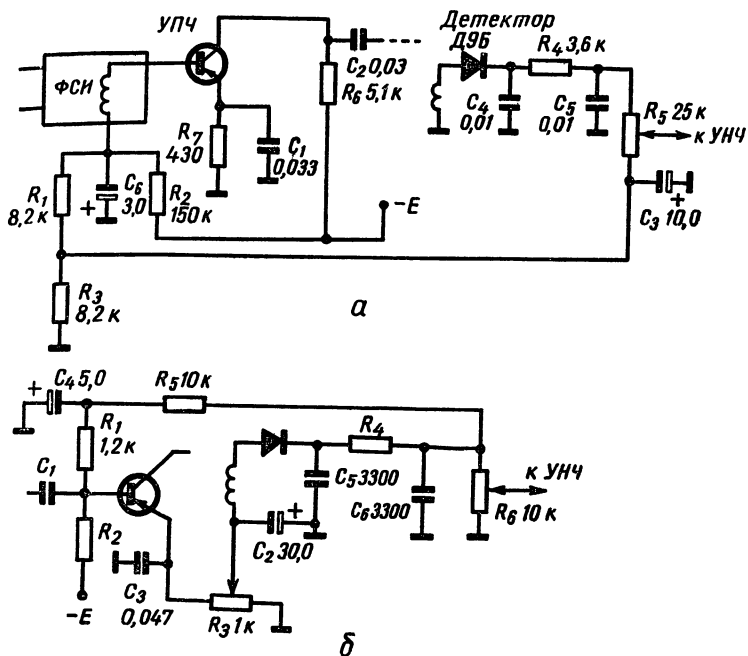


Рис. 3-60. Схемы АРУ в транзисторных радиоприемниках:

а — с управлением с помощью изменения потенциала базы; *б* — с управлением с помощью напряжений, подаваемых в цепи эмиттера и базы

В схеме АРУ, использующей изменение режима транзистора, наиболее удобна регулировка с помощью управляющего напряжения, подаваемого в цепь базы (рис. 3-60, *а*) или эмиттера (рис. 3-60, *б*). В обоих случаях изменяется постоянная составляющая тока эмиттера, что приводит к изменению коэффициента усиления каскада.

Для повышения эффективности АРУ нужно умень-

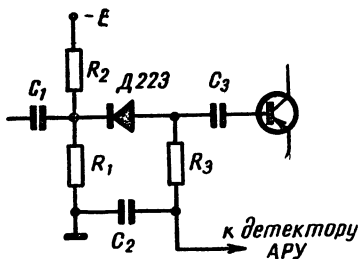


Рис. 3-61. Схема АРУ, использующая изменение величины межкаскадной связи.

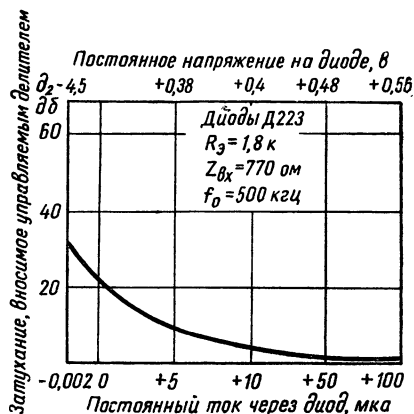


Рис. 3-62. Зависимость вносимого управляемым делителем затухания от постоянной составляющей тока диода Д223 (рис. 3-61).

шить сопротивление в цепи коллектора для постоянного тока, выполняя нагрузку, например, в виде колебательного контура. Для уменьшения расстройки усилителя за счет изменения U_{11} и U_{22} желательно применить относительно широкополосные нагрузки, имеющие низкодобротные контуры, или ослабить связь регулируемого транзистора с избирательными цепями (ФСИ).

Схема АРУ, использующая изменение величины межкаскадной связи, строится на основе изменения коэффициента передачи в управляемом делителе напряжения, одно из сопротивлений которого образовано диодом Д (рис. 3-61).

При отсутствии сигнала диод открыт благодаря подбору элементов делителя $R_1 R_2$ и практически не ослаб-

ляет высокочастотного напряжения. При появлении и увеличении сигнала постоянная составляющая тока в нагрузке детектора АРУ запирает диод D , что приводит к увеличению его сопротивления и уменьшению коэффициента передачи делителя (рис. 3-62).

УКВ КАНАЛ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

3-21. Блок-схема радиовещательного приемника с УКВ диапазоном

Радиовещание на УКВ осуществляется с помощью частотной модуляции (ЧМ). Прием ЧМ сигналов можно производить при помощи обычного супергетеродинного приемника с диапазоном УКВ, в схему которого необходимо ввести дополнительный каскад — детектор сигналов с частотной модуляцией. Малое паразитное излучение гетеродина на УКВ можно обеспечить только в том случае, если входная цепь, УВЧ и ПЧ в диапазоне УКВ объединены в компактную хорошо экранированную конструкцию, называемую УКВ блоком.

Для уменьшения общего количества ламп и транзисторов в приемнике с ДВ, СВ, КВ и УКВ диапазонами желательно использовать одни и те же приборы для приема сигналов с АМ и ЧМ. Электронные лампы и транзисторы канала АМ практически непригодны на ультракоротких волнах, так как являются интенсивными источниками внутренних помех и имеют малую усилительную способность.

Каскад УВЧ на ультракоротких волнах полезен для уменьшения влияния внутренних шумов приемника. Это объясняется тем, что основным источником таких шумов является последующий преобразовательный каскад. Чем

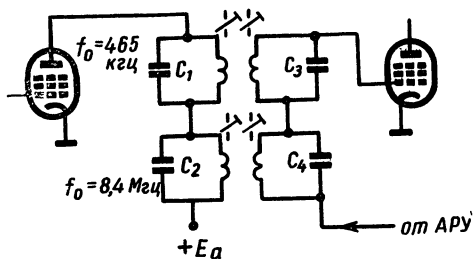


Рис. 3-63. Схема включения двух полосовых фильтров в анодную цепь лампы УПЧ.

большее напряжение сигнала поступает на вход этого каскада, тем меньше влияние шумов преобразователя, которые как бы «маскируются» относительно большим полезным сигналом. Поэтому для превышения уровня сигнала над шумами нужно дополнительно усилить сигнал до преобразовательного каскада. Это вынуждает использовать в УВЧ и ПЧ УКВ блока специальные высокочастотные усилительные УКВ триоды и транзисторы с f_T порядка 1 ГГц.

Из-за различия величины промежуточной частоты АМ и ЧМ каналов полосовые фильтры в усилительных каскадах УПЧ должны быть настроены на разные частоты: для канала АМ — на 465 кГц, для канала ЧМ — на 8,4 (6,5) МГц. Необходимо также учесть различие полос пропускания каналов с АМ и ЧМ (для радиовещания с АМ полоса составляет около 10—12 кГц, для ЧМ — 140—180 кГц).

Наиболее удобной является схема совмещенного УПЧ с последовательным включением различных полосовых фильтров в выходные цепи одних и тех же усилительных приборов (рис. 3-63). Так как контуры фильтров значительно расстроены относительно друг друга, то сопротивление контура одного фильтра на частоте другого незна-

чительно. Таким образом, в схеме устраняется влияние фильтров разных каналов, и тракт УПЧ приемника с АМ и ЧМ каналами выполняется общим. Однако усиление каскада для разных промежуточных частот оказывается разным. Иногда для компенсации потерь в усилителе промежуточной частоты ЧМ канала используют дополнительный усилительный каскад. Для уменьшения числа электронных приборов в приемнике можно использовать лампы ПЧ АМ канала. В схеме приемника предусматривается коммутация, с помощью которой осуществляется

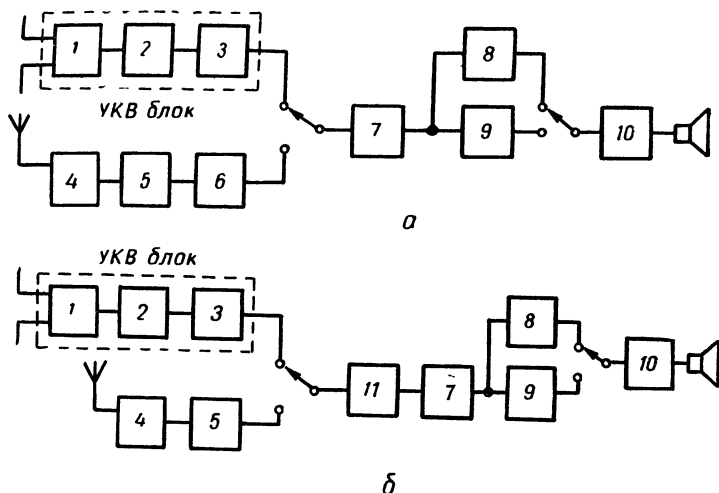


Рис. 3-64. Блок-схемы радиовещательных приемников с УКВ диапазоном:

а — без дополнительного усилительного каскада УПЧ в ЧМ канале;
 б — с дополнительным усилительным каскадом УПЧ в ЧМ канале: 1 — входная цепь УКВ; 2 — УВЧ УКВ; 3 — ПЧ УКВ; 4 — входная цепь ДВ, СВ, КВ; 5 — УВЧ ДВ, СВ, КВ; 6 — ПЧ ДВ, СВ, КВ; 7 — УПЧ; 8 — детектор ЧМ; 9 — детектор АМ; 10 — УНЧ; 11 — ПЧ ДВ, СВ, КВ и дополнительный УПЧ ЧМ канала.

переключение одной и той же лампы из одного канала в другой.

Блок-схемы приемников с УКВ диапазоном приведены на рис. 3-64. Для обеих схем характерно использование общих УНЧ, однако полоса пропускания низкочастотного тракта должна быть несколько расширена (до 12—15 кГц), так как частота модуляции для ЧМ превышает частоту модуляции для АМ.

3-22. Схемы УКВ блоков

Принципиальная схема лампового УКВ блока одного из радиовещательных приемников приведена на рис. 3-65.

Входная цепь — одноконтурная (L_1C_2) и использует индуктивную связь с антенной. Контур входной цепи для упрощения настройки блока не перестраивается, поэтому его полоса пропускания должна быть не меньше ширины УКВ диапазона.

Лампа УВЧ L_1 включена по схеме с общей сеткой, где с общей точкой схемы соединяется сетка, а не катод. При таком включении резко уменьшается связь входной и выходной цепей усилительного каскада, так как эти цепи оказываются как бы изолированными с помощью экрана, роль которого выполняет сетка.

В анодную цепь лампы включен контур ($L_2C_3C_4$), настраиваемый на частоту сигнала. Электронная лампа в диапазоне УКВ имеет относительно малое входное сопротивление. Чтобы входная цепь следующей лампы не шунтировала контур, связь между ними ослаблена с помощью автотрансформаторного включения.

С целью экономии числа ламп в УКВ блоке гетеродин и преобразователь частоты выполнены на одном триоде L_2 . Гетеродин собран по обычной схеме автогенератора с индуктивной трансформаторной связью и контуром

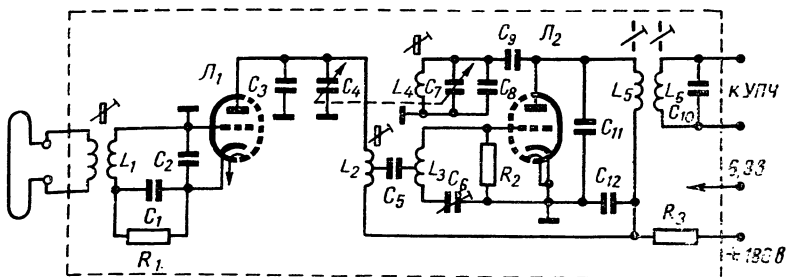


Рис. 3-65. Схема УКВ блока радиовещательного приемника на электронных лампах:

$C_1=360$ нф; $C_2=22$ нф; $C_3=10$ нф; $C_4=7-19$ нф; $C_5=120$ нф; $C_6=4-15$ нф;
 $C_7=7-19$ нф; $C_8=6$ нф; $C_9=22$ нф; $C_{10}=22$ нф; $C_{11}=22$ нф; $C_{12}=510$ нф;
 $R_1=240$ ом; $R_2=750$ ком; $R_3=2,2$ ком.

($L_4 C_7 C_8$) в цепи анода. Катушки L_3 и L_4 намотаны на одном каркасе и связаны общим магнитным потоком.

В схеме УКВ блока приходится обеспечивать независимость настроек трех контуров (сигнального, гетеродинного и фильтра промежуточной частоты), а также устранить «пролезание» напряжения гетеродина в антенну. Поэтому схему УКВ блока необходимо усложнить так, чтобы при настройке одного из контуров не изменилась настройка другого и напряжение гетеродина не попадало в цепь контура, настраиваемого на частоту сигнала.

Для этого сигнальный и гетеродинный контуры включают в схему сбалансированного моста. Схема образована частями индуктивности L_3 , емкостью сетка — катод лампы L_2 и вспомогательной полупеременной емкостью C_6 . Величина напряжения гетеродина, попадающего в цепь сигнального контура, зависит от величины емкости C_6 . При определенной величине емкости, соответствующей балансу мостовой схемы, «пролезание» напря-

жения гетеродина в цепь сигнала резко уменьшается. Ниже приведены основные параметры и величины элементов схемы (рис. 3-65).

Т а б л и ц а 3-28

Параметры УКВ блока (рис. 3-65).

Тип лампы	Диапазон частот, Мгц	Усиление блока	$S_{з.к.}$, дб	$f_{пр}$, Мгц
6НЗП	64 — 73,5	200	22	8,4

Т а б л и ц а 3-29

Конструктивные данные катушек индуктивности УКВ блока (рис. 3-65)

Индуктивность	Величина, мкГн	Количество витков	Провод
L_1	0,19	5,5	ПЭЛ-0,8
L_2	0,12	3,5	ПЭЛ-0,8
L_3	0,55	6	ПЭЛШО-0,51
L_4	0,1	2,5	ПЭЛ-0,8
L_5	9	3	ПЭЛ-0,2
L_6	9	2	ПЭЛ-0,2
L_7	0,17	3,5	ПЭЛШО-0,51

Принципиальная схема УКВ блока транзисторного приемника приведена на рис. 3-66.

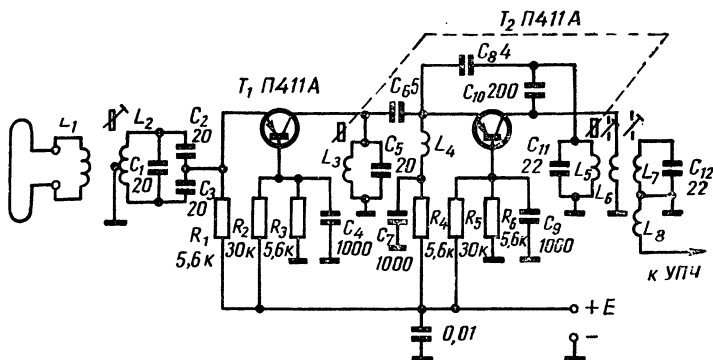


Рис. 3-66. Схема УКВ блока радиовещательного приемника на транзисторах.

Входная цепь — одноконтурная, перекрывающая без перестройки УКВ диапазон. В УВЧ используется транзистор, включенный по схеме с общей базой. Настройка контура УВЧ (L_3C_5) и гетеродина (L_5C_{11}) — индуктивная. С выхода УВЧ сигнал поступает через емкость связи C_6 на вход преобразователя с совмещенным гетеродином. Катушка L_6 используется в цепи обратной связи. Контур L_7C_{12} настроен на промежуточную частоту $8,4 \text{ Мгц}$ и связан с УПЧ с помощью катушки связи L_8 .

Ниже (табл. 3-30) приведены величины индуктивностей схемы на рис. 3-66.

3-23. Детектор ЧМ сигнала

Детектор ЧМ сигнала должен реагировать на изменение частоты колебания в тракте УПЧ.

Зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от частоты неизменного по величине колебания на входе детектора

Таблица 3-30

**Величины индуктивностей схемы
УКВ блока**

Индуктив- ность	Величина, <i>мкГн</i>	Количество витков	Провод
L_1	0,23	5	ПМ-0,5
L_2	0,23	2,5 + 2,5	ПМ-0,5
L_3	0,3	6	ПМ-1
L_4	0,6	10	ПМ-1
L_5	0,25	5	ПМ-1
L_6	4,2	16	ЛЭ-7×0,05
L_7	12,8	33	ЛЭ-7×0,05

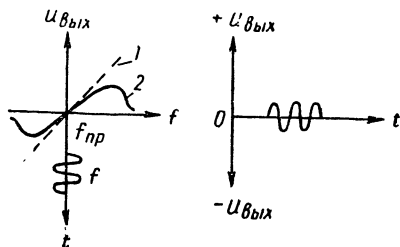
должна иметь вид наклонной прямой (рис. 3-67), так как в этом случае детектирование будет происходить без искажения полезного сигнала.

При использовании ряда схем детекторов ЧМ сигналов зависимость $U_{\text{вых}}$ от частоты приближается в некоторых пределах к идеальной характеристике и имеет S-образную форму. Чтобы избежать искажений, ширина линейного участка характеристики детектора должна быть не менее 150—180 *кГц*. Схема детектора должна быть также нечувствительна к изменению амплитуды входного сигнала или, как говорят, к паразитной амплитудной модуляции. Такая модуляция может возникнуть под действием помехи, а также при прохождении сигнала с ЧМ через высокочастотный тракт приемника.

Ниже приведена наиболее распространенная в радиовещательных приемниках схема частотного детектора ра-

Рис. 3-67. Диаграмма работы детектора ЧМ сигнала:

1 — идеальная характеристика; 2 — реальная характеристика.



диодвещательного приемника, называемого «дробным» детектором, или детектором отношений (рис. 3-68), выполняемого на ламповых диодах типа 6Х2П, 6Х6 или полупроводниковых диодах — Д2Е, Д2Ж и др.

«Дробный» детектор не требует ограничения входного сигнала по амплитуде, так как практически мало реагирует на ее изменение. Для этого в схему детектора включен конденсатор C_5 емкостью 6—8 мкф. Благодаря большой емкости напряжение на конденсаторе изменяется медленно и не успевает следовать за относительно быстрыми изменениями амплитуды сигнала. Это напряжение является смещением для диодов D_1 и D_2 . В результате при увеличении амплитуды на входе детектора и, следовательно, напряжения на диодах ток, проходящий через диоды, возрастает. Это приводит к уменьшению входного сопротивления схемы, дополнительному шунтированию полосового фильтра и уменьшению коэффициента усиления предыдущего каскада.

Автоматическое изменение усиления каскада стабилизирует напряжение на полосовом фильтре. Поскольку в этом случае ограничитель амплитуды колебания не нужен, лампа усилительного каскада используется в обычном режиме большого усиления. Поэтому напряжение на входе L_1 может быть малым (0,05—0,1 в).

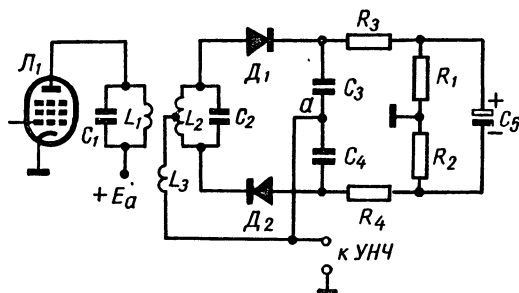


Рис. 3-68. Схема «дробного» детектора.

Ниже приведены данные возможных индуктивностей, используемых в схеме рис. 3-68.

Таблица 3-31

Величины индуктивностей схемы «дробного» детектора

Индуктив- ность	Количество витков	Провод	Сердечник
L_1	40	ПЭЛШКО-0,15	100 НН
L_2	$(6 + 6 + 6) \times 2$	ПЭЛШКО-0,15	100 НН
L_3	12	ПЭВ2-0,12	

КОНСТРУКЦИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

Основные детали и узлы радиовещательного приемника, как правило, размещаются на небольшом низком металлическом горизонтальном шасси (или гетинаксовой плате), которое крепится внутри деревянного или пласт-

массового ящика. Громкоговорители находятся на передней и боковых стенках ящика или в отдельных акустических агрегатах.

3-24. Размещение деталей и узлов приемника

Размещение деталей и узлов на шасси или монтажной плате должно соответствовать: компактности конструкции; удобству эксплуатации; удобству осмотра и ремонта; рациональности конструкции (удовлетворительным условиям охлаждения греющихся деталей, уменьшению паразитных связей в схеме и т. д.).

Для удобства монтажа и ремонта основные детали приемника собирают обычно в отдельные монтажные блоки или узлы. Так, например, полезно объединить в одном блоке, который называют высокочастотным блоком, все детали контуров преселектора и переключатель диапазонов на ДВ, СВ и КВ. Такой блок помещается в центре шасси в отдалении от нагревающихся деталей, например, силового трансформатора, выходных ламп УНЧ. С другой стороны, высокочастотный блок целесообразно приблизить к агрегату конденсаторов переменной емкости и ламповым панелям УВЧ, ПЧ и гетеродина. Часто для создания компактной конструкции названные детали размещаются над высокочастотным блоком. Вблизи последнего крепится магнитная антенна, расположенная на кронштейне и приводимая во вращение простейшим механизмом передачи. Антенна не должна находиться возле металлических деталей, так как это приводит к ухудшению ее направленных свойств и дополнительным потерям высокочастотной энергии. Над высокочастотным блоком или в непосредственной близости от него обычно размещается УКВ блок.

Элементы других высокочастотных каскадов (УПЧ

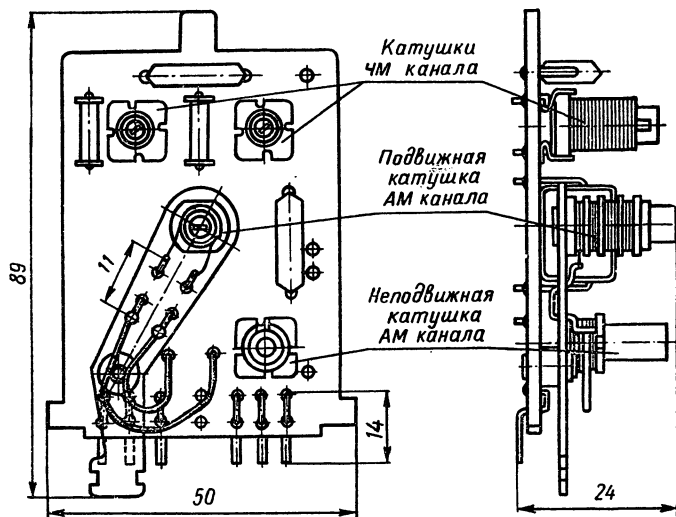


Рис. 3-69. Конструкция полосовых фильтров в УПЧ АМ и ЧМ каналов.

и детектор) часто располагают на шасси приемника в соответствии со схемой в последовательном порядке, что уменьшает возможность возникновения паразитных связей.

Полосовые фильтры заключаются в алюминиевые экраны, имеющие отверстия для регулировки сердечников контурных катушек. Как правило, фильтры АМ и ЧМ каналов расположены в одном экране (рис. 3-69). Иногда тракт промежуточной частоты и детектор выполняются на гетинаксовой плате в виде единого блока.

Детали в тракте низкой частоты могут быть размещены относительно более свободно, чем в высокочастот-

ном тракте. Группы конденсаторов и сопротивлений в этой части схемы часто помещают на специальные монтажные платы, соединенные проводами с ламповыми панелями (рис. 3-70). В некоторых приемниках тракт низкой частоты выполняется на единой плате в виде самостоятельного узла.

Нагревающийся блок питания удаляют от высокочастотных элементов и прежде всего от элементов контура гетеродина. В состав блока обычно входят: силовой трансформатор, переключатель питающих напряжений сети, гнездо плавкого предохранителя, выпрямительные элементы или кенотрон. Для уменьшения нагрузки на шасси блок питания целесообразно установить не на самом шасси, а на кронштейне, крепящемся сбоку шасси. Тогда вес блока оказывается распределенным между шасси и ящиком приемника.

Во избежание паразитных наводок целесообразно по возможности удалить от силового трансформатора сле-

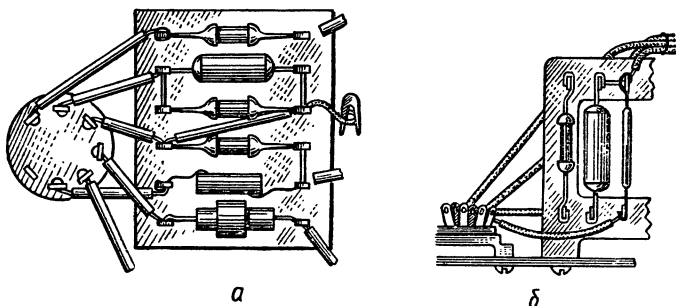


Рис. 3-70. Монтаж мелких деталей на специальной монтажной плате:

а — с горизонтальной установкой (относительно плоскости шасси);
б — с вертикальной установкой.

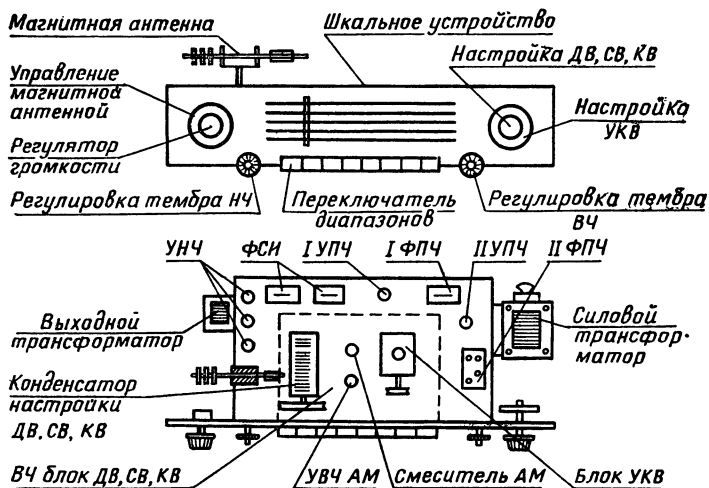


Рис. 3-71. Размещение деталей на шасси и расположение ручек управления в радиовещательном ламповом приемнике.

дующие элементы схемы: предварительный УНЧ, детектор, а также выходной трансформатор. При относительно близком нахождении силового и выходного трансформаторов оси их следует располагать взаимно перпендикулярно.

Органы настройки приемника, а также гнезда антенны, звукоснимателя и добавочного громкоговорителя должны быть расположены так, чтобы, во-первых, сделать удобным управление приемником и, во-вторых, упростить монтаж его схемы.

На рис. 3-71 показано используемое в ряде приемников расположение ручек управления на передней стенке ящика. В большинстве современных приемников органы

управления располагаются вблизи большой горизонтальной шкалы.

Для удобства монтажа узлов на шасси приемника некоторые ручки управления соединены с соответствующими деталями с помощью простейших передач. Это относится прежде всего к ручкам настройки приемника и управления магнитной антенны. Иногда простейшие передачи используют для связи ручек регулировки тембра и соответствующих потенциометров или переключателей.

На задней стенке шасси находятся гнезда антенны (раздельно для ДВ, СВ, КВ и УКВ), добавочного громкоговорителя, а также переключателя напряжения питающей цепи.

На рис. 3-72 показано размещение деталей на монтажной плате транзисторного переносного приемника «Спорт-2». Плата прикреплена к алюминиевой раме, на

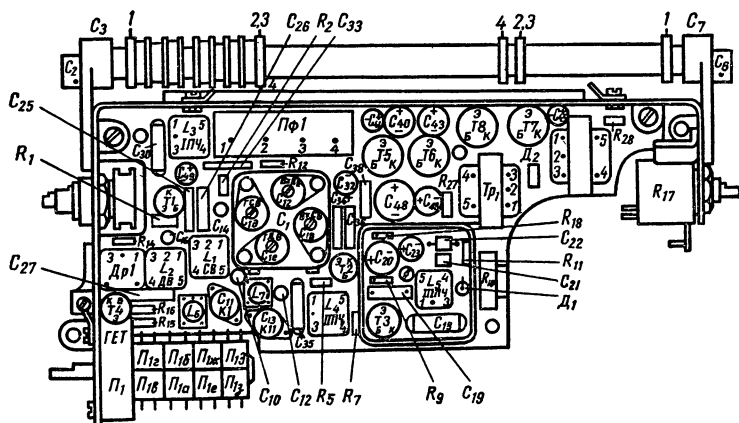


Рис. 3-72. Размещение деталей на монтажной плате транзисторного переносного приемника «Спорт-2».

которой смонтированы магнитные антенны, переключатель поддиапазонов, регулятор громкости с выключателем.

3-25. Особенности монтажа радиовещательного приёмника

При монтаже высокочастотной части схемы приемника рекомендуется:

разносить и экранировать детали, которые могут вызвать нежелательные связи, например входные и выходные контуры усилительных каскадов, входные и выходные цепи усилительных приборов и т. п.;

выполнять монтаж по возможности короткими проводами;

ориентировать установочные детали на шасси приемника, облегчая монтаж короткими проводами и разнос проводов и узлов, например, при установке ламповой панели ее необходимо развернуть таким образом, чтобы обеспечить удобный монтаж схемы как сеточных, так и анодных цепей электронной лампы (рис. 3-73);

присоединять к общей точке схемы (или заземлять соответствующие участки схемы) по возможности короткими проводами в ближайшей точке шасси;

размещать элементы развязывающих фильтров и блокировочных конденсаторов ближе к ламповой панели или транзистору и только в случае отработанного и опробованного монтажа допускается использование вспомогательных монтажных плат;

производить монтаж элементов гетеродина жестким коротким проводом.

К монтажу УКВ блока предъявляются особые требования, так как здесь в большой степени сказываются паразитные связи и непрочность монтажа.

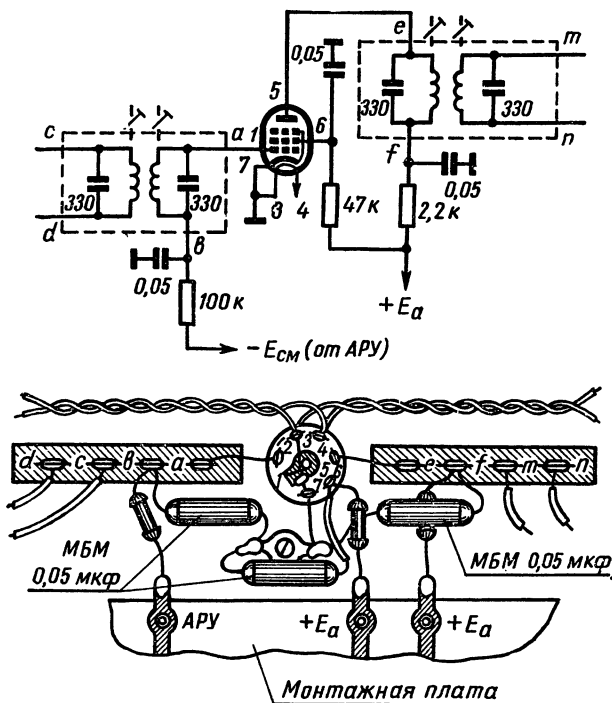


Рис. 3-73. Монтаж части схемы приемника.

На рис. 3-73 условно показан рациональный монтаж высокочастотной части схемы приемника.

Для низкочастотных каскадов приемника ряд перечисленных требований можно не выполнять. Так, например, допускается расположение деталей на вспомогательных монтажных платах (рис. 3-70). Однако при монтаже усилителя напряжения и особенно его первых

каскадов следует устранить возможные наводки на сеточные цепи ламп из питающей сети. Для этого нужно отвести сетевые провода от цепей усилителя напряжения, избегать близкого расположения силового трансформатора и первой лампы УНЧ, а также лампы детекторного каскада. При соединении удаленных точек в схеме УНЧ (например, платы низкой частоты и регуляторов громкости и тембра) лучше применять провод, экранированный с помощью металлической оплетки.

При изготовлении радиовещательных приемников применяют два вида монтажа: навесной и печатный.

При навесном монтаже в качестве соединительных цепей используются проволочные или ленточные выводы деталей и специальные соединительные проводники. Для создания дополнительных опорных точек применяют различные конструктивные элементы (рис. 3-74), например, монтажные лепестки, армированные пластмассой, монтажные стойки, вырубные лепестки и т. п.

При печатном монтаже межэлементные и межблочные соединения выполняются при помощи плоских проводников, прочно соединенных с изоляционным основанием (платой) по всей длине. Основанием печатной платы является фольгированный гетинакс. Толщина медной фольги 0,02—0,1 мм. При ее травлении легко получают проводники шириной до 0,5 мм с зазорами 0,2 мм и точностью контура изображения до 0,05 мм. Изоляционное основание может явиться причиной возникновения паразитных связей. Чтобы уменьшить паразитную емкость между соседними проводниками, их разносят или применяют экран в виде третьего проводника с нулевым потенциалом. При большой площади фольги во время пайки в ней делают щели или отверстия для предотвращения отслаивания.

Обычно весь печатный монтаж наносится с одной сто-

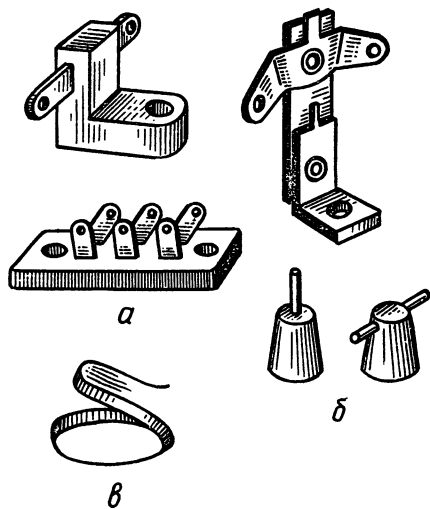


Рис. 3-74. Некоторые конструкции опорных монтажных точек:

а — монтажные лепестки, армированные пластмассой; *б* — монтажные стойки; *в* — вырубной лепесток.

роны, а детали (конденсаторы, сопротивления, ламповые панели, транзисторы, катушки с большой индуктивностью) — с другой. Прикрепление выводов деталей к плоским проводникам осуществляется обычно пайкой методом погружения в расплавленный припой. На рис. 3-75 показана часть платы и расположение на ней деталей.

Изготовление печатной платы в условиях радиолюбителя невозможно. При изготовлении транзисторных приемников можно рекомендовать монтаж на пистонах или контактных заклепках на панели (рис. 3-76), а также использование перфорированной платы, где предварительно просверливаются отверстия, в которые пропускаются выводы деталей. Пайка гибких выводов транзисторов допускается на расстоянии не менее 10 мм от корпуса транзистора низкотемпературным припоем,

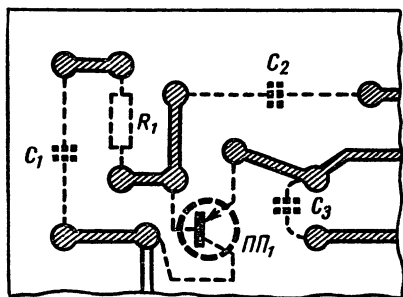
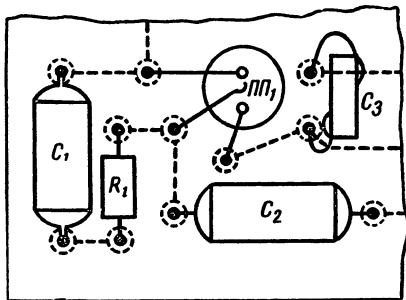


Рис. 3-75. Выполнение электрической схемы с помощью печатного монтажа.

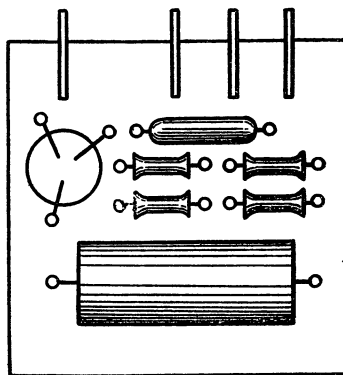
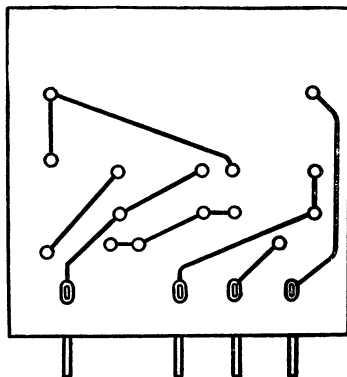


Рис. 3-76. Монтаж на пистонах.

а изгиб выводов — не менее 3—5 мм. При пайке выводов транзисторов должен использоваться эффективный теплоотвод, например, пинцет с медным наконечником.

ЗВУКОЗАПИСЬ

4-1. Системы звукозаписи

Существуют три системы звукозаписи: магнитная, механическая и оптическая.

Магнитная звукозапись — запись на магнитную ленту — имеет в настоящее время наибольшее распространение, так как позволяет осуществлять запись и воспроизведение звука не только в профессиональных, но и в любительских условиях.

Блок-схема магнитной записи содержит два канала: записи и воспроизведения (рис. 4-1, а).

К а н а л з а п и с и включает:

микрофон (М) — для преобразования записываемых звуковых сигналов в электрические;

усилитель записи (УЗ) — для повышения мощности электрических сигналов;

записывающую головку (ГЗ) — для намагничивания магнитной ленты (МЛ) в соответствии с электрическим сигналом;

стирающую магнитную головку (ГС) — для уничтожения произведенной ранее, но ставшей ненужной записи (для «стирания» ее). Наличие стирающей головки позволяет многократно использовать для записи одну и ту же ленту;

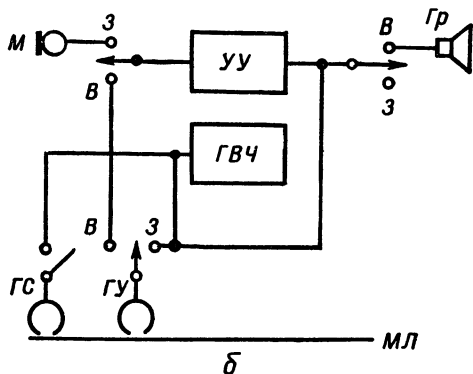
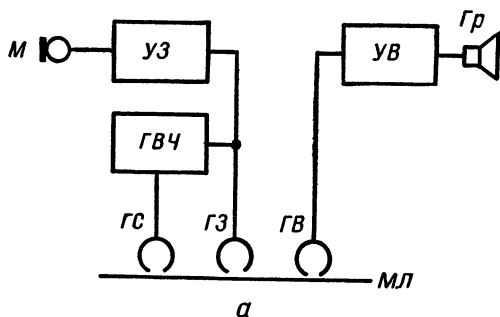


Рис. 4-1. Блок-схема магнитной записи.

генератор высокой частоты (ГВЧ) — для питания головки записи и стирания токами одной частоты (или разных частот), но разной величины. При питании стирающей головки током высокой частоты происходит размагничивание магнитной ленты. Питание током ВЧ (током подмагничивания) записывающей головки производится для уменьшения искажений при записи.

Канал воспроизведения включает:
воспроизводящую головку (ГВ) — для преобразования магнитной записи в электрические сигналы;
усилитель воспроизведения (УВ) — для повышения мощности электрических сигналов;
громкоговоритель (Гр) — для преобразования электрических сигналов в звуковые.

Как при записи, так и при воспроизведении магнитная лента движется с равномерной скоростью с помощью соответствующего механизма.

Совместное действие обоих каналов — записи и воспроизведения называется сквозным каналом.

В упрощенной блок-схеме магнитной записи (рис. 4-1, б) используются только 2 головки: стирающая (ГС) и универсальная (ГУ) и один универсальный усилитель (УУ). Универсальная головка может выполнять функции записывающей или воспроизводящей, а универсальный усилитель — функции усилителя записи или воспроизведения.

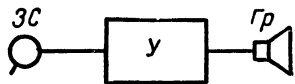
Аппараты, предназначенные для магнитной записи и воспроизведения звука, называются магнитофонами.

Механическая звукозапись — запись на диск — в настоящее время осуществляется только в профессиональных условиях. Электрическое воспроизведение механической звукозаписи (грампластинки) имеет широкое распространение.

Блок-схема такого воспроизведения (рис. 4-2) содержит:

звуко сниматель (ЗС) — для преобразования механической звукозаписи в электрические сигналы;
усилитель (У) — для повышения мощности электрических сигналов;
громкоговоритель (Гр) — для преобразования электрических сигналов в звуковые.

Рис. 4-2. Блок-схема механической записи.



Аппараты, предназначенные для электрического воспроизведения механической звукозаписи, называются электрофонами.

Оптическая звукозапись используется только в звуковом кино.

4-2. Магнитофоны

Магнитофоны классифицируются:

по назначению — 2 группы (ГОСТ 8088—62): к первой относятся студийные (профессиональные), используемые в радиовещании, телевидении, кинематографии и грамзаписи, ко второй — магнитофоны широкого применения (для репортажа, любительской и служебной записи);

по конструктивному оформлению — настольные и переносные;

по способу питания — сетевые, от автономных источников питания и универсального питания;

по количеству каналов — монофонические и стереофонические. Стереофонические магнитофоны имеют 2 самостоятельных и одинаковых по своим параметрам канала записи и воспроизведения. Общими для обоих каналов являются: магнитная лента, двухдорожечный блок универсальных головок, генератор ВЧ и двухдорожечный блок стирающих головок;

по количеству скоростей — одно-, двух- и трехскоростные;

по количеству дорожек записи — одно-, двух- и четырехдорожечные.

Разновидностями магнитофона являются:

диктофон — аппарат, специально предназначенный для записи речи с целью ее стенографирования;

магнитофонная приставка (панель), предназначенная для подключения к радиовещательному приемнику;

магнитола — магнитофонная приставка, смонтированная в одном ящике с радиоприемником.

Основные параметры магнитофонов могут быть разделены на механические и электрические.

К механическим параметрам относятся:

скорость движения ленты — постоянная скорость магнитной ленты во время записи и воспроизведения. Является важнейшим параметром, определяющим основные электрические показатели. При уменьшении скорости возрастает длительность записи (и, следовательно, снижается расход ленты), а при увеличении — качество записи. ГОСТ 8088—62 устанавливает 2 нормы скорости для магнитофонов I группы — 38,1 и 19,05 *см/сек* и 3 нормы скорости для магнитофонов II группы — 19,05; 9,53 и 4,76 *см/сек*. Эти скорости сокращенно обозначают: 38; 19; 9 и 4. До введения указанного ГОСТ магнитофоны по скорости делились на 5 групп: 76,2; 38,1; 19,05; 9,53 и менее 9,53 *см/сек*. В радиолюбительской практике целесообразно применять скорости 9,53 и 4,76 *см/сек*, так как это позволяет при сравнительно малом расходе ленты получать хорошее звучание;

неравномерность скорости движения ленты — при записи или воспроизведении приводит к искажениям (детонации). Относительное изменение скорости не должно превышать $\pm 0,15$ — $\pm 1,5\%$ (в зависимости от нормы скорости и от способа питания);

число звуковых дорожек — определяет продолжительность записи.

Магнитофоны I группы должны иметь при стереофонической записи 1 или 2 звуковые дорожки. Магнитофоны II группы могут иметь 1 (репортажные магнитофоны), 2 или 4 звуковые дорожки.

К электрическим параметрам относятся: рабочий диапазон частот; неравномерность частотной характеристики; уровень шумов; коэффициент гармоник и др., характеризующие как канал воспроизведения, так и сквозной канал. Определение этих параметров см. в 2-2. В табл. 4-1 приведены некоторые выдержки из ГОСТ 8088—62 для электрических параметров магнитофонов II группы.

Магнитная лента характеризуется следующими показателями:

ширина — в магнитофонах I и II групп используется лента шириной 6,25 мм;

толщина — определяет ее прочность и требуемый объем для данного времени записи. Обычно толщина ленты 50—60 мк (средняя — 55 мк). Запланирован выпуск долгоиграющих лент толщиной 35, 26, 18 и 12 мк;

тип — магнитные ленты выпускаются трех типов: 1, 2 и 6. В зависимости от типа изменяются электроакустические характеристики ленты (чувствительность, частотная характеристика, относительный уровень шумов). Лента типа 1 предназначена для записи при скорости 76,2 см/сек и в настоящее время не используется. Лента типа 2 предназначена для скоростей 38,1 и 19,05 см/сек, а лента типа 6 — для меньших скоростей. Лента типа 6 по своим электроакустическим характеристикам превосходит остальные;

катушки — для намотки магнитных лент используют катушки, изготовленные из полистирола. На щеки катушек обычно наносятся деления, ориентировочно указывающие длину намотанной ленты или продолжительность

Т а б л и ц а 4-1

Магнитофоны (выдержки из ГОСТ 8088 — 62)

Параметры		Нормы по скоростям		
		19	9	4
Скорость движения ленты	номинальная в см/сек	19,05	9,53	4,76
	допускаемые отклонения в %	± 2,0		
Неравномерность скорости движения ленты	от сети в %, не более	± 0,4	± 0,6	± 1,5
	от автономных источников в %, не более	± 0,6	± 0,8	± 1,5
	Рабочий диапазон частот в гц, не уже	40—12 000	63—10 000	80—5000
Относительный уровень шумов канала воспроизведения магнитофона	монофонического при питании	от сети в дб, не хуже		
		от автономных источников в дб, не хуже		
	стереофонического (для каждого канала) в дб, не хуже	—40		

Продолжение таблицы 4-1

Параметры		Нормы по скоростям			
		19	9	4	
Относительный уровень шумов сквозного канала магнитофона	монофонического при питании	от сети в дБ, не хуже			
		от автономных источников в дБ, не хуже			
	стереофонического (для каждого канала) в дБ, не хуже				
Коэффициент гармонических искажений в сквозном канале по электрическому напряжению	на линейном выходе при номинальном выходном напряжении в %, не более	3			
	на выходе усилителя мощности при нормальной выходной мощности в %, не более	5			

записи. Намотка ленты на катушку производится рабочим слоем внутрь катушки. Основные параметры и размеры катушек (для лент толщиной 55 мк) приведены в табл. 4-2. Каждой катушке в зависимости от ее размеров присвоен определенный номер.

Т а б л и ц а 4-2

Основные данные катушек для магнитных лент

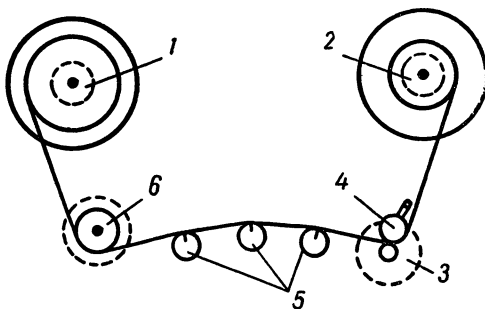
Номер катушки	Емкость катушки, м	Внешний диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Время записи или воспроизведения одной дорожки, мин, для скорости		
				19	9	4
7,5	50	75	35	4,5	9	18
10	100	100	35	9	18	36
13	180	127	45	15	30	60
15	250	147	50	22	45	90
18	350	178	60	30	60	120
22	500	220	90	45	90	180

Лентопротяжный механизм предназначен для продвижения ленты с постоянной скоростью во время записи и воспроизведения, а также для ускоренной перемотки ленты в обоих направлениях. Поэтому различают 2 режима работы: рабочий ход (во время записи и воспроизведения) и перемотку ленты. В лентопротяжных механизмах используются 1, 2 или 3 электродвигателя.

Механизмы с тремя двигателями обеспечивают постоянство скорости движения ленты и применяются в высококачественных магнитофонах I группы (например,

Рис. 4-3. Кинематическая схема лентопротяжного механизма с тремя электродвигателями:

1 — левый электродвигатель;
2 — правый электродвигатель;
3 — ведущий электродвигатель;
4 — прижимной ролик;
5 — магнитные головки; 6 — ролик с маховиком.



«Тембр»). В трехдвигательных механизмах (рис. 4-3) в режиме рабочего хода ведущий электродвигатель 3 продвигает ленту, которая прижимается к оси двигателя свободно вращающимся прижимным роликом 4; правый двигатель 2 наматывает ленту на принимающую катушку; левый двигатель 1 служит электрическим тормозом и создает натяжение ленты; ролик 6 с маховиком стабилизирует скорость движения ленты. В режиме перемотки: ведущий электродвигатель отключается; левый — осуществляет перемотку ленты на повышенной скорости, а правый — служит тормозом.

Механизмы с двумя двигателями применяются редко. В этом случае один двигатель используется как ведущий, а другой — перематывающий, который является общим для правой и левой катушек.

Механизмы с одним двигателем наиболее распространены в магнитофонах широкого применения (II группа). На рис. 4-4 показана кинематическая схема одного из возможных вариантов механизма с ременными передачами и фрикционами.

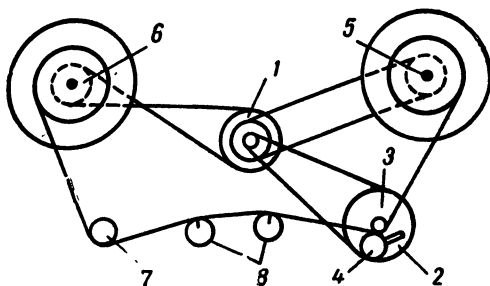


Рис. 4-4 Кинематическая схема лентопротяжного механизма с одним электродвигателем:

1 — электродвигатель; 2 — маховик ведущего ролика; 3 — ведущий ролик; 4 — прижимной ролик; 5 — фрикцион приемной бобины; 6 — фрикцион подающей бобины; 7 — обводной ролик; 8 — магнитные головки.

Некоторые сведения об электродвигателях, используемых в лентопротяжных механизмах, приведены в табл. 4-3, 4-4.

Таблица 4-3

Асинхронные двигатели для магнитофонов широкого применения и электропроигрывателей

Тип электродвигателя	Напряжение питания, в	Скорость вращения, об/мин	Мощность на валу, вт	Потребляемая мощность, вт
ЭДГ-1М	220	2800	2	13
ДАГ-1	110/220	1200	2	14
АД-2	127	1480	5	36
АД-5	127	1460	5,2	35
ДМ-2	220	940/460	14	50/59
КД-2	127	1440	2	33

Таблица 4-4

Электродвигатели постоянного тока для переносных магнитофонов

Тип электродвигателя	Напряжение питания, в	Скорость вращения, об./мин	Мощность на валу, вт	Потребляемая мощность, вт
ДКС-8	12—16	2000	0,4	0,9
2ДКС-7	5—7,5	2000	0,2	0,6
4ДКС-8	12—16	2000	0,8	1,75
ДПМ-20	12/6	4500	0,7	3,0
ДПМ-25	12/6	2200	1,1	4,2
ДПМ-30	12	2500	2,8	6,0

Магнитные головки в зависимости от назначения делятся на записывающие, воспроизводящие, универсальные (записывающие и воспроизводящие) и стирающие. По конструкции все магнитные головки обычно одинаковы — кольцевой системы с сердечниками в форме тороида, но отличаются материалом сердечника, размерами зазоров, числом витков и диаметром провода обмотки.

Головки записи имеют 2 зазора: передний (рабочий), перед которым возникает записывающее магнитное поле, и задний — вспомогательный, устраняющий возможность остаточного намагничивания сердечника при перегрузке. Передний зазор имеет ширину 5—20 мк, а задний — 50—300 мк.

Головки стирания имеют только рабочий зазор шириной 100—300 мк.

Головки воспроизведения имеют рабочий зазор шириной 3—20 мк. Важным показателем для этих

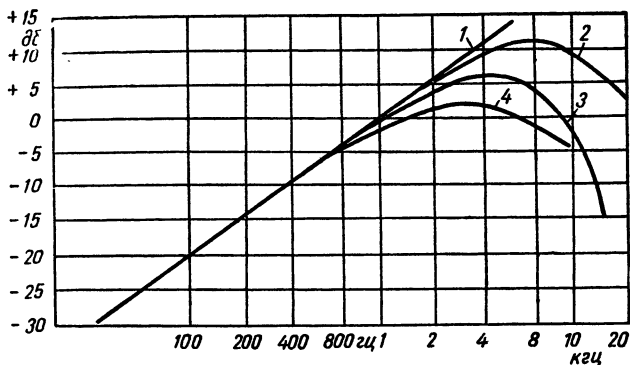


Рис. 4-5. Форма частотной характеристики воспроизводящей головки:

1 — идеальная; 2 — при скорости 76,2 см/сек; 3 — при скорости 38,1 см/сек; 4 — при скорости 19,05 см/сек.

головки является частотная характеристика воспроизведения — зависимость э. д. с. воспроизводящей головки от частоты сигнала (при неизменном токе записи). Характеристика воспроизведения имеет завал на верхних частотах (рис. 4-5), зависящий от свойств магнитной ленты, скорости ее движения и ширины рабочего зазора. В связи с этим в усилителях воспроизведения осуществляют специальную коррекцию частотной характеристики.

Некоторые сведения о магнитных головках приведены в табл. 4-5 и 4-6.

Генераторы высокой частоты используются для стирания и подмагничивания ленты во время записи. В магнитофонах II группы применяют один общий генератор с частотой колебаний 25—60 кГц.

Таблица 4-5

Основные данные универсальных головок для магнитофонов

Тип магнитофона	Ширина рабочего зазора, мм	Ширина дополнительного зазора, мм	Число витков обмотки	Диаметр провода, мм	Индуктивность, мГн	Ток записи, мА	Ток подмагничивания, мА
«Днепр-5»	12	100	2×1500	0,1	900	0,1	0,1
«Днепр-9»	8	100	2×1500	0,1	900	0,05	0,7
«Днепр-10»							
«Днепр-11»	8	100	2600	0,05	800	0,1	1,0
«Спалис»	10	100	2×1500	0,08	750	—	—
«Гинтарас»							
«Мелодия»	8	100	2550	0,05	900	0,13	0,5
«Яуза-5»	8	100	2×2500	0,05	—	0,1	1,0
«Яуза-20»	5	—	1250	0,06	100	0,25	2,5
«Астра»	5	—	4000	0,05	4000	0,5	10

Таблица 4-6

Основные данные стирающих головок для магнитофонов

Тип магнитофона	Ширина рабочего зазора, мм	Число витков обмотки	Диаметр провода, мм	Индуктивность, мГн	Ток стирания, мА
«Днепр-5»	50	2×75	0,41	2	75
«Днепр-9»					
«Днепр-10»	100	2×100	0,31	10	45
«Днепр-11»	100	100	0,31	4,3	220
«Спалис»	100	2×200	0,2	10	35
«Гинтарас»					
«Мелодия»	200	400	0,15	7	40
«Яуза-5»	200	300	0,12	4,5	30
«Яуза-20»	150	250	0,15	1,5	45
«Астра»	200	420	0,18	8	40

Большинство генераторов выполняется по схемам с самовозбуждением, так как не предъявляются жесткие требования к стабильности частоты. Форма колебаний должна быть симметричной, потому что даже небольшая асимметрия (наличие четных гармоник) существенно увеличивает шум ленты.

В некоторых случаях для уменьшения асимметрии применяют двухтактные схемы. На рис. 4-6 показаны некоторые схемы генераторов ВЧ с индуктивной связью: однотактного (рис. 4-6, а) и двухтактного (рис. 4-6, б), а также типовая схема однотактного генератора, применяемого в транзисторных магнитофонах (рис. 4-6, в). Во всех схемах величина тока подмагничивания изменяется с помощью подстроечного конденсатора С. В некоторых магнитофонах II группы лампа генератора ВЧ при воспроизведении используется в оконечном каскаде усилителя воспроизведения.

Индикаторы уровня записи. Уровень записи не должен превышать максимально допускаемого значения. С этой целью используют индикаторы уровня. Индикаторы уровня записи бывают двух видов: стрелочные, состоящие из стрелочного прибора постоянного тока и диодного детектора, и с электронносветовыми индикаторами. Стрелочные индикаторы используются в магнитофонах I группы, а также в транзисторных. В большинстве ламповых магнитофонов применяют электронносветовые индикаторы (рис. 4-7).

Микрофоны. Для магнитной записи применяются преимущественно динамические катушечные микрофоны. Их достоинства: достаточно удовлетворительные электрические параметры; небольшие габариты; малый вес и ряд других свойств, позволяющих применять их в различных эксплуатационных условиях.

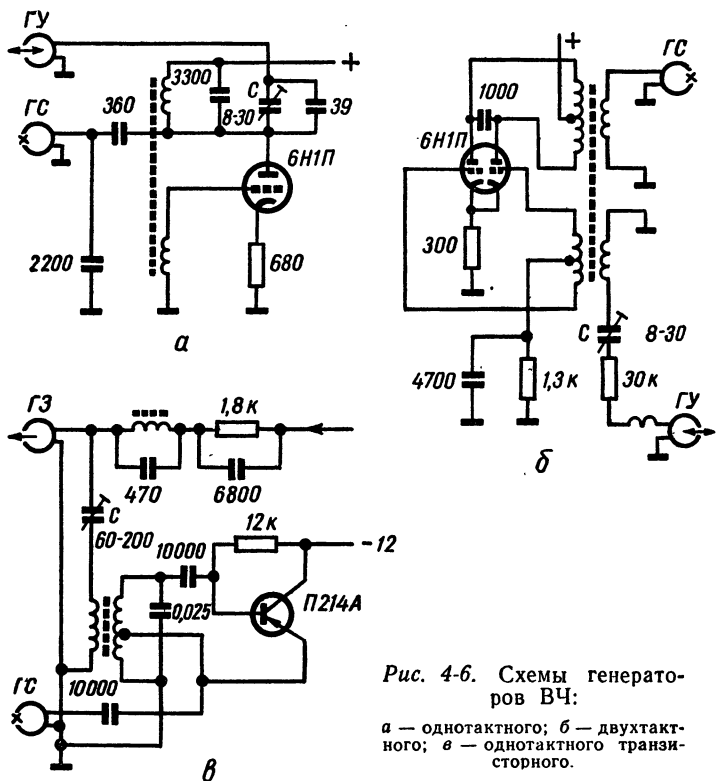


Рис. 4-6. Схемы генераторов ВЧ:

а — однотактного; б — двухтактного; в — однотактного транзисторного.

Основными электрическими параметрами микрофонов являются:

чувствительность — отношение величины напряжения, развиваемого микрофоном на номинальном сопротивлении нагрузки, к величине звукового давления, воздействующего на диафрагму микрофона;

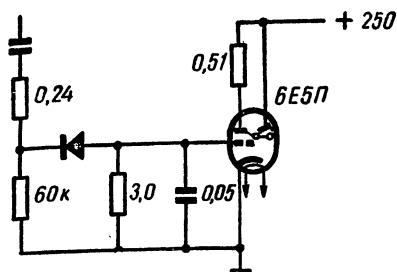


Рис. 4-7. Схема индикатора уровня записи.

Таблица 4-7

Основные данные микрофонов, используемых для магнитной записи

Тип	Рабочий диапазон частот, гц	Номинальное сопротивление нагрузки, ком	Чувствительность, $\text{мВ} \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^2$	Вес (с подставкой или штативом), г	Габариты, мм
МД-41	100—5000	500	30	56	$94 \times 85 \times 63$
МД-47	100—10 000	500	15	26	$94 \times 71 \times 32$
МД-55	60—8000	0,25	1,25	165	$\varnothing 60 \times 80$

неравномерность частотной характеристики — выраженное в децибелах отношение максимального значения чувствительности к минимальному, измеренных в пределах номинального диапазона частот;

рабочий диапазон частот — диапазон частот, в пределах которого неравномерность частотной характеристики не превышает заданных значений;

номинальное сопротивление нагрузки — сопротивление нагрузки, оговоренное в технических условиях (ТУ)

на микрофон, обеспечивающее его параметры, установленные там же.

Некоторые сведения о микрофонах, используемых для магнитной записи, приведены в табл. 4-7.

4-3. Электрофоны

Электрофоны различаются по ряду признаков:

по классу изготовления (ГОСТ 11157—65) — высшего, I, II и III. В зависимости от класса устанавливаются электрические параметры электрофонов;

по способу питания — сетевые и от автономных источников постоянного тока;

по количеству каналов — монофонические и стереофонические. Стереофонические электрофоны имеют 2 самостоятельных и одинаковых канала воспроизведения. Общими для обоих каналов являются граммофонная пластинка и стереофонический звукоусилитель.

Разновидности электрофона:

электропроигрыватель — приставка, предназначенная для подключения к радиовещательному приёмнику;

радиол — электропроигрыватель, смонтированный в одном ящике с радиоприёмником.

Основные параметры могут быть разделены на механические и электрические.

К механическим относится скорость вращения. Во всех выпускаемых в настоящее время электрофонах предусмотрены 3 стандартные скорости вращения, соответствующие нормам на грампластинки: $33\frac{1}{3}$, 45 и 78 об/мин.

Электрические параметры тракта усиления электрофонов нормируются ГОСТ 11157—65 (см. 2-2).

В СССР граммофонные пластинки выпускаются 3 типов: стереофонические, долгоиграющие и

обычные. По ГОСТ 5289—61 обозначение типов пластинок соответствует обозначению способов записи: С (стереофонические); МУ (монофонические с узкой канавкой); МШ (монофонические с широкой канавкой). Основные данные грампластинок приведены в табл. 4-8.

Звукосниматели состоят из двух основных узлов: головки; тонарма с поворотной ножкой и механизма регулирования нагрузки на иглу. Основная функция головки — преобразование механических колебаний иглы, движущейся по канавкам грампластинок, в электрические колебания звуковой частоты. Преимущественное распространение получили головки пьезоэлектрической и магнитной систем.

Звукосниматели бывают монофонические, стереофонические и универсальные. Стереофонические звукосниматели имеют 2 канала — правый и левый.

Основные параметры звукоснимателей:

чувствительность — величина напряжения на номинальной нагрузке звукоснимателя при воспроизведении тока частотой 1000 *гц*, записанного с амплитудой колебательной скорости 1 *см/сек* (измеряется в *мв/см/сек*). Норма чувствительности (ГОСТ 8383—63) составляет: для пьезоэлектрических звукоснимателей — 100 *мв/см/сек* в стереорежиме и 70 *мв/см/сек* в монорежиме; для магнитных — соответственно 1,4 и 1. Номинальная нагрузка (установленная ГОСТ) равна 1,0 *Мом* для пьезоэлектрических и 47 *ком* — для магнитных звукоснимателей;

относительная чувствительность — выраженное в децибелах отношение выходного напряжения звукоснимателя на данной частоте к напряжению на частоте 1000 *гц* при постоянстве амплитуды колебательной скорости;

частотная характеристика воспроизведения — зависимость относительной чувствительности звукоснимателя от частоты. Для правильного воспроизведения грамзаписи

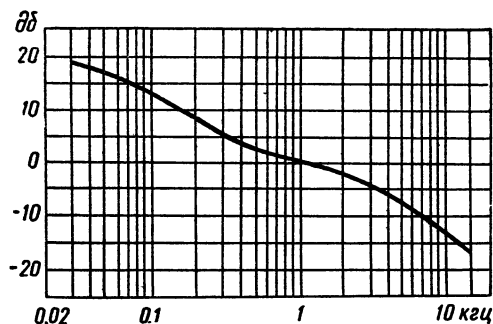


Рис. 4-8. Частотная характеристика канала воспроизведения грамзаписи.

частотная характеристика воспроизведения должна быть обратна частотной характеристике канала записи. Частотная характеристика канала воспроизведения стандартизована (ГОСТ 8386—63) и имеет вид (рис. 4-8). Такая характеристика называется номинальной;

Таблица 4-8
Основные данные грампластинок

Типы пластинок	Скорость вращения, об/мин	Форматы		Диаметр начальной канавки зоны записи, не более, мм	Диаметр конечной канавки зоны записи, не менее, мм
		обозначения	диаметры, мм		
С и МУ	33 1/3	Φ ₁₇	174	168	120
		Φ ₂₅	250	242	
		Φ ₃₀	301	292	
	45	Φ ₁₇	174	168	106
МШ	78	Φ ₂₀	200	192	87
		Φ ₂₅	250	242	

рабочий диапазон частот — участок частотной характеристики воспроизведения звукоосциллографа, на котором отклонение от номинальной характеристики не превышает заданной нормы;

нагрузка на иглу — сила (в н), определяющая воздействие звукоосциллографа на иглу в статическом режиме.

Основные параметры некоторых звукоосциллографов приведены в табл. 4-9.

Таблица 4-9

Основные параметры звукоосциллографов

Тип	Чувствительность, не менее, мв/см/сек	Рабочий диапазон частот, гц	Нагрузка на иглу, г	Примечание
ЗПК-56	75	30—12 000	12	Пьезоэлектрический
ЗУФ-52	100	30—7000	15 и 30	»
УЭЗ-1	50	60—7000	16	Электромагнитный
ПС1С-4	100	50—12 000	6	Пьезоэлектрический Стерефонический

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДИЕНИЕ

Звуковоспроизводящая система предназначена для преобразования энергии электрического колебания в энергию звукового колебания. Содержит группу громкоговорителей и ящики (футляры), в которых они установлены. Построение звуковоспроизводящей системы определяется основными законами акустики.

5-1. Основные определения, относящиеся к акустике

Понятие или показатель	Определение	Единица измерения и порядок величин
Тон	Синусоидальное звуковое колебание	
Высота тона	Характеристика числа колебаний звука в сек	гц
Основной тон	Самая низкочастотная составляющая спектра звукового колебания	Для разных источников звука (см. рис. 5-1)
Обертоны	Другие составляющие спектра звукового колебания; имеют частоты, кратные частоте основного тона	Для разных источников звука (см. рис. 5-1)

Продолжение

Понятие или показатель	Определение	Единица измерения и порядок величин
Звуковое да- вление	Давление на единицу поверхно- сти, создаваемое звуковым ко- лебанием	Бар или ньютон/ м^2 — $\text{н}/\text{м}^2$; 1 бар — давление на 1 см^2 под действием си- лы в 1 дину; $1 \text{ н}/\text{м}^2 = 10 \text{ бар}$
Сила звука	Звуковая мощность, проходящая в 1 сек через поверхность в 1 см^2	$\text{мквт}/\text{см}^2$
Порог слыши- мости	Нижняя граница чувствительно- сти человеческого уха	Для тона 1 кгц со- ответствует силе звука 10^{-10} ; $\text{мквт}/\text{см}^2$
Болевой предел	Верхняя граница чувствительно- сти	Для тона 1 кгц со- ответствует давле- нию 1000 бар
Громкость	Сила звукового ощущения для нормального слуха; определяется как выраженное в дб превышение соответствующей силы звука над силой звука, принятого за порог слышимости; изменяется пропор- ционально логарифму изменения силы	дб; нормальная громкость соответ- ствует 65—70 дб; для получения та- кой громкости для разных объемов по- мещений требуется различная мощность усилителя (рис. 5-2)
Кривые равной громкости	Линии, соответствующие таким звуковым давлениям, которые при разной высоте тона обеспе- чивают впечатление одинаковой громкости; для человеческого уха характерно ухудшение восприя- тия низких и высоких звуковых частот	Рис. 5-3

Продолжение

Понятие или показатель	Определение	Единица измерения и порядок величин
Тембр	«Окраска» звука; определяется гармоническим составом звукового колебания	дб; для симфонического оркестра 70 дб
Динамический диапазон	Разница между наибольшей и наименьшей громкостью в звуковой передаче, выраженная в дб	
Интерференция	Взаимодействие в некотором месте пространства звуковых колебаний одной частоты, но разных в (общем случае) фаз; в результате возможно усиление или ослабление громкости звука	
Биеение	Интерференция двух тонов близких частот	сек; 0,4 — 2,5 сек
Реверберация	Остаточное «послезвучание» в закрытых помещениях после прекращения действия источника звука; измеряется величиной временного интервала, в течение которого давление падает до 10^{-6} от его начального значения	

Звуковоспроизводящие системы различаются:
по применению — для радиовещательных приемников, электрофонов, магнитофонов, абонентских громкоговорителей, систем усиления звука, акустических звуковоспроизводящих агрегатов и т. д.;

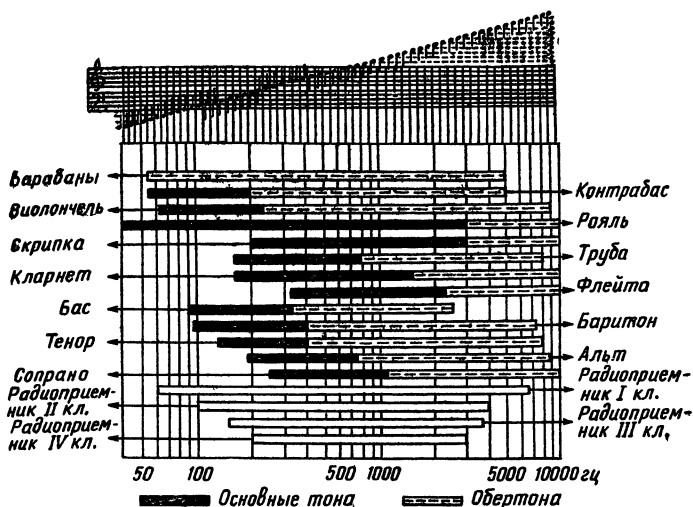


Рис. 5-1. Звуковые диапазоны различных источников звуковых колебаний.

по количеству звуковоспроизводящих каналов — одноканальные и многоканальные;

по созданию эффекта пространственного звучания — стереофонические, псевдостереофонические, с объемным звучанием и т. д.

5-2. Громкоговорители

Преобразование электрических колебаний в звуковые может осуществляться с помощью следующих основных систем громкоговорителей (табл. 5-1).

В массовой радиовещательной аппаратуре наиболее

широко применяются электродинамические системы громкоговорителей. Типовая конструкция представлена на рис. 5-4. Магнит 1 из специального сплава создает сильное магнитное поле в зазоре между керном 2 и передним фланцем 3. В зазоре перемещается звуковая катушка 4, соединенная с бумажным литым корпусом — диффузором 5. Подвижная система занимает определенное положение благодаря центрирующей шайбе 6. Края диффузора и центрирующей шайбы прикреплены к диффузордержателю 7, изготовленному из листовой стали, алюминия или силумина. Материал центрирующей шайбы — бакелизированная ткань, пропитанная бумага, тонкий текстолит и т. п.

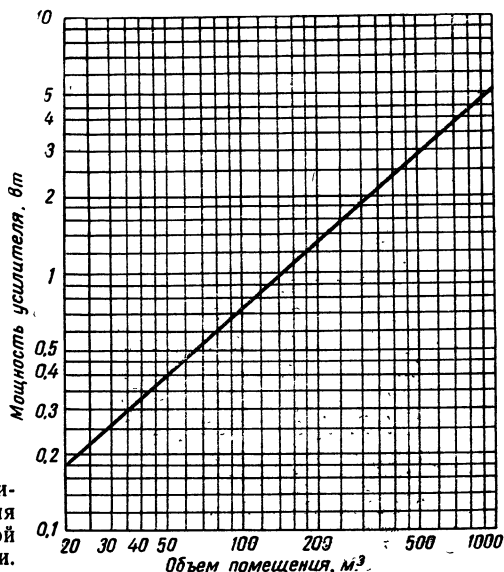


Рис. 5-2. Мощность усилителя, необходимая для получения нормальной громкости в помещении.

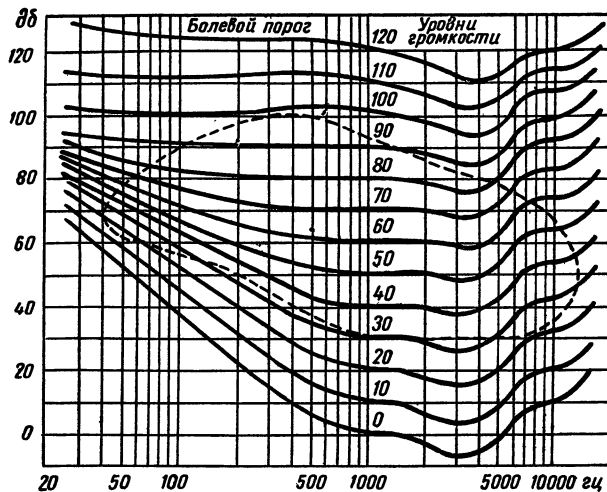


Рис. 5-3. Кривые равной громкости.

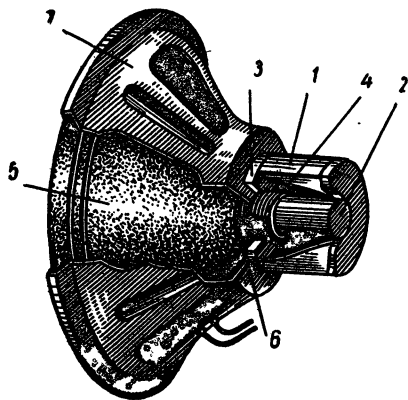
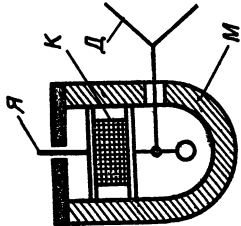


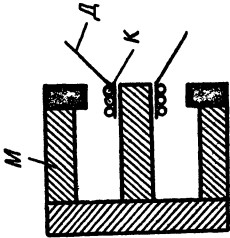
Рис. 5-4. Конструкция электродинамического громкоговорителя.

Таблица 5-1

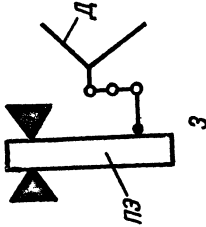
Основные системы громкоговорителей

№ п.п.	Система	Устройство	Принцип действия	Свойства	Мощность	Включение в схему усилителя	Применение
1	Электромагнитная		Перемещение якоря <i>Я</i> и диффузора <i>Д</i> под действием магнитного поля, создаваемого током звуковой частоты в катушке <i>К</i>	Хорошая чувствительность, большие частотные и нелинейные искажения	До 0,25—0,5 <i>ва</i>	Непосредственно в анодную (коллекторную) цепь выходного прибора	Маломощные системы низкого качества

Продолжение таблицы 5-1

№ п. п.	Система	Устройство	Принцип действия	Свойства	Мощность	Включение в схему усилителя	Применение
2	Электродинамическая с постоянным магнитом		Перемещение подвижной катушки K , связанной с диффузором D , благодаря взаимной индукции между перемещением катушки и полем постоянного магнита M	Относительно малые частотные искажения, возможность изготовления на большие мощности	От долей ватт до сотен ватт	В основном через согласующий трансформатор	В массовой радиоаппаратуре

Продолжение таблицы 5-1

№ п.п.	Система	Устройство	Принцип действия	Свойства	Мощность	Включение в схему усилителя	Применение
3	Электро- дина- мическая с подмаг- ничивани- ем		Аналогич- но п. 2; постоян- ное маг- нитное поле соз- дается катушкой подмагни- чивания	Аналогич- но п. 2; дополни- тельно — большая чувстви- тельность	От долей ва до сотен ва	В основ- ном через согласую- щий трансфор- матор	Радиопри- емники с сетевым питанием, мощные усили- тельные устрой- ства
4	Пьезо- электри- ческая		Колеба- ние пьезо- элемента ПЭ, свя- занного с диффузо- ром Д, под дей- ствием перемен- ного на- пряжения звуковой частоты	Подъем характери- стик на высо- ких час- тотах	Огра- ничена	С исполь- зованием дресселя в выход- ном кас- каде	Для ма- ломош- ных уси- лителей и громкого- говорителей высоких частот

Продолжение таблицы 5-1

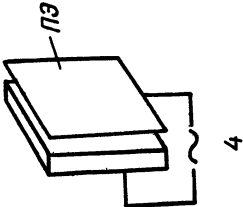
№ п. п.	Система	Устройство	Принцип действия	Свойства	Мощность	Включение в схему усилителя	Применение
5	Электростатическая		Колебание подвижного электрода конденсатора ПЭ под действием напряжения звуковой частоты	Малые частотные искажения вплоть до 20—25 кГц		Непосредственно в анодную цепь лампы	Совместно с динамическим громкоговорителем в высококачественных системах

Таблица 5-2

Основные электрические параметры громкоговорителей

Параметры	Определение	Обозначение	Единица измерения	Порядок величин
Номинальная мощность	Наибольшая подводимая электрическая мощность, при которой нелинейные искажения не превышают заданную норму (не более 7—10% на частотах 100—200 гц)	$P_{\text{ном}}$	ва	Доли ва— сотни ва
Среднее стандартное звуковое давление	Давление на расстоянии 1 м по рабочей оси громкоговорителя при подведении мощности 0,1 ва на частоте 1 кгц	$p_{\text{ср. ст}}$	н/м ²	0,15— 0,3 н/м ² (в среднем 0,2 н/м ²)
Рабочий диапазон частот	Область частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики Δp не превышает заданную величину в среднем (14—18 db)	$F_{\text{мин}}—$ $F_{\text{макс}}$	гц	Для лучших громкоговори- телей 60—16 000 гц (в среднем 80—10 000 гц)
Внутреннее сопротивление	Сопrotивление синусоидальному переменному току звуковой катушки громкоговорителя с учетом дополнительных устройств (трансформатор, фильтр), если они составляют неотъемлемую часть конструкции громкоговорителя	$Z_{\text{в}}$	ом	Для звуко- вой катушки на частоте 1 кгц 4—25 ом и более

Основные параметры громкоговорителей приведены в табл. 5-3.

Таблица 5-3

Основные параметры громкоговорителей

а) для карманных и переносных приемников

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, <i>ва</i>	Рабочий диапазон частот, <i>гц</i>	Резонансная частота, <i>гц</i>	Неравномерность, <i>дб</i>	Среднее звуковое давление, <i>м/м²</i>	Полное сопротивление звуковой катушки, <i>ом</i>	Тип магнита	Габариты, <i>мм</i>	Вес, <i>г</i>
0,025ГД-2	0,025	1000—3000	500±50	18	0,075	60		40×16,5	16
0,025ГД-1	0,025	600—4000	—	18	0,15	6±0,6	К	40×16,5	17
0,1ГД-3	0,1	400—3000	500	16	0,13	6,5±0,7	К	50×20,5	35
0,1ГД-6	0,1	450—3000	400±40	18	0,23	10±1,5	К	60×27	60
0,1ГД-8	0,1	450—3000	400±40	18	0,18	10±1,5	К	60×21,5	40
0,15ГД-1	0,15	400—8000	—	—	0,15	6±0,6	К	60×22	50
0,2ГД-1	0,2	300—10 000	—	—	0,18	6±0,6	К	60×25	50
0,25ГД-1	0,25	300—3000	300±30	18	0,20	8±0,8	К	72×34	70
0,25ГД-2	0,25	300—3000	300±30	18	0,20	25±6,5	Ф	70×29	120
0,25ГД-9	0,25	300—3500	300±30	15	0,28	10±1,5	К	70×36	120
0,5ГД-10	0,5	150—7000	150±30	14	0,23	5±1,5	К	106×50	150
0,5ГД-11	0,5	150—7000	150±30	14	0,23	5±0,5	Ф	105×36	150
0,5ГД-12	0,5	150—7000	150±30	15	0,35	4,5±0,7	Ф	105×36	250
0,5ГД-14	0,5	250—3500	200±30	15	0,23	28±3,0	К	102×50	128
0,5ГД-17	0,5	250—5000	400±70	18	0,35	8		106×70	150

Условные обозначения: К—керновый магнит из высококачественного сплава ЮНДК-24 или АНКО-4; Ф—кольцевой магнит из феррит-бария 3БА или 2БА.

б) для некоторых приемников и радиол

Марка громкоговорителя	Номинальная мощность, Вт	Номинальный диапазон частот с неравномерностью не более 15 дБ, дБ	Резонансная частота подвижной системы, гц	Среднее стандартное звуковое давление, н/м²	Активное сопротивление звуковой катушки, ом	Габариты, мм	Тип магнита	Вес, г	Где применяется
ИГД-1	1	150—5000	140 ± 10	0,25	3,0 ± 10%	150 × 75	A	700	АРЗ, «Москвич»
ИГД-1РРЗ	1	4000—13 000	1200 ± 500	0,4	8,0 ± 10%	105 × 63	K	260	«Фестиваль», «Сакта» и др.
ИГД-1ВЭФ	1	2000—15 000	190 ± 60	—	2,5 ± 10%	90 × 57	K	200	«Латвия»
ИГД-2ВЭФ	1	2000—15 000	190 ± 60	—	6,3 ± 10%	90 × 57	K	200	»
2ГД-8ВЭФ	2	80—7000	90 ± 10	0,23	3,4 ± 10%	152 × 75	K	500	»
3ГД-5ВЭФ	3	100—7000	120 ± 10	0,25	3,4 ± 10%	202 × 90	A	1300	«Аккорд»
3ГД-6ВЭФ	3	80—7000	80 ± 10	0,25	3,4 ± 10%	202 × 90	A	1300	»
4ГД-2РРЗ	4	100—12 000	100 ± 20	0,3	10 ± 10%	200 × 93	K	900	«Фестиваль»
4ГД-3РРЗ	4	130—12 000	130 ± 20	0,3	10 ± 10%	200 × 93	K	900	»
5ГД-1РРЗ	5	80—10 000	65 ± 10	0,4	4,0 ± 10%	260 × 180 × 108	K	750	«Сакта»
6ГД-1РРЗ	6	60—6500	48 ± 8	0,4	7,0 ± 10%	327 × 225 × 130	K	1300	«Фестиваль»
6ГД-1	6	60—16 000	65 ± 10	0,35	1,2 ± 10%	222 × 96	K	500	«Эстония»

Условные обозначения: А — кольцевой магнит из сплава АН-3 (альни-3); К — керновый магнит из сплава АНКО-4.

Продолжение таблицы 5-3

в) для приемников, телевизоров, радиол и другой звуковоспроизводящей аппаратуры

Тип громко-говорителя	Номинальная мощность, ватт	Номинальный диапазон частот, гц	Неравномерность частотной характеристики, db	Резонансная частота по динамической системе, гц	Среднее стандартное звуковое давление, н/м²	Полное сопротивление звуковой катушки, ом	Габариты, мм	Тип магнита	Вес, г	Заменяет громкоговорятель
1ГД-5	1	150—6000	15	120 ± 20	0,20	6,5 ± 0,7	126 × 50	A	370	—
1ГД-6	1	100—6000	15	100 ± 10 140 ± 10	0,30	6,5 ± 0,7	126 × 63	A	600	—
1ГД-9	1	100—7000 200—10 000	14	95 ± 15 150 ± 30	0,25	6,5 ± 0,7	156 × 98 × × 56	K	250	—
1ГД-10	1	120—7000	15	120 ± 20	0,25	6,5 ± 1,0	156 × 98 × × 48	Φ	370	1ГД-9
1ГД-11	1	100—7000	15	100 ± 10 140 ± 10	0,28	6,5 ± 1,0	126 × 45	Φ	300	1ГД-5 и 1ГД-6
1ГД-12	1	200—10 000	14	175 ± 15	0,25	5,0 ± 0,5	156 × 98 × × 41	Φ	200	—
1ГД-14	1	150—10 000	14	150 ± 30	0,25	5,0 ± 0,5	125 × 45	Φ	180	—
1ГД-18	1	100—10 000	15	100 ± 15	0,23	6,5 ± 0,7	156 × 98 × × 48	K	160	1ГД-9
1ГД-19	1	100—10 000	15	100 ± 15	0,20	6,5 ± 1,0	156 × 98 × × 44	Φэ	200	1ГД-9
1ГД-20	1	150—7000	15	150 ± 30	0,30	6,5 ± 1,0	156 × 98 × × 60	K	240	—

Продолжение таблицы 5-3

Тип громко-говорителя	Номинальная мощность, ватт	Номинальный диапазон частот, гц	Неравномерность частотной характеристики, db	Резонансная частота подвижной системы, гц	Среднее стандартное звуковое давление, н/м²	Полное сопротивление звуковой катушки, ом	Габариты, мм	Тип магнита	Вес, г	Заменяет громкоговоритель
1ГД-28	1	100—10 000	15	95 ± 15	0,20	6,5 ± 0,7	156 × 98 × 41	Ф	200	1ГД-9 и 1ГД-10
2ГД-3	2	70—10 000	14	80 ± 15 100 ± 10	0,25	4,5 ± 0,5	152 × 69	К	400	—
2ГД-4	2	70—10 000	14	80 ± 15 100 ± 10	0,23	5,0 ± 0,5	152 × 54	Фэ	300	—
2ГД-7	2	70—10 000	15	80 ± 15 100 ± 10	0,23	4,5 ± 0,5	152 × 62	К	230	2ГД-3
1ГД-3РРЗ	1	5000—18 000	15	4500 ± 100	0,02	6,5	70 × 27		182	—
3ГД-15	3	1000—1800	16	270 ± 30	0,25	6,5	105 × 64	К	230	—
3ГД-1РРЗ	3	150—6000	15	100 ± 10	0,25	10	150 × 51,5		400	—
2ГД-8	2	80—8000	15	100 ± 10	0,23	4,5 ± 0,5	264 × 94 × 58	К	280	—
2ГД-19	2	70—10 000	15	80 ± 10 100 ± 10	0,20	4,5 ± 0,5	152 × 54	Фэ	220	2ГД-3 и 2ГД-4
2ГД-28	2	70—10 000	15	80 ± 10 100 ± 10	0,20	4,5 ± 0,5	152 × 55	Ф	250	2ГД-3
3ГД-2	3	80—6000	15	80 ± 10	0,30	4,0 ± 0,6	202 × 100	А	1200	—

Продолжение таблицы 5-3

Тип громко- говорителя	Номинальная мощность, ватт	Номинальный диапазон час- тот, гц	Неравномер- ность частот- ной характе- ристики, db	Резонансная частота под- вижной сис- темы, гц	Среднее стан- дартное зву- ковое давле- ние, н/м²	Полное со- противление звучковой ка- тушки, ом	Габариты, мм	Тип магнита	Вес, г	Заменяет громко- говоритель
ЗГД-7	3	80—7000	14	90±10	0,25	4,5±0,5	204×134 ×77	К	650	—
ЗГД-9	3	80—7000	14	80±10	0,25	5,0±0,5	204×134 ×65	Ф	900	—
ЗГД-16	3	80—8000	18	80±10	0,25	4,5±0,7	204×134 ×67	К	330	ЗГД-7
ЗГД-28	3	80—8000	18	80±10	0,25	4,5±0,7	204×134 ×55	Ф	410	ЗГД-7 и ЗГД-9
4ГД-1	4	60—12 000	14	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	202×100	К	600	—
4ГД-2	4	60—12 000	14	60±10	0,25	5,0±0,5	202×80	Фэ	900	—
4ГД-3	4	70—7000	14	70±20	0,25	4,5±0,5	197×96	А	1200	—
4ГД-7	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	202×80	К	430	4ГД-1
4ГД-28	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,23 0,30	4,5±0,5 4,5±0,5	202×71 252×136	Ф А	535 1700	4ГД-1
5ГД-10	5	50—12 000	15	50±10	0,25	4,5±0,5	254×170	К	700	—
5ГД-14	5	70—12 000	14	70±10 90±10	0,25	4,5±0,5	254×170 ×100	К	700	—

Продолжение таблицы 5-3

Тип громко- говорителя	Номинальная мощность, ватт	Номинальный диапазон час- тот, гц	Неравномер- ность частот- ной характе- ристики, db	Резонансная частота под- вешенной сис- темы, гц	Среднее стан- дартное зву- ковое давле- ние, н/м²	Полное со- противление звучковой ка- тушки, ом	Габариты, мм	Тип магнита	Вес, г	Заменяет громко- говоритель
4ГД-4РРЗ	4	60—12 000	15	55 ± 10	0,27	8	202 × 72		810	—
5ГД-3РРЗ	5	40—5000	15	30 ± 5	0,3	10	252 × 106		1380	—
5ГД-18	5	70—12 000	15	70 ± 10	0,25	4,5 ± 0,5	254 × 170 × 80	К	450	5ГД-14
5ГД-19	5	100—10 000	18	90 ± 10	0,25	4,5 ± 0,7	254 × 170 × 91	К	525	—
5ГД-28	5	100—10 000	18	90 ± 15	0,25	4,5 ± 0,7	254 × 170 × 68	Ф	540	—
10ГД-17	10	40—8000	14	50 ± 10	0,30	4,5 ± 0,5	295 × 140	А	1500	—
10ГД-18	10	50—8000	12	50 ± 10	0,30	8,7 ± 0,8	324 × 212 × 128	А	2000	—
ВГД-1	3	800—15 000	15	270 ± 30	0,25	5,0 ± 0,5	105 × 64	К	230	—
3ГД-15	3	1000—18 000	15	270 ± 30	0,25	4,5 ± 0,7	105 × 64	К	230	ВГД-1
(ГДВ-2)										
4А26	6	50—8000	14	60 ± 10	—	15 ± 2,0	258 × 135	А	2600	—

Условные обозначения: А — кольцевой магнит из сплава АН-3 (альни-3), АНМ или т. п.; К — керновый магнит из сплава ЮНДК-24 или АНКО-4; Ф — кольцевой магнит из феррит-бария 3БА или 2БА; Фэ — тот же тип магнита, но с экранированной магнитной системой.

Примечание. Громкоговорители, габариты которых указаны тремя числами без знака, имеют диффузоры эллиптической формы, а все остальные — круглой. Первые числа относятся к размеру диффузора, последние — к высоте громкоговорителя.

Продолжение таблицы 5-3

г) для звуковых колонок, радиальных и рупорных громкоговорителей

Тип громко- говорителя	Головки		Номинальная мощность (об- щая), <i>ва</i>	Номиналь- ный диапа- зон частот, <i>гц</i>	Неравномерность частотной харак- теристики, <i>дб</i>	Среднее звуковое давление на рас- стоянии 1 м при номинальной мощ- ности, <i>н/м²</i>	Перепад «фронт- тыл», <i>дб</i>	Полное со- противле- ние, <i>ом</i> , на час- тоте 1000 <i>гц</i> при напря- жении, <i>в</i>				Габариты громкогово- рителя, <i>мм</i>			Вес без крепле- ния, <i>кг</i>
	номинальная, <i>ва</i>	количество, шт.						30	120	240	ширина	глубина или высота	длина		
8КЗ-1	2	4	8	180—6000	15	2,7	8	112	1800	—	185	110	830	6,5	
10КЗ-1	2	8	10	120—8000	15	2,5	10	90	1440	5760	300	220	750	15	
10КЗ-2											365	255	775	10	
25КЗ-1	4	8	25	100—8000	15	5,0	10	36	576	2300	360	310	870	19	
25КЗ-2											415	325	860	20	
10ГДН-1	4	4	10	80—8000	15	2,2	—	90	1440	5760	620	—	520	12	
25ГДН-1	10	4	25	80—8000	15	4,0	—	36	576	2300	740	—	677	24	
ДГР-25	—	1 (НЧ) 3 (ВЧ)	25	150—5000	20	3,8	—	—	576	2300	850	—	700	50	
P-10	—	1	10	250—4000	20	6,0	—	90	1440	5760	400	—	340	6	
10ГРД-5	—	1	10	200—4000	15	12,0	—	90	1440	5760	400	—	485	7	
25ГРД-1	25	1	25	100—6000	15	12,5	—	36	576	2300	700	180	730	15	
25ГРД-2				120—5000		16,0					400	—	720		
50ГРД-8	50	1	50	120—5500	15	22,0	—	18	288	1150	400	—	720	18	
50ГРД-9	25	2	50	100—6000	15	33,5	—	18	288	1150	860	720	1220	25	
100ГРД-1	50	2	100	120—5500	15	47,5	—	9	144	576	860	720	1220	35	
P-100	—	2	100	200—3000	20	38,0	—	—	144	576	610	1000	400	40	

5-3. Звуковоспроизводящие системы радиовещательных приемников

Простейшая монофоническая система состоит из одного громкоговорителя, помещенного в футляр. Она не дает слушателю представления о пространственном расположении нескольких одновременно звучащих источников звука, что исключает впечатление естественности звучания. Из-за трудностей создания широкополосных громкоговорителей система имеет относительно узкий диапазон воспроизводимых частот.

Система из нескольких одинаковых громкоговорителей, находящихся в одном футляре и расположенных в одной плоскости, при некотором разnose резонансных частот громкоговорителей (20—30 гц) обеспечивает большую равномерность частотной характеристики и более высокий к. п. д.

Система из нескольких различных громкоговорителей, находящихся в одном футляре, позволяет увеличить полосу воспроизводимых частот. Для работы на низких звуковых частотах применяется громкоговоритель с большой площадью диффузора и мягкой подвеской. Для работы на высоких звуковых частотах требуется громкоговоритель с малой площадью диффузора и жесткой подвеской. Поэтому иногда рабочий диапазон частот делят на две, а в некоторых приемниках на три части. Каждая из них воспроизводится своим громкоговорителем или группой громкоговорителей.

Возможны два варианта двухканального воспроизведения: с разделением сигнала на входе усилительной схемы и общим широкополосным усилителем и с разделением каналов в нагрузке выходного каскада.

Первый вариант оказывается более громоздким, но

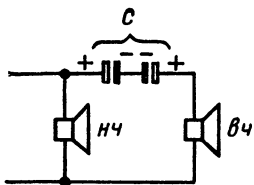


Рис. 5-5. Простейший конденсаторный фильтр для разделения частот в двухканальной системе звуковоспроизведения.

обеспечивает высокое качество звучания и удобен в регулировке тембра, для чего достаточно изменять усиление каналов. Второй вариант удобен в приемнике с малым числом ламп и практически связан только с необходимостью усложнения акустической системы. В последнем случае выходной трансформатор делают относительно широкополосным, а разделение каналов осуществляют в цепях звуковых катушек громкоговорителей. Схема простейшего фильтра для разделения частот приведена на рис. 5-5. Конденсатор C имеет емкость несколько мкф и хорошо разделяет высокие и низкие частоты, так как его сопротивление для низких частот велико, а для высоких мало. В ряде случаев используют конденсатор не с бумажным диэлектриком, а электролитического типа. Учитывая, что такие конденсаторы в приведенной схеме должны работать на переменном токе, обычно используют так называемое биполярное включение конденсаторов.

На рис. 5-6 показаны схемы более сложных фильтров. В табл. на этом же рис. приведены расчетные формулы для элементов фильтров, где f_p — частота разделения каналов (обычно 400—1200 гц , в среднем — 600—800 гц).

Система объемного звучания содержит несколько громкоговорителей, расположенных в различных плоскостях (например, на передней и боковых стен-

$L_1, \text{гн}$	$L_2, \text{гн}$	$L_3, \text{гн}$	$C_1, \text{мкф}$	$C_2, \text{мкф}$	$C_3, \text{мкф}$	Z -сопро- тивление громкогово- рителя
$\frac{Z}{2\pi f_p}$	$1,6 L_1$	$\frac{L_1}{1,6}$	$\frac{10^6}{2\pi f_p Z}$	$1,6 C_1$	$\frac{C_1}{1,6}$	

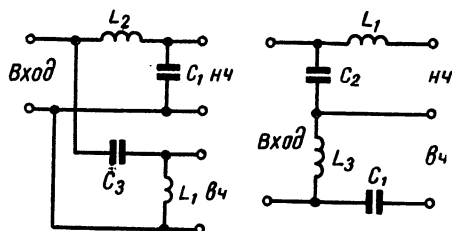


Рис. 5-6. Многозвенные фильтры для разделения частот в двухканальной системе звуковоспроизведения.

ках футляра — рис. 5-7). К слушателю звуковые колебания приходят с различных направлений, отражаясь от стен помещения. Соответствующим выбором частотных характеристик и распределением мощностей между громкоговорителями можно создать эффект объема звука. Система может одновременно использовать двухканальное воспроизведение, в радиоприемниках она содержит практически от 2 до 7 громкоговорителей. На боковых стенках футляра обычно размещают громкоговорители, хорошо воспроизводящие высокие звуковые частоты.

Распределенная, или разнесенная, система имеет ту особенность, что громкоговорители в отдельных футлярах распределены по помещению. Отличается громоздкостью и используется в аппаратуре относительно высоких классов.

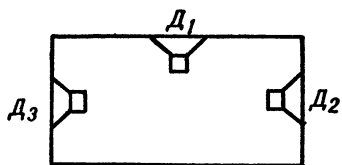


Рис. 5-7. Размещение громкоговорителей в системе объемного звучания.

Система стереофонического звучания является наиболее высококачественной системой звуковоспроизведения.

При стереофоническом вещании в радиостудии размещается несколько разнесенных или по-разному ориентированных микрофонов, напряжения с выхода которых раздельно модулируют высокочастотное колебание в радиопередатчике. В СССР принята система полярной модуляции, для которой характерна разделенная модуляция положительных и отрицательных полупериодов поднесущей частоты (31,25 кГц) двумя каналами А и Б (рис. 5-8). После этого полярно модулированная поднесущая модулирует по частоте несущую частоту передатчика.

Принятый приемником сигнал поступает на общий высокочастотный тракт приемника и детектируется. Затем с помощью специального разделительного каскада осуществляется разделение модулирующих напряжений.

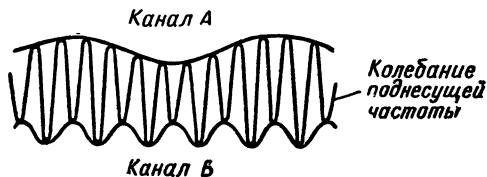


Рис. 5-8. Полярно модулированное колебание.

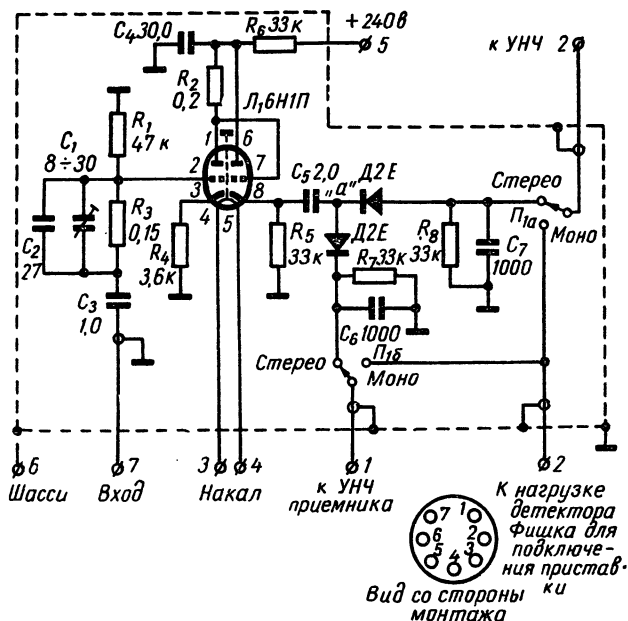


Рис. 5-9. Схема приставки ДП-2.

Эти напряжения усиливаются с помощью отдельных канальных усилителей, каждый из которых связан с самостоятельной акустической системой. Громкоговорители отдельных каналов целесообразно размещать в ящиках, расставленных в разных местах помещения.

С помощью ряда выпускаемых отечественных радиоприемников со стереофоническим звуковоспроизведением уже сейчас можно прослушать стереофоническую грамзапись. Для приема эфирных стереофонических пе-

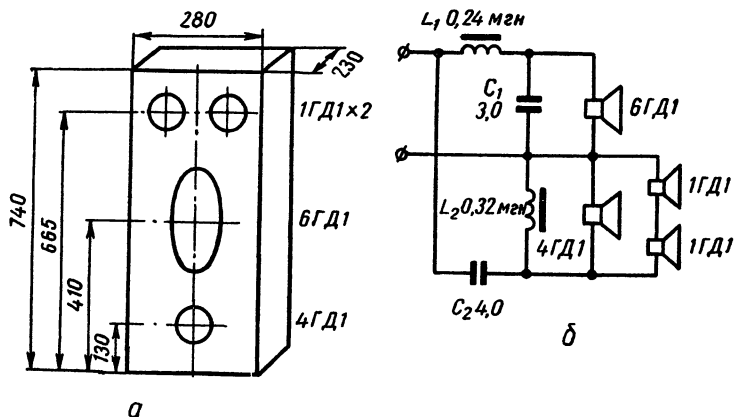


Рис. 5-10. Конструкция любительской двухканальной звуковоспроизводящей системы (а) и электрической схемы разделения каналов (б).

редач при использовании этих приемников необходимо применять специальные приставки.

Схема приставки ДП-2 приведена на рис. 5-9. Для разделения каналов используются два диода, включенных в различной полярности. В качестве одного из каналов используются УНЧ и звуковоспроизводящая система приемника, второй канал выполняется в виде самостоятельного устройства.

В недорогих моделях приемников использование полной стереофонической системы звуковоспроизведения неоправдано, так как она громоздка.

Система псевдостереофонического воспроизведения звука иммитирует стереофонический эффект в одноканальной системе радиовещания. Для этого полосу воспроизводимых частот делят на две ча-

сти, которые воспроизводят раздельно с искусственной временной задержкой звука в одном из каналов.

На стр. 323 приведены сведения об упрощенной звуковоспроизводящей системе с двумя агрегатами и разделением каналов после выходного трансформатора.

Электрическая схема разделения приведена на рис. 5-10, б, конструкция футляра — на рис. 5-10, а.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ВЫПРЯМИТЕЛИ

6-1. Общие сведения

Выпрямители используются в блоках питания радиоэлектронных устройств для преобразования переменного напряжения в постоянное.

Блок-схема выпрямителя содержит 3 основных элемента:

- силовой трансформатор — для повышения или понижения преобразуемого переменного напряжения;

- выпрямительный элемент (вентиль), имеющий одностороннюю проводимость, — для преобразования переменного напряжения в пульсирующее;

- фильтр — для сглаживания пульсирующего напряжения.

Выпрямители могут быть классифицированы по ряду признаков:

- по схеме выпрямления — однополупериодные, двухполупериодные, мостовые, с удвоением напряжения, многофазные и др.;

- по типу выпрямительного элемента — ламповые (келотронные), полупроводниковые (в том числе селеновые), газотронные;

- по величине выпрямленного напряжения — низкого напряжения и высокого;

по назначению — для питания анодных цепей, цепей экранирующих сеток, цепей управляющих сеток; коллекторных цепей транзисторов, для зарядки аккумуляторов и др. В радиовещательных приемниках и УНЧ малой мощности обычно применяется один общий выпрямитель, питающий цепи всех электродов. В УНЧ средней и большой мощности применяются отдельные выпрямители для питания цепей анода, экранирующих и управляющих сеток.

6-2. Основные показатели выпрямителей

Основными показателями выпрямителей являются: номинальное напряжение постоянного тока — среднее значение выпрямленного напряжения, заданное техническими требованиями. Обычно указывается напряжение до фильтра U_0 и напряжение после фильтра (или отдельных его звеньев) — U . Напряжение до фильтра определяется оконечной ступенью УНЧ, требующей наибольшего напряжения питания;

номинальный выпрямленный ток I_0 — среднее значение выпрямленного тока (т. е. его постоянная составляющая), заданное техническими требованиями. Определяется результирующим током всех цепей, питаемых выпрямителем (суммой токов анодных, экранирующих сеток и др.);

сетевое напряжение $U_{\text{сети}}$ — напряжение сети переменного тока, питающей выпрямитель. Выпрямители радиовещательных приемников, электрофонов и магнитофонов с сетевым питанием должны быть рассчитаны (согласно ГОСТ) на напряжения сети 127 и 220 в с допускаемыми отклонениями $\pm 10\%$;

пульсация — переменная составляющая напряжения (или тока) на выходе выпрямителя;

частота пульсаций — частота наиболее резко выраженной гармонической составляющей напряжения (или тока) на выходе выпрямителя. Для однополупериодных схем частота пульсаций равна частоте сети. Для других схем (двухполупериодной, мостовой, удвоения напряжения) частота пульсаций равна удвоенной частоте сети; коэффициент пульсаций — отношение амплитуды наиболее резко выраженной гармонической составляющей напряжения (или тока) на выходе выпрямителя к среднему значению напряжения (или тока). Различают коэффициент пульсаций на входе фильтра $p_0, \%$ и коэффициент пульсаций на выходе фильтра $p, \%$. Допускаемые значения коэффициента пульсаций на выходе фильт-

Таблица 6-1

Допускаемые значения пульсации на выходе фильтра

Характер нагрузки	$p, \%$
Первые каскады микрофонных усилителей	0,001—0,002
Предварительные каскады УНЧ	0,01—0,05
Каскады УВЧ, УПЧ и преобразовательные	0,02—0,1
Однотактный выходной каскад УНЧ	0,1—0,5
Двухтактный выходной каскад УНЧ	0,5—2

ра определяются характером нагрузки выпрямителя (табл. 6-1). Обычно проектируют выпрямитель с уровнем пульсации, допускаемым для конечной ступени, а дальнейшее сглаживание пульсаций производят в ступенях предварительного усилителя с помощью цепочек

RC , одновременно являющихся развязывающими фильтрами;

коэффициент фильтрации (коэффициент сглаживания) k_c — отношение коэффициента пульсаций на входе фильтра к коэффициенту пульсаций на выходе фильтра. $k_c = \frac{p}{p'}$. Коэффициент сглаживания многозвенного фильтра равен произведению k_c отдельных звеньев;

колебания напряжения на выходе выпрямителя — изменение напряжения постоянного тока относительно номинального. При отсутствии стабилизаторов напряжения определяются отклонениями сетевого напряжения. Не должны превышать допустимых значений.

6-3. Схемы выпрямителей

Выпрямители для радиовещательных приемников и УНЧ малой и средней мощности выполняются по 4 основным схемам: однополупериодной; двухполупериодной с нулевой точкой (двухполупериодной); двухполупериодной мостовой (мостовой) и удвоения напряжения (рис. 6-1).

Основные показатели, характеризующие схемы выпрямления, могут быть разбиты на 3 группы:

относящиеся ко всему выпрямителю в целом: U_0 — напряжение постоянного тока до фильтра; I_0 — среднее значение выпрямленного тока; $p_0, \%$ — коэффициент пульсаций на входе фильтра;

определяющие выбор вентиля: $U_{обр}$ — обратное напряжение (напряжение на вентиле в непроводящую часть периода); I_{\max} — максимальный ток, проходящий через вентиль в проводящую часть периода;

определяющие выбор трансформатора: U_2 — напряжение на вторичной обмотке трансформатора (дейст-

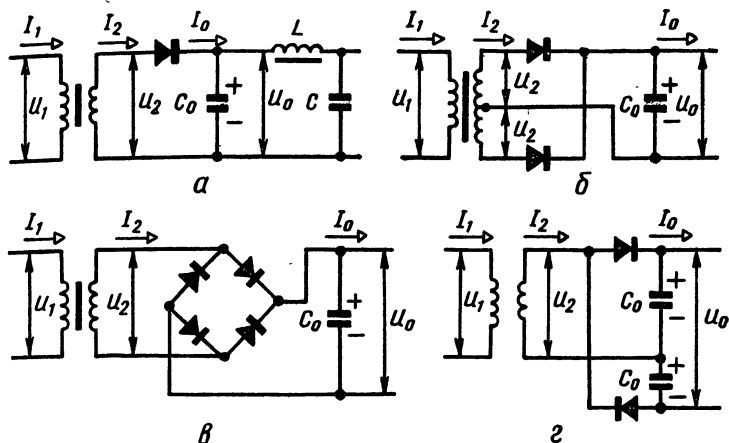


Рис. 6-1. Основные схемы выпрямителей:

а — однополупериодная; б — двухполупериодная с нулевой точкой; в — двухполупериодная мостовая; г — удвоения напряжения.

Таблица 6-2

Основные показатели, характеризующие схемы выпрямления (при отсутствии конденсатора C_0)

Тип схемы	$U_{обр}$	$I_{макс}$	I_2	U_2	$P_{тр}$	$\rho_0, \%$
Однополупериодная	$3,14 U_0$	$3,14 I_0$	$1,57 I_0$	$2,22 U_0$	$3,09 I_0 \cdot U_0$	157
Двухполупериодная	$3,14 U_0$	$3,14 I_0$	$0,785 I_0$	$1,11 U_0$	$1,48 I_0 \cdot U_0$	66,3
Мостовая	$1,57 U_0$	$3,14 I_0$	$1,11 I_0$	$1,11 U_0$	$1,23 I_0 \cdot U_0$	66,3

вующее значение); I_2 — ток во вторичной обмотке трансформатора (действующее значение); $P_{тр}$ — расчетная мощность трансформатора. При отсутствии на выходе

Таблица 6-3

Основные показатели, характеризующие схемы выпрямления (при наличии конденсатора C_0)

Тип схемы	$U_{обр}$	$I_{макс}$	I_2	U_2	C_0	$p_0, \%$	U_{c_0}
Однополупериодная	$3 U_0$	$7 I_0$	$2 I_0$	$0,75 U_0$	$60 \frac{I_0}{U_0}$	$600 \frac{I_0}{U_0 \cdot C_0}$	$1,2 U_0$
Двухполупериодная	$3 U_0$	$3,5 I_0$	I_0	$0,75 U_0$	$30 \frac{I_0}{U_0}$	$300 \frac{I_0}{U_0 \cdot C_0}$	$1,2 U_0$
Мостовая	$1,5 U_0$	$3,5 I_0$	$1,41 I_0$	$0,75 U_0$	$30 \frac{I_0}{U_0}$	$300 \frac{I_0}{U_0 \cdot C_0}$	$1,2 U_0$
Удвоения напряжения	$1,5 U_0$	$7 I_0$	$2,8 I_0$	$0,38 U_0$	$125 \frac{I_0}{U_2}$	$1250 \frac{I_0}{U_0 \cdot C_0}$	$0,6 U_0$

схемы конденсатора C_0 основные показатели, характеризующие схемы выпрямления, могут быть определены по табл. 6-2.

Сравнение показателей схем выпрямления дает возможность сделать следующие выводы:

схема удвоения напряжения не может работать при отсутствии конденсатора C_0 ;

однополупериодная схема характеризуется наибольшей пульсацией, большим весом трансформатора (велика $P_{тр}$) и плохим использованием в нем меди и стали. В схеме могут быть использованы любые типы вентиля;

двухполупериодная схема отличается от однополупериодной в 2 раза меньшей пульсацией, но имеет более сложную конструкцию трансформатора, так как вторич-

ная обмотка его должна иметь удвоенное количество витков;

мостовая схема по сравнению с двухполупериодной характеризуется упрощением трансформатора и уменьшением его расчетной мощности, но требует в 2 раза больше вентилях (рассчитанных, однако, на меньшее обратное напряжение). Двухполупериодная схема имеет преимущество при использовании кенотронов, а мостовая — полупроводниковых вентилях.

При включении на выходе схемы выпрямителя, параллельно нагрузке конденсатора C_0 , изменяются основные показатели, характеризующие схему выпрямления (табл. 6-3):

а) снижается пульсация. Задаввшись соответствующим значением $p_0, \%$, можно определить требуемое значение C_0 . В табл. 6-3 C_0 определяется при $p_0 = 10\%$. По табл. 6-3 можно определить также номинальное рабочее напряжение на конденсаторе U_{co} ;

б) повышается U_0 или (при заданном U_0) соответственно может быть снижено напряжение U_2 ;

Т а б л и ц а 6-4

Основные данные низковольтных кенотронов

Параметры	Единица измерения	5Ц3С	5Ц4С	5Ц4М	6Ц4П	6Ц5С	30Ц1М	30Ц6С
U_n	<i>в</i>	5,0	5,0	5,0	6,3	6,3	30	30
I_n	<i>а</i>	3,0	2,0	2,0	0,6	0,6	0,3	0,3
I_0	<i>ма</i>	125	62,5	70	37	37	90	60
$U_{обр}$	<i>кв</i>	1,7	1,35	1,55	1,0	1,37	0,5	0,5
$I_{макс}$	<i>ма</i>	750	375	415	300	300	500	500

в) изменяются значения токов I_2 и $I_{\text{макс}}$.

В зависимости от выбранной схемы выпрямления меняются требования к выпрямительному элементу (вентилю), силовому трансформатору и фильтру.

6-4. Выпрямительные элементы

Выпрямительные элементы (вентили) выбираются по 4 основным показателям: $I_{\text{макс}}$ — максимальный ток (в импульсе); I_0 — среднее значение выпрямленного тока; $U_{\text{пр}}$ — прямое напряжение (напряжение на вентиле в проводящую часть периода); $U_{\text{обр}}$ — обратное напряжение (напряжение на вентиле в непроводящую часть периода). Величины $I_{\text{макс}}$ и $U_{\text{обр}}$ определяются типом выбранной схемы, а I_0 — задается.

В качестве вентилях в схемах выпрямления используются: кенотроны, полупроводниковые диоды, селеновые выпрямители и газотроны.

Кенотроны бывают одно- и двуханодными. Двуханодные кенотроны специально рассчитаны для применения в схеме двухполупериодного выпрямления. В зависимости от значения допускаемого $U_{\text{обр}}$ кенотроны бывают низкого (до 1 кВ) и высокого напряжения (более 1 кВ). Высоковольтные кенотроны используются в выпрямителях телевизоров. Низковольтные кенотроны рассчитываются на сравнительно большие выпрямленные токи (сотни мА) и относительно низкие напряжения (не превышающие сотни В). По своим показателям низковольтные кенотроны уступают полупроводниковым вентилям, которые более экономичны, имеют меньшие размеры, выделяют при работе меньше тепла и имеют значительно больший срок службы, поэтому кенотроны в настоящее время применяются редко. Справочные сведения

о некоторых низковольтных кенотронах приведены в табл. 6-4.

Полупроводниковые диоды (см. 7-4). Основные справочные сведения о некоторых типах полупроводниковых диодов, используемых в выпрямителях, приведены в табл. 7-28. Для повышения $U_{обр}$ полупроводниковые диоды (если это необходимо) соединяют последовательно. При этом параллельно диодам включаются резисторы для выравнивания их сопротивления в обратном направлении. Для диодов типов Д7А—Д7Ж; ДГЦ-21—ДГЦ-27; Д202—Д205 и Д206—Д211 величина этих шунтирующих резисторов выбирается из расчета 70 *ком* на каждые 100 *в* обратного напряжения, а для диодов Д302—Д305 — из расчета 10—15 *ком* на каждые 100 *в*.

Селеновые выпрямители собираются из отдельных элементов (шайб или таблеток) круглой, квадратной или прямоугольной формы. Основной конструктивный вид селенового выпрямителя — выпрямительный столбик. Эти столбики различаются как по форме и размерам входящих в них селеновых элементов, так и по схемам выпрямления. Полярность выводов выпрямительных столбиков обозначается цветными полосками: красный цвет (+), синий (—), желтый (~) или средняя точка.

В зависимости от условий эксплуатации (температуры и относительной влажности) селеновые выпрямители делятся на 4 группы (I—IV).

Прямое падение напряжения (среднее значение), приходящееся на один элемент, не должно превышать 0,9 *в* (для элементов диаметром 5 и 7 *мм*); 0,8 *в* (диаметром 12,5 *мм*); 0,65 *в* (для элементов других размеров).

По величине допускаемого обратного напряжения вентили делятся на 8 классов, обозначаемых буквами:

Класс	$U_{\text{обр}}$ (эф.), в (на 1 элемент)
В	20
Г	25
Д	30
Е	35
И	40
К	45
Л	50
М	60

Система обозначений селеновых выпрямителей (ГОСТ 10765—64) содержит: число, обозначающее группу (кроме IV группы); число, указывающее размер выпрямительных элементов; букву, обозначающую класс элемента; букву, обозначающую вид выпрямителя (табл. 6-5); цифру, обозначающую число элементов; букву, обозначающую серию, отличающуюся технологией. Например, выпрямитель селеновый I 40 ГД 24Е обозначает, что это выпрямитель I группы, состоящий из 24 квадратных элементов размером 40×40 мм, класса Г, вида Д, серии Е.

Старая система обозначения селеновых выпрямителей, действовавшая до введения нового ГОСТ, содержала 3 элемента: буквы АВС (алюминиевый выпрямитель селеновый); число, обозначающее длину стороны квадратной шайбы или диаметр круглой шайбы в мм, и число, обозначающее номер, присвоенный данному выпрямителю. Например, АВС-45-60. Выпускаются 2 типа пакетных селеновых выпрямителей, собранных по мостовой

схеме и имеющих обозначения: АВС-80-210 и АВС-120-270. Первое число означает среднюю величину выпрямленного тока (в *ма*), а второе — действующее значение подводимого к выпрямителю переменного напряжения в *в*.

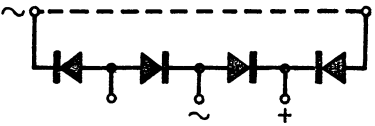
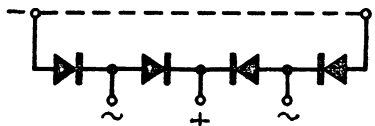
Некоторые справочные сведения о селеновых выпрямителях приведены в табл. 6-6.

6-5. Силовые трансформаторы



Маломощные трансформаторы (рис. 6-2, *а*) обычно выполняются многообмоточными и содержат помимо первичной обмотки I (сетевой) несколько вторичных обмоток: для питания выпрямителя — II (для питания анодных цепей делаются повышающими); накальные

Таблица 6-5

Виды селеновых выпрямителей

Обозначения видов	Наименование схем выпрямления	Схемы соединения
Е	Однополупериодная	
С	Двухполупериодная со средним отводом	

Продолжение таблицы 6-5

Обозначения видов	Наименование схем выпрямления	Схемы соединения
Д	Однополупериодная для удвоения напряжения	
М	Однофазная мостовая	
Х	Открытая однофазная мостовая	

III — для питания цепей накала ламп, а также ламп освещения шкалы и сигнальных (делаются понижающими). В трансформаторах кенотронных выпрямителей предусматривается отдельная вторичная обмотка IV — для питания цепи накала кенотронов. В некоторых силовых трансформаторах предусматривается специальная экранирующая обмотка V — однослойная обмотка из изолированного провода, один из концов которой заземляется при монтаже. Экранирующая обмотка помещается между сетевой обмоткой и другими вторичными и используется как электростатический экран для защиты от помех, проникающих через сеть. Первичная обмотка выполняется так, чтобы обеспечить возможность работы от двух сетевых напряжений: 127 и 220 в. С этой целью

Таблица 6-6

Основные данные селеновых выпрямителей

Элементы круглой формы			Элементы квадратной формы			Элементы прямоугольной формы		
Условное обозначение (по диаметру)	Диаметр, мм	I_0 , не менее, ма	Условное обозначение (по размеру стороны)	Размеры сторон, мм	I_0 , не менее, а	Условное обозначение (по размеру большей стороны)	Размеры сторон, мм	I_0 , не менее, а
5	5,0	1,2	12	12×12	0,04	120	100×200	4,0
7	7,2	6,0	15	15×15	0,04	130	100×300	6,0
13	12,5	25,0	22	22×22	0,075	140	100×400	8,0
			30	30×30	0,15			
18	18,0	40,0	40	40×40	0,3			
25	25,0	75,0	60	60×60	0,6			
			75	75×75	1,2			
			90	90×90	1,5			
			100	100×100	2,0			

обмотки выполняются с отводами (рис. 6-2, б) или в виде двух отдельных обмоток, соединенных с помощью переключающей колодки параллельно или последовательно (рис. 6-2, в).

Конструкция силовых трансформаторов приведена в 7-7.

Для выбора силового трансформатора (ориентировочного) можно воспользоваться табл. 7-50, 7-51, где приведены данные некоторых трансформаторов, используемых в радиовещательной аппаратуре.

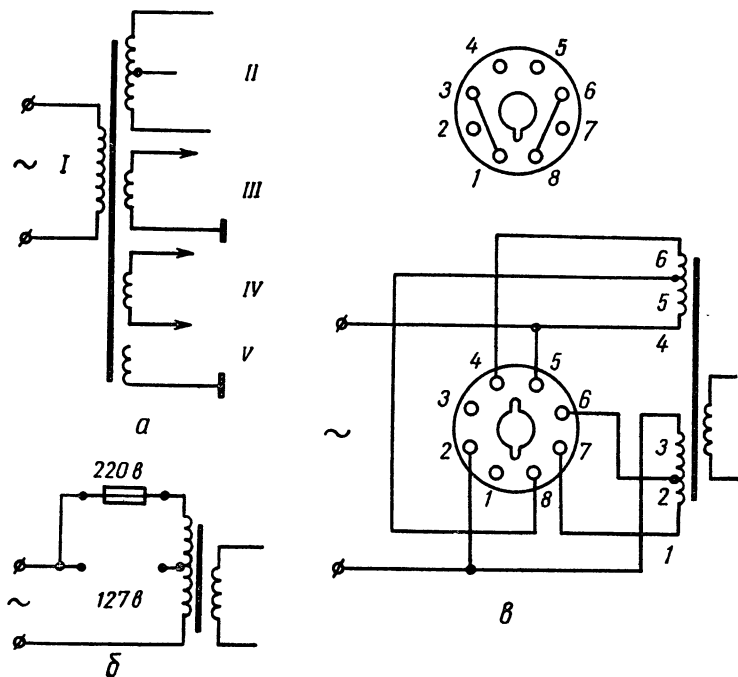


Рис. 6-2. Принципиальные схемы силовых трансформаторов.

Силовой трансформатор может быть рассчитан по заданным значениям переменных напряжений на первичной (U_1) и вторичных обмотках ($U_2, U_3 \dots$) и токов в этих обмотках ($I_2, I_3 \dots$). В результате расчета определяются размеры магнитопровода, число витков (w) и диаметр провода (d) каждой обмотки.

Для упрощенного расчета трансформатора мощностью до 1 кВт:

а) задаются магнитной индукцией B_m в пределах 10 000—14 000 гс для трансформаторной стали и 8000 гс — для обычной;

б) определяют полную мощность трансформатора P_T (вт);

в) находят сечение сердечника трансформатора S (см²) и по табл. 7-49 выбирают тип и размеры магнитопровода;

г) определяют число витков, приходящееся на 1 в, $\frac{w}{U}$;

д) определяют полное число витков. Для этого умножают найденное значение $\frac{w}{U}$ на заданное значение напряжения каждой обмотки. Учитывая потери в стали и меди, фактическое число витков берут с поправкой. При этом число витков первичной обмотки уменьшают, а число витков вторичной обмотки увеличивают на 5% (для трансформаторов мощностью до 100 вт) и на 2,5% (для трансформаторов мощностью от 100 вт до 1 кВт);

е) определяют ток в первичной обмотке I_1 ;

ж) находят диаметр провода каждой обмотки в зависимости от тока обмотки.

Расчет ведут по формулам:

$$P_{T(вт)} = k \cdot (I_2 \cdot U_2 + I_3 \cdot U_3 + \dots).$$

$$S_{(см^2)} = 1,25 \sqrt{P_{T(вт)}}.$$

$$\frac{w}{U} = \frac{4,5 \cdot 10^5}{B_m(гс) \cdot S_{(см^2)}}.$$

$$I_{1(a)} = \frac{P_{T(вт)}}{U_{1(в)}}.$$

$$d_{(мм)} = 1,13 \sqrt{\frac{I(a)}{2}}.$$

$k=1,2$ — для трансформаторов мощностью до 100 вт или 1,1 — для трансформаторов от 100 вт до 1 кВт.

6-6. Сглаживающие фильтры

Для уменьшения величины пульсаций выпрямленного напряжения помимо емкости C_0 , служащей нагрузкой выпрямителя, применяют сглаживающие фильтры. Фильтры бывают 3 типов: RC , LC и электронные.

Основные показатели сглаживающих фильтров: коэффициент сглаживания k_c и падение напряжения постоянного тока на фильтре $\Delta U = U_0 - U$.

Для расчета фильтра должны быть взяты коэффициент пульсаций на входе фильтра ($p_0, \%$) и на выходе фильтра ($p, \%$). $p_0, \%$ определяется схемой выпрямителя и выбранной емкостью C_0 , а $p, \%$ — характером нагрузки (табл. 6-1).

Отношение $\frac{p_0}{p}$ определяет k_c .

Фильтры типа RC применяются при выпрямленном токе менее 20 ма и содержат Г-образные звенья из сопротивления R и емкости C . Бывают однозвенными (рис. 6-3, а) и двухзвенными (рис. 6-3, б).

Расчет элементов фильтра RC и падения напряжения на фильтре ΔU может быть произведен по формулам:

Однозвенные	Двухзвенные
$R_{(ом)} \cdot C_{(мкф)} = A \cdot k_c$ $\Delta U_{(в)} = \frac{I_{0(ма)} \cdot R_{(ом)}}{1000}$	$R_{(ом)} \cdot C_{(мкф)} = R' \cdot C' = A\sqrt{k_c}$ $\Delta U_{(в)} = \frac{I_{0(ма)} \cdot (R + R')_{ом}}{1000}$

$A = 1500$ при двухполупериодном выпрямлении и 3000 — при однополупериодном.

Фильтры типа LC применяются при выпрямленном токе более 20 ма и содержат Г-образные звенья

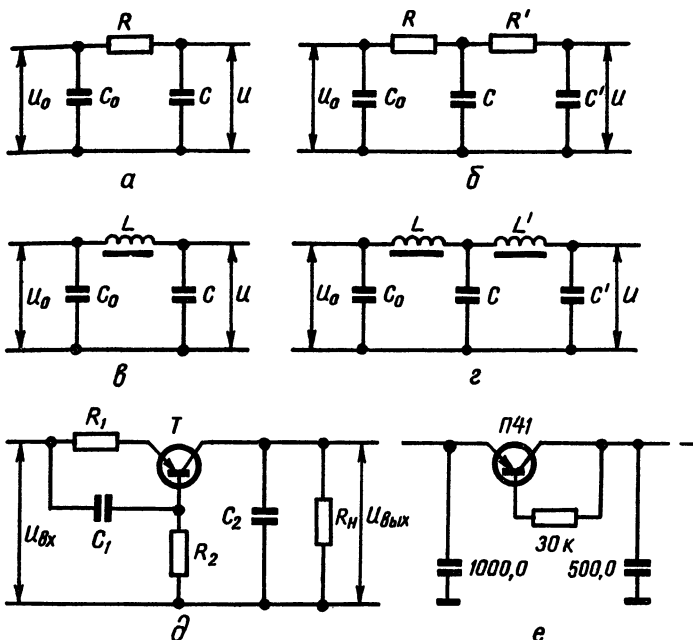


Рис. 6-3. Принципиальные схемы сглаживающих фильтров:
a, б — типа RC ; *в, г* — типа LC ; *д, е* — транзисторные фильтры.

из дросселя L и конденсатора C . Бывают однозвенными (рис. 6-3, *в*) и двухзвенными (рис. 6-3, *г*).

Для расчета элементов фильтра можно воспользоваться формулами:

Однозвенные	Двухзвенные
$L_{(2H)} \cdot C_{(мкф)} = A_1 \cdot k_c$	$L_{(2H)} \cdot C_{(мкф)} = A_1 \sqrt{k_c}$

$A_1=2,5$ при двухполупериодном выпрямлении и 10— при однополупериодном.

Если значение LC для однозвенных фильтров оказывается более 200, то выбирают двухзвенные фильтры. Второе звено фильтра при этом может быть сделано типа RC .

Обычно емкость C выбирают равной емкости конденсатора C_0 .

При использовании фильтров типа RC падение напряжения на фильтре составляет примерно 20%, т. е. $U \cong 0,8 U_0$. Достоинство фильтров типа LC — относительно малое падение напряжения; недостаток — сравнительно большие размеры и вес.

В транзисторной аппаратуре для уменьшения габаритов фильтров вместо дросселя L используют транзисторы (рис. 6-3, *д*). Транзистор T включается последовательно с нагрузкой R_n . Сопротивление R_2 служит для установления режима транзистора по постоянному току (имеет величину порядка десятков *ком*), а R_1 выбирают в пределах 80—100 *ом*. $C_1 \cong 60$ *мкф*. Транзистор выбирают так, чтобы ток нагрузки фильтра был не менее чем в 2 раза меньше максимально допускаемого тока коллектора. Аналогичные транзисторные фильтры используются также в качестве развязывающих (рис. 6-3, *е*).

6-7. Стабилизаторы напряжения постоянного тока

Стабилизаторы напряжения постоянного тока используются для поддержания постоянства (стабилизации) выпрямленного напряжения. Одновременно выполняют функции сглаживающего фильтра.

Основными показателями стабилизаторов напряжения постоянного тока служат: значение стабилизируемо-

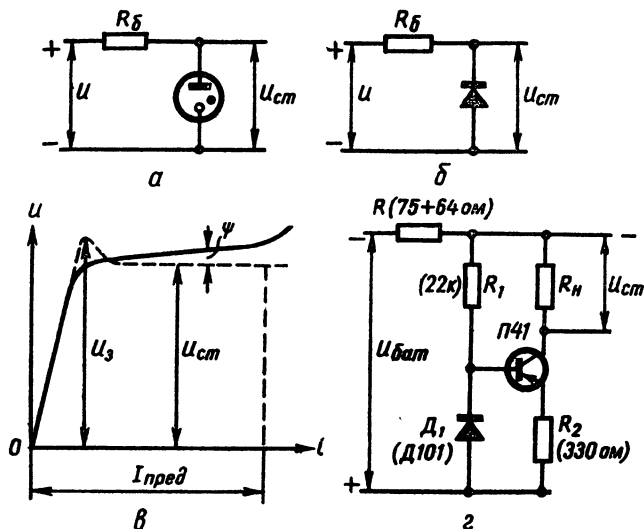


Рис. 6-4. Стабилизаторы напряжения постоянного тока: а — с газоразрядным стабилитроном; б — с полупроводниковым стабилитроном; в — вольтамперная характеристика стабилитрона; г — транзисторный стабилизатор напряжения.

го напряжения $U_{ст}$, определяемое свойствами используемых элементов; ток нагрузки; коэффициент стабилизации $k_{ст}$, показывающий, во сколько раз относительное изменение напряжения на выходе стабилизатора меньше относительного изменения напряжения на его входе; выходное сопротивление $R_{вых}$ — сопротивление стабилизатора переменному току со стороны выхода.

Простейшие стабилизаторы напряжения содержат 2 основных элемента: балластное сопротивление $R_б$ и стабилитрон, газоразрядный (рис. 6-4, а) или полупроводниковый (рис. 6-4, б). В обоих случаях стабилизируе-

мое напряжение снимается непосредственно со стабилизатора.

Основные параметры стабилизаторов (рис. 6-4, в): напряжение стабилизации $U_{ст}$; динамическое сопротивление $R_{дин}$, которое определяется наклоном вольт-амперной характеристики на участке стабилизации; допустимый ток стабилизации $I_{ст}$; температурный коэффициент напряжения стабилизации $TKU_{ст}$. Для газоразрядных стабилизаторов одним из параметров является напряжение зажигания $U_з$, а для полупроводниковых — допустимая мощность рассеяния $P_{доп}$.

Т а б л и ц а 6-7

Основные данные газоразрядных стабилизаторов

Тип	$U_з$	$U_{ст}^*$, в	$I_{ст}$, ма	$TKU_{ст}$, мв/°С
СГ1П	175	143—155	5—30	—
СГ2П	150	104—112	5—30	—
СГ2С	105	70—81	5—40	—
СГ3С	127	104—112	5—40	—
СГ4С	180	145—160	5—30	—
СГ13П	175	143—155	5—30	—
СГ15П-1	160	103—111	5—30	—6—+2
СГ16П	150	80—86	5—30	±8
СГ201С	150	86—92	4—15	±6

* Указан разброс для разных экземпляров.

Таблица 6-8

Основные данные кремниевых стабилитронов

Тип	$U_{ст}$ (при $I_{ст} = 5 \text{ ма}$)	$I_{ст}, \text{ма}$	$R_{дин}, \text{ом}$		$TKU_{ст},$ $^{\circ}\text{C}$
			$I_{ст} = 1 \text{ ма}$	$I_{ст} = 5 \text{ ма}$	
Д808	7—8,5	33	12	6	0,07
Д809	8—9,5	29	18	10	0,08
Д810	9—10,5	26	25	12	0,09
Д811	10—12	23	30	15	0,095
Д813	11,5—14	20	35	18	0,095
Д814А	7—8,5	40	12	6	0,07
Д814Б	8—9,5	36	18	10	0,08
Д814В	9—10,5	32	25	12	0,09
Д814Г	10—12	29	30	15	0,095
Д814Д	11,5—14	24	35	18	0,095

Справочные сведения о некоторых газоразрядных стабилитронах приведены в табл. 6-7, а о полупроводниковых (кремниевых стабилитронах) — в табл. 6-8. Стабилизаторы напряжения с газоразрядными стабилитронами используются для ламповых схем, а с полупроводниковыми — главным образом для транзисторных.

Коэффициент стабилизации схем со стабилитронами зависит от отношения двух сопротивлений: балластного $R_б$ и динамического $R_{дин}$. Для увеличения $k_{ст}$ требуется увеличивать $R_б$ и применять стабилитроны с малым $R_{дин}$. Однако при увеличении $R_б$ приходится увеличивать на-

пряжение на входе стабилизатора. $k_{ст}$ для схем со стабилитронами сравнительно невысок и обычно не превышает 10—20. Входное сопротивление этих схем определяется в основном $R_{дин}$ стабилитронов.

В транзисторных радиовещательных приемниках и УНЧ применяют стабилизаторы напряжения с транзисторами, которые поддерживают постоянство напряжения питания при разряде батарей (рис. 6-4, з). При изменении напряжения батареи $U_{бат}$ за счет диода D_1 поддерживается постоянство напряжения базы транзистора. При этом поддерживается постоянным ток коллектора I_k и обеспечивается постоянство напряжения $U_{ст}$.

АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

6-8. Гальванические элементы и батареи

Основными показателями гальванических элементов и батарей являются:

электродвижущая сила (э. д. с.), ε — определяется химическими свойствами материалов электролита и электродов, использованных в элементе, и не зависит от их размера. Э. д. с. батареи зависит от способа соединения элементов. Обычно указывается начальное напряжение батареи (элемента);

емкость элемента (батареи), $a \cdot \text{час}$ — определяется количеством электричества, отдаваемого элементом (батареей) при определенных условиях разряда. К таким условиям относятся: сопротивление нагрузки, температура и напряжение в конце разряда. Емкость элемента зависит в основном от его размеров;

нормальный разрядный ток — ток разряда, при котором емкость элемента (батареи) будет наибольшей. Предельно допускаемый разрядный ток (если он не указан) можно определить, разделив напряжение элемента (ба-

тарей) на указанное наименьшее сопротивление нагрузки. При выборе батареи потребляемый ток должен быть не более 50—60% предельно допускаемого;

длительность работы (количество часов) — характеризует работоспособность элемента (батареи). Можно определить, разделив емкость ($a \cdot \text{час}$) на нормальный разрядный ток (a);

сохранность — характеризуется временем, в течение которого все показатели соответствуют техническим условиям (обычно в месяцах). Сохранность зависит от саморазряда, происходящего даже при отключенной батарее. Саморазряд ускоряется при повышении температуры;

дата выпуска;

интервал температур — ограничивается значениями предельных температур: нижней (минусовой) и верхней (плюсовой). При низких температурах (ниже предельной) происходит замерзание электролита и резкое падение э. д. с., а при высоких (выше предельной) — высушивание электролита и быстрый саморазряд. В зависимости от температурного интервала элементы (батареи) делят на 3 группы: летние ($-20^{\circ}—+60^{\circ}$); холодостойкие ($-40^{\circ}—+40^{\circ}$) и универсальные ($-40^{\circ}—+60^{\circ}$).

Система обозначений содержит 6 элементов:

число, обозначающее начальное напряжение (a);

прописную букву (или буквы), обозначающую назначение батареи (элемента) (А — анодная; Н — накальная; Ф — фонарная; П — приборная);

прописную букву (или буквы) для обозначения электрохимической системы (МЦ — марганцово-цинковая; ВМЦ — воздушно-марганцово-цинковая; ВДЦ — воздушной деполяризации — цинковая и т. д.);

прописную букву, обозначающую конструкцию (Г — галетная; Ч — чашечная);

строчную букву, обозначающую температурный интервал (х — холодостойкая; у — универсальная; без обозначения — летняя);

число — для обозначения начальной емкости ($a \cdot \text{час}$) либо число и строчную букву «ч», обозначающую продолжительность работы при оптимальной нагрузке. Строчная буква «п» после обозначения емкости означает, что батарея снабжена панелькой с гнездами, к которым подключены ее выводные провода.

Например, 1,3 ФМЦ-0,25 — фонарная с марганцово-цинковой электрохимической системой, напряжением 1,3 в, емкостью 0,25 $a \cdot \text{час}$, летняя.

Наряду с данной системой обозначения батареи имеют торговое наименование: «Крона», «Пионер» и т. д., а также цифровое. Встречаются старые обозначения: КБС, ФБС и т. д.

Основные справочные сведения о некоторых элементах и батареях, используемых для питания транзисторных радиоприемников, приведены в табл. 6-9.

6-9. Аккумуляторы

Для питания портативной аппаратуры, собранной на транзисторах, используют дисковые, цилиндрические и прямоугольные аккумуляторы. Основные справочные сведения о некоторых малогабаритных герметичных аккумуляторах приведены в табл. 6-10. Указываемые в этой таблице данные справедливы для 10-часового режима разряда до оконечного напряжения 1,1—1,0 в при продолжительности заряда 17,5 часа. Все аккумуляторы имеют начальное напряжение 1,25 в. При составлении аккумуляторов в батареи перед обозначением типа указывается количество аккумуляторов.

Например, 7Д-0,1 — аккумуляторная батарея из 7 аккумуляторов.

Таблица 6-9

Гальванические элементы и батареи

Тип элемента (батареи)	Начальное на- пряжение, в	Емкость, а·час	Длительность работы, час	Сохранность, мес.	Условия разряда		Размеры, мм			Вес, г	Старое или торговое наименование
					сопротив- ление внешней цепи, ом	конечное напряже- ние, в	Длина	ширина (диа- метр)	высота		
1,3 ФМЦ- 0,25	1,3	0,25	—	4	150	0,6	—	21	37,5	22	ФБС-0,25
1,6 ФМЦ-у- 3,2	1,6	3,2	32	12	10	0,7	—	34	64	105	«Сатурн»
1,5 СТМЦ- 60 ч	1,5	—	60	6	200	1,0	—	16	50	25	«Кристалл»
3,7 ФМЦ- 0,5	3,7	0,5	2	8	10	2,0	63	22	67	160	КБС-л-0,5
«Крона»	9	0,1	12	6	900	5,6	26	16	49	40	
«Крона-1Л»	9	0,16	25	6	900	5,6	26	16	49	40	
«Крона-III»	9	0,27	—	6	900	5,6	24	20	54	55	
«Крона-ВЦ»	9	0,32	56	6	900	5,6	26	16	49	50	
«Крона-РЦ»	9	0,6	—	6	900	5,6	—	23	56	70	
373	1,6	6,5	65	12	5	0,75	—	34	61,5	105	
«Пионер»	9	—	350	12	435	5,6	108	52	137	900	
«Полет»	9	—	1200	12	435	5,6	205	117	117	3200	

Таблица 6-10

Малогобаритные герметичные аккумуляторы

Форма аккумулятора	Тип аккумулятора	Номинальная емкость, а · час	Размеры, мм		Вес, г	Зарядный ток, ма	Ток разряда, ма	Продолжительность разряда
			Длина	ширина (диаметр)				
Дисковые	Д-0,06	0,06	—	15,6	6,5	3,6	6	12 час
	Д-0,07	0,07	—	16,8	8,0	4,8	7	15 »
	Д-0,1	0,1	—	20,0	7,15	4,9	10	13 час 25 мин
Цилиндрические	Д-0,2	0,2	—	27,0	10,2	14,2	20	15 час
	ЦНК-0,2	0,2	—	16,0	24,5	15	20	15 »
	ЦНК-0,45	0,45	—	14,0	50,0	21	45	12 час 40 мин
	ЦНК-0,85	0,85	—	14,0	90,6	41	85	14 час 20 мин
Прямоугольные	КНГ-1,5	1,5	35	14,0	70,0	97	150	14 час

**ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ
СХЕМ****7-1. Условные графические обозначения**







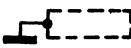


ГОСТ 7624-62 устанавливает условные графические обозначения для электрических схем. Некоторые из них, наиболее часто употребляемые в радиолюбительской практике, приведены в табл. 7-1.

Таблица 7-1



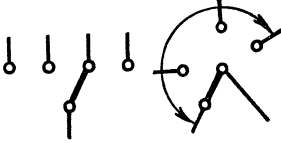
Условные графические обозначения для электрических схем

Наименование	Обозначение
Постоянный ток или напряжение ¹	—
Переменный ток или напряжение ¹	~
Для переменного тока различной частоты применяются обозначения:	
а) для промышленной частоты	~

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
б) для звуковой частоты	
в) для ультразвуковой и радиочастоты	
Антенна несимметричная	
Антенна симметричная	
Заземление	
Соединение с корпусом	
Экран, соединенный с корпусом	
Провод, кабель ¹	
Пересекающиеся провода, электрически не соединенные	







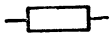
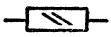
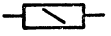
Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Ответвление или пересечение проводов с электрическим соединением	
Провод или кабель экранированный	
Коаксиальный кабель	
Выключатель однополюсный	
Выключатель многополюсный (двухполюсный)	
Переключатель однополюсный на 2 положения	
Переключатель однополюсный на несколько положений	
Переключатель многополюсный (двухполюсный) на 2 положения	

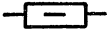



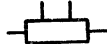

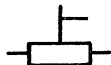
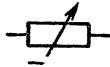
Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Переключатель многополюсный (двух- полосный) на 3 положения (третье по- ложение нейтральное)	
Кнопка с самовозвратом с замыкаю- щим контактом	
Кнопка с самовозвратом с размыкаю- щим контактом	
Кнопка с самовозвратом с одним за- мыкающим и одним размыкающим кон- тактом	
Прибор измерительный ²	
Шунт	
Предохранитель плавкий	
Разъем штепсельный ¹	


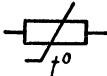





Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Штепсель ¹	
Гнездо ¹	
Разъем штепсельный высокочастотный коаксиальный	
Гнездовая часть высокочастотного коаксиального разъема	
Разъем штепсельный экранированный	
Гнездо телефонное двухпроводное	
Сопротивление (резистор) нерегулируемое (постоянное):	
0,125 Вт	
0,25 Вт	

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
0,5 <i>вт</i>	
1,0 <i>вт</i>	
2,0 <i>вт</i>	
5,0 <i>вт</i>	
Сопротивление (резистор) нерегулируемое с отводами	
Потенциометр ¹	
Сопротивление (резистор) подстроечное (потенциометр с подстроечным регулированием)	
Потенциометр с нелинейной характеристикой изменения величины сопротивления в зависимости от подвижной системы	

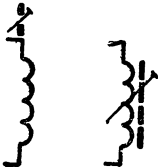


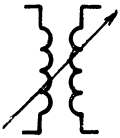
Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Варистор	
Термосопротивление (термистор) прямого подогрева	
Конденсатор нерегулируемый (постоянный) ¹	
Конденсатор электролитический полярный ³	
Конденсатор электролитический неполярный	
Конденсатор проходной	
Конденсатор регулируемый (переменной емкости)	

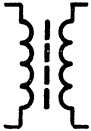


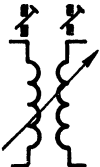
Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Блок конденсаторов переменной емкости	
Конденсатор подстроечный ⁴	
Вариконд	
Катушка индуктивности или дроссель без сердечника	
Катушка индуктивности с отводами	
Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим (ферритовым, карбонильным) сердечником	

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Катушка индуктивности, подстраиваемая магнитодиэлектрическим сердечником	
Катушка индуктивности, подстраиваемая немагнитным (латунным) сердечником	
Трансформатор без сердечника с постоянной связью	
Трансформатор без сердечника с переменной связью	

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Трансформатор с магнитодиэлектрическим сердечником	
Трансформатор, подстраиваемый общим магнитодиэлектрическим сердечником	
Трансформатор с постоянной связью, каждая из обмоток которого подстраивается магнитодиэлектрическим сердечником	
Трансформатор с переменной связью, каждая из обмоток которого подстраивается магнитодиэлектрическим сердечником	







Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Дроссель с ферромагнитным (стальным) сердечником	
Трансформатор с ферромагнитным сердечником	
Трансформатор с ферромагнитным сердечником трехобмоточный	
Элемент гальванический или аккумуляторный ³	
Батарея гальванических или аккумуляторных элементов	






Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Телефон ¹	
Микрофон ¹	
Звукосниматель ^{1,5}	
Головка магнитная ¹	
Головка магнитная воспроизводящая	
Головка магнитная записывающая	
Головка магнитная универсальная	







Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Головка магнитная стирающая	
Диод прямого накала	
Диод косвенного накала	
Диод двойной с общим катодом	
Диод двойной с раздельными катодами	
Триод	


Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Двойной диод-триод	
Триод двойной с отдельными катодами, с внутренним разделительным экраном и отводом от него	
Тетрод лучевой	
Пентод	
Газотрон	

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Лампа тлеющего разряда (неоновая)	
Стабилитрон газовый	
Фотоэлемент электронный	
Диод полупроводниковый	
Транзисторы:	
$p - n - p$	
$n - p - n$	

Продолжение таблицы 7-1

Наименование	Обозначение
Лампа осветительная ¹	
Лампа накаливания сигнальная	

¹ Общее обозначение.

² Для указания назначения прибора в круг вписываются буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин, либо начальные или характерные буквы наименований прибора.

³ Знаки полярности можно не указывать.

⁴ Если необходимо выделить подвижный элемент (ротор), то его изображают в виде дуги.

⁵ Можно не показывать стрелкой направление передачи сигнала.

7-2. Электронные лампы

Приемно-усилительные электронные лампы классифицируются по следующим основным признакам:

по назначению — для детектирования, выпрямления переменного тока; предварительных УНЧ, оконечных УНЧ (выходные); усилителей высокой (и промежуточной) частоты; для преобразования частоты; электронно-световые индикаторы и др.;

по количеству электродов — двухэлектродные (диоды); трехэлектродные (триоды); четырехэлектродные (тетроды); пятиэлектродные (пентоды); шестиэлектродные (гексоды); семиэлектродные (гептоды); восьмиэлек-

тродные (октоды). Лампы, у которых в одном баллоне размещены 2 одинаковые электродные системы, называются сдвоенными (двойные диоды, двойные триоды). Комбинированные лампы содержат в одном баллоне 2 или 3 различные электродные системы (триод-пентод; триод-гексод; триод-гептод; двойной диод-триод и др.);

по материалу баллона — металлические, стеклянные и керамические. Металлические лампы из-за ряда недостатков в настоящее время не применяются в аппаратуре новых разработок и выпускаются только для укомплектования старых моделей, находящихся в эксплуатации;

по размерам баллона — сверхминиатюрные (диаметр баллона 10 мм и менее); миниатюрные — «пальчиковые» (диаметр баллона 19—22,5 мм); «малогабаритные» (диаметр баллона 33 мм) и большого габарита (диаметр баллона более 33 мм);

по количеству штырьков — наиболее распространены семи-, восьми- и девятиштырьковые;

по конструкции катода — прямого накала и косвенного (подогревные);

по напряжению накала — установлен стандартный ряд напряжений накала приемно-усилительных ламп. Наиболее распространены напряжения: 1,2 в для катодов прямого накала и 6,3 в — для подогревных.

Исходя из классификационных признаков для обозначения приемно-усилительных ламп принята система обозначения (ГОСТ 5461—59), состоящая из 4 элементов:

первый элемент — число, указывающее (округленно) напряжение накала в вольтах;

второй элемент — буква, характеризующая группу ламп. Приняты следующие обозначения: А — гептод; Б — диод-пентод и двойной диод-пентод; Г — диоды с

триодами; Д — диод; Е — электронно-световой индикатор настройки; Ж — пентод и лучевой тетрод с короткой характеристикой; И — триод-гексод и триод-гептод; К — пентод и лучевой тетрод с удлиненной характеристикой; Н — двойной триод; П — выходная лампа (пентод и лучевой тетрод); С — триод; Ф — триод-пентод; Х — двойной диод; Ц — кенотрон;

третий элемент — число, указывающее порядковый номер разработки типа лампы. Лампы одной группы, но с разными цифрами, соответствующими элементам обозначения, обычно отличаются параметрами;

четвертый элемент — буква, характеризующая конструктивную особенность лампы. Без обозначения — лампа с металлическим баллоном; С — лампа со стеклянным баллоном, имеющая сравнительно большие габариты; П — пальчиковые лампы; Б — сверхминиатюрные и т. д.

Например, 6Ф1П — пальчиковый триод-пентод с подогревным катодом, напряжение накала 6,3 в.

Приемно-усилительные лампы различаются по схеме соединения электродов со штырьками. Такая схема соединения называется цоколевкой лампы.

Восьмиштырьковые лампы (металлические и стеклянные старых выпусков) снабжены цоколем. Цоколь с 8 штырьками называется октальным. Для правильной установки лампы в панельку на цоколе размещается направляющий ключ (рис. 7-1, а). Счет штырьков ведется по часовой стрелке от направляющего ключа, причем на лампу надо смотреть со стороны цоколя, повернув ее цоколем к себе. При этом первый штырек оказывается слева от ключа, а восьмой — справа. У ламп с октальным цоколем, имеющих малое количество электродов, некоторые штырьки остаются неиспользованными. В таких случаях лампы выпускаются без этих неиспользованных

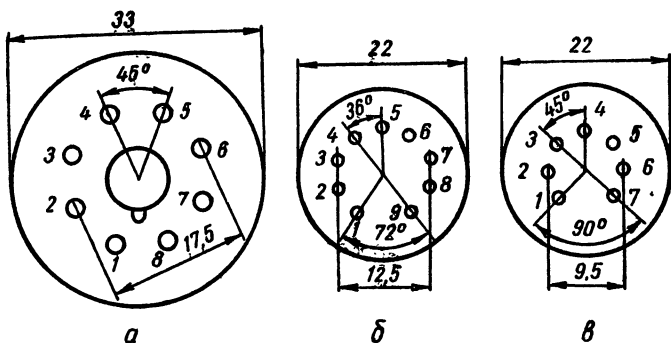


Рис. 7-1. Размещение штырьков электронных ламп:

а — с октальным цоколем; б — пальчиковой девятиштырьковой;
в — пальчиковой семиштырьковой.

штырьков или со штырьками, не подключенными к электродам ламп.

У пальчиковых ламп, имеющих 7 или 9 штырьков, цоколь и направляющий ключ отсутствуют (рис. 7-1, б, в). Расстояние между первым и последним штырьком у таких ламп вдвое больше, чем между остальными. Это позволяет легко определить первый штырек и правильно вставить лампу в панельку.

Цоколевка некоторых приемно-усилительных ламп показана на рис. 7-3.

Основные параметры приемно-усилительных ламп могут быть условно разбиты на группы: общие — важные для всех ламп, и дополнительные — для ламп, имеющих управляющую и экранирующую сетки; для выходных низкочастотных, высокочастотных, преобразовательных ламп; для диодов и т. д.

а) К параметрам, общим для всех ламп, относятся:

номинальное напряжение накала U_n , в — величина напряжения постоянного тока или действующего напряжения переменного тока (подводимого к катоду прямого накала или подогревателя), при котором обеспечивают оптимальные условия работы катода. Устанавливаются допускаемые отклонения от номинального напряжения — наибольшие и наименьшие напряжения накала. При $U_n = 6,3 \text{ в}$ наименьшее и наибольшее напряжения накала обычно соответствуют 5,7 и 6,9 в;

номинальный ток накала I_n , а — ток, протекающий через подогреватель или катод прямого накала, при номинальном напряжении накала;

допускаемая мощность, рассеиваемая анодом, $P_{\text{а.доп}}$, вт — наибольшее значение мощности, выделяемой на аноде лампы при прохождении анодного тока, превышение которой приводит к перегреву анода и порче лампы.

б) Для ламп, имеющих управляющую сетку, дополнительными параметрами служат:

крутизна характеристики S , ма/в — величина изменения анодного тока (в ма) при изменении сеточного напряжения на 1 в (при постоянных напряжениях на других электродах);

внутреннее сопротивление R_i , ом — отношение изменения анодного напряжения к соответствующему изменению анодного тока (при постоянных напряжениях на других электродах);

коэффициент усиления μ — отношение изменения анодного напряжения к изменению сеточного при постоянстве анодного тока (и постоянстве напряжений на других электродах). Параметры S , R_i и μ — взаимосвязаны. Связь между ними устанавливается выражением: $S_{(\text{ма/в})} \cdot R_{i(\text{ком})} = \mu$;

междуэлектродные емкости — емкости, измеренные между соответствующими электродами лампы. Разли-

чают входную емкость $C_{\text{вх}} (C_{\text{ск}})$ — емкость между сеткой и катодом лампы; выходную $C_{\text{вых}} (C_{\text{ак}})$ — между анодом и катодом и проходную $C_{\text{пр}} (C_{\text{ас}})$ — между анодом и сеткой.

Напряжение анода U_a , напряжение управляющей сетки (первой) U_{c_1} и ток анода I_a , указываемые в справочных сведениях, соответствуют режиму, рекомендованному для лампы. Для этого режима обычно указываются и другие параметры — S , R_i , μ . В лампах, имеющих большую крутизну характеристики, вместо U_{c_1} часто указывают соответствующее ему сопротивление катодного смещения R_k . Для многих ламп также указывается наибольшее допустимое сопротивление в цепи управляющей (первой) сетки лампы $R_{c_1 \text{ макс}}$. Величина R_{c_1} ограничивается протеканием обратного тока сетки.

в) Для ламп, имеющих экранирующую (вторую) сетку, дополнительным параметром (кроме указанных в п. а и б) служит допустимая мощность, рассеиваемая второй сеткой, $P_{c_2 \text{ доп}}$ — наибольшее значение мощности, выделяемой на экранирующей сетке при прохождении тока I_{c_2} , превышение которой приводит к перегреву и порче лампы.

Напряжение второй (экранирующей) сетки U_{c_2} и ток этой сетки I_{c_2} , указываемые в справочных сведениях, соответствуют режиму, рекомендованному для лампы.

г) К дополнительным параметрам для выходных ламп (помимо указанных в п. а, б и в) относятся:

оптимальное сопротивление нагрузки $R_{a \text{ опт}}$ — наиболее благоприятное значение сопротивления анодной нагрузки, при котором лампа отдает наибольшую мощность при наименьших искажениях;

выходная мощность $P_{\text{вых}}$ — мощность, отдаваемая

лампой при оптимальной нагрузке и рекомендованном режиме;

коэффициент нелинейных искажений k_T — характеризует нелинейные искажения при оптимальной нагрузке и рекомендованном для лампы режиме;

эффективное напряжение первой сетки $U_{с.эф}$ — переменное напряжение на управляющей сетке лампы, требуемое для получения $P_{вых}$;

добротность — произведение коэффициента усиления лампы и крутизны характеристики ($\mu \cdot S$). Чем больше добротность, тем меньшее требуется значение $U_{с.эф}$ (при том же значении $P_{вых}$).

д) Для высокочастотных ламп дополнительными параметрами (кроме указанных в п. а, б и в) служат:

эквивалентное шумовое сопротивление $R_{ш}$ — сопротивление, включенное в цепь сетка — катод нешумящей лампы и создающее на выходе лампы шумы, эквивалентные ламповым;

входное сопротивление (активное) $R_{вх}$ — сопротивление переменному току участка сетка — катод лампы. Указывается на разных частотах, в частности на 60 и 200 МГц;

$\frac{S}{C_{пр}} \left(\frac{S}{C_{ас}} \right)$ — отношение крутизны характеристики лампы к проходной емкости. Чем больше это отношение, тем больше устойчивое усиление при данной частоте.

е) Дополнительным параметром для преобразовательных ламп (помимо указанных в п. а, б, в и д) служит крутизна преобразования $S_{пр}$ — изменение тока промежуточной частоты в анодной цепи лампы (в мА) при изменении на 1 в напряжения сигнала, поданного на сигнальную сетку лампы.

ж) Для диодов дополнительными параметрами (кроме указанных в п. а) служат:

крутизна характеристики S — величина изменения анодного тока (в ma) при изменении анодного напряжения на 1 v ;

внутреннее сопротивление R_i — величина, обратная S ;

максимальный выпрямленный ток I_o — наибольшее значение постоянного тока, ограниченное допустимой мощностью рассеяния;

наибольшая амплитуда тока анода I_{am} — наибольшее значение импульсного тока, ограниченное током эмиссии катода лампы;

максимальное обратное напряжение $U_{обр}$ — наибольшее значение напряжения между анодом и катодом лампы в непроводящую часть периода;

междуэлектродная емкость $C_{ак}$ — емкость между анодом и катодом лампы. В двойных диодах указывается емкость между анодами $C_{аа}$.

Важнейшими характеристиками электронных ламп служат:

для диодов — анодная (рис. 7-2, a) — зависимость анодного тока I_a от анодного напряжения U_a [$I_a = f(U_a)$];

для триодов — семейство анодных характеристик $I_a = f(U_a)$ при постоянстве U_{c1} (рис. 7-2, b) и семейство анодно-сеточных характеристик $I_a = f(U_{c1})$ при постоянстве U_a (рис. 7-2, $в$);

для пентодов и лучевых тетродов — семейство анодных характеристик $I_a = f(U_a)$ при постоянстве U_{c1} и U_{c2} (рис. 7-2, $г$) и семейство анодно-сеточных характеристик $I_a = f(U_{c1})$ при постоянстве U_a и U_{c2} (рис. 7-2, $д$). Для пентодов с удлинненной характеристикой, используемых для АРУ, анодно-сеточная характеристика имеет специальную форму (рис. 7-2, $е$).

В табл. 7-2—7-11 приведены основные данные некото-

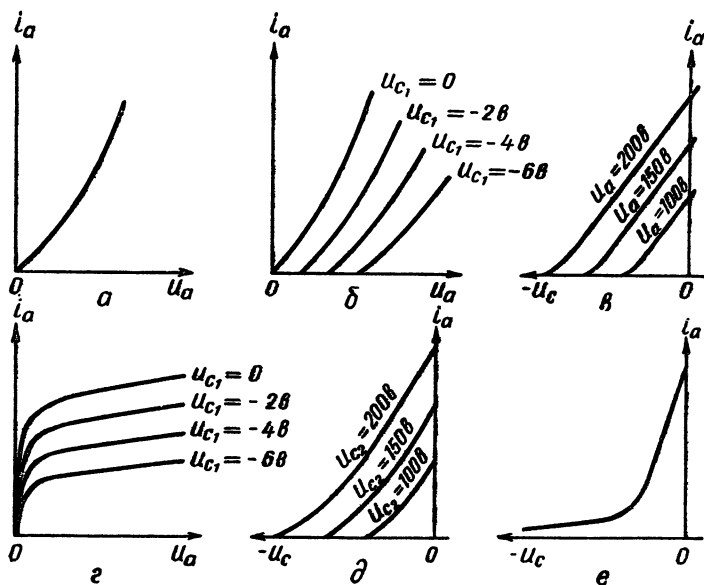


Рис. 7-2. Характеристики электронных ламп:

а — анодная (для диода); *б* — анодные (для триода); *в* — анодно-сеточные (для триода); *г* — анодные (для тетродов и пентодов); *д* — анодно-сеточные (для тетродов и пентодов); *е* — анодно-сеточная удлиненная (для пентода).

рых приемно-усилительных ламп. Эти лампы разбиты на группы: диоды, двойные триоды, триодные части комбинированных ламп, высокочастотные пентоды (с удлиненной характеристикой); пентоды с короткой характеристикой; НЧ выходные пентоды и лучевые тетроды, частотопреобразовательные лампы, электронно-световые индикаторы настройки. Сведения о диодах, используемых

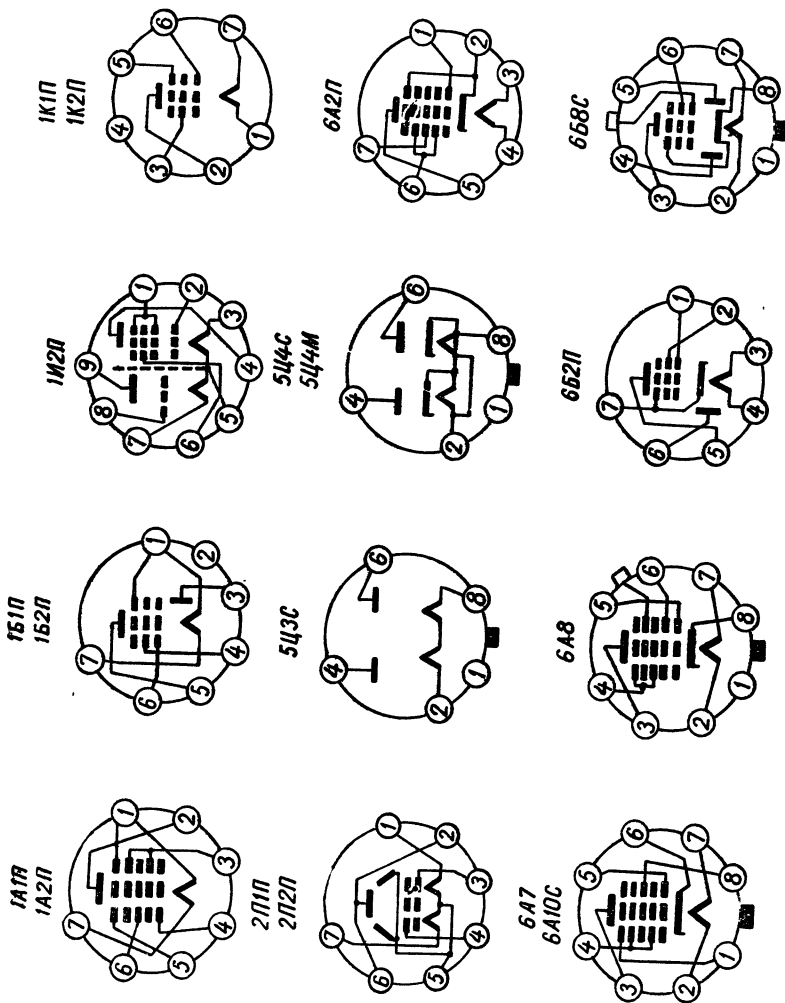


Рис. 7-3. Цоколевка приемно-усилительных ламп.

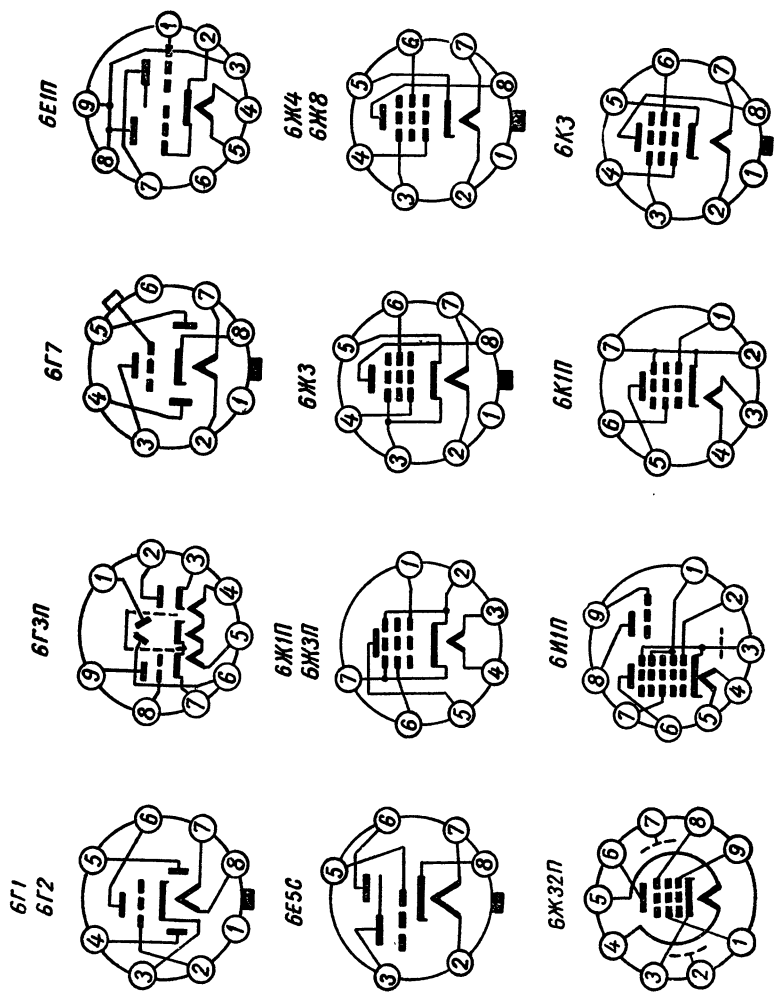


Рис. 7-3. Цоколевка приемно-усилительных ламп.

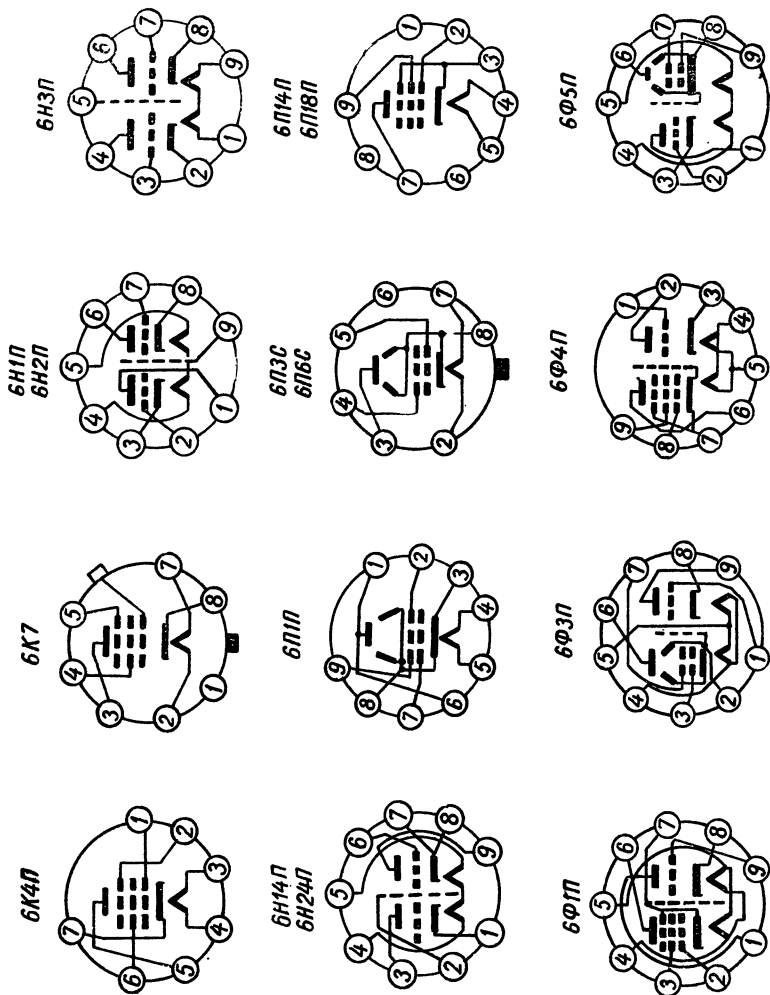


Рис. 7-3. Цоколевка приемно-усилительных ламп.

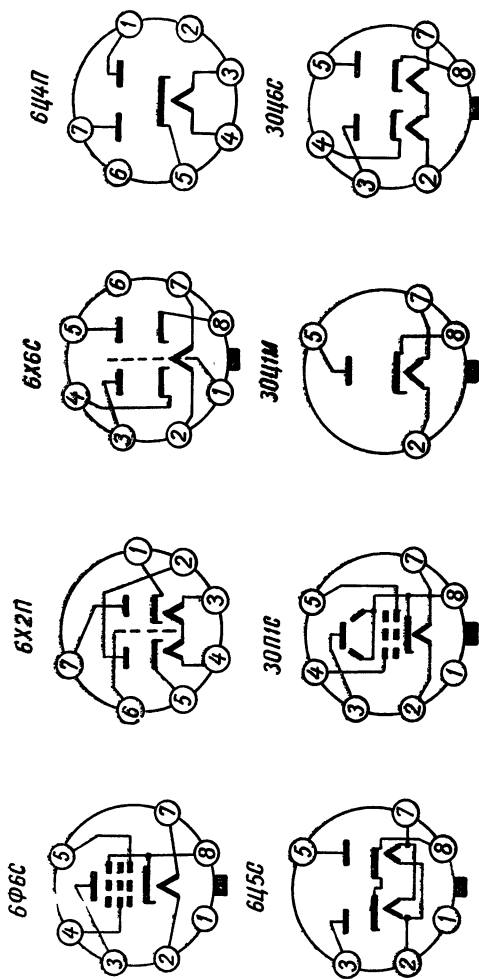


Рис. 7-3. Цоколевка приемно-усилительных ламп.

Таблица 7-2

Основные данные диодов

Основные параметры	Единица измерения	1Б1П	1Б2П	6Б2П	6Б8С	6Г1	6Г2	6Г3П	6Г7	6Х2П	6Х6С
U_H	в	1,2	1,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
I_H	а	0,06	0,03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,45	0,3	0,3	0,3
I_0	ма	0,25	0,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1 ¹ 10 ²	1,0	10	8,8
$I_{ам}$	»	—	—	—	—	—	—	6 ¹ 75 ²	—	70	60
$U_{обр}$	в	—	—	—	—	—	—	350	—	450	465
$C_{ак}$	пф	0,3	—	—	—	—	—	1,05 ¹ 4,9 ²	—	3,8	3,3
$C_{за}$	»	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03	0,1

¹ Для первого диода.² Для второго и третьего диодов.

Таблица 7-3

Основные данные двойных триодов

Параметры	Едини- ца из- мере- ния	6Н1П	6Н2П	6Н3П	6Н14П	6Н24П
U_H	<i>в</i>	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
I_H	<i>а</i>	0,6	0,34	0,35	0,35	0,3
U_a	<i>в</i>	250	250	150	90	90
$U_{c_1} (R_K)$	<i>»</i>	600 <i>ом</i>	—1,5	—2	125 <i>ом</i>	680 <i>ом</i>
I_a	<i>ма</i>	7,5	2,3	8,5	10,5	15
S	<i>ма/в</i>	4,35	2,1	5,9	6,8	12,5
μ	—	35	97,5	36	25	33
R_i	<i>ком</i>	7,6	46,5	6,1	3,7	—
$R_{вх}$:						
на $f=60 \text{ Мгц}$	<i>»</i>	—	—	14	40	—
на $f=200 \text{ Мгц}$	<i>»</i>	—	—	—	0,8—1,7	0,7
$R_{ш}$	<i>»</i>	—	—	0,7	0,7	0,33
$C_{ск}$	<i>пф</i>	3,1	2,35	2,7	4,9 ¹ 2,6 ²	6,3 ¹ 3,9 ²
$C_{ак}$	<i>»</i>	1,8	3	1,55	2,9 ¹ 1,5 ²	3,2 ¹ 2,0 ²
$C_{ас}$	<i>»</i>	$\leq 2,2$	$\leq 0,7$	$\leq 1,6$	$\leq 0,25^1 \leq 0,25^2$	0,25 ¹ 1,3 ²
$C_{аа}$	<i>»</i>	$\leq 0,2$	$\leq 0,3$	$\leq 0,13$	$\leq 0,025$	$\leq 0,035$
$P_{a. \text{ доп}}$	<i>вт</i>	2,2	1	1,5	1,5	1,8
$R_{c_1 \text{ макс}}$	<i>Мом</i>	1	0,5	1	1	—

¹ Для первого триода.² Для второго триода.

Таблица 7-4

Основные данные триодных частей комбинированных ламп

Параметры	Едини- ца измере- ния	6Г2	6Г7	6ГЗП	6Ф1П	1И2П	6И1П	6ФЗП	6Ф4П	6Ф5П
U_H	<i>в</i>	6,3	6,3	6,3	6,3	1,2	6,3	6,3	6,3	6,3
I_H	<i>а</i>	0,3	0,3	0,45	0,45	0,06	0,3	0,85	0,72	0,9
U_a	<i>в</i>	250	250	250	100	60	100	100	200	100
$U_{c1} (R_K)$	<i>»</i>	—2	—3	—3	—2	0	0	—1,5	600 ом	160 ом
I_a	<i>ма</i>	1,15	1,4	1	13	1,2	13,3	2,5	3	5,5
S	<i>ма/в</i>	1,1	1,3	1,3	5	1	3,7	2,5	4	7
μ	—	100	70	63	20	25	25	70	64	70
R_i	<i>ком</i>	91	54	48	4	25	6	28	16	10
$C_{ск}$	<i>пф</i>	3,2	5	2	2,5	0,7	2,6	2,2	4	3,5
$C_{ак}$	<i>»</i>	3	3,8	1,2	0,3	3	2	0,4	0,6	0,25
$C_{ас}$	<i>»</i>	1,6	1,4	3,3	1,5	1,9	1	3,7	2,7	1,8
$P_{a. доп}$	<i>вт</i>	0,9	1	1	1,5	0,25	0,8	1	1	0,5

для выпрямления переменных токов технической частоты — кенотронах, приведены в 6-4.

Цоколевка приемно-усилительных ламп показана на рис. 7-3.

Таблица 7-5

Основные данные высокочастотных пентодов

Параметры	Единица измерения	1К1П	1К2П	6К1П	6К4П	6К7	6Б2П	6Б8С
U_H	e	1,2	1,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
I_H	a	0,06	0,06	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
U_a	e	90	60	250	250	250	250	250
U_{c3}	\gg	67,5	45	100	100	100	100	125
$U_{c1} (R_k)$	\gg	0	0	—3	68 ом	—3	—1,5	—3
I_a	ma	3,5	1,35	6,65	10	7	6,5	10
I_{c3}	\gg	1,2	0,5	2,7	3,7	1,65	1,6	2,45
S	ma/e	0,89	0,7	1,85	4,4	1,45	2,7	1,35
R_i	Mom	0,17	1,5	0,45	0,85	1	0,7	0,6
$P_{a, \text{доп}}$	$вт$	—	0,3	1,8	3	3	1,1	—
$P_{c2, \text{доп}}$	\gg	—	—	0,33	0,6	0,4	—	—
$C_{вх}$	$пф$	3,5	3	3,4	6	7	4,2	4
$C_{вых}$	\gg	7,5	4,9	3	6,3	12	4,1	9
$C_{пр}$	\gg	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,0035$	$\leq 0,005$	—	$\leq 0,008$
$\frac{S}{C_{пр}}$	$ma/e \cdot пф$	89	70	185	1250	290	—	170

Таблица 7-6

Основные данные пентодов с короткой характеристикой

Параметры	Едини- ца из- мере- ния	6Ж1П	6Ж8	6Ж8П	6Ж32П
U_H	<i>в</i>	6,3	6,3	6,3	6,3
I_H	<i>а</i>	0,17	0,3	0,3	0,2
U_a	<i>в</i>	120	250	250	250
U_{c_2}	<i>»</i>	120	150	150	140
$U_{c_1} (R_K)$	<i>»</i>	200 <i>ом</i>	—1	200 <i>ом</i>	—2
I_a	<i>ма</i>	7,35	10,8	7	3
I_{c_2}	<i>»</i>	3	4	2	1
S	<i>ма/в</i>	5,15	4,9	5	1,8
R_t	<i>Мом</i>	0,3	0,9	0,8	2,5
$P_{a. доп}$	<i>вт</i>	1,8	3,3	2,5	1,0
$P_{c_2 доп}$	<i>»</i>	0,55	0,7	0,55	0,2
$C_{вх}$	<i>пф</i>	4,35	8,5	6,5	4
$C_{вых}$	<i>»</i>	2,35	7	1,5	5,5
$C_{пр}$	<i>»</i>	<0,02	<0,03	<0,25	<0,05
$R_{c_1 макс}$	<i>Мом</i>	1	—	0,5	3,0

Таблица 7-7

Основные данные низкочастотных выходных пентодов и лучевых тетродов

Параметры	Единица измерения	2П1П	2П2П	6П1П	6П3С	6Д6С	6Ф6	6П14П	6П18П	30П1С	6Ф3П	Цифра
U_H	e	1,2/2,4	1,2/2,4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	30	6,3	6,3
I_H	a	0,12/0,06	0,06/0,03	0,5	0,9	0,45	0,7	0,76	0,76	0,3	0,85	0,9
U_a	e	90	60	250	250	250	250	250	177	110	170	185
U_{c3}	e	90	60	250	250	250	250	250	177	110	170	185
$U_{c1}(R_k)$	e	-4,5	-3,5	-12,5	170 ом	-12,5	-16	120	110	-7,5	-11,5	340
I_a	ma	9,5	3,5	44	75	50	34	47	ом	70	41	ом
I_{c3}	e	2,2	1,1	7	5,4	7,2	6,5	6,8	13	12	—	41
S	ma/e	1,7	1,1	4,9	6	4,1	2,5	11,3	11	10	7	7,5
R_i	$ком$	—	120	42,5	22,5	52	80	20	22	9	15	23
$R_{a, \text{онт}}$	e	10	20	5	2,5	5	7	5,2	3	1,8	—	—
$U_{c, \text{эф}}$	e	3,2	2,5	8,8	9,8	8,8	—	4,2	4,5	—	—	—
$P_{\text{вых}}$	$вт$	$\geq 0,21$	$\geq 0,05$	4,8	6,5	4,5	3,1	4,2	3,5	0,5	—	—
k_T	$\%$	7	10	≤ 14	10	8	7,5	7,5	9	—	—	—
$P_a, \text{доп}$	$вт$	1,1	0,4	12	20,5	13,2	11	12	12	7	8	9
$P_{c3, \text{доп}}$	e	—	—	2,5	2,75	2,2	—	2	2,5	—	2,5	2
$C_{\text{вх}}$	$nф$	5,5	3,7	8	11	9,5	—	11	11,5	19	9,3	11,7
$C_{\text{вых}}$	e	4	3,8	5	6,7	9,5	—	7	7	11	8,5	8,8
$C_{\text{спр}}$	e	$\leq 0,5$	0,4	$\leq 0,7$	≤ 1	$\leq 0,9$	—	0,2	0,2	—	0,3	0,6
$R_{c1, \text{макс}}$	$Мом$	—	2	0,5	0,5	—	—	1,0	1,0	—	—	—
$\mu \cdot S$	ma/e	—	145	1000	810	920	500	2560	2650	900	740	130

Таблица 7-8

Типовые режимы работы ламп в однокатных оконечных каскадах

Тип лампы	U_{a_0}, e	U_{c_2}, e	$U_{c_1} (R_k), \text{e}$	$U_{c_{эф}}, \text{e}$	$I_{a_0}, \text{мА}$	$I_{c_2}, \text{мА}$	$R_{a_{опт. ком}}$	$P_{вых. вт}$
6П1П	100	100	—5	3,5	11,5	1	6,5	0,3
	150	150	—6,5	4,6	23	2,6	5,5	0,7
	200	200	—9	6,3	34,5	2,6	4	1,8
	250	100	—5	3,5	14,5	0,8	20	1
	250	150	—7,5	5,3	21,5	1,4	10	1,7
	250	200	—9	6,3	37	2,4	6,5	2,3
	250	250	—12,5	8,8	45	3	3,5	3,3
	210	210	240 ом	6,3	34	2,5	4	1,4
	250	250	270 ом	8,8	44	2,8	3,5	2,8
6П6С	170	170	—8,5	6	32	3	5	1,5
	250	250	—12,5	8,8	47	4,5	5	3,5
	315	250	—13	9,2	36	2,5	7	4
	180	180	240 ом	6	32	3,0	5	1,2
	250	250	240 ом	8,8	46	4,0	5	2,8
6П14П	150	150	—3,9	2,6	22	2,3	6,3	1
	200	200	—5,2	3,5	34	4	5,3	2,3
	250	250	—6,4	4,3	48	5,1	4,8	4
	150	150	160 ом	2,6	21	2,2	6,3	0,8
	200	200	130 ом	3,5	34	3,9	5,3	2
	250	210	150 ом	3,8	33	3	6,5	2,7
	250	230	120 ом	4	42	4,4	6	3,3
	250	250	120 ом	4,3	47	5	4,8	3,5

Таблица 7-9

Типовые режимы работы ламп в двухтактных оконечных каскадах

Тип лампы	$U_{a_1}, \text{ в}$	$U_{c_2}, \text{ в}$	$U_{c_1} (R_k), \text{ в}$	$U_{c_1 \text{эф}}, \text{ в}$	$I_{a_0}, \text{ ма}$	$I_{c_2}, \text{ ма}$	$R_{aa}^2, \text{ ком}$	$P_{\text{вых}}, \text{ вт}$
6П6С	250	250	—15	21	72	12,5	10	8
	275	275	—19	27	63	15,3	10	9
	300	275	—19	27	65	14	10	10
6П14П	250	250	120 ом	15,2	58	6,5	8	9
	275	255	—8,5	7	52	5,2	7	5
	250	250	—11,0	15,6	20	2,2	8	9

¹ Эффективное напряжение между сетками.

² Сопротивление между анодами.

7-3. Транзисторы

Транзисторы классифицируются по следующим основным признакам:

по материалу полупроводника — германиевые и кремниевые;

по структуре — типы $p-n-p$ и $n-p-n$;

по величине максимальной рабочей частоты — низкочастотные (до 3 Мгц); средней частоты (3—30 Мгц) и высокочастотные (свыше 30 Мгц);

по величине максимальной рассеиваемой мощности — малой мощности (до 0,3 вт); средней (от 0,3 до 3 вт) и большой мощности (свыше 3 вт);

Таблица 7-10

Основные данные частотопреобразовательных ламп

Параметры	Единица измерения	1А2П	6А2П	6А7	6А8	6А10С	1И2П	6И1П	6Ф1П
U_H	e	1,2	6,3	6,3	6,3	6,3	1,2	6,3	6,3
I_H	a	0,06	0,3	0,3	0,3	0,3	0,06	0,3	0,43
U_a	e	90	60	250	250	250	60	170	170
$U_{\text{экp}}$	»	45	45	100	100	100	45	100	170
$U_{\text{упp}}$	»	0	—1,5	0	—3	0	0	—2	—2
I_a	ma	0,64	3	3,5	3,5	3,5	0,55	4,5	10,5
$I_{\text{экp}}$	»	1,7	7	9	2,7	9	0,7	6	4
S_{np}	ma/v	0,25	0,24	0,3	0,36	0,45	0,23	0,725	2
R_i	Mom	—	1,5	1	0,6	1	0,65	0,9	0,4
$P_{a. \text{ доп}}$	$вт$	—	0,3	1,1	1	1,1	0,3	1,7	1,7
$P_{\text{экp. доп}}$	»	—	1	1,1	0,3	1,1	0,1	1	0,7
$C_{\text{вх}}$	$nф$	7	5,1	9,5	12,5	9	6,3	5,1	5,5
$C_{\text{вых}}$	»	7	6,3	12	12,5	10	4,7	7,4	3,4
C_{np}	»	$\leq 0,4$	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,06$	$\leq 0,13$	$\leq 0,1$	$\leq 0,006$	$\leq 0,025$
$R_{\text{ш}}$	$ком$	—	—	—	—	—	12	70	1,5

Таблица 7-11

Основные данные электронносветовых индикаторов
настройки

Параметры	Единица измерения	6Е1П	6Е2П	6Е5С
U_n	<i>в</i>	6,3	6,3	6,3
I_n	<i>а</i>	0,3	0,58	0,3
U_a	<i>в</i>	100	150	250
$U_{кр}^1$	»	250	250	250
$U_{с1}$	»	—2	—4	—4
I_a	<i>ма</i>	2	1,6	5,3
$I_{кр}^2$	»	4	2,5	5
S	<i>ма/в</i>	0,5	1,4	1,2
μ	—	24	—	24

¹ Напряжение экрана (кратера).² Ток экрана (кратера).

по технологии изготовления — сплавные, выращенные, диффузионные, эпитаксиальные, планарные и др. Для радиовещательных приемников и УНЧ используются транзисторы сплавные (низкочастотные) и диффузионные (высокочастотные);

по конструктивным особенностям — плоскостные и точечные. Точечные транзисторы в настоящее время не применяются.

Исходя из классификационных признаков для обозначения транзисторов принята система (ГОСТ 10862—64), состоящая из 5 элементов:

первый элемент — буква или цифра, обозначающая материал полупроводника, Г или 1 — германий, а К или 2 — кремний. Обозначения, начинающиеся с цифры, присваиваются приборам, которые могут работать при более высокой температуре;

второй элемент — буква Т (транзистор);

третий элемент — цифра, указывающая на назначение прибора и его электрические свойства, согласно ниже приведенным данным:

Частота	Мощность		
	малая	средняя	большая
Низкая	1	4	7
Средняя	2	5	8
Высокая	3	6	9

четвертый элемент — число (от 01 до 99), обозначающее порядковый номер разработки прибора;

пятый элемент — буква (от А до Я), указывающая на деление технологического типа на группы.

Например, ГТ108А — германиевый транзистор, низкочастотный, малой мощности, номер разработки 8, разновидность А.

Транзисторы, разработанные до введения ГОСТ 10862—64, имеют обозначение, состоящее из трех элементов (ГОСТ 5461—59):

первый элемент — буква П (плоскостной транзистор);

второй элемент — число, указывающее на назначение прибора и его электрические свойства:

Номера тран- зисторов	Частота			
	низкая		высокая	
	малая мощ- ность	большая мощ- ность	малая мощ- ность	большая мощ- ность
Германиевые	1 — 100	201 — 300	401 — 500	601 — 700
Кремниевые	101 — 200	301 — 400	501 — 600	701 — 800

В качестве классификационных признаков приняты: низкая частота — до 5 Мгц; высокая — более 5 Мгц; малая мощность — до 0,25 вт; большая — более 0,25 вт;

третий элемент — буква, указывающая на деление данного технологического типа на группы.

Например, П401 — высокочастотный германиевый транзистор малой мощности.

Исключение из правил обозначения составляют транзисторы типа П4.

Основные параметры транзисторов могут быть условно разделены на несколько групп: тепловые (характеризующие влияние температуры); предельно эксплуатационные (устанавливающие предельно допускаемые токи и напряжения); области отсечки (характеризующие токи при разомкнутых или замкнутых накоротко выводах); малого сигнала (используются для транзисторов малой мощности); большого сигнала (используются для транзисторов большой мощности); высокочастотные (характеризующие влияние частоты); шумовые (характеризующие шумы). Ниже приводятся некоторые основные параметры для транзисторов, используемых в режиме усиления.

К тепловым параметрам относятся:

максимальная температура перехода $t_{к.макс}$ (°С) — максимальная температура, при которой изменение па-

раметров транзистора не превышает принятых норм. Основной показатель, по которому устанавливаются все остальные предельно допускаемые режимы работы транзистора, зависит от материала полупроводника. Для германиевых транзисторов $t_{к.макс} = 70-80^{\circ}\text{C}$, для кремниевых — $120-150^{\circ}\text{C}$;

минимальная температура перехода $t_{к.мин}$ ($^{\circ}\text{C}$) — минимальная температура, при которой изменение параметров транзистора не превышает установленных норм. Для всех типов транзисторов $t_{к.мин} = -60^{\circ}\text{C}$;

тепловое сопротивление R ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$) — отношение максимального приращения температуры перехода к мощности, рассеиваемой на переходе. Характеризует теплопередачу от перехода. Для мощных транзисторов различают: тепловое сопротивление между переходом и корпусом транзистора $R_{пк}$, зависящее от геометрических размеров и конструкции транзистора, и тепловое сопротивление между корпусом и средой $R_{кс}$, зависящее от поверхности внешнего теплоотвода. При наличии соответствующего радиатора $R_{кс}$ может быть сведено к минимуму. Для маломощных транзисторов указывается тепловое сопротивление между переходом и средой — $R_{пс}$.

К предельно эксплуатационным параметрам (режимам) относятся:

максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, $P_{макс}$, Вт — мощность, рассеиваемая на переходах транзистора, соответствующая максимальной температуре перехода. При наличии внешнего теплоотвода (радиатора) указывается $P_{макс.тепл}$;

максимально допускаемые напряжения между электродами $U_{макс}$, В — напряжения, ограниченные пробоем переходов. Они зависят от схемы включения транзистора и от величины сопротивления в цепи переходов. Ука-

зываются для определенной температуры. С повышением температуры снижаются. Различают максимально допускаемые напряжения: между коллектором и эмиттером $U_{кэ.макс}$ (наименьшее значение при $I_б=0$); между коллектором и базой $U_{кб.макс}$ (наименьшее значение при $I_э=0$) и между эмиттером и базой $U_{эб.макс}$ (наименьшее значение при $I_к=0$);

предельно допускаемые точки $I_{макс}$, ma — токи в режиме усиления, ограниченные резким снижением коэффициента усиления по току и мощностью рассеяния. Различают предельно допускаемые токи: коллектора — $I_{к.макс}$, эмиттера — $I_{э.макс}$ и базы — $I_{б.макс}$. Для мощных транзисторов указывается также минимально допускаемый ток коллектора $I_{к.мин}$.

Параметрами области отсечки служат: обратный ток коллектора $I_{к0}$, $мка$, ma — ток через коллекторный переход при заданном обратном смещении на коллекторе ($U_{кб}$) и при $I_э=0$;

начальный ток коллектора $I_{кн}$, $мка$, ma — ток через коллекторный переход при заданном напряжении $U_{кэ}$ и при замкнутых накоротко выводах эмиттера и базы;

сквозной ток коллектора $I_{кс}$, $мка$, ma — ток через коллекторный переход при разомкнутой цепи базы.

Существует несколько систем параметров малого сигнала: параметры проводимости (y), сопротивления (Z), гибридные (h) и др. Обычно в справочных сведениях указываются гибридные, h -параметры, наиболее удобные для измерений:

h_{11} , $ом$ — входное сопротивление (при коротком замыкании на выходе);

h_{12} — коэффициент обратной связи по напряжению (при холостом ходе на входе);

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

h_{22} , $мкмо$ — выходная проводимость (при холостом ходе на входе);

h -параметры зависят от схемы включения транзистора. Соответственно обозначаются индексами: $h_б$ — общая база; $h_к$ — общий коллектор; $h_э$ — общий эмиттер; h -параметры измеряются обычно для схемы с общей базой ($h_б$). С помощью соответствующих формул они могут быть пересчитаны в параметры $h_к$, $h_э$ (табл. 7-12) или в параметры других систем (y, Z).

Т а б л и ц а 7-12

Формулы для пересчета h -параметров

$$h_{11э} = \frac{h_{11б}}{1 + h_{21б}}; \quad h_{11к} = \frac{h_{11б}}{1 + h_{21б}}.$$

$$h_{12э} = \frac{h_{11б} \cdot h_{22б}}{1 + h_{21б}} - h_{12б}; \quad h_{12к} \cong 1$$

$$h_{21э} = -\frac{h_{21б}}{1 + h_{21б}}; \quad h_{21к} = -\frac{1}{1 + h_{21б}}.$$

$$h_{22э} = \frac{h_{22б}}{1 + h_{21б}}; \quad h_{22к} = \frac{h_{22б}}{1 + h_{21б}}$$

$$y_{11} = \frac{1}{h_{11}}; \quad y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}}$$

$$y_{12} = -\frac{h_{12}}{h_{11}}; \quad y_{22} = h_{22} - \frac{h_{12} \cdot h_{21}}{h_{11}}.$$

Таблица 7-13

Пересчет коэффициента усиления по току в схеме с общей базой (ОБ) α в коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером (ОЭ) β

α	β	α	β	α	β
0,900	9	0,965	28	0,9792	47
0,909	10	0,967	29	0,9796	48
0,917	11	0,968	30	0,9800	49
0,923	12	0,9689	31	0,9803	50
0,929	13	0,9697	32	0,9810	52
0,934	14	0,9707	33	0,9820	55
0,938	15	0,9712	34	0,9830	60
0,941	16	0,9718	35	0,9840	65
0,945	17	0,9730	36	0,9850	70
0,947	18	0,9737	37	0,9860	75
0,950	19	0,9744	38	0,9870	80
0,952	20	0,9750	39	0,9880	85
0,955	21	0,9756	40	0,9890	90
0,957	22	0,9762	41	0,9900	100
0,958	23	0,9768	42	0,9910	110
0,960	24	0,9773	43	0,9920	125
0,962	25	0,9778	44	0,9930	150
0,963	26	0,9783	45	0,9940	175
0,964	27	0,9788	46	0,9950	200

В качестве параметров малого сигнала часто используют два коэффициента — α и β .

α — коэффициент усиления по току в схеме с общей базой (отношение приращения коллекторного тока к соответствующему приращению эмиттерного) при коротком замыкании на выходе:

$$\alpha = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\text{э}}};$$

β — коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером (отношение приращения коллекторного тока к соответствующему приращению базового) при коротком замыкании на выходе:

$$\beta = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\text{б}}}.$$

Коэффициенты α и β связаны зависимостью: $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$. Связь между ними может быть найдена по табл. 7-13.

К параметрам большого сигнала относятся:

S — крутизна характеристики — отношение приращения тока коллектора к вызвавшему его изменению напряжения на эмиттерном переходе;

B — коэффициент усиления по постоянному току в схеме с общим эмиттером — отношение постоянного тока коллектора к вызвавшему его постоянному току, введенному в цепь базы.

Высокочастотными параметрами служат:

предельная частота усиления по току. Различают две предельные частоты: f_{α} и f_{β} . f_{α} — частота, при которой коэффициент усиления по току в схеме с общей базой (α) падает в $\sqrt{2}$ раз по сравнению с его низкочастотным

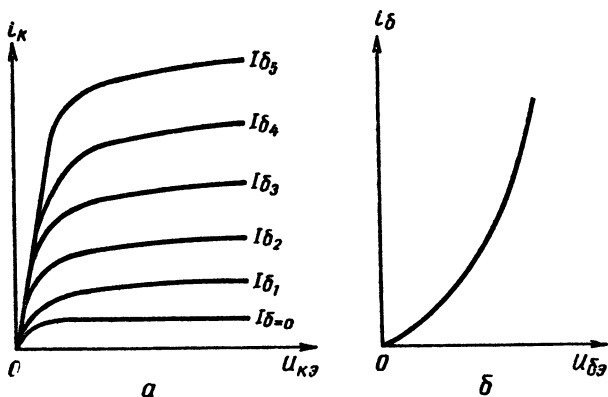


Рис. 7-4. Характеристики транзистора для схемы с общим эмиттером:
а — выходная; б — входная.

значением. f_1 — частота, при которой абсолютное значение коэффициента усиления по току в схеме с общим эмиттером $|h_{21э}|$ уменьшается до 1. Вместо f_1 обычно указывают значение $|h_{21э}|$, измеренное на определенной частоте. Тогда $f_1 = |h_{21э}| \cdot f$;

максимальная частота генерации f_T , МГц — частота, при которой коэффициент усиления по мощности уменьшается до 1;

емкость коллектора C_K , пф — емкость, измеренная между коллекторным и базовым выводами при разомкнутой цепи эмиттера и заданном напряжении;

высоочастотное сопротивление базы $r_б$, ом — сопротивление обратной связи в схеме с общей базой, измеренное на достаточно высокой частоте;

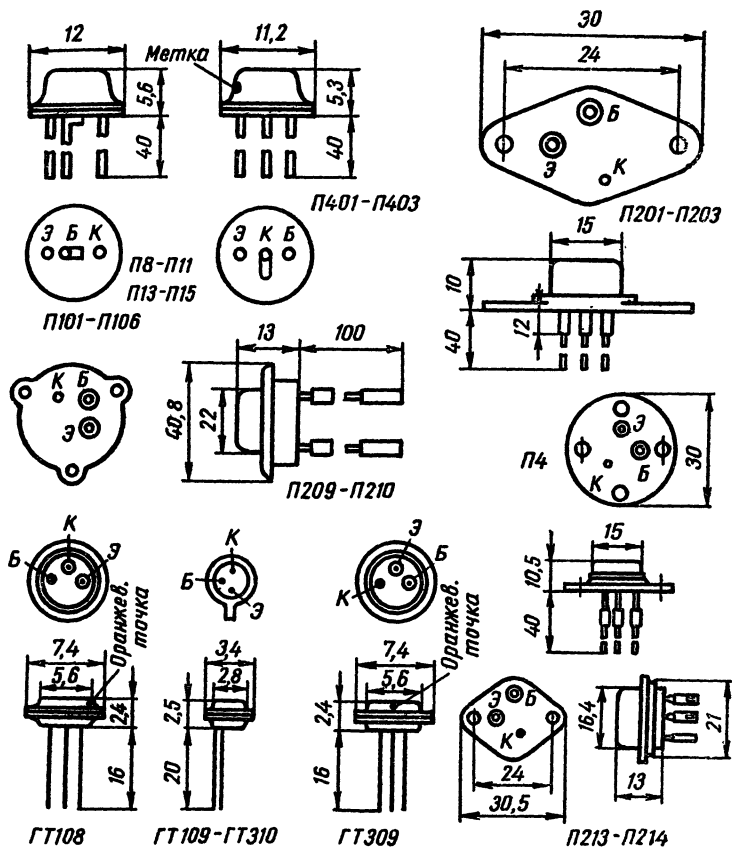


Рис. 7-5. Габаритные чертежи транзисторов.

постоянная времени цепи обратной связи $r_{б}' \cdot C_{к}$, $\mu_{сек}$ — произведение емкости коллектора и высокочастотного сопротивления базы.

К шумовым параметрам транзисторов относится коэффициент шума $F_{ш}$ (дб), показывающий, во сколько раз ухудшается значение отношения сигнал/шум после усиления сигнала транзистором.

Характеристики транзистора зависят от схемы его включения. Для основной схемы включения — с общим эмиттером — важнейшими характеристиками служат (рис. 7-4): выходная (коллекторная) — зависимость коллекторного тока $I_{к}$ от напряжения $U_{кэ}$ и входная — зависимость $I_{б} = f(U_{бэ})$.

В табл. 7-14—7-26 приведены основные данные некоторых транзисторов, используемых в радиовещательной аппаратуре, а их габаритные чертежи и схемы расположения выводов — на рис. 7-5. Эти транзисторы разбиты на 3 группы:

общего применения (низкочастотные, малой мощности) — П8—П11; П13—П15; П101—П106; ГТ108—ГТ109; высокочастотные — ГТ309—ГТ310; П401—П403; П410—П411;

мощные низкочастотные — П4; П201—П203; П209—П210; П213—П214.

Таблица 7-14

Германиевые $n-p-n$ транзисторы типа П8—П11

Основные параметры	Единица измерения	П8	П9	П9А	П10	П11
$h_{11б}$	ом	28	28	28	28	28
$h_{12б}$	—	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$

Продолжение таблицы 7-14

Основные параметры	Единица измерения	П8	П9	П9А	П10	П11
$h_{21б}$	—	—0,92	—0,93	—0,94	—0,96	—0,97
$h_{22б}$	<i>мкмо</i>	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
C_K	<i>пф</i>	45	40	40	40	40
f_a	<i>Мгц</i>	0,5	1,0	1,0	1,3	2,0
$F_{ш}$	<i>дб</i>	15	12	7	12	12
I_{K0}	<i>мка</i>	5	5	5	5	5

Примечание. Параметры (кроме $F_{ш}$) измерены при $I_э = 1 \text{ ма}$ и $U_K = 5 \text{ в}$.

Предельно допускаемые эксплуатационные и др. параметры, одинаковые для П8—П11: $I_{K, \text{макс}} = I_{э, \text{макс}} = 20 \text{ ма}$; $U_{Kб, \text{макс}} = U_{Kэ, \text{макс}} = +15 \text{ в}$; $P_{\text{макс}} = 150 \text{ мвт}$; $t_{K, \text{макс}} = +85^\circ \text{ С}$; $t_{K, \text{мин}} = -60^\circ \text{ С}$; $R_{пс} = 0,2^\circ \text{ С/мвт}$.

В 1962 году освоен выпуск нескольких новых подтипов транзисторов серий П8—П11:

Основные параметры	Единица измерения	П8	П9А	П10	П10А	П10В	П11	П11А
$h_{21э}$	—	10	15—45	15—30	15—30	25—30	25—50	45—90
f_a	<i>Мгц</i>	0,5	1,0	—	1,0	1,0	2,0	2,0
$U_{K, \text{доп}}$	<i>в</i>	15	—	—	30	30	15	15

По остальным параметрам П10А, П10В и П11А аналогичны типу П10. (Для старых подтипов указаны только измененные значения параметров).

Таблица 7-13

Германиевые $p-n-p$ транзисторы типа П13—П15

Основные параметры	Единица измерения	П13	П13А	П13В	П14	П15
$h_{11б}$	ом	28	28	28	28	28
$h_{12б}$	—	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
$h_{21б}$	—	-0,94	-0,98	-0,95	-0,96	-0,97
$h_{22б}$	мкмо	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
C_k	пф	35	35	35	35	35
f_a	Мгц	1,0	0,8	0,8	1,5	2,5
$F_{ш}$	дб	15	15	10	15	15
$I_{к0}$	мка	3	3	2	3	3

Примечание. Параметры (кроме $F_{ш}$) измерены при $I_э = 1$ ма и $U_k = -5$ в.

Параметры, одинаковые для П13—П15: $I_{к.макс} = I_{э.макс} = 20$ ма; $U_{кб.макс} = -30$ в; $U_{кэ.макс} = U_{эб.макс} = -15$ в; $P_{макс} = 150$ мвт; $t_{к.макс} = +85^\circ \text{C}$; $t_{к.мин} = -60^\circ \text{C}$; $R_{ис} = 0,2^\circ \text{C/мвт}$.

В 1962 году освоен выпуск нескольких новых подтипов транзисторов серии П13—П15:

Основные параметры	Единица измерения	П13	П13В	П14	П14А	П14В	П15	П15А
$h_{21э}$	—	12	20—60	20—40	20—40	30—60	30—60	50—100
f_a	Мгц	—	—	—	1,0	1,0	—	2,0
$U_{к. доп}$	в	—	—	—	30	30	—	15

По остальным параметрам П14А, П14Б и П15А аналогичны типу П15. (Для остальных подтипов указаны только измененные значения параметров).

Таблица 7-16

**Кремниевые транзисторы $n-p-n$ П101—П103
и $p-n-p$ П104—П106**

Основные параметры	Единица измерения	П101	П102	П103	П104	П105	П106
$h_{11\epsilon}$	ом	60	60	60	50	50	45
$h_{12\epsilon}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
$h_{21\epsilon}$	—	-0,93	-0,96	-0,97	-0,92	-0,92	-0,95
$h_{22\epsilon}$	мкмо	1,0	0,8	1,0	2,0	2,0	1,8
C_k	пф	100	100	100	50	50	50
f_a	Мгц	0,7	0,7	1,5	0,6	0,6	1,5
$F_{ш}$	дб	15	15	15	—	—	—
I_{k0}	мка	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Параметры, одинаковые для П101—П103: $I_{k.макс} = I_{э.макс} = 20$ ма; $U_{кб.макс} = U_{кэ.макс} = +10$ в; $P_{макс} = 150$ мвт; $t_{к.макс} = +150^\circ\text{C}$; $t_{к.мин} = -60^\circ\text{C}$; $R_{пс} = 0,5^\circ\text{C/мвт}$.

Параметры, одинаковые для П104—П106: $I_{к.макс} = I_{э.макс} = 20$ ма (30 ма для П106); $U_{кб.макс} = U_{кэ.макс} = -60$ в (для П106 — 15 в); $U_{эб.макс} = -45$ в; $P_{макс} = 150$ мвт; $t_{к.макс} = +150^\circ\text{C}$; $t_{к.мин} = -60^\circ\text{C}$; $R_{пс} = 0,5^\circ\text{C/мвт}$.

Таблица 7-17

Германиевые $p-n-p$ транзисторы ГТ108

Основные параметры	Единица измерения	ГТ108А	ГТ108Б	ГТ108В	ГТ108Г
$h_{21э}$	—	20—50	35—80	60—130	110—250
I_{K_0}	мкА	10	10	10	10
$r'_6 \cdot C_K$	псек	3500	3500	3500	3500
C_K	пф	30	30	30	30
$h_{22б}$	мкмо	3,3	3,3	3,3	3,3
f_a	МГц	0,5	1	1	1

Примечание. Параметры измерены при $I_э = 1$ мА; $U_K = -5$ в; $t = 20^\circ\text{C}$; I_{K_0} и C_K — при $I_э = 0$; $U_K = -5$ в.

Параметры, одинаковые для ГТ108А—ГТ108Г:
 $P_{\text{макс}} = 75$ мВт; $R_{\text{пс}} = 0,8^\circ\text{C/мВт}$; $U_{\text{кб.макс}} = -15$ в.

Таблица 7-18

Германиевые $p-n-p$ транзисторы ГТ109

Основные параметры	Единица измерения	ГТ109А	ГТ109Б	ГТ109В	ГТ109Г	ГТ109Д	ГТ109Е
$h_{21э}$	—	20—50	35—80	60—130	110—250	20—70	50—100
I_{K_0}	мкА	5	5	5	5	2	2
$r'_6 \cdot C_K$	псек	3500	3500	3500	3500	3500	3500
C_K	пф	30	30	30	30	40	40
$h_{22б}$	мкмо	3,3	3,3	3,3	3,3	—	—
f_a	МГц	1	1	1	1	3	5

Примечание. Параметры измерены при $I_э = 1$ мА; $U_K = -5$ в; (для ГТ109Д и ГТ109Е — при $I_э = 0,1$ мА; $U_K = -1,2$ в).

Параметры, одинаковые для ГТ109А—ГТ109Е:
 $I_{к.макс} = 20 \text{ ма}$; $P_{макс} = 30 \text{ мвт}$ (при $t = -20 \text{—} +20^\circ \text{С}$);
 $t_{к.макс} = +80^\circ \text{С}$; $U_{кб.макс} = 15 \text{ в}$; $U_{кэ.макс} = 6 \text{ в}$ (при сопро-
 тивлении $R_{бэ} = 200 \text{ ком}$).

Т а б л и ц а 7-19

Германиевые $p-n-p$ транзисторы ГТ309

Основные параметры	Едини- ца из- мере- ния	ГТ309А	ГТ309Б	ГТ309В	ГТ309Г	ГТ309Д	ГТ309Е
$ h_{21э} /f$ (при $f = 20 \text{ Мгц}$)	—	6	6	4	4	2	2
$h_{21э}$	—	20—70	60—180	20—70	60—180	20—70	60—180
$I_{к0}$	мкА	5	5	5	5	5	5
$r'_б \cdot C_k$	нсек	500	500	1000	1000	1000	1000
C_k	пф	10	10	10	10	10	10
$h_{22б}$	мкмо	5	5	5	5	5	5
$F_{ш}$ (при 8кГц)	дБ	—	10	—	10	—	—
$F_{ш}$ (при 1,6 МГц)	»	—	6	—	6	—	—

Примечание. Измерение параметров производилось при
 $U_k = -5 \text{ в}$; $|h_{21э}|/f$, $r'_б \cdot C_k$, $h_{22б}$ — при $I_э = 5 \text{ ма}$;
 $h_{21э}$, $F_{ш}$ — при $I_э = 1 \text{ ма}$;
 $I_{к0}$, C_k — при $I_э = 0$;
 C_k — при $f = 5 \text{ Мгц}$.

Параметры, одинаковые для ГТ309А—ГТ309Е:
 $I_{к.макс} = 10 \text{ ма}$; $P_{макс} = 50 \text{ мвт}$ (в интервале $t = -20 \text{—}$

20° С); $U_{кз.макс} = 10$ в (при сопротивлении в цепи базы не более 1000 ом).

Т а б л и ц а 7-20

Германиевые $p-n-p$ транзисторы ГТ310

Основные параметры	Единица измерения	ГТ310А	ГТ310Б	ГТ310В	ГТ310Г	ГТ310Д	ГТ310Е
$ h_{21э} /f$ (при $f = 20$ МГц)	—	8	8	6	6	4	4
$h_{21э}$	—	20—70	60—180	20—70	60—180	20—70	60—180
$I_{к0}$	мкА	5	5	5	5	5	5
$h_{11б}$	ом	38	38	38	38	38	38
$h_{22б}$	мкмо	3	3	3	3	3	3
$r'_б \cdot C_K$	псек	300	300	300	300	500	500
$F_{ш}$ (при $f = 1,6$ МГц)	дБ	3	3	4	4	4	4
C_K (при $f = 5$ МГц)	пф	4	4	5	5	5	5

Примечание. Измерение параметров производилось при $U_K = -5$ в; $|h_{21э}|/f$, $r'_б \cdot C_K$ — при $I_э = 5$ ма; $h_{21э}$, $h_{11б}$, $h_{22б}$, $F_{ш}$ — при $I_э = 1$ ма; $I_{к0}$, C_K — при $I_э = 0$.

Параметры, одинаковые для ГТ310А—ГТ310Е: $I_{к.макс} = 10$ ма; $P_{макс} = 20$ мвт (в интервале $t = -20 \dots +30^\circ$ С); $U_{кб.макс} = 12$ в; $U_{кз.макс} = 10$ в (при $R_{бэ} = 10$ ком); $U_{кэ.макс} = 6$ в (при $R_{бэ} = 200$ ком).

Т а б л и ц а 7-21

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П401—П403

Основные параметры	Единица измерения	П401	П402	П403	П403А
$h_{21б}$	—	0,94	0,94	0,94	0,97
$f_{г}$	Мгц	30	60	120	120
$r_{б}' \cdot C_{к}$	нсек	3500	1000	500	500
$I_{к0}$	мка	10	5	5	5
$C_{к}$	пф	15	10	10	10
h_{22}	мкмо	5	—	—	—

Примечание. Параметры измерены при $I_3 = 5$ ма; $U_{к} = -5$ в.

Параметры, одинаковые для П401—П403: $I_{к.макс} = 10$ ма; $U_{кэ.макс} = -10$ в; $U_{кб.макс} = -20$ в; $U_{эб.макс} = -1$ в; $P_{макс} = 150$ мвт; $t_{к.макс} = +85^{\circ}$ С; $t_{к.мин} = -60^{\circ}$ С; $R_{ис} = 0,5^{\circ}$ С/мвт.

Т а б л и ц а 7-22

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П410—П411

Основные параметры	Единица измерения	П410	П410А	П411	П411А
$h_{11б}$	ом	7 — 10	7 — 10	7 — 10	7 — 10
$h_{22б}$	мкмо	10	10	10	10
$h_{21б}$	—	0,965 — 0,99	0,99 — 0,996	0,965 — 0,99	0,99 — 0,996
$h_{12б}$	—	$2,2 \cdot 10^{-4}$ — $-1,2 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$ — $-1,2 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$ — $-1,2 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$ — $-1,2 \cdot 10^{-3}$

Продолжение таблицы 7-22

Основные параметры	Единица измерения	П410	П410А	П411	П411А
f_{Γ}	Мгц	200	200	400	400
$r'_6 \cdot C_K$	псек	300	300	200	200
C_K	пф	2—4	2—4	2—4	2—4
I_{K0}	мка	0,2—2	0,2—2	0,2—2	0,2—2

Примечание. Параметры измерены при $I_9 = 5$ ма; $U_K = -5$ в;
 $r'_6 \cdot C_K$ — при $f = 20$ Мгц.

Параметры, одинаковые для П410—П411: $I_{K.макс} = 20$ ма; $U_{Kэ.макс} = 6$ в; $U_{Kб.макс} = 8$ в; $P_{макс} = 100$ мвт;
 $t_{K.макс} = +85^\circ \text{C}$; $t_{K.мин} = -60^\circ \text{C}$; $R_{пс} = 0,5^\circ \text{C/мвт}$.

Т а б л и ц а 7-23

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П4

Основные параметры	Единица измерения	Режим измерения	П4А	П4Б	П4В	П4Г	П4Д
$h_{21э}$	—	$U_K = -10$ в; $I_K = 2$ а	5	15—40	10	15—30	30
I_{K0}	ма	$U_{Kб} = -10$ в	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
I_{K0}	»	$U_{Kб} = -50$ в	10	10 ¹	10 ²	10	10
$I_{КН}$	»	$U_{Kэ} = -50$ в	50	20 ¹	20 ²	20	20
$U_{Kб. макс}$	в	$I_9 = 0$	—60	—70	—40	—60	—60
$U_{Kэ. макс}$	»	$R_6 \leq 15$ ом	—50	—60	—35	—50	—50
$U_{Kб. макс}$	»	$R_6 \leq 150$ ом	—40	—50	—25	—40	—40
$U_{эб. макс}$	»	$I_K = 0$	—50	—60	—35	—50	—50
$U_{эк. макс}$	»	$I_6 = 0$	—30	—30	—20	—30	—30

¹ $U_{Kб} = -60$ в.

² $U_{Kб} = -35$ в.

Параметры, одинаковые для П4А—П4Д: $P_{\text{макс}}=2$ вт (без дополнительного теплоотвода); $P_{\text{макс.тепл}}=20$ вт (с радиатором — дюралюминиевой пластинкой $200 \times 200 \times 4$ мм); $t_{\text{к.макс}}=+90^\circ\text{C}$; $t_{\text{к.мин}}=-60^\circ\text{C}$; $R_{\text{пк}}=2^\circ\text{C/вт}$; $R_{\text{пс}}=35^\circ\text{C/вт}$ (без дополнительного теплоотвода); $I_{\text{э.макс}}=I_{\text{к.макс}}=5$ а; $I_{\text{к.мин}}=75$ ма; $f_a \geq 150$ кГц.

Т а б л и ц а 7-24

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П201-П203

Основные параметры	Единица измерения	Режим измерения	П201	П201А	П202	П203
$h_{21э}$	—	$U_{\text{к}} = -10$ в, $I_{\text{к}} = 0,2$ а	20	40	20	—
f_a	кГц	$U_{\text{к}} = -10$ в; $I_{\text{к}} = 0,2$ а	100	200	100	200
$I_{\text{к}0}$	ма	$U_{\text{кб}} = -20$ в	0,4	0,4	0,4 ¹	0,4 ¹
$I_{\text{к}0}$	»	$U_{\text{кб}} = -45$ в	5	5	5 ²	5 ²
$I_{\text{кн}}$	»	$U_{\text{кэ}} = -30$ в; $R_{\text{б}} = 0$	5	5	0,5	—
$I_{\text{кн}}$	»	$U_{\text{кэ}} = -30$ в; $R_{\text{б}} \leq 50$ ом	10	10	10 ³	10 ³
$I_{\text{кс}}$	»	$U_{\text{кэ}} = -22$ в; $I_{\text{б}}=0$	5	5	5 ⁴	5 ⁴
$I_{\text{к. макс}}$	а		1,5	1,5	2	2
$U_{\text{кб. макс}}$	в		—45	—45	—70	—70
$U_{\text{кэ. макс}}$	»	$R_{\text{б}} \leq 50$ ом	—30	—30	—55	—55
$U_{\text{эб. макс}}$	»	$I_{\text{к}} = 0$	—35	—35	—45	—45

¹ $U_{\text{кб}} = -30$ в.

² $U_{\text{кб}} = -70$ в.

³ $U_{\text{кэ}} = -55$ в.

⁴ $U_{\text{кэ}} = -30$ в.

Параметры, одинаковые для П201—П203; $P_{\text{макс}} = 1 \text{ вт}$ (без дополнительного теплоотвода); $P_{\text{макс.тепл}} = 10 \text{ вт}$ (с радиатором — дюралюминиевой пластинкой $120 \times 120 \times 4 \text{ мм}$); $t_{\text{к.макс}} = +100^\circ \text{С}$; $t_{\text{к.мин}} = -60^\circ \text{С}$; $R_{\text{пк}} = 3,5^\circ \text{С/вт}$; $R_{\text{пс}} = 40^\circ \text{С/вт}$; $I_{\text{к.мин}} = 10 \text{ ма}$.

Т а б л и ц а 7-25

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П209-П210

Основные параметры	Единица измерения	Режим измерения	П209	П209А	П210	П210А
S	a/v	$U_{\text{кэ}} = -2 \text{ в}; I_{\text{к}} = 5a$	5,5—11	9	5,5—11	9
S	»	$U_{\text{кэ}} = -2 \text{ в}; I_{\text{к}} = 10a$	4,5	7	4,5	7
$I_{\text{к0}}$	ma	$U_{\text{кб}} = -45 \text{ в}$	8	8	12 ¹	12
$I_{\text{кн}}$	»	$U_{\text{кэ}} = -40 \text{ в}$	5	5	8 ²	8 ²
$U_{\text{кб. макс}}$	v	$I_{\text{э}} = 0$	—45	—45	—65	—65
$U_{\text{кэ. макс}}$	»	$R_{\text{б}} \leq 10 \text{ ом}$	—40	—40	—60	—60

¹ $U_{\text{кб}} = -65 \text{ в}$.

² $U_{\text{кб}} = -60 \text{ в}$.

Параметры, одинаковые для П209—П210: $P_{\text{макс}} = 1,5 \text{ вт}$ (без дополнительного теплоотвода); $P_{\text{макс}} = 60 \text{ вт}$ (при температуре корпуса 25°С); $P_{\text{макс}} = 30 \text{ вт}$ (при температуре корпуса 55°С); $t_{\text{к.макс}} = +85^\circ \text{С}$; $t_{\text{к.мин}} = -60^\circ \text{С}$; $R_{\text{пк}} = 1^\circ \text{С/вт}$; $R_{\text{пс}} = 23^\circ \text{С/вт}$; $I_{\text{к.макс}} = I_{\text{э.макс}} = 12 \text{ а}$; $I_{\text{к.мин}} = 100\text{—}150 \text{ ма}$; $B \geq 15$ (при $U_{\text{к}} = -2 \text{ в}$; $I_{\text{к}} = 5 \text{ а}$); $f_{\alpha} \geq 100 \text{ кГц}$.

Таблица 7-26

Германиевые $p-n-p$ транзисторы П213-П214

Основные параметры	Единица измерения	Режим измерения	П213А	П213Б	П214В	П214Г
$U_{кб. макс}$	<i>в</i>	—	45	45	60	60
$U_{кэ. макс}$	»	$R_б \leq 50 \text{ ом}$	30	30	55	55
$U_{эб. макс}$	»	$I_к = 0$	10	10	10	10
$I_{к0}$	<i>ма</i>	$U_{кб} = U_{кб. макс}$	1	1	1,5	1,5
$I_{кн}$	»	$R_б \leq 50 \text{ ом}$	10	10	10	10
$h_{21э}$	—	$U_к = -5в; I_к = 0,2а$	20	40	20	20

Параметры, одинаковые для П213—П214: $P_{макс} = 10 \text{ вт}$ (при температуре корпуса $+45^\circ \text{C}$); $R_{пк} \leq 4^\circ \text{C/вт}$; $R_{пс} = 35^\circ \text{C/вт}$ (без радиатора); $t_{к. макс} = +85^\circ \text{C}$; $t_{к. мин} = -60^\circ \text{C}$; $I_{к. макс} = 5 \text{ а}$; $I_{б. макс} = 0,5 \text{ а}$; $f_a \geq 150 \text{ кГц}$ (при $I_a = 0,1 \text{ а}$; $U_к = -10 \text{ в}$).

7-4. Полупроводниковые диоды

Полупроводниковые диоды классифицируются по следующим основным признакам:

по материалу полупроводника — германиевые, кремниевые и арсенид-галлиевые;

по использованию свойств $p-n$ -перехода — выпрямительные, преобразовательные, стабилитроны, туннельные и варикапы;

по диапазону частот — низкочастотные НЧ (до 50 кГц); высокочастотные ВЧ (до 150 МГц) и сверхвысокочастотные СВЧ (более 150 МГц);

по конструктивным особенностям — плоскостные и точечные;

по мощности — в зависимости от назначения диодов.

Выпрямительные диоды по величине выпрямленного тока делятся на диоды малой мощности (до 300 *ма*); средней (300 *ма*—10 *а*) и большой мощности (более 10 *а*).

Стабилитроны в зависимости от величины рассеиваемой мощности бывают малой мощности (до 0,3 *вт*); средней (от 0,3 до 5 *вт*) и большой (более 5 *вт*). В зависимости от напряжения стабилизации стабилитроны делятся также на 3 группы — с напряжением стабилизации от 0,1 до 9,9 *в*; от 10 до 99 *в* и от 100 до 199 *в*.

НЧ и ВЧ диоды предназначены главным образом для выпрямления и детектирования. СВЧ диоды специализированы и бывают смесительные, модуляторные, умножители частоты, видеодетекторы и др.

Из большого разнообразия полупроводниковых диодов для радиовещательной аппаратуры и в радиолюбительской практике используются обычно выпрямительные и универсальные диоды, а также стабилитроны и варикапы.

Выпрямительные и универсальные диоды бывают плоскостными и точечными. Плоскостные диоды характеризуются значительными прямыми токами. Однако большая проходная емкость ограничивает их рабочие частоты десятками *кГц*. Поэтому они используются главным образом в выпрямителях (см. 6-4). Точечные диоды, имеющие малые прямые токи, но зато и малые проходные емкости, используются для детектирования ВЧ сигналов, а также для выпрямителей малой мощности.

Исходя из классификационных признаков для обозначения полупроводниковых диодов принята система (ГОСТ 10862—64), состоящая из 5 элементов. До введе-

ния этой системы все диоды маркировались буквой Д (диод) и числом, учитывающим разновидность диодов. Это число для точечных германиевых диодов — от 1 до 100; для точечных кремниевых — от 101 до 200; для плоскостных кремниевых — от 201 до 300; для плоскостных германиевых — от 301 до 400; для стабилитронов — от 801 до 900 и т. д. После числа, в качестве третьего элемента обозначения — буква (от А до Я), обозначающая разновидность диодов одного типа. Например, Д101 — точечный кремниевый диод. Исключение составляют выпрямительные диоды ДГЦ-21—ДГЦ-27 и Д7А—Д7Ж, обозначения которых не соответствуют данной системе.

Параметрами, общими для выпрямительных и универсальных диодов, являются:

среднее значение выпрямленного тока I_0 , *ма* — величина тока, ограниченная допускаемой мощностью рассеяния на переходе;

наибольшая амплитуда обратного напряжения $U_{обр}$, *в* — наибольшее значение напряжения на переходе в непроводящую часть периода, ограниченное пробоем перехода. Указывается для разных температур (20 и 70°С). С ростом температуры это напряжение соответственно снижается;

обратный ток $I_{обр}$, *мка* — среднее значение тока через переход при некотором обратном напряжении (обычно при наибольшем);

диапазон рабочих температур — максимальная температура окружающей среды $t_{макс}$ (обычно 70°С для германиевых и 125°С — для кремниевых) и минимальная $t_{мин}$ (−60°С);

границная частота $f_{гр}$ — частота, при которой выпрямленный ток уменьшается на определенную величину (обычно на 30%).

Для плоскостных диодов дополнительным

параметром служит прямое падение напряжения $U_{пр}$, \bar{v} — среднее значение напряжения в прямом направлении при номинальном выпрямленном токе.

Для точечных диодов дополнительными параметрами служат:

прямой ток $I_{пр}$, ma — ток через диод, в прямом направлении при оговоренной величине напряжения (обычно $+1 \bar{v}$);

проходная емкость $C_{п}$, $nф$ — общая емкость между выводами диода, включающая емкость перехода и конструктивную емкость выводов.

Основные параметры стабилитронов см. 6-7.

В табл. 7-27, 7-28 приведены справочные данные некоторых точечных и плоскостных полупроводниковых

Таблица 7-27

Основные данные точечных полупроводниковых диодов (универсального назначения)

Тип диода	$I_{пр}, ma$	I_o, ma	$U_{обр}, \bar{v}$, при		$I_{обр}^2, mka$	$C_{п}, nф$	$f_{гр}, Mcz$	$t_{макс}, ^\circ C$
			$+ 20^\circ C$	$+ 70^\circ C$				
Д1А	2,5	16	20	10	250 (10)	1	150	$+70$
Д1Б	1	16	30	25	250 (25)			
Д1В	7,5	25	30	25	250 (25)			
Д1Г	5	16	50	45	250 (50)			
Д1Д	2,5	16	75	55	250 (75)			
Д1Е	1	12	100	65	250 (100)			
Д1Ж	5	12	100	70	250 (100)			
Д2А	50	50	10	10	250 (7)			

Продолжение таблицы 7-27

Тип диода	$I_{пр}, ма$	$I_{о, ма}$	$U_{обр}, в, при$		$I_{обр}^2, мка$	$C_{п}, пф$	$f_{гр}, Мгц$	$t_{макс}, °C$
			+ 20° C	+ 70° C				
Д2Б	5—10	16	30	30	100 (10)	1	150	+70
Д2В	9	25	40	40	250 (30)			
Д2Г	2—5,5	16	75	56	250 (50)			
Д2Д	4,5—10	16	75	56	250 (50)			
Д2Е	4,5—10	16	100	75	250 (100)			
Д2Ж	2—10	8	150	112	250 (150)			
Д2И	2—5,5	16	100	75	250 (100)			
Д9А	10	25	10	10	250 (10)	1—2	40	+70
Д9Б	90	40	10	10	250 (10)			
Д9В	10	20	30	20	250 (30)			
Д9Г	30	30	30	20	250 (30)			
Д9Д	60	30	30	20	250 (30)			
Д9Е	80	20	50	30	250 (50)			
Д9Ж	30	15	100	45	250 (100)			
Д101, Д104	2 ¹	50	100	—	30	0,5	200 ³	+150
Д101А, Д104А	1 ¹	75	100	—				
Д102, Д105	2 ¹	50	75	—				
Д102А, Д105А	1	75	75	—				
Д103, Д106	2 ¹	50	30	—				
Д103, Д106А	1	75	30	—				

¹ При $U_{обр} = + 2 в.$ ² При обратном напряжении, $в$ (в скобках).³ Для диодов Д104 — Д106А $f_{гр} = 600 Мгц.$

Т а б л и ц а 7-28

Основные данные выпрямительных плоскостных диодов

Тип диода	I_0, a	$U_{обр}, в$	$U_{пр}, в$	$I_{обр}, ма$	$f_{гр}, кГц$	$t_{макс}, ^\circ C$
Д7А, ДГЦ-21	0,3	50	0,5	1	50	+70
Д7Б, ДГЦ-22	0,3	100	0,5	1		
Д7В, ДГЦ-23	0,3	150	0,5	1		
Д7Г, ДГЦ-24	0,3	200	0,5	1		
Д7Д, ДГЦ-25	0,1	300	0,3	1		
Д7Е, ДГЦ-26	0,1	350	0,3	1		
Д7Ж, ДГЦ-27	0,1	400	0,3	1		
Д202	0,1	100	1,5	0,5	50	+125
Д203	0,1	200	1,5	0,5		
Д204	0,1	300	1,5	0,5		
Д205	0,1	450	1,5	0,5		
Д302	1	200	0,25	1		
Д303	3	150	0,3	1	—	+70
Д304	5	100	0,3	3		
Д305	10	50	0,35	3		
Д206	0,1	100	1	0,1		
Д207	0,1	200	1	0,1		
Д208	0,1	300	1	0,1	—	+125
Д209	0,1	400	1	0,1		
Д210	0,1	500	1	0,1		
Д211	0,1	600	1	0,1		

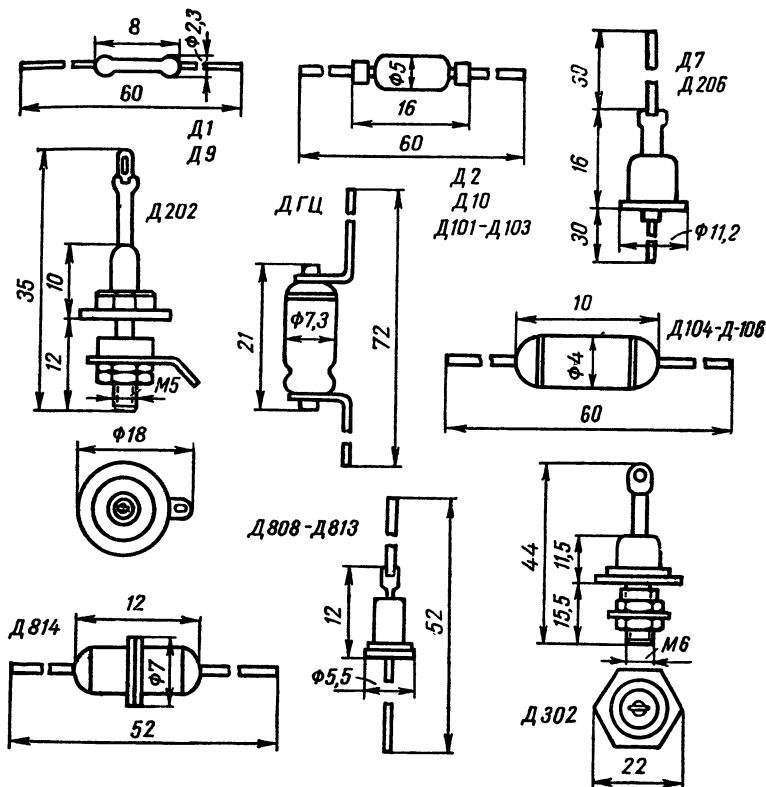


Рис. 7-6. Габаритные чертежи полупроводниковых диодов.

диодов, а их габаритные чертежи и схемы расположения выводов — на рис. 7-6. Некоторые типы диодов, вследствие их малых размеров, маркируются цветной точкой на корпусе: красная точка у диодов Д9Б, Д104А;

оранжевая — у Д9В, Д102А, Д105А; желтая — у Д9Г, Д102, Д105; белая — у Д9Д, Д101, Д104; голубая — у Д9Е, Д103, Д106; зеленая — у Д9Ж, Д103А, Д106А. Диоды Д9А и Д101А не имеют цветной точки.

Справочные сведения о стабилитронах (полупроводниковых) приведены в табл. 6-8, а их габаритные чертежи — на рис. 7-6.

7-5. Резисторы

Резисторы — это электрические сопротивления. Термин «резистор» введен для того, чтобы разделить два понятия сопротивления: физическое свойство и элемент схемы. Таким образом, резистор, как элемент схемы, обладает сопротивлением.

В зависимости от материала, используемого для изготовления, различают 2 вида резисторов: проволочные и непроволочные. Непроволочные резисторы, имеющие меньшие размеры, вес и стоимость, получили наибольшее распространение в радиоэлектронных схемах.

Оба вида резисторов могут быть постоянными, или нерегулируемыми, сопротивление которых не должно изменяться, и переменными, или регулируемыми, сопротивление которых должно изменяться в определенных пределах.

Основными параметрами резисторов являются: номинальная величина (номинал) сопротивления $R_{\text{ном}}$ (ом, ком, Мом, Гом) — значение сопротивления, обозначенное на резисторе и соответствующее ряду номинальных величин сопротивлений, установленных ГОСТ. Ряд номинальных сопротивлений, при различных отклонениях номинального сопротивления, установленных ГОСТ 2825—60 (для постоянных резисторов), приведен в табл. 7-29. Для переменных резисторов

Таблица 7-29

Резисторы постоянные. Ряды номинальных сопротивлений

Допускаемые отклонения, %											
±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5
ом			ом, ком, Мом, Гом								
0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
		0,11			1,1			11			110
		0,12			1,2			12			120
0,15	0,15	0,13	1,5	1,5	1,3	15	15	13	150	150	130
		0,15			1,5			15			150
		0,16			1,6			16			160
		0,18			1,8			18			180
0,22	0,22	0,18	2,2	2,2	2,0	22	22	20	220	220	200
		0,20			2,2			22			220
		0,22			2,4			24			240
		0,24			2,7			27			270
		0,27			3,0			30			300
0,33	0,33	0,30	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		0,33			3,6			36			360
		0,36			3,9			39			390
		0,39			4,3			43			430
0,47	0,47	0,43	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
		0,47			5,1			51			510
		0,51			5,6			56			560
		0,56			6,2			62			620
0,68	0,68	0,62	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		0,68			7,5			75			750
		0,75			8,2			82			820
		0,82			9,1			91			910
		0,91									

ГОСТ 10318—62 устанавливает ряд номинальных сопротивлений: 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8, который распространяется на переменные непроволочные резисторы от 1 *ом* до 10 *Мом*. Номинальные величины 1,0; 2,2 и 4,7 являются предпочтительными;

допуск — наибольшее допускаемое отклонение действительной величины сопротивления от номинальной, устанавливаемое ГОСТ. В массовой радиоаппаратуре применяются постоянные резисторы с допусками ± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$ (что соответствует I, II и III классам точности) и переменные резисторы с допусками ± 10 ; ± 20 и $\pm 30\%$;

номинальная мощность рассеяния $P_{\text{ном}}$, *вт* — максимально допускаемая мощность, которую резистор может рассеивать при непрерывной электрической нагрузке, при температуре окружающей среды, не превышающей номинальную, и при нормальном атмосферном давлении, с учетом того, что напряжение на резисторе не превышает предельного. Номинальные величины P установлены ГОСТ 9663—61. В массовой радиоаппаратуре применяются резисторы с номинальными мощностями рассеяния: 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 5 и 10 *вт*;

предельное напряжение — различают: а) наибольшее напряжение, при котором резистор может надежно работать (без перегрева), U , *в*; это напряжение определяется $P_{\text{ном}}$ и $R_{\text{ном}}$ ($U_{(в)} = \sqrt{P_{\text{ном (вт)}} R_{\text{ном (ом)}}}$), и б) наибольшее рабочее напряжение $U_{\text{макс}}$, *в*, при превышении которого возникает электрическое перекрытие между частями резистора; это напряжение зависит от длины резистора. Напряжение U , рассчитанное по формуле, не должно превышать $U_{\text{макс}}$;

собственные шумы — шумы непроволочных резисторов оценивают по величине, возникающей на выводах резистора переменной э. д. с. шумов, отнесенной к 1 *в*

приложенного к резистору напряжения постоянного тока. По величине э. д. с. шумов постоянные резисторы делятся на 2 группы: А — э. д. с. шумов не более 1 мкв/в и Б — э. д. с. шумов не более 5 мкв/в;

температурный коэффициент сопротивления — ТКС (% на 1°С) — величина относительного изменения сопротивления при изменении температуры на 1°С (в качестве исходной принята температура 20°С). Если при увеличении температуры сопротивление увеличивается, то ТКС положительный (обозначается знаком +), а если уменьшается, то ТКС отрицательный (обозначается знаком —). Для непроволочных резисторов общего применения ТКС не превышает 0,2% на 1°С.

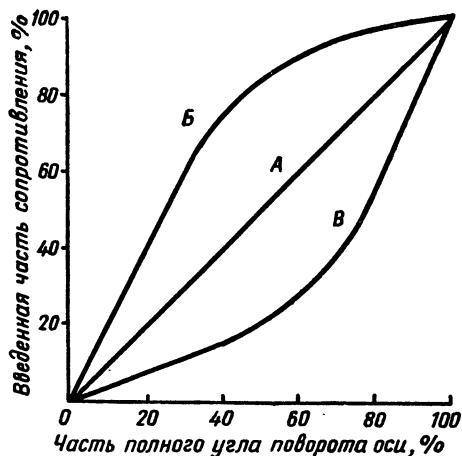
Таблица 7-30

Основные данные постоянных непроволочных резисторов

Тип резистора	$R_{\text{ном}}$, <i>вт</i>	Пределы $R_{\text{ном}}$		$U_{\text{макс}}$, <i>кв</i>	Размеры корпуса, <i>мм</i>	
		от <i>ом</i>	до <i>Мом</i>		диаметр <i>d</i>	длина <i>l</i>
BC-0,25	0,25	27	5,1	0,35	5,4	18,5
BC-0,5	0,5	27	10,0	0,5	5,4	28,5
BC-1	1	47	10,0	0,7	7,2	32,5
BC-2	2	47	10,0	1,0	9,5	53,0
BC-5	5	47	10,0	1,5	18,5	77
BC-10	10	47	10,0	3,0	28,5	123
УЛМ-0,125	0,125	27	1,0	0,1	1,5	6,5
МЛТ-0,125	0,125	51	2,2	0,2	2,0	6
МЛТ-0,25	0,25	100	3,0	0,25	2,8	7
МЛТ-0,5	0,5	100	5,0	0,35	4,2	10,8
МЛТ-1	1	100	10,0	0,5	6,6	13
МЛТ-2	2	100	10,0	0,75	8,6	18,5

Рис. 7-7. Зависимость величины сопротивления переменного резистора (в процентах от полного сопротивления) от угла поворота его оси:

А — линейный резистор; Б — логарифмический; В — обратно логарифмический.



Собственные индуктивность и емкость резистора приводят к зависимости величины сопротивления от частоты. Непроволочные сопротивления имеют ничтожно малую индуктивность и весьма небольшую емкость (до $0,5 \text{ пф}$), однако на ВЧ благодаря их влиянию кажущееся сопротивление резисторов (Z) заметно изменяется. Так, например, сопротивление резисторов типа МЛТ на частотах $50\text{—}60 \text{ МГц}$ уменьшается приблизительно в 5 раз.

Для переменных резисторов кроме указанных основных параметров важен еще и закон изменения сопротивления от угла поворота подвижного контакта. По характеру изменения сопротивления между крайними и средним выводами от угла поворота переменные резисторы делятся на 3 группы (рис. 7-7): линейные (А), логарифмические (Б) и обратно логарифмические (В). Линейные резисторы (А) используются главным образом в ре-

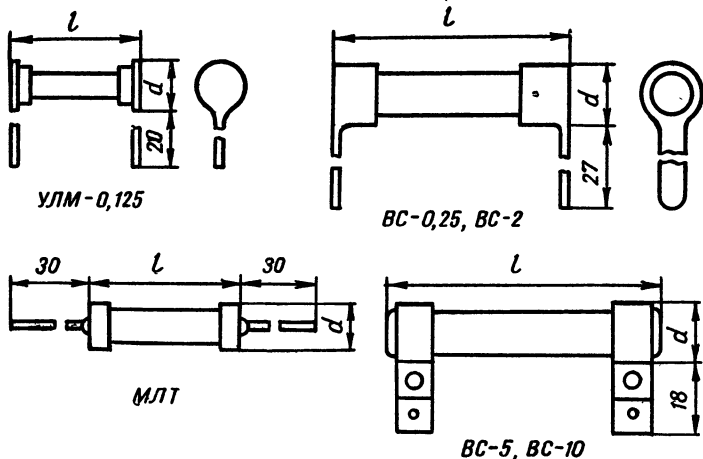


Рис. 7-8. Габаритные чертежи постоянных непроволочных резисторов.

гуляторах тембра, а обратно логарифмические (В) — в регуляторах громкости.

Наиболее широко используются **постоянные непроволочные резисторы** 3 типов: ВС (влагостойкие сопротивления); УЛМ (углеродистые лакированные малогабаритные) и МЛТ (металлизированные лакированные теплоустойчивые). Габаритные чертежи этих резисторов приведены на рис. 7-8, а основные данные — в табл. 7-30.

Резисторы типа ВС выпускаются 6 видов, отличающихся по мощности рассеяния; изготавливаются с допусками $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ и $\pm 20\%$; имеют температурный коэффициент сопротивления (ТКС) от $-0,05$ до $-0,2\%$ (в интервале температур от -60 до $+100^\circ\text{C}$). Стержень сопротивления вместе с контактными колпачками или

хомутиками покрыт влагостойкой эмалью зеленого цвета.

Резисторы типа УЛМ по своему устройству аналогичны резисторам ВС-0,25, но имеют значительно меньшие размеры и поэтому широко используются в транзисторной аппаратуре. Изготавливаются на мощность рассеяния 0,125 Вт с допусками ± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$. Имеют ТКС от $-0,08$ до $-0,12\%$ (до 0,25 Мом) и от $-0,12$ до $-0,2\%$ (более 0,25 Мом) в интервале температур от -60 до $+100^\circ\text{C}$.

Резисторы типа МЛТ выпускаются 5 видов, отличающихся по мощности рассеяния. Изготавливаются с допусками ± 5 , ± 10 и $\pm 20\%$. Имеют ТКС порядка $-0,07\%$ (до 1,0 Мом) и порядка $-0,1\%$ (более 1,0 Мом) в интервале температур от -60 до $+120^\circ\text{C}$. Резисторы окрашены в красный цвет. По сравнению с резисторами типа ВС при одинаковой мощности рассеяния имеют меньшие размеры и способны работать при более высокой температуре. Однако изменение величины сопротивления у МЛТ становится заметным на более низких частотах. Например, на частоте 10 МГц у МЛТ-0,5 величина сопротивления снижается примерно на 30%, а у ВС-0,5 — примерно на 10%.

В радиолюбительской практике обычно применяют постоянные резисторы с допусками ± 10 и $\pm 20\%$. Резисторы с допусками $\pm 20\%$ используются в цепях радиовещательной аппаратуры, в которых даже относительно большие изменения сопротивления мало влияют на режим работы схемы. К таким цепям относятся: цепи управляющих сеток ламп — каскадов УВЧ, УПЧ, одноконтурного выходного каскада УНЧ, электронно-светового индикатора настройки, сигнальных сеток ламп преобразователей частоты, диодного АМ детектора, коллекторные цепи транзисторов. В остальных цепях используют

резисторы с допусками $\pm 10\%$. Для выбора типа резистора (по мощности рассеяния) должен быть известен протекающий через него ток или задано рабочее напряжение.

Проволочные эмалированные резисторы используются в цепях с большим током, главным образом в блоках питания. В основном применяют резисторы 2 типов: ПЭ (проволочные эмалированные) и ПЭВ (проволочные эмалированные влагостойкие). Габаритные чертежи этих резисторов показаны на рис. 7-9, а основные данные приведены в табл. 7-31.

Резисторы типа ПЭ выпускаются 7 видов, отличающихся по мощности, а типа ПЭВ — 12 видов. Оба типа резисторов изготавливаются с допусками ± 5 и $\pm 10\%$. Проволочная обмотка резисторов покрыта сверху стекловидной эмалью коричневого или зеленого цветов. Резисторы крепятся при помощи болтов или шпилек, пропускаемых сквозь внутреннее отверстие трубки. Выводные концы резисторов типа ПЭ выполнены в виде гибких многожильных жгутов из мягкой медной проволоки. У резисторов типа ПЭВ выводными концами служат латунные пластинки с отверстиями для подпайки к ним внешних проводов схемы.

В радиолыбительской практике используются **переменные непроволочные резисторы** (потенциометры) типов: СП (сопротивление переменное); СПО (сопротивление переменное объемное); ТК (тон-контроль); ВК (волюм-контроль) и др. Габаритные чертежи некоторых переменных резисторов показаны на рис. 7-10, а их основные данные приведены в табл. 7-32.

Резисторы типа СП конструктивно делятся на 5 видов: СП I — одинарный без стопора оси; СП II — одинарный со стопором оси; СП III — сдвоенный без стопора оси; СП IV — сдвоенный со стопором оси и СП V —

без стопора оси и фиксаторов корпуса. Выпускаются с допусками $\pm 20\%$ (до 0,25 Мом) и $\pm 30\%$ (более 0,25 Мом). Конец осей резисторов выполняется со шли-

Таблица 7-31

Основные данные проволочных эмалированных резисторов

Вид резистора	$R_{\text{ном}}, \text{от}$	Пределы $R_{\text{ном}}$		Размеры корпуса, мм	
		от ом	до ком	диаметр d	длина l
ПЭ-7,5	7,5	3,0	5,1	14	41
ПЭ-15	15	3,0	5,1	16	51
ПЭ-20	20	2,4	5,1	20	51
ПЭ-25	25	4,7	5,6	25	51
ПЭ-50	50	1,0	16	25	92
ПЭ-75	75	1,0	30	25	163
ПЭ-150	150	1,0	51	33	219
ПЭВ-2,5	2,5	43	0,43	14	27
ПЭВ-3	3	3,0	0,51	16	27
ПЭВ-7,5	7,5	1,0	3,3	16	36
ПЭВ-10	10	1,8	10	16	42
ПЭВ-15	15	3,9	15	19	46
ПЭВ-20	20	4,7	20	19	52
ПЭВ-25	25	10	24	23	52
ПЭВ-30	30	10	30	23	73
ПЭВ-40	40	18	51	23	89
ПЭВ-50	50	18	51	39	92
ПЭВ-75	75	47	56	32	143
ПЭВ-100	100	47	56	32	173

Таблица 7-32

Основные данные переменных непровольочных резисторов

Тип резистора	Характер за- вязи- мости	Пределы $R_{ном}$	$P_{ном}$, вт	$U_{макс}$, кв	$D_{макс}$, мм
СП	А Б, В	470 ом — 5,0 Мом	0,5; 1; 2	0,4	29
СПО-0,15	А	5 ком — 2,5 Мом	0,25; 0,5; 1	0,35	
СПО-0,5	А	100 ом — 1,0 Мом	0,15	0,16	9,6
СПО-1	А	100 ом — 1,0 Мом	0,5	0,25	15,6
СПО-2	А	51 ом — 4,7 Мом	1	0,5	21,0
ТК	А	47 ом — 4,7 Мом	2	0,6	28,0
	А	2,5 ком — 7,5 Мом	0,5	0,35	34
ВК	Б	15 ком — 2,0 Мом	0,2	0,2	34
	Б	15 ком — 2,0 Мом	0,4	0,35	
	В	36 ком — 2,0 Мом	0,2	0,2	
	В	36 ком — 2,0 Мом	0,4	0,35	
СПЗ-7	А	5 ком; 1 и 2,5 Мом	0,125	0,2	26
	В	5; 10; 100; 470 ком; 1; 2,2 Мом	0,125	0,2	
СПЗ-8	А	22 ком; 2,2 Мом	0,5	0,35	34
	В	10; 470 ком	0,25	0,2	
СПЗ-12	А	2,2 ком — 2,2 Мом	0,25	—	30
	В	4,7 ком — 2,2 Мом	0,125	—	

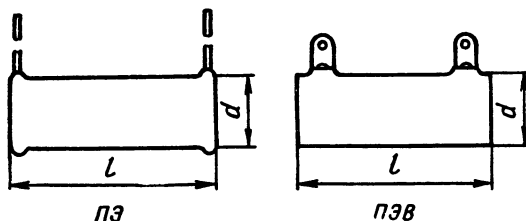


Рис. 7-9. Габаритные чертежи проволочных эмалированных резисторов.

цем (под отвертку) или с лыской для закрепления ручек управления.

Резисторы типа СПО отличаются малыми габаритами и высокой влагостойкостью. Выпускаются 4 видов, отличающихся мощностью рассеяния. Имеют допуски ± 10 и $\pm 20\%$. Полный угол вращения осей около 290° . Изготавливаются только с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота оси (зависимость А).

Резисторы типов ВК и ТК относятся к потенциометрам старых выпусков. Имеют диаметр, примерно в 1,5 раза превышающий диаметр СП. Резисторы ВК изготавливаются без выключателя, а ТК — с выключателем, срабатывающим в начале поворота оси. Полный угол вращения осей — около 250° .

К новым типам переменных резисторов относятся: СПЗ-7, СПЗ-8 и СПЗ-12.

Резисторы типа СПЗ-7 предназначены для стереофонических двухканальных радиоприемников и УНЧ. Состоят из двух переменных резисторов, управляемых общей осью. Для регулирования тембра выпускаются с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота (зависимость А), а для регулирования громкости — с зависимостью В. Резисторы 0,47 Мом изготов-

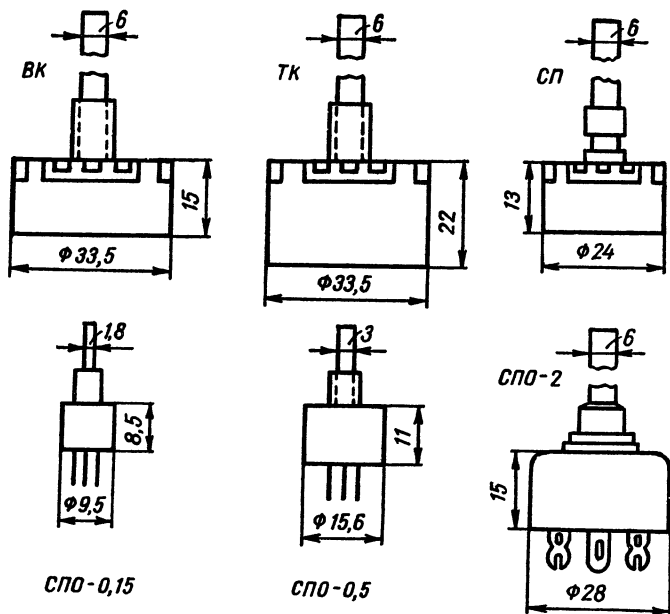


Рис. 7-10. Габаритные чертежи переменных резисторов.

ляют с двумя дополнительными отводами для тонкорекции. Величина сопротивления до первого отвода составляет от 2 до 8%, а до второго — от 20 до 40% полной величины сопротивления.

Резисторы типа СПЗ-8 предназначены для автомобильных радиоприемников и представляют собой агрегат, состоящий из переменного резистора — регулятора тембра (зависимость А), переменного резистора — регулятора громкости (зависимость В) и выключателя питания. Второй резистор изготавливается с дополнитель-

ным отводом для тонкоррекции. Сопротивление до отвода составляет от 20 до 40% полной величины сопротивления.

Резисторы типа СПЗ-12 предназначены для регулирования громкости и тембра в радиоприемниках и радиолax I—II классов. По конструкции — это одинарный переменный резистор без выключателя источника питания. Выпускаются для регулирования громкости (зависимость В) и тембра (зависимость А). Резисторы для регулирования громкости выпускаются с одним или двумя дополнительными отводами для тонкоррекции или без отводов.

7-6. Конденсаторы

Конденсаторы делятся на 3 группы: постоянной емкости, у которых не предусмотрено изменение емкости в процессе их эксплуатации; полупеременные, или подстроечные, емкость которых может изменяться в небольших пределах (5—6 раз); переменной емкости, у которых емкость может изменяться в широких пределах (до 50—60 раз).

В зависимости от материала диэлектрика конденсаторы постоянной емкости бывают бумажные, металлобумажные, электролитические, слюдяные, пленочные, керамические и др. Переменные конденсаторы могут быть с воздушным и твердым диэлектриком, а подстроечные — с воздушным диэлектриком и керамические.

Конденсаторы постоянной емкости применяются в качестве элементов колебательных контуров; элементов связи; для компенсации изменения параметров других элементов контура при воздействии температуры; для сопряжения контуров; в качестве разделительных, блокировочных, развязывающих, фильтрующих и др. эле-

ментов. Разнообразие функций привело к созданию большого количества типов конденсаторов. Конденсаторы переменной емкости используются для плавной настройки колебательных контуров в заданном диапазоне частот, а подстроечные конденсаторы — в высокочастотных цепях для подстройки колебательных контуров и изменения величины связи между цепями.

Конденсаторы постоянной емкости. Основными параметрами конденсаторов постоянной емкости являются: номинальная величина (номинал) емкости $C_{\text{ном}}$, пф, мкф — значение емкости, обозначенное на конденсаторе и соответствующее ряду номинальных величин емкостей, установленных ГОСТ. Ряд номинальных емкостей при различных допускаемых отклонениях, установленных ГОСТ 2519—60, приведен в табл. 7-33;

допуск — наибольшее допускаемое отклонение действительной величины емкости от номинальной, устанавливаемое ГОСТ. В массовой радиоаппаратуре применяются конденсаторы с допусками $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ и $\pm 20\%$, что соответствует I, II и III классам точности;

номинальное напряжение $U_{\text{раб}}$, в — наибольшее напряжение, при котором конденсатор способен надежно и длительно работать, сохраняя свои параметры при всех установленных для него рабочих температурах. Обычно указывается номинальное напряжение постоянного тока. Допускаемое напряжение переменного тока в 1,5—2 раза меньше;

сопротивление изоляции $R_{\text{из}}$, $M\Omega$ — сопротивление, измеренное между выводами обкладок конденсатора при подаче на них напряжения постоянного тока 100 в. Характеризует качество диэлектрика. Исправные керамические и слюдяные конденсаторы в нормальных условиях имеют $R_{\text{из}}$ порядка десятков и сотен тысяч $M\Omega$, а бумажные — сотен и тысяч $M\Omega$;

Таблица 7-33

Конденсаторы электрические. Ряды номинальных емкостей

Допускаемые отклонения, %															
$n\phi$												$m\phi$			
± 20	± 10	± 5	± 20	± 10	± 5	± 20	± 10	± 5	± 20	± 10	± 5	± 10	± 5	± 10	± 20
1,0	1,0	1,0	1,0	10	100	100	100	100	1000	1000	1000	0,010	0,010	0,1	10
		1,1		11	110										
	1,2	1,2		12	120		1200					0,012			
		1,3		13	130										
1,5	1,5	1,5	15	150	150	1500	1500					0,015	0,015	1,5	15
		1,6		16	160										
	1,8	1,8		18	180		1800					0,018			
		2,0		20	200										
2,2	2,2	2,2	22	220	220	2200	2200					0,022	0,022	2,2	22
		2,4		24	240										
	2,7	2,7		27	270		2700					0,027			
		3,0		30	300										
3,3	3,3	3,3	33	330	330	3300	3300					0,033	0,033	3,3	33
		3,6		36	360										
	3,9	3,9		39	390		3900					0,039			

Продолжение таблицы 7-33

Допускаемые отклонения, %													
пф										мкф			
±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10
±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10
4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1

Примечание. Приведенные в табл. величины номинальных емкостей не распространяются на электролитические конденсаторы. Для электролитических конденсаторов величины номинальных емкостей должны соответствовать: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 и 5000 мкф. Допускаемые отклонения ± 10 и ± 20%.

Таблица 7-34

Номинальные значения и условные обозначения групп по температурному коэффициенту емкости (ТКЕ) в интервале температур от +20 до +85°С

Номинальное значение ТКЕ на 1° С	Условное обозначение группы и ее маркировка на корпусе конденсатора		
	буквами и цифрами	цветным кодом	
		цвет покрытия корпуса кон- денсатора	цвет маркиро- вочной точки
Конденсаторы с диэлектриком из слюды			
$\pm 1000 \cdot 10^{-6}$	А		
$\pm 200 \cdot 10^{-6}$	Б		
$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	В		
$\pm 50 \cdot 10^{-6}$	Г		
Конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики			
$+120 \cdot 10^{-6}$	П120	Синий	—
$+33 \cdot 10^{-6}$	П33	Серый	—
$-33 \cdot 10^{-6}$	М33	Голубой	Коричневый
$-47 \cdot 10^{-6}$	М47	»	—
$-75 \cdot 10^{-6}$	М75	»	Красный
$-150 \cdot 10^{-6}$	М150	Красный	Оранжевый
$-220 \cdot 10^{-6}$	М220	»	Желтый
$-330 \cdot 10^{-6}$	М330	»	Зеленый
$-470 \cdot 10^{-6}$	М470	»	Синий
$-750 \cdot 10^{-6}(-700 \cdot 10^{-6})$	М750(М700)	»	—
$-1500 \cdot 10^{-6}(-1300 \cdot 10^{-6})$	М1500(М1300)	Зеленый	—

Примечание. Буква М — отрицательный; П — положительный.

тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$ — характеристика потерь на переменном токе в диэлектрике конденсатора. Величина, обратная $\operatorname{tg} \delta$, — добротность конденсатора Q_c ;

температурный коэффициент емкости — ТКЕ (10^{-6} на 1°C) — величина относительного изменения емкости конденсатора при изменении температуры на 1°C (в качестве исходной применяется температура 20°C). Если при увеличении температуры емкость увеличивается, то ТКЕ положительный (обозначается знаком $+$), а если уменьшается, то ТКЕ — отрицательный (обозначается знаком $-$). В табл. 7-34 приведены стандартизированные ТКЕ конденсаторов с диэлектриком из слюды и ВЧ керамики, а также указан способ маркировки таких конденсаторов;

собственная индуктивность L , мкГн — индуктивность обкладок и выводов конденсатора. Зависит от размеров обкладок и конструкции выводов. Ограничивает максимальную частоту, при которой может работать конденсатор.

Для электролитических конденсаторов используют дополнительные параметры:

максимально допускаемый ток утечки I_y , мкА — ток, измеренный между обкладками конденсатора при номинальном напряжении;

холодоустойчивость (морозостойкость) — характеризуется минимальной температурой, при которой емкость конденсатора снижается не более чем в 2 раза. По холодоустойчивости делятся на группы: Н — неморозоустойчивые (-10°C); М — морозоустойчивые (-40°C); ПМ — повышенной морозоустойчивости (-50°C) и ОМ — особо морозоустойчивые (-60°C). Последние 2 группы не применяются в радиолобительской практике.

Бумажные конденсаторы используются в качестве развязывающих, блокировочных, разделительных и

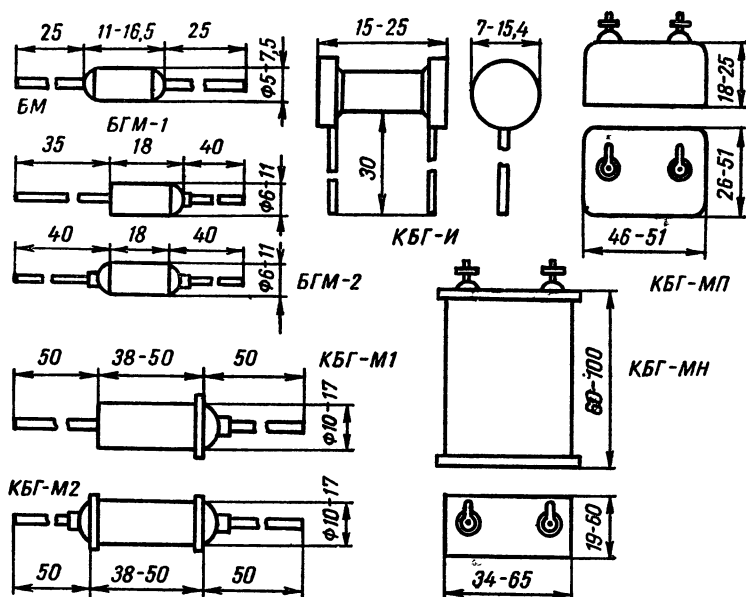


Рис. 7-11. Габаритные чертежи бумажных конденсаторов.

фильтрующих элементов в различных цепях с постоянным и переменным НЧ напряжением. Конденсаторы небольшой емкости (до 0,1 мкф) иногда применяют в ВЧ каскадах (в блокировочных и развязывающих цепях). Выпускаются в разнообразном конструктивном оформлении, на различные номинальные емкости и напряжения.

Наиболее широко используются бумажные конденсаторы типов: КБГ (конденсаторы бумажные герметизированные); БМ (бумажные малогабаритные); БГМ (бумажные герметизированные малогабаритные) и ВМГТ

(бумажные малогабаритные опрессованные). Габаритные чертежи этих конденсаторов приведены на рис. 7-11, а основные данные — в табл. 7-35.

Конденсаторы типа КБГ бывают 4 видов: КБГ-И — в цилиндрическом корпусе из изоляционного материала (керамика или стекло); КБГ-М1 и КБГ-М2 — в металлическом цилиндрическом корпусе; КБГ-МП —

Таблица 7-35

Основные данные бумажных конденсаторов

Тип конденсатора	$U_{\text{раб.}}$	$C_{\text{ном}}$	Допуск, %
КБГ-И	200	1000 пф — 0,1 мкф	± 10 ; ± 20
КБГ-М	200	0,04—0,25 мкф	± 5 ; ± 10 ; ± 20
	400	0,07—0,25 мкф	
	600	0,01—0,15 мкф	
КБГ-МП	200	0,5—2,0 мкф	± 5 ; ± 10 ; ± 20
	600	0,25—1,0 мкф	
КБГ-МН	200	1,0—10,0 мкф	± 5 ; ± 10 ; ± 20
	400	1,0—8,0 мкф	
	600	0,5—6,0 мкф	
БМ	150	0,033—0,47 мкф	± 10 ; ± 20
	200	3300 пф—0,022 мкф	
	300	470—2200 пф	
БГМ(К40П)	400	1000 пф—0,047 мкф	
БМГТ(К40П-1)	400	3900 пф—0,25 мкф	± 5 ; ± 10 ; ± 20
	600	470 пф—0,02 мкф	

в металлическом прямоугольном плоском корпусе и КБГ-МН — в металлическом прямоугольном корпусе (нормальном).

Т а б л и ц а 7-36

Основные данные металлобумажных конденсаторов

Тип конденса- тора	$U_{\text{раб}}, \text{в}$	$C_{\text{ном}}, \text{мкф}$	Допуск, %
МБГП	200	0,5—25,0	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
	400	0,25—10,0	
	600	0,1—10,0	
МБГЦ	200	0,25; 0,5; 1,0	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
	400	0,1; 0,25; 0,5	
	600	0,025; 0,05; 0,1	
МБГО	160	2,0—30,0	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
	300	1,0—30,0	
	400	1,0—20,0	
	500	0,5—20,0	
МБМ	160	0,05—1,0	$\pm 10; \pm 20$
	250	0,05—1,0	
	500	0,025—0,5	

Конденсаторы типов БМ и БМГТ (К40П-1) изготавливаются в цилиндрических корпусах. У конденсаторов БМГТ диаметр корпуса 7—16,8 мм, а длина 25—45 мм в зависимости от $C_{\text{ном}}$ и рабочего напряжения.

Конденсаторы типа БГМ (К40П) бывают 2 видов: БГМ-1 (К40П-2А) с одним изолированным вы-

водом и БГМ-2 (К40П-2Б) с двумя изолированными выводами.

Металлобумажные конденсаторы имеют значительно меньшие габариты, чем одинаковые с ними по номинальным емкости и напряжению бумажные, и обладают свойством самовосстанавливаться после электрического пробоя. Они обладают значительно меньшим сопротивлением изоляции и большими потерями по сравнению с бумажными конденсаторами. По сравнению с электролитическими эти конденсаторы имеют меньшую утечку, больший срок службы и более холодоустойчивы. Используются главным образом в малогабаритной аппаратуре и в качестве конденсаторов фильтра в блоках питания (большие емкости), а также в развязывающих фильтрах анодных цепей и в цепях экранирующих сеток электронных ламп.

Наиболее широко применяются металлобумажные конденсаторы типов: МБГ (металлобумажные герметизированные); МБГО (металлобумажные герметизированные однослойные) и МБМ (металлобумажные малогабаритные). Габаритные чертежи этих конденсаторов приведены на рис. 7-12, а основные данные — в табл. 7-36.

Конденсаторы типа МБГ бывают 2 видов: МБГП — в прямоугольном металлическом корпусе и МБГЦ — в цилиндрическом корпусе. В свою очередь конденсаторы МБГП имеют 3 разновидности, которые отличаются способом крепления (соответственно МБГП-1, МБГП-2 и МБГП-3), а конденсаторы МБГЦ — 2 разновидности: МБГЦ-1 (с одним изолированным выводом) и МБГЦ-2 (с двумя изолированными выводами). Конденсаторы МБГП выпускаются также в виде сдвоенных блоков ($2 \times 0,1$; $2 \times 0,25$ и $2 \times 0,5$ мкф).

Конденсаторы типа МБГО изготавливаются в

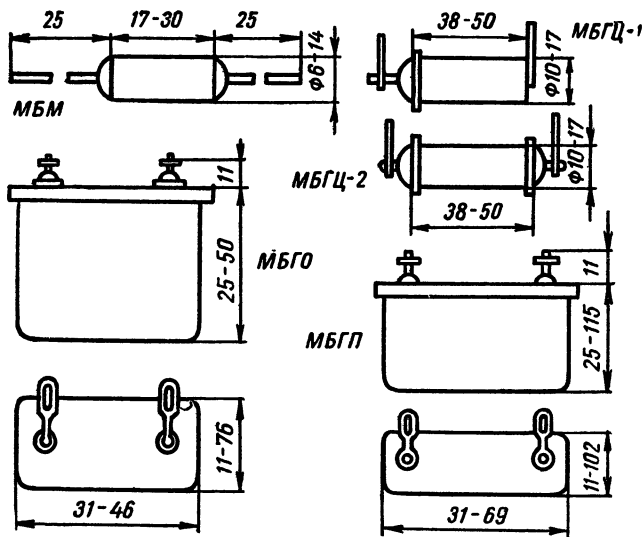


Рис. 7-12. Габаритные чертежи металлобумажных конденсаторов.

прямоугольных металлических корпусах и имеют 2 разновидности: МБГО-1 (без крепящих лапок) и МБГО-2 (с лапками для крепления). Конденсаторы МБГО имеют на много меньшие габариты, чем МБГП, но зато сопротивление изоляции у них значительно ниже и меньше надежность в эксплуатации.

Конденсаторы типа МБМ изготавливаются в металлических корпусах цилиндрической формы. При рабочих напряжениях до 160 в корпуса гладкие и имеют диаметр 6—14 мм и длину 17—30 мм; при напряжениях 250—1500 в корпуса завальцованы на концах и имеют диаметр 8,5—18 мм и длину 38—51 мм.

Электролитические конденсаторы могут работать только в цепях, где есть постоянная составляющая напряжения и только при включении определенной полярности. Имеют 2 обкладки (анод и катод). Катод (—) должен быть соединен с отрицательным полюсом постоянного напряжения, а анод (+) — с положительным. Применяются в основном для отфильтровывания переменных напряжений в сглаживающих фильтрах выпрямителей, в цепях развязок и блокировок. В транзисторных УНЧ используются также в качестве разделительных конденсаторов.

Достоинство электролитических конденсаторов — большая удельная емкость (малый объем на единицу емкости). Недостатки — большой ток утечки (особенно при перегреве), большая зависимость емкости от температуры (особенно при ее понижении) и от частоты (при частоте 10 кГц уменьшается на 25 %).

Наиболее широко применяются электролитические конденсаторы типов: КЭ (конденсаторы электролитические); КЭГ (конденсаторы электролитические герметизированные); ЭГЦ (электролитические герметизированные цилиндрические); ЭМ (электролитические малогабаритные); ЭМИ (электролитические миниатюрные) и К50-6. Конденсаторы ЭМ, ЭМИ, ЭГЦ и К50-6 используются в транзисторной аппаратуре. Габаритные чертежи этих конденсаторов показаны на рис. 7-13, а основные данные в табл. 7-37.

Конденсаторы типа КЭ изготавливаются в алюминиевых цилиндрических корпусах и имеют разновидности, отличающиеся конструктивным оформлением: КЭ-1а — без крепежной планки (крепится при помощи хомута, охватывающего его корпус); КЭ-1б — с планкой для крепления с помощью винтов с гайками; КЭ-2 — крепится гайкой и КЭ-3 — имеет 2 проволочных, 1 или 2 ле-

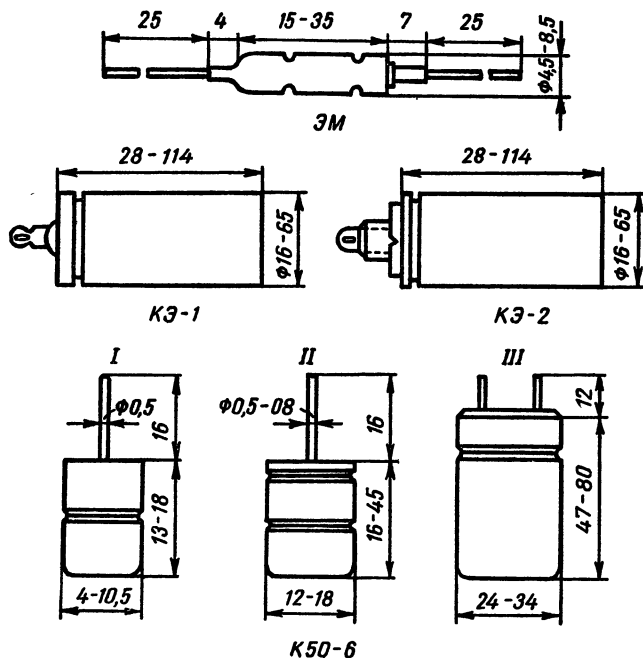


Рис. 7-13. Габаритные чертежи электролитических конденсаторов.

пестковых вывода. Во всех разновидностях корпус конденсатора служит катодным выводом.

Конденсаторы типа КЭГ имеют корпус из листовой стали. Анод выводится к контактной лепестку, расположенному на стеклянном изоляторе, а катод соединен с корпусом и выведен на лепесток.

Конденсаторы типа ЭМ выпускаются в виде алюминиевых гильз диаметром 4,3—8,5 мм и длиной 15—

Т а б л и ц а 7-37

Основные данные электролитических конденсаторов

Тип конденсатора	$U_{\text{раб}}, \text{в}$	$C_{\text{ном}}, \text{мкф}$
КЭ-1	8—500	8—2000
КЭ-2	8—500	5—2000
КЭ-3	8—450	2—100
КЭГ-1	8—500	2—500
КЭГ-2	12—500	5—2000
ЭМ	4	20,0; 25,0; 50,0
	6	5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 40,0
	10	3,0; 5,0; 10,0; 15,0; 30,0
	15	2,0; 10,0; 25,0
	20	3,0; 5,0; 15,0
	30	1,0; 2,0; 5,0; 10,0
	100	0,5; 1,0; 5,0
	150	1,0
ЭМИ	3	0,5; 1,25; 10,0
ЭГЦ	6—500	5—2000
К50-6	6—100	1—4000

35 мм. Катод конденсатора соединен с корпусом. Анодный вывод изолирован от корпуса резиновой втулкой. Второй проволоочный вывод служит для включения корпуса конденсатора в схему.

Конденсаторы типа ЭМИ имеют конструкцию, аналогичную ЭМ, но отличаются меньшими разме-

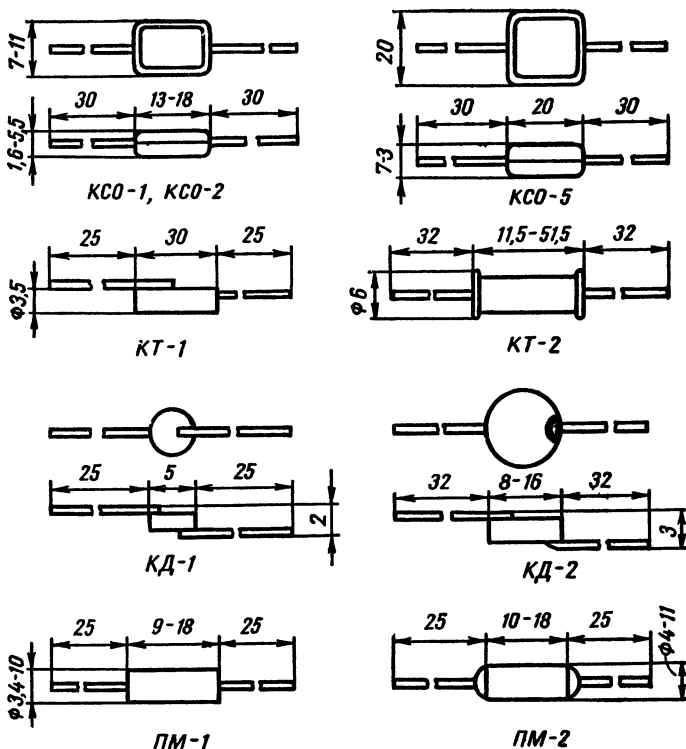


Рис. 7-14. Габаритные чертежи слюдяных, керамических и пленочных конденсаторов.

рами. Конденсатор 10 мкф имеет диаметр 3 мм и длину 10 мм.

Конденсаторы типа ЭГЦ изготавливаются в 2 вариантах: а — без крепежной планки и б — с планкой.

Конденсаторы типа К 50 - 6 выпускаются в цилиндрических алюминиевых корпусах в трех конструктивных вариантах: I и II предназначены для печатного монтажа, а III — предназначен для установки путем крепления корпуса. Корпус конденсатора снаружи покрывают грунтом и эмалью для изоляции и антикоррозийной защиты.

Слюдяные конденсаторы используются в качестве переходных, разделительных, блокировочных и в различных фильтрах. Характеризуются малыми потерями ($\operatorname{tg} \delta$ имеет величину порядка 0,001) и высоким сопротивлением изоляции (10 тысяч *Мом*); это дает возможность применять их в высокочастотных цепях.

Наибольшее распространение имеют слюдяные конденсаторы типа КСО (конденсаторы слюдяные опресованные пластмассой). В радиолюбительской практике применяют 3 разновидности этих конденсаторов: КСО-1; КСО-2 и КСО-5. Габаритные чертежи конденсаторов КСО показаны на рис. 7-14, основные данные приведены в табл. 7-38.

Таблица 7-38

Основные данные слюдяных конденсаторов

Тип конденсатора	$U_{\text{раб}}, \text{ в}$	$C_{\text{ном}}, \text{ пф}$	Группа ТКЕ	Допуск, %
КСО-1	250	51—750	Б, В, Г	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
КСО-2	500	100—2400	Б, В, Г	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
КСО-5	250 500	7500—10 000 470—8800	Б, В, Г	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$

Керамические конденсаторы изготавливаются из высокочастотной и низкочастотной керамики. Конденсаторы из высокочастотной керамики характеризуются малым $\operatorname{tg} \delta$ ($< 0,0012$ на частотах $0,5\text{—}1,5\text{ МГц}$) и широко используются в цепях высокой частоты. Конденсаторы из низкочастотной керамики (сегнетокерамические) обладают при тех же габаритах значительно большей емкостью, чем из высокочастотной керамики, но имеют намного большие диэлектрические потери. Поэтому они применяются в цепях, где потери не имеют большого значения (например, в цепях автоматического смещения), а также в транзисторной аппаратуре (так как имеют меньший объем, чем слюдяные и бумажные тех же номинальной емкости и напряжения).

Стандартизированные значения температурного коэффициента емкости (ТКЕ) керамических конденсаторов и способ их маркировки показаны в табл. 7-34. В зависимости от значения ТКЕ конденсаторы делятся на термостабильные, с малым значением ТКЕ, и термокомпенсирующие (окрашенные в красный и зеленый цвет), имеющие большое значение отрицательного ТКЕ. Термокомпенсирующие конденсаторы используются в колебательных контурах для повышения стабильности их частоты при изменении температуры.

Наибольшее распространение имеют керамические конденсаторы типов: КТ (конденсаторы трубчатые), КД (конденсаторы дисковые) и КЛС (керамические литые секционные). Их габаритные чертежи приведены на рис. 7-14. Керамические конденсаторы этих типов выпускаются как из высокочастотной, так и из низкочастотной керамики (табл. 7-39).

Низкочастотные керамические конденсаторы имеют группы ТКЕ Н50 и Н70. Это значит, что в интервале рабочих температур от -60 до $+85^\circ\text{C}$ допускаются изме-

Таблица 7-39

Основные данные керамических конденсаторов

Тип конденсатора	$U_{\text{раб. в}}$	$C_{\text{ном. пф}}$	Группа температурного коэффициента емкости
КД-1	100, 250	1—130	П120, П33, М47, М75, М700, М1300
КД-2	400, 500	1—270	
КТ-1	160, 250	1—560	
КТ-2	100, 500	2,2—2200	
КД-1	160	680—2200	Н70
КД-2	300	680—6800	
КТ-1	160	680—10 000	
КТ-2	300	680—3300	
КЛС-1	35	4700—33 000	Н50, Н70, М47, М75, М700, М1300
КЛС-2	70	51—10 000	
КЛС-3	125	20—3300	

нения емкости соответственно 50 и 70%. Корпуса конденсаторов окрашены в оранжевый цвет (с ТКЕ Н50 имеют синюю маркировочную точку на корпусе).

Конденсаторы типа КТ изготавливаются в виде трубок и имеют 2 основные разновидности: КТ-1, диаметром 2,6—3,5 мм и длиной корпуса 10—20 мм, и КТ-2, диаметром 5—6 мм и длиной корпуса 12—50 мм. КТ-1 имеют наибольшее применение в транзисторной аппаратуре.

Конденсаторы типа КД изготавливаются в виде дисков и имеют 2 разновидности: КД-1 (применяется

Т а б л и ц а 7-40

Основные данные переменных конденсаторов, применяемых в радиовещательных приемниках

Наименование радиоприемника	Количество секций конденсатора	Пределы изменения емкости, пф
Конденсаторы ламповых радиоприемников		
«Балтика»	2	12—540
«Восход»	2	12—495
«Москвич»	2	10—450
«Электросигнал-2»	2	11—450
«Латвия»	3	12—540
«Фестиваль»	3	15—525
«Ригонда», «Симфония»	3	9,5—518
Конденсаторы транзисторных радиоприемников		
«Алмаз»	2	7—240
«Альпинист»	2	9—250
«Атмосфера-2М»	2	9—270
«ВЭФ-Спидола-10»	2	10—365
«Нарочь»	2	8—400
«Соната»	2	9,5—260
«Сувенир», «Спорт-2»	2	9—280
«Эфир-М»	2	12—495

для транзисторной аппаратуры) и КД-2 (отличается большим рабочим напряжением и толщиной).

Конденсаторы типа КЛС изготавливаются 3 видов, отличающихся рабочим напряжением и окрас-

кой корпуса: КЛС-1 (зеленая окраска), КЛС-2 (фиолетовая), КЛС-3 (белая).

Пленочные конденсаторы применяются как в низкочастотных, так и в высокочастотных цепях в качестве конденсаторов связи, блокировочных и разделительных. Наибольшее распространение для радиовещательных приемников имеют пленочные конденсаторы типа ПМ (полистирольные малогабаритные). Габаритные чертежи этих конденсаторов показаны на рис. 7-14. Конденсаторы типа ПМ выпускаются 2 видов: ПМ-1 (открытые) и ПМ-2 (в герметизированных корпусах). $U_{\text{раб}}=60 \text{ в}$; $C_{\text{ном}} 100—9100 \text{ пф}$ и $0,01 \text{ мкф}$.

Конденсаторы переменной емкости в радиовещательных приемниках применяются в виде блоков, объединяющих 2 (или более) конденсатора, роторы которых собраны на одной оси. Поворот оси изменяет емкости всех

Таблица 7-41

Основные данные керамических подстроечных конденсаторов

Тип конденсатора	$U_{\text{раб}}, \text{ в}$	Пределы изменения емкости, пф
КПК-1	500	2—7; 4—15; 6—25; 8—30
КПК-2	500	6—60; 10—100; 25—150
КПК-3	500	75—200; 125—250; 200—325; 275—375; 350—450
КПК-5	500	25—150; 25—175
КПКТ	500	1—10; 2—15; 2—20; 2—25
КПКМ	350	4—15; 5—20; 6—25; 8—30

конденсаторов блока одновременно. В зависимости от числа секций блоки делятся на двух-, трех- и четырехсекционные.

Двухсекционные блоки конденсаторов переменной емкости с воздушным диэлектриком используются в радиовещательных приемниках II—IV классов. Оба конденсатора имеют одинаковые минимальную (C_{\min}) 10—17 *нф* и максимальную (C_{\max}) 450—540 *нф* емкости. Малогабаритные двухсекционные блоки имеют пределы изменения емкости 5—475 *нф*. Двухсекционные блоки конденсаторов переменной емкости с твердым диэлектриком, применяемые в транзисторных радиоприемниках, имеют C_{\min} 5—7 *нф* и C_{\max} — 170—270 *нф*.

Трехсекционные блоки, используемые в радиоприемниках высшего и I классов, имеют C_{\min} 10—13 *нф* и C_{\max} — 500—540 *нф*. Малогабаритные трехсекционные блоки (с воздушным диэлектриком) имеют пределы изменения емкости 3—500 *нф*.

Четырехсекционные блоки конденсаторов переменной емкости, применяемые в радиовещательных приемниках, имеют 2 секции с пределами изменения емкости 11—494 *нф* и 2 секции — с пределами изменения емкости 5,7—16,2 *нф* (для диапазона УКВ).

Данные некоторых конденсаторов переменной емкости, используемых в радиовещательных приемниках, приведены в табл. 7-40.

Подстроечные конденсаторы. Наиболее распространены керамические конденсаторы 3 типов: КПК (конденсаторы подстроечные керамические); КПКТ (подстроечные керамические трубчатые) и КПКМ (подстроечные керамические малогабаритные). Габаритные чертежи этих конденсаторов показаны на рис. 7-15, а основные данные — в табл. 7-41.

Конденсаторы типа КПК изготавливаются

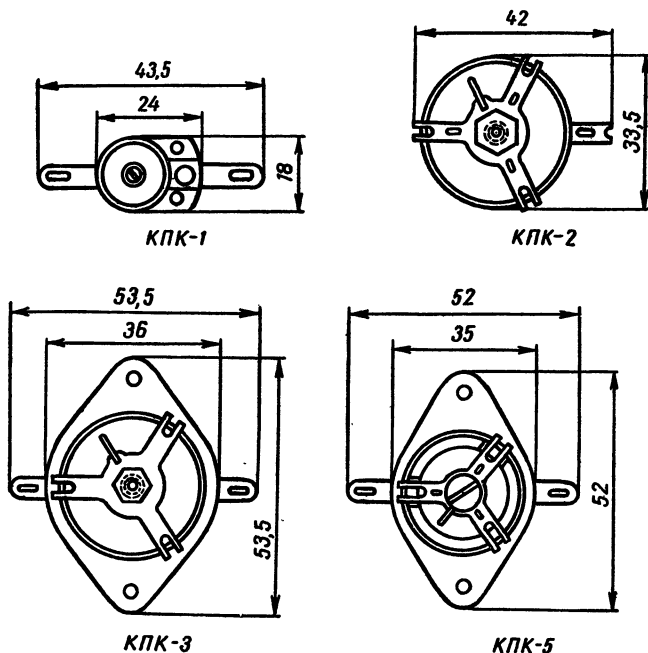


Рис. 7-15. Габаритные чертежи подстроечных конденсаторов.

4 видов: КПК-1 (диаметр ротора около 18 мм); КПК-2, КПК-3 и КПК-5 (диаметр ротора около 33 мм).

Конденсаторы КПКТ предназначены для радиовещательных приемников.

Конденсаторы типа КПКМ изготавливаются в 2 вариантах: Н — для навесного монтажа и П — для печатного.

7-7. Трансформаторы

Трансформаторы, применяемые в радиоаппаратуре, делятся на силовые и сигнальные. Силовые трансформаторы используются в блоках питания, а сигнальные — в усилителях низкой частоты. Трансформаторы, предназначенные для малогабаритной или переносной аппаратуры, где важны малый вес и размеры, называют трансформаторами наименьшего веса. Трансформаторы для стационарной аппаратуры, где важна их низкая стоимость, называют трансформаторами наименьшей стоимости. По мощности различают трансформаторы: малой (до 1 *вт*); средней (до 1 *квт*) и большой мощности (более 1 *квт*).

Основными частями трансформатора являются магнитопровод (сердечник) из ферромагнитного материала и расположенные на нем обмотки из медного изолированного провода.

Магнитопроводы могут быть наборные и витые. Наборные собираются из отдельных штампованных пластин и бывают 2 типов — броневого и стержневого (рис. 7-16, *а, б*). Для сборки броневых сердечников применяют пластины Ш-образной формы. При необходимости создать в магнитопроводе немагнитный зазор при сборке сердечника используют перемиčky (рис. 7-16, *в*). Если зазор не требуется, то сборка пластин производится «вперекрышку» (рис. 7-16, *г*). Для сборки стержневых сердечников применяют пластины Г-образной формы. Витые магнитопроводы навиваются из ленты магнитного материала нужной ширины и толщины и бывают также броневого (рис. 7-16, *д*) и стержневого.

Трансформаторы с магнитопроводами броневой конструкции применяются при мощностях до 1 *квт*, так как наиболее просты и дешевы в производстве. При мощностях более 1 *квт* применяются трансформаторы со стерж-

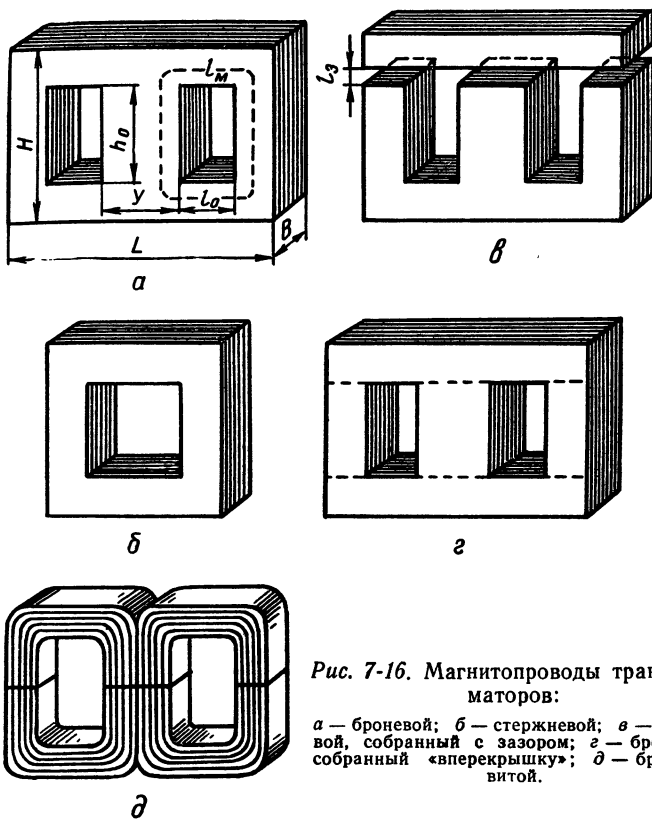


Рис. 7-16. Магнитопроводы трансформаторов:

а — броневой; б — стержневой; в — броневой, собранный с зазором; г — броневой, собранный «вперекрышку»; д — броневой витой.

невыми магнитопроводами, потому что при такой конструкции улучшаются условия охлаждения, снижается индуктивность рассеяния и облегчается симметрирование двухтактных схем.

Т а б л и ц а 7-42

**Материалы, используемые для магнитопроводов
трансформаторов**

Тип трансформатора	Материал сердечника для трансформаторов	
	наименьшего веса	наименьшей стоимости
Силовой	Электротехническая сталь Э41 и Э11	Электротехническая сталь Э310
Малой мощности (без подмагничивания)	Пермаллой Н80ХС, Н79М4	Электротехническая сталь Э46, Э310, Э330
Малой мощности (с подмагничиванием)	Пермаллой Н45, Н50ХС	Электротехническая сталь Э310, Э330, Э42, Э43
Средней и большой мощности	Электротехническая сталь Э310, Э330, Э42, Э43	

Т а б л и ц а 7-43

Некоторые данные броневых сердечников типа УШ

Тип	$S_{ст}, \text{см}^2$	$l_m, \text{см}$	$l_b, \text{см}$	A
УШ 10×10	0,9	5,7	5,8	4,4
УШ 10×15	1,3	5,7	6,8	5,5
УШ 10×20	1,8	5,7	7,8	6,2
УШ 12×12	1,3	6,7	7,0	7,0
УШ 12×18	1,9	6,7	8,2	8,6
УШ 12×24	2,6	6,7	9,4	9,8

Продолжение таблицы 7-43

Тип	$S_{\text{ст}}, \text{см}^2$	$l_{\text{м}}, \text{см}$	$l_{\text{в}}, \text{см}$	A
УШ 16×16	2,3	9,0	9,3	12
УШ 16×24	3,5	9,0	10,9	15
УШ 16×32	4,6	9,0	12,5	17
УШ 19×19	3,2	10,6	11,0	19
УШ 19×28	4,9	10,6	12,8	24
УШ 19×38	6,5	10,6	14,8	27
УШ 22×22	4,4	12,4	13,0	27
УШ 22×33	6,6	12,4	15,2	34
УШ 22×44	8,8	12,4	17,4	38
УШ 26×26	6,2	14,7	15,4	40
УШ 26×39	9,3	14,7	18,0	50
УШ 26×52	12,4	14,7	20,6	57

Таблица 7-44

Некоторые данные броневых сердечников типа Ш

Тип	$S_{\text{ст}}, \text{см}^2$	$l_{\text{м}}, \text{см}$	$l_{\text{в}}, \text{см}$	A
Ш 3×4	0,1	2,65	2,3	0,46
Ш 3×6,3	0,16	2,65	2,8	0,6
Ш 4×5	0,17	3,4	3,0	0,8
Ш 4×8	0,27	3,4	3,7	1,1
Ш 5×6,3	0,27	4,25	3,8	1,3
Ш 5×10	0,42	4,25	4,5	1,7

Продолжение таблицы 7-44

Тип	$S_{\text{ст}}, \text{см}^2$	$l_{\text{м}}, \text{см}$	$l_{\text{в}}, \text{см}$	A
Ш 6×8	0,41	5,1	4,7	1,9
Ш 6×12,5	0,64	5,1	5,6	2,5
Ш 7×7	0,42	6,9	4,7	2,1
Ш 7×10	0,60	6,9	5,3	2,7
Ш 7×14	0,84	6,9	6,1	3,3
Ш 8×10	0,68	6,8	6,0	3,3
Ш 8×16	1,10	6,8	7,1	4,8
Ш 9×9	0,69	7,7	6,3	3,9
Ш 9×13	0,92	7,7	7,1	5,0
Ш 10×10	0,90	8,5	6,9	5,4
Ш 10×12,5	1,1	8,5	7,4	6,1
Ш 10×16	1,45	8,5	8,1	7,3
Ш 10×20	1,8	8,5	8,9	8,4
Ш 12×12	1,3	10,3	8,5	7,3
Ш 12×16	1,7	9,7	8,3	8,2
Ш 12×18	1,8	6,7	7,7	5,4
Ш 12×20	2,2	9,7	9,1	9,7
Ш 12×24	2,6	6,7	8,9	6,0
Ш 12×25	2,7	7,6	11,0	9,4
Ш 12×32	3,5	9,7	11,4	12
Ш 14×14	1,8	7,8	7,6	6,2
Ш 14×21	2,7	7,8	9,0	7,6
Ш 14×28	3,6	7,8	10,4	8,8

Продолжение таблицы 7-44

Тип	$S_{CT}, \text{см}^2$	$l_M, \text{см}$	$l_B, \text{см}$	A
Ш 15×19	2,6	8,3	11,0	16
Ш 16×16	2,3	8,9	8,6	8,4
Ш 16×20	2,9	10,5	12,0	14
Ш 16×24	3,5	8,9	10,2	10
Ш 16×25	3,6	10,5	13,0	16
Ш 16×32	4,6	8,9	11,8	11
Ш 16×40	5,8	10,5	15,9	21
Ш 18×18	2,9	10,0	9,8	11
Ш 18×27	4,4	10,0	11,6	14
Ш 18×36	5,8	10,0	13,4	16
Ш 19×19	3,2	14,3	11,0	28
Ш 19×28	4,9	14,3	12,8	37
Ш 19×38	6,5	14,3	14,8	43
Ш 20×20	3,6	12,1	10,9	14
Ш 20×25	4,5	13,2	14,8	27
Ш 20×27	4,9	14,6	13,4	25
Ш 20×30	5,4	11,1	12,9	18
Ш 20×32	5,7	13,1	16,2	33
Ш 20×40	7,2	11,1	14,9	20
Ш 25×25	5,6	16,4	17,4	40
Ш 25×32	7,2	16,4	19,0	48
Ш 25×40	9,0	16,4	21,0	55

Таблица 7-45

Основные данные выходных трансформаторов для одноконтных оконечных каскадов ламповых радиоприемников

Наименование радиоприемника	Выходная лампа	Р _{вых.} , вт	Нагрузка (громкоговоритель)	Магнитопровод	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
					число витков ω_1	диаметр d_1 , мм	число витков ω_2	диаметр d_2 , мм
«А-8» «АРЗ-54» «Балтика» «Рекорд-61»	6П1П	1,5	3ГД-4	Ш14×21	2000	0,15	45	0,59
	6П6С	0,5	1ГД-1	Ш16×16	3000	0,12	73	0,51
	6П14П	2,0	3ГДМП	Ш16×16	2650	0,12	44	0,8
	6П14П	0,5	2×1ГД-5	УШ14×16	2800	0,12	72	0,44
«Латвия»	6П14П	1,5	2×2ГД-8-ВЭФ 2×1ГД-1-ВЭФ	УШ16×24 УШ10×10	2900+95 2000	0,12 0,12	50 53	0,8 0,51
«Октава» «Минск-58» «ВЭФ-радио» «Сибирь»	6П14П	2,0	2×2ГД-3	Ш16×16	2600	0,12	90	0,64
	6П14П	2,0	5ГД-14	Ш16×16	2400+145	0,12	57	0,85
	6П14П	3,5	4ГД-4	Ш12×18	2250+650	0,15	80+40	0,55
	6П14П	2,0	2×1ГД-11	УШ14×20	2800	0,12	144	0,33
«Ригонда» (мод.но)	6П14П	3,5	2×4ГД-28+ +2×1ГД-28	Ш20×20	2250+650	0,15	120	0,55

Таблица 7-46

Основные данные выходных трансформаторов для двухтактных оконечных каскадов ламповых радиоприемников

Наименование радиоприемника	Выходная лампа	$P_{\text{вых, вт}}$	Нагрузка (громкоговорители)	Магнитопровод	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
					число витков w_1	диаметр d_1 , мм	число витков w_2	диаметр d_2 , мм
«Эстония-55»	6П1П	4,0	2×6ГДР-1	УШ16×32	2×800	0,18	13	1,0
«Дружба», «Люкс»	6П14П	6,0	2×5ГД-14 2×1ГД-9	Ш19×28 Ш9×12	2×1140 2000	0,15 0,12	70 35	0,38×2 0,51
«Фестиваль»	6П14П	4,0	2×4ГД-2+ +1×1ГД-1	Ш20×30	2×1100+250	0,14	35+15+ +30 50	— 0,47
«Беларусь-62» (стерео)	6П14П	4,0	2×4ГД-8+ +3×3ГД-15	Ш20×30	2×1250	0,14	500+ +76	0,31 0,14
«Симфония»	6П14П	6,0	1×3ГД-15+ +2×2ГД-28+ +1×5ГД-3	Ш20×30	2×300+ +2×1000	0,14	82	0,69

Таблица 7-47

Основные данные выходных трансформаторов для двухтактных оконечных каскадов транзисторных радиоприемников

Наименование радиоприемника	Выходные трансформаторы	$P_{\text{вых, макс}}$	Нагрузка (громкоговорители)	Магнитопровод	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
					число витков w_1	диаметр d_1 , мм	число витков w_2	диаметр d_2 , мм
«Атмосфера-2М»	П14	150	0,5 ГД-10	Ш 6,4×6	2×400	0,15	85	0,31
«Альпинист»	П14	150	0,5 ГД-12	Ш 6,4×6	2×405	0,12	90	0,38
«Селга»	П15	100	0,15 ГД-1	Ш 4,8×6,5	2×225	0,15	66	0,35
«Ласточка»	П13А	90	0,1 ГД-3	Ш 3,0×6	2×450	0,09	102	0,23
«Нева-2»	П15А	50	0,1 ГД-6	Ш 3,0×6	2×450	0,09	102	0,23
«Мир»	П13А	70	0,25 ГД-1	Ш 3,0×6	2×450	0,09	76+1	0,23
«Спидола»	П15	150	1ГД-1-ВЭФ	Ш 8×8	2×350	0,18	184	0,29
«Сигнал»	ГТ108В	60	0,1 ГД-8	Ш 3×6	2×500	0,08	108	0,27
«Космонавт»	П15	150	0,5 ГД-12	Ш 6,4×12	2×120	0,27	60+4	0,44
«Минск»	П13А	150	1 ГД-1	Ш 12×12	2×140	0,31	52+1	0,51
«Минск-62»	П15	150	1 ГД-6	Ш 12×12	2×220	0,25	40	0,59
«Эфир-М»	П201А	500	2×1ГД-19	Ш 9×13	2×220	0,23	170	0,51

Таблица 7-48

**Основные данные согласующих трансформаторов для
предоконечных каскадов транзисторных радиоприемников**

Наименование радиоприемника	Транзистор предоко- нечного каскада	Магнито- провод	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
			число витков w_1	диа- метр d_1 , мм	число витков w_2	диа- метр d_2 , мм
«Атмосфера-2М»	П14	Ш 6,4×6	1800	0,1	2×400	0,1
«Альпинист»	П14	Ш 6,4×6	2200	0,1	2×260	0,1
«Селга»	П15	Ш 4,8×6,5	1600	0,08	2×500	0,08
«Ласточка»	П13А	Ш 3×6	2500	0,06	2×350	0,06
«Нева-2»	П14	Ш 3×6	2500	0,06	2×350	0,06
«Мир»	П13А	Ш 3×6	2500	0,06	2×350	0,06
«Спидола»	П15	Ш 8×8	2200	0,1	2×480	0,14
«Сигнал»	ГТ108Б	Ш 3×6	2700	0,06	2×350	0,06
«Космонавт»	П15	Ш 6,4×12	800	0,15	2×200	0,18
«Минск»	П13А	Ш 12×12	750	0,18	2×350	0,1
«Минск-62»	П15	Ш 12×12	2700	0,1	2×450	0,1
«Эфир-М»	П14	Ш 9×13	1400	0,1	2×360	0,15

Ферромагнитные материалы для сердечников трансформаторов выбираются в зависимости от типа трансформатора и условий его работы (табл. 7-42). Толщина пластин, штампуемых из электротехнической стали, 0,35—0,5 мм, а из пермаллоя — 0,2—0,35 мм.

Типовые броневые сердечники трансформаторов собираются из пластин типа Ш и УШ. Обозначения этих сердечников содержат 3 элемента: букву Ш или УШ (в зависимости от типа пластин); число, указывающее

размер пластин в мм (ширину окна l_0 для пластин типа Ш или ширину среднего стержня u для пластин типа УШ); число, указывающее ширину сердечника B в мм (рис. 7-16, а). Например, Ш 10×10 ; УШ 12×32 .

Некоторые данные броневых сердечников приведены в табл. 7-43, 7-44. С помощью этих таблиц можно произвести выбор магнитопроводов выходных трансформаторов для однотактных и двухтактных УНЧ по известной конструктивной постоянной A . В радиолюбительской практике возникает необходимость выяснить возможность применения имеющегося магнитопровода для проектируемого выходного каскада УНЧ. В этом случае по табл. 7-43, 7-44 определяется конструктивная постоянная A имеющегося магнитопровода и сравнивается с требуемым значением для проектируемого каскада. Если магнитопровод пригоден, то можно рассчитать соответствующий трансформатор.

Основные данные сигнальных трансформаторов, используемых в промышленной радиоаппаратуре (ламповой и транзисторной), приведены в табл. 7-45—7-48.

Некоторые данные броневых сердечников, используемых для силовых трансформаторов, приведены в табл. 7-49. С помощью этой таблицы можно произвести выбор магнитопровода силового трансформатора по известному сечению сердечника $S_{ст}$ (см²).

Основные данные некоторых силовых трансформаторов, используемых в промышленной радиоаппаратуре, приведены в табл. 7-50, 7-51.

7-8. Провода

Провода, применяемые в радиовещательных приемниках и УНЧ, делятся на две основные группы: монтажные, предназначенные для монтажа схем, и обмоточные,

Таблица 7-49

Некоторые данные броневых сердечников

Тип	L , мм	H , мм	$S_{ст}$, см ²	l_0 , мм	h_0 , мм	$S_{ок}$, см ²
УШ10×10	36	31	0,9	6,5	18	1,17
УШ12×12	44	38	1,3	8	22	1,76
УШ14×14	50	43	1,76	9	25	2,25
УШ16×16	56	48	2,3	10	28	2,8
УШ19×19	67	57,5	3,2	12	33,5	4,02
УШ22×22	67	78	4,4	14	39	5,46
УШ22×44	67	78	8,8	14	39	5,46
УШ26×26	94	81	6,2	17	47	7,99
УШ30×30	106	91	8,1	19	53	10,10
УШ30×45	106	91	12,15	19	53	10,10
УШ30×60	106	91	16,2	19	53	10,10
УШ35×35	123	105,5	11,0	22	61,5	13,5
УШ35×52	123	105,5	16,4	22	61,5	13,5
УШ35×70	123	105,5	22,0	22	61,5	13,5
УШ40×40	144	124	14,4	26	72	18,7
УШ40×60	144	124	21,6	26	72	18,7
УШ40×80	144	124	28,8	26	72	18,7

предназначенные для изготовления обмоток трансформаторов, высокочастотных катушек, дросселей и т. п.

Основные марки монтажных проводов, используемых в радиолюбительской практике, приведены в табл. 7-52, а их конструктивные данные — в табл. 7-53.

Таблица 7-50

Основные данные силовых трансформаторов для ламповых радиоприемников и радиол

Наименование радиоприемника	Матчино-провод	Сетевая обмотка		Повышающая обмотка		Обмотка накала кенотрона		Обмотка накала ламп	
		число витков	диаметр, мм	число витков	диаметр, мм	число витков	диаметр, мм	число витков	диаметр, мм
«Балтика» «Беларусь-4» «Рига-10» «Октава» «Фестиваль»	Ш 30×38	(338+52)×2	0,38	900×2	0,23	17	0,8	21	1,0
	УШ 35×70	(205+32)×2	0,69	880×2	0,35	16	1,25	20	1,74
	Ш 40×40	(341+53)×2	0,44	800×2	0,25	16	1,0	10,5×2	1,5
	Ш 32×30	(534+82)×2	0,31	1230	0,20	—	—	35	1,0
	Ш 20×45	(315+50)×2	0,38	700	0,29	—	—	18+3	1,0
«Беларусь-62» (стерео)	Ш 35×42	(360+55)×2	0,55	875	0,41	—	—	24	1,0
								24	1,2
«ВЭФ-радио»	Ш 26×28	160+ +435×2	0,47 0,35	1200	0,23	—	—	34	0,8
								16+16	0,51
«Сибирь»	УШ 26×25	485+635	0,35	1300	0,16	—	—	37	0,55
								37	0,44
«Ригонда» (моно)	УШ 26×28	160+	0,47	1200	0,28	—	—	34	0,8
		+435×2	0,35					16+16	0,51

Основные марки обмоточных проводов, используемых в радиолюбительской практике, приведены в табл. 7-54, а их конструктивные данные — в табл. 7-55. Конструктивные данные высокочастотных обмоточных проводов (лицендратов), наиболее распространенной марки ЛЭШО, приведены в табл. 7-56.

Таблица 7-51

Основные данные силовых трансформаторов для транзисторных радиоприемников

Наименование радиоприемника	Магнито-провод	Сетевая обмотка		Вторичная обмотка	
		число витков w_1	диаметр d_1 , мм	число витков w_2	диаметр d_2 , мм
«Минск-62»	Ш16×16	2250 + 1750	0,1	2×138	0,31
«Эфир-М»	Ш16×24	1490 + 1090	0,15	2×104	0,59

Таблица 7-52

Основные марки монтажных проводов

Марка	Наименование провода	Рабочее напряжение переменного тока, в	Максимальная рабочая температура, °C	Назначение
ПМВ	Провод монтажный однопроволочный, изолированный полихлорвиниловым пластиком	380	50	Для жесткого монтажа при работе в условиях повышенной влажности
ПМВГ	Провод монтажный многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвиниловым пластиком	380	50	

Продолжение таблицы 7-52

Марка	Наименование провода	Рабочее напряжение переменного тока, в	Максимальная рабочая температура, °C	Назначение
ПМВО	Провод монтажный однопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвиниловым пластиком	380	50	Для жесткого внутри-приборного монтажа и вывода катушек, для работы при повышенной температуре
МГЦСЛ	Монтажный многопроволочный с пленочной изоляцией, в обмотке из стекловолокна или асбеста, в оплетке из стекловолокна, лакированный	250	100	

Т а б л и ц а 7-53

Конструктивные данные монтажных проводов

Марка	Сечение, мм ²	Диаметр с изоляцией, не более, мм	Сопротивление при 20°C, не более, ом/км
ПМВ	0,2	1,3	92
	0,35	1,7	53
	0,5	1,8	37
	0,75	2,2	25

Продолжение таблицы 7-53

Марка	Сечение, мм ²	Диаметр с изоляцией, не более, мм	Сопротивление при 20°C, не более, ом/км
ПМВГ	0,2	2,0	92
	0,35	2,2	53
	0,5	2,4	37
	0,75	2,6	25
ПМВО	0,2	1,9	92
	0,35	2,0	53
	0,5	2,1	37
	0,75	2,3	25
МГЦСЛ	0,35	2,1	56
	0,5	2,3	38
	0,75	2,6	25
	1,0	2,7	18,5

Т а б л и ц а 7-54

Основные марки обмоточных проводов

Марка	Наименование провода	Особенность применения	Диаметр по меди, мм
ПЭВ-1	Медный, изолированный высокопрочной эмалью, однослойный	При повышенных механических воздействиях на провод в процессе намотки может переносить длительный нагрев до 110° С	0,06—2,44
ПЭВ-2	Медный, изолированный высокопрочной эмалью, двухслойный		

Продолжение таблицы 7-54

Марка	Наименование провода	Особенность применения	Диаметр по меди, мм
ПЭЛ	Медный, изолированный лаковой эмалью	При нормальных механических воздействиях. Допускаемая температура нагрева 105° С	0,05—2,44
ПЭЛБО	Медный, изолированный эмалью и одним слоем обмотки из хлопчатобумажной пряжи	При повышенных механических воздействиях.	0,2—2,1
ПЭЛШКО	Медный, изолированный эмалью и одним слоем обмотки из капронового шелка	При повышенных механических нагрузках на провод в процессе намотки и работы	0,05—2,1
ПЭЛШО	Медный, изолированный эмалью и одним слоем обмотки из натурального шелка	То же	0,05—2,1

Т а б л и ц а 7-55

Основные данные обмоточных проводов

Диаметр по меди, мм	Сечение, мм ²	Сопротивление 1 км при 20°С, Ом	Диаметр с изоляцией, мм				
			ПЭЛ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛШО, ПЭЛШКО	ПЭЛБО
0,05	0,00196	9290	0,065	—	—	0,12	—
0,06	0,00283	6440	0,075	0,085	0,09	0,13	—
0,07	0,00385	4730	0,085	0,095	0,10	0,14	—

Продолжение таблицы 7-55

Диаметр по меди, мм	Сечение, мм ²	Сопротив- ление 1 км при 20°C, ом	Диаметр с изоляцией, мм				
			пЭЛ	пЭВ-1	пЭВ-2	пЭЛШО, пЭЛШКО	пЭЛБО
0,08	0,00502	3630	0,095	0,105	0,11	0,15	—
0,09	0,00636	2860	0,105	0,115	0,12	0,16	—
0,10	0,00785	2240	0,12	0,125	0,13	0,175	—
0,11	0,00950	1850	0,13	0,135	0,14	0,185	—
0,12	0,01131	1550	0,14	0,145	0,15	0,195	—
0,13	0,01327	1320	0,15	0,155	0,16	0,205	—
0,14	0,01539	1140	0,16	0,165	0,17	0,215	—
0,15	0,01767	994	0,17	0,18	0,19	0,225	—
0,16	0,02011	873	0,18	0,19	0,20	0,235	—
0,17	0,02270	773	0,19	0,20	0,21	0,245	—
0,18	0,02545	688	0,20	0,21	0,22	0,255	—
0,19	0,02835	618	0,21	0,22	0,23	0,265	—
0,20	0,03142	558	0,225	0,23	0,24	0,29	0,325
0,21	0,03464	507	0,235	0,24	0,25	0,30	0,335
0,23	0,04155	423	0,255	0,27	0,28	0,32	0,355
0,25	0,04909	357	0,275	0,29	0,30	0,34	0,375
0,27	0,05726	306	0,31	0,31	0,32	0,37	0,425
0,29	0,06605	266	0,33	0,33	0,34	0,39	0,445
0,31	0,07548	233	0,35	0,35	0,36	0,415	0,47
0,33	0,08553	205	0,37	0,37	0,38	0,435	0,49
0,35	0,09621	182	0,39	0,39	0,41	0,455	0,51
0,38	0,11341	155	0,42	0,42	0,44	0,49	0,545
0,41	0,13202	133	0,45	0,45	0,47	0,52	0,575
0,44	0,15205	115	0,49	0,48	0,50	0,55	0,605

Продолжение таблицы 7-55

Диаметр по меди, мм	Сечение, мм ²	Сопротив- ление 1 км при 20°С, ом	Диаметр с изоляцией, мм				
			ПЭЛ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛШО, ПЭЛШКО	ПЭЛБО
0,47	0,17349	101	0,52	0,51	0,53	0,58	0,635
0,49	0,18848	93,1	0,54	0,53	0,55	0,60	0,655
0,51	0,20428	85,9	0,56	0,56	0,58	0,625	0,68
0,53	0,22051	79,3	0,58	0,58	0,60	0,645	0,70
0,55	0,23578	73,9	0,60	0,60	0,62	0,665	0,72
0,57	0,25565	68,7	0,62	0,62	0,64	0,685	0,74
0,59	0,27340	64,3	0,64	0,64	0,66	0,705	0,76
0,62	0,30191	57,9	0,67	0,67	0,69	0,735	0,73
0,64	0,32170	54,6	0,69	0,69	0,72	0,755	0,81
0,67	0,35256	49,7	0,72	0,72	0,75	0,785	0,84
0,69	0,37393	46,9	0,74	0,74	0,77	0,805	0,86
0,72	0,40715	43,0	0,78	0,77	0,80	0,845	0,90
0,74	0,43008	40,8	0,80	0,80	0,83	0,865	0,92
0,77	0,46556	37,6	0,83	0,83	0,86	0,895	0,95
0,80	0,50265	34,9	0,86	0,86	0,89	0,925	0,98
0,83	0,54060	32,4	0,89	0,89	0,92	0,955	1,01
0,86	0,58088	30,2	0,92	0,92	0,95	0,985	1,04
0,90	0,63617	27,5	0,96	0,96	0,99	1,025	1,03
0,93	0,67929	25,8	0,99	0,99	1,02	1,055	1,11
0,96	0,72382	24,2	1,02	1,02	1,05	1,085	1,14
1,00	0,78540	22,4	1,07	1,08	1,11	1,135	1,21
1,04	0,84950	20,6	1,12	1,12	1,15	1,175	1,25
1,08	0,91610	19,2	1,16	1,16	1,19	1,215	1,29
1,12	0,98520	17,7	1,20	1,20	1,23	1,255	1,33

Продолжение таблицы 7-55

Диаметр по меди, мм	Сечение, мм ²	Сопротивление 1 км при 20°С, ом	Диаметр с изоляцией, мм				
			ПЭЛ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛШО, ПЭЛШКО	ПЭЛВО
1,16	1,0568	16,6	1,24	1,24	1,27	1,295	1,37
1,20	1,1310	15,5	1,28	1,28	1,31	1,335	1,41
1,25	1,2272	14,3	1,33	1,33	1,36	1,385	1,46
1,30	1,3273	13,2	1,38	1,38	1,41	1,435	1,51
1,35	1,4314	12,2	1,43	1,46	1,46	1,485	1,56
1,40	1,5394	11,4	1,48	1,48	1,51	1,535	1,61
1,45	1,6513	10,6	1,53	1,53	1,56	1,585	1,66
1,50	1,7670	9,89	1,58	1,58	1,61	1,655	1,71
1,56	1,9113	9,18	1,64	1,64	1,67	1,715	1,77
1,62	2,0612	8,50	1,71	1,70	1,73	1,775	1,83
1,68	2,2167	7,92	1,77	1,76	1,79	1,835	1,89
1,74	2,3780	7,36	1,83	1,82	1,85	1,895	1,95

Таблица 7-56

Конструктивные данные высокочастотных обмоточных проводов

Диаметр проволоки, мм	Количество проволоки	Сечение провода, мм ²	Диаметр провода ЛЭШО, мм	Сопротивление, ом/км
0,05	10	0,0196	0,33	1095
0,05	15	0,0294	0,37	697
0,05	21	0,0412	0,42	525
0,07	7	0,0269	0,34	760
0,07	10	0,0385	0,41	532
0,07	12	0,0462	0,44	445
0,07	16	0,0615	0,47	333
0,07	21	0,0818	0,52	254

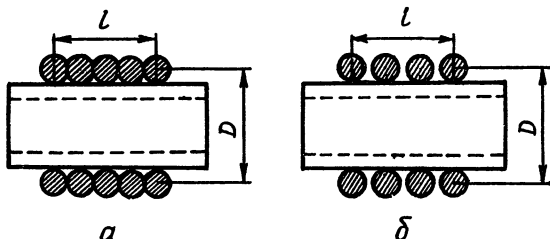


Рис. 7-17. Однослойные цилиндрические катушки:
а — со сплошной намоткой; б — намотка с шагом.

7-9. Высокочастотные катушки индуктивности

Высокочастотные катушки различают:

по назначению — контурные, образующие вместе с конденсатором колебательный контур; связи, предназначенные для передачи высокочастотной энергии из одной цепи в другую; дроссели, препятствующие передаче высокочастотной энергии по цепи;

по конструкции — цилиндрические, спиральные, однослойные, многослойные, с сердечником или без него, с постоянной или переменной индуктивностью и т. д.

Однослойные катушки. Катушки с индуктивностью до 100 $\mu\text{кГн}$ наматываются в один слой со сплошной намоткой (рис. 7-17, а) или с шагом (рис. 7-17, б). Сплошная намотка применяется для катушек с индуктивностью более 15—20 $\mu\text{кГн}$. Для снижения собственной емкости катушки применяют намотку с шагом. Упрощенный ориентировочный расчет индуктивности однослойной катушки без сердечника производится по формуле:

$$L = \frac{0,001 D w^2}{\frac{l}{D} + 0,44},$$

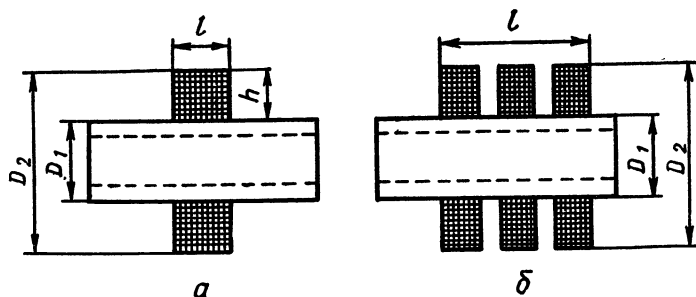


Рис. 7-18. Многослойные цилиндрические катушки:
а — односекционная; б — секционированная.

где L — индуктивность, мкГн ;
 D — диаметр катушки, мм ;
 l — длина катушки, мм ;
 ω — число витков.

Каркасы однослойных катушек (диаметр 8—20 мм) изготавливают из полистирола, радиофарфора, гетинакса; намоточный провод диаметром 0,4—1,0 мм, в эмалированной или шелковой изоляции.

Многослойные катушки применяются на частотах ниже 1,5 МГц (практически на ДВ и СВ). Различают односекционные (рис. 7-18, а) и многосекционные (рис. 7-18, б) многослойные катушки. Секции катушек располагают на небольшом расстоянии (1—3 мм) одна от другой, что позволяет значительно уменьшить собственную емкость катушки. Многослойные катушки выполняются на гетинаксовых или полистироловых каркасах диаметром 5—15 мм и наматываются обычно проводом ПЭШО-0,1—0,15 (на длинных волнах), ПЭШО-0,15—0,25 или ЛЭШО (на средних волнах).

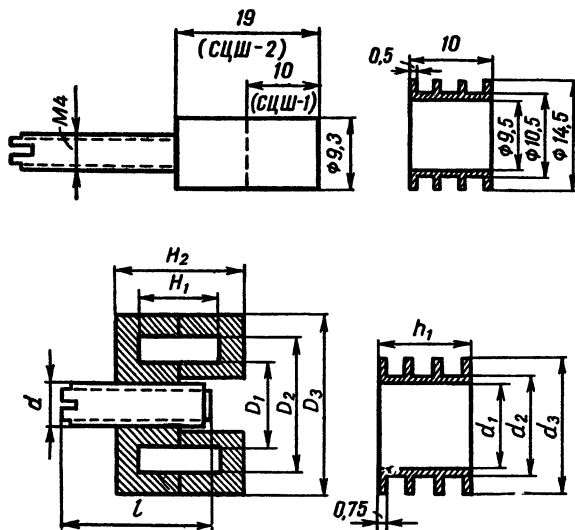


Рис. 7-19. Конструкции сердечников высокочастотных катушек:

а — цилиндрический, типа СЦШ; б — броневого, типа СБ.

Расчет индуктивности многослойной катушки без сердечника (рис. 7-18) производится по следующей упрощенной формуле:

$$L = \frac{0,008 D^2 w^2}{3D + 9l + 10h},$$

где L — индуктивность, мкГн;

D — средний диаметр катушки $\left(D = \frac{D_1 + D_2}{2}\right)$, мм;

l — длина катушки, мм;

h — высота катушки, мм;

w — число витков.

Катушки с сердечниками. Различают два вида сердечников: из магнитных материалов (карбонильное железо, ферриты, альсифер и т. д.) и из немагнитных материалов (медь, латунь, алюминий).

Введение в катушку сердечника из магнитного материала увеличивает ее индуктивность, а при заданной индуктивности позволяет уменьшить размеры катушки, длину намоточного провода и, следовательно, потери в нем, а также способствует концентрации силовых линий магнитного поля, благодаря чему уменьшается паразитная связь между отдельными катушками. Различают два вида сердечников из магнитных материалов: цилиндрической формы (рис. 7-19, а) и броневые (рис. 7-19, б). К первому виду относятся, например, сердечники типа СЦШ (сердечник цилиндрический с латунной шпилькой), ко второму — сердечники типа СБ (сердечник броневого, из карбонильного железа).

В табл. 7-57 приведены основные размеры некоторых броневых карбонильных сердечников типа СБ и типовых каркасов для их катушек.

Таблица 7-57

Размеры броневых карбонильных сердечников типа СБ и типовых каркасов для их катушек

Тип сердечника	Размеры сердечника, мм							Размеры каркаса, мм				
	D_1	D_2	D_3	H_1	H_2	d	l	d_1	d_2	d_3	h_1	
СБ-12а	6	10	12,3	8,2	10,6	4	11,5	6,2	7	9,5	7,6	
СБ-23-11а	10	18,5	23	6,2	11	7	13	11,5	13	16	5,5	
СБ-23-17а	11	18	23	12	17	7	19	11,5	13	17,5	11	
СБ-28а	13	22	28	17	23	8	25	13,5	15	21,5	16	
СБ-34а	13,5	27	34	20,4	28	8	30	14	15	25	16,5	

В табл. 7-58 приведены ориентировочные величины максимальной индуктивности катушек с броневыми сердечниками из карбонильного железа для различных намоточных проводов.

Таблица 7-58

Максимальная индуктивность катушек (мкГн) с броневыми сердечниками из карбонильного железа, намотанных различными проводами

Провод	Тип сердечника									
	СБ-12а		СБ-23-11а		СБ-23-17а		СБ-28а		СБ-34а	
	w	L	w	L	w	L	w	L	w	L
ПЭЛ-0,1	570	7	650	24	1350	95	3000	440	4350	920
ПЭЛ-0,15	230	1,35	275	4,2	590	17,5	1300	89	2290	250
ПЭЛ-0,2	108	0,24	144	1,1	375	6,9	700	23,5	1090	57
ПЭЛШО-0,1	164	0,56	210	2,5	480	11,7	945	47,5	1610	125
ЛЭШО-7× ×0,07	58	0,07	67	0,24	160	1,25	386	7,1	616	18

В табл. 7-59 приведена связь старых и новых обозначений типоразмеров сердечников СБ.

Индуктивность катушек с броневыми сердечниками СБ может быть рассчитана по следующим приближенным формулам: $L \approx \frac{w^2}{45}$ (для СБ-1а); $L \approx \frac{w^2}{20}$ (для СБ-23-11а, СБ-23-17а, СБ-28а, СБ-34а), где L — индуктивность при полностью введенном подстроечнике, мкГн; w — число витков катушки.

При выведенном подстроечнике индуктивность катушки уменьшается на 10—15%.

Сердечники из немагнитных материалов применяются для подстройки контуров на частотах свыше 30 Мгц. Введение таких сердечников уменьшает индуктивность катушки (в среднем на 3—5%) и снижает ее добротность (на 5—10%).

Сердечники для магнитных антенн радиовещательных приемников изготавливаются из высокочастотных ферритов в виде прямоугольных или круглых стержней (рис. 7-20). Размеры сердечников для магнитных антенн приведены в табл. 7-60.

Т а б л и ц а 7-59

Связь старых и новых обозначений
сердечников СБ

Новое обозначение	Старое обозначение
СБ-6а	—
СБ-9а	СБ-0а
СБ-12а	СБ-1а
СБ-18а	—
СБ-23-11а	СБ-2а
СБ-23-17а	СБ-3а
СБ-28а	СБ-4а
СБ-34а	СБ-5а
СБ-9б	СБ-0б
СБ-12б	СБ-1б
СБ-23б	СБ-2б

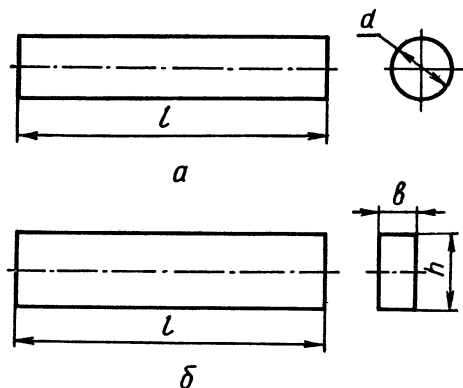


Рис. 7-20. Сердечники магнитных антенн:
 а — круглые; б — прямоугольные.

В табл. 7-61 приведена связь действующих и старых обозначений марок высокочастотных магнитных материалов. Цифра, стоящая рядом с буквенным обозначением марки магнитного материала, соответствует торoidalной магнитной проницаемости материала сердечника $\mu_{\text{тор}}$. Например, для феррита 400 НН величина $\mu_{\text{тор}}$ равна 400.

Индуктивность катушки, намотанной на сердечнике магнитной антенны, равна $L_{\text{м.а}} = L\mu_{\text{эфф}}$, где L — индуктивность катушки без сердечника; $\mu_{\text{эфф}}$ — эффективное значение магнитной проницаемости сердечника (см. табл. 3-4).

Дроссели высокой частоты выполняются в виде небольших цилиндрических катушек с однослойной (КВ и УКВ) или многослойной намоткой. В диапазоне УКВ выполняются с использованием шаговой намотки, иногда на керамических стержнях высокоомных резисторов типа ВС. В диапазонах СВ, ДВ по конструкции не отлича-

ются от контурных катушек, как правило, используют секционированную намотку.

Т а б л и ц а 7-60

Размеры ферритовых сердечников для антенн радиовещательных приемников (выдержки из ГОСТ 11082-64)

Рабочие диапазоны частот, Мгц	Марки материалов	Виды сердечников	Типоразмеры сердечников
0,15—1,6	400 НН	Круглые	8×60
			8×65
			8×80
			8×100
			8×125
			8×140
			8×160
			10×200
		Прямоугольные	16×4×80
			16×4×100
			16×4×125
			20×3×100
			20×3×115
			20×3×125
			25×5×160
			25×5×200

Примечание. Типоразмеры сердечников 8×65 и 20×3×115 в нсвых разработках не должны применяться.

Т а б л и ц а 7-61

**Система обозначения марок ферритов
и оксиферов**

Действующие обозначения	Старые обозначения
5 ВЧ	СН-5
10 ВЧ	ФС-10
13 ВЧ	СНК-13
13 ВЧ1	Ф-20, НФК-13
20 ВЧ	Оксифер РЧ-20
30 ВЧ	ФЛ-30
50 ВЧ	МНЦ-50
60 ВЧ	ФЛ-60
100 НН	Ф-100, МНЦ-120
100 НН1	НЦ-100
150 НН	Г-21
200 НН	Оксифер-200
200 НН1	МНЦ-200
400 НН	Ф-400, Оксифер-400
600 НН	Ф-600, Оксифер-600
2000 НН	Ф-2000, Оксифер-2000

НАСТРОЙКА, РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЯ УНЧ И РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

8-1. Наладка усилителя низкой частоты и настройка высокочастотной части радиовещательного приемника

Наладка усилителя низкой частоты и настройка высокочастотной части радиовещательного приемника осуществляется в такой последовательности: блок питания, оконечный УНЧ, предварительный УНЧ, детектор, УПЧ, гетеродин, преселектор. Для сокращения времени, необходимого для регулировки, целесообразно перед сборкой проверить детали схемы, прежде всего транзисторы и электронные лампы (см. табл. 8-6). Усилительные приборы для специальных применений нужно перед монтажом отобрать (например, лампы или транзисторы с одинаковыми параметрами в выходных двухтактных схемах УНЧ, малошумящие усилительные приборы в первых каскадах высокочувствительных усилителей и приемников и т. д.). Рекомендуемый ниже порядок регулировки предполагает, что в принципиальной схеме собранного устройства отсутствуют ошибки и применяются детали промышленного производства.

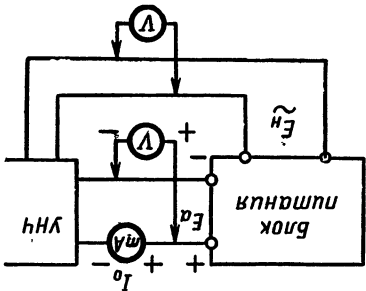
Основные сведения о наладке УНЧ и настройке высокочастотной части радиоприемника приведены в табл. 8-1, 8-2, 8-3, 8-4.

Таблица 8-1

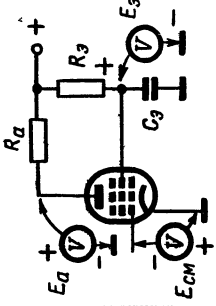
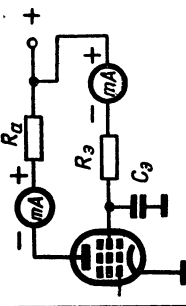
Наладка исправного лампового УНЧ

№	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема
1	Проверка монтажа (при выключенном питании)	<p>1. Сравнить выполнение монтажа с принципиальной схемой УНЧ, обратив внимание на соответствие номиналов элементов схемы</p> <p>2. Убедиться в отсутствии дефектов в монтаже (замыкание проводов, касание деталей и т. д.)</p> <p>3. Проверить омметром сопротивления участков схемы, величины которых указаны на схеме или диаграмме (карте) сопротивлений (см. рис. 8-1)</p>	Тестеры типа ТТ-1, ТТ-2, АВО-5 и т. п.; принципальная схема; диаграмма сопротивлений	<p>Рис. 8-1.</p>
2	Включение питания	Убедиться в отсутствии явных неисправностей, особенно аварийного характера (сгорание плавкого предохранителя, сильный нагрев		

Продолжение таблицы 8-1

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема
<p>3 Проверка блока питания</p> <p>4 Показка проверка режимов работы электронных ламп</p>	<p>и гудение силового трансформатора, сгорание отдельных сопротивлений, искрение, генерация и т. д.). При их выявлении немедленно выключить питание и отыскать повреждение (см. далее)</p> <p>1. Измерить анодное и накальное напряжения на выходе блока питания (E_a, E_n)</p> <p>2. Измерить отдаваемый ток (I_0) — рис. 8-2</p> <p>А. <i>Непосредственное измерение:</i></p> <p>1. Напряжения смещения ($E_{см}$)</p> <p>2. Постоянного напряжения в цепи экранирующей сетки ($E_э$)</p>	<p>Вольтметры приборов ТТ-1, ТТ-2, АВО-5, Ц-312 и др.</p> <p>Ламповый вольтметр типа ВЛУ-2, ВЛУ-2М и т. п.</p> <p>Вольтметры (для измерения токов</p>	 <p>Рис. 8-2.</p>

Продолжение таблицы 8-1

№ п. п.	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема
	<p>3. Постоянный анодный на- пряжения (E_a)</p> <p>4. Постоянных составляющих анодного и экранного то- ков (I_{a0}, $I_{э0}$) — рис. 8-3, 8-4</p>	и E_a , $E_{э}$ типа ГТ-1, ГТ-2, АВО-5 и т. п.		 <p style="text-align: center;">Рис. 8-3.</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 8-4.</p>

Продолжение таблицы 8-1

№ п. п.	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема
	<p>Б. Косвенное измерение I_{a0}, I_{a9} (по величине падения напряжения на известных сопротивлениях R_a, R_9 — рис. 8-5, а)</p> <p>В. Косвенное измерение E_{cm} при использовании вольтметров с малым входным сопротивлением (рис. 8-5, а, б)</p>	<p>Диаграмма напряжений; принципиальная схема с указанием режимов</p> <p>Приборы типа Ц-312, Ц-315 и т. п.</p>		

Рис. 8-5.

Продолжение таблицы 8-1

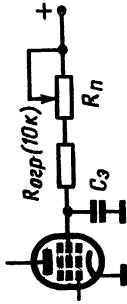
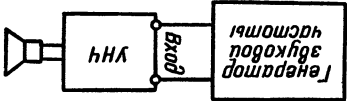
Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема
5 Подгонка режимов работы электронных ламп	При несоответствии режимов подобрать определяющие их сопротивления для получения требуемых режимов. Ввиду взаимосвязи режимов разных электродов лампы следует проверить повторную проверку режимов	Набор резисторов или потенциометр (рис. 8-6)	
6 Проверка работоспособности усилителя	<p>А. От звукового генератора (рис. 8-7). Изменяя частоту генератора, прослушать выходной сигнал и убедиться в отсутствии ощутимых частотных и нелинейных искажений (хрипение, дребезжание, изменение громкости звучания колебаний различных рабочих частот); напряжение возбуждения должно соответствовать чувствительности УНЧ (для радиовещательных приемников 0,25 в)</p>		

Рис. 8-6.

Рис. 8-7.

Продолжение таблицы 8-1

№ п. п.	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент, справочные сведения	Схема								
7	Измерение основных качественных показателей телеуНЧ	<p>Б. От работающего звукоисточника Проигрывая пластинку с записью музыкальной программы, убедиться в нормальной громкости звучания и отсутствии явных искажений</p> <p>В. От работающей трансляционной сети Подавая напряжение из трансляционной сети через делитель, можно его ослабить до 0,1—0,2 в (рис. 8-8) и использовать при испытании уНЧ</p> <p>1. Выходная мощность 2. Полоса воспроизводимых частот 3. Коэффициент нелинейных искажений 4. Чувствительность и т. д. (см. табл. 8-8)</p>		<table><tr><td>R_2, ком</td><td>15 в</td><td>10</td><td>Трансляция</td></tr><tr><td>C_1, пФ</td><td>300</td><td>50</td><td>Трансляция</td></tr></table>	R_2 , ком	15 в	10	Трансляция	C_1 , пФ	300	50	Трансляция
R_2 , ком	15 в	10	Трансляция									
C_1 , пФ	300	50	Трансляция									

Рис. 8-8.

Таблица 8-2

Наладка исправного транзисторного УНЧ

№	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура, инструмент и справочные сведения	Схема
1	Проверка монтажа (при выключенном питании)	Аналогично п. 1 табл. 8-1. Во избежание повреждения транзисторов при включении в схему омметра измерение сопротивлений участков схемы желательно проверить при исключении транзисторов	Аналогично п. 1 табл. 8-1	
2	Включение питания	Подключить источник питания к усилителю через миллиамперметр, измеряющий отдаваемый источником ток. Убедиться в отсутствии явных неисправностей (генерация, нагрев транзисторов, значительное превышение потребляемого тока или его отсутствие и т. д.)	Тестеры типа ТТ-1, ТТ-2, АВО-5 и т. п.	
3	Проверка блока питания (батареи)	Аналогично п. 3, табл. 8-1	Аналогично п. 3, табл. 8-1	Аналогично п. 3 табл. 8-1

Продолжение таблицы 8-2

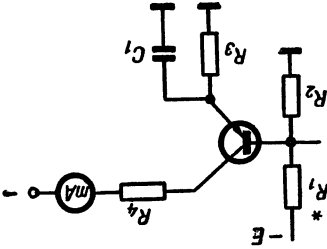
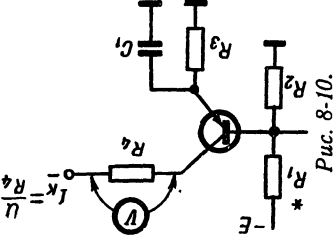
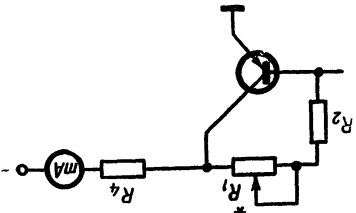
№	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура, инструмент и справочные сведения	Схема
4	или выпрямителя) Показкадная проверка режимов работы транзисторов	По величине постоянной составляющей коллекторного тока транзистора (I_k): А. Непосредственное измерение (рис. 8-9)	Тестеры типа ТТ-1, ТТ-2, АВО-5 и т. п.	

Рис. 8-9.

Продолжение таблицы 8-2

№ п. п.	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура, инструмент и справочные сведения	Схема
		Б. Косвенное измерение — по величине падения напряжения на известном сопротивлении (рис. 8-10)	Тестеры типа ТТ-1, АВО-5 и т. п.	 <p style="text-align: right;">Рис. 8-10.</p>

Продолжение таблицы 8-2

№ п. п.	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура, инструмент и справочные сведения	Схема
5	Подгонка режимов работы транзисторов	При несоответствии режимов подобрать отмеченные величины сопротивлений для получения требуемого I_k (рис. 8-12, 8-10, 8-11)	Набор резисторов или потенциометр	
6	Проверка работоспособности усилителя	Аналогично п. 6 и 7 табл. 8-1		<p>Рис. 8-11.</p>

Продолжение таблицы 8-2

№ п/п	Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура, инструмент и справочные сведения	Схема
7	Измерение основных качественных показателей телей	Аналогично п. 6 и 7 табл. 8-1		

Перед настройкой высокочастотной части приемника должен быть полностью налажен УНЧ приемника, а также выполнены п. 1—5 табл. 8-1, 8-2 для высокочастотного тракта.

Т а б л и ц а 8-3

Настройка высокочастотной части исправного лампового или транзисторного радиовещательного приемника

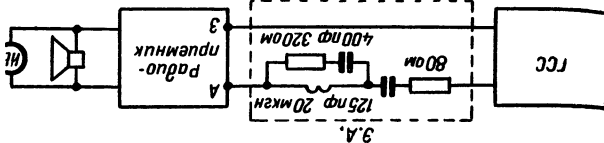
Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
Настройка последнего каскада УПЧ	1. Установить переключатель диапазонов в положение ДВ и полностью ввести конденсатор настройки	Высокочастотные генераторы типа ГСС-6, ГСС-6А, ГЧ-1А, ГЧ-18 (ГСС-Ч1) и т. п.	

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
	<p>2. Выход генератора стандартных сигналов (ГСС) через конденсатор 1000 пф подключить к управляющей сетке лампы (или базе транзистора) в последнем каскаде (рис. 8-12)</p> <p>3. Установить на шкале ГСС точное значение промежуточной частоты и коэффициент глубины модуляции 30—40%</p> <p>4. Вращая сердечники катушек фильтров в выходных цепях усилительного прибора, добиться максимального напряжения на выходе УНЧ, отсчитываемого по измерителю выхода (ИВ)</p>	<p>Измеритель выхода (вольтметр) типа ИВ-4, ИВП-2 и т. п.</p> <p>Отвертка из изоляционного материала (органическое стекло и т. п.)</p>	<p>Рис. 8-12.</p>

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
Настройка предыдущих каскадов УПЧ	<p>1. Не изменяя настройки ГСС, подсоединить его выход через емкость 1000 пф к управляющей сетке лампы (или базе транзистора) в предпоследнем каскаде. Для однокаскадного УПЧ напряжение от ГСС подать на сигнальный вход преобразователя прибора</p> <p>2. Вращая сердечники катушек фильтров в выходных цепях усилительного прибора, добиться максимального показания измерителя выхода. По мере настройки тракта промежуточной частоты во избежание его перегрузки следует уменьшать уровень выходного сигнала ГСС</p>	Отвертка из изоляционного материала (органическое стекло и т. п.)	

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
<p>Настройка контуров гетеродина</p>	<p>1. Выход ГСС подключить ко входу приемника через эквивалент антенны (рис. 8-13) или резистор 300 ом</p> <p>2. Установить частоту генератора, равную максимальной частоте поддиапазона $f_{\text{макс}}$ переключатель диапазонов — в положение, соответствующее - настраиваемому поддиапазону, а указатель настройки на шкале приемника — в положение, соответствующее $f_{\text{макс}}$</p> <p>3. Вращая винт подстроечного конденсатора контура гетеродина, следует добиться максимального сигнала на выходе приемника</p>	<p>Отвертка из изоляционного материала (органическое стекло и т. п.)</p>	 <p>Рис. 8-13.</p>

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
	<p>4. Установить частоту генератора, равную минимальной частоте f_{\min} поддиапазона, а указатель на шкале приемника — на ту же частоту</p> <p>5. Вращая сердечник катушки контура гетеродина, следует добиться максимального показания ИВ</p>	Отвертка из изоляционного материала (оргстекло и т. п.)	
Настройка пре-селектора приемника	<p>1. Установить частоту генератора, равную максимальной частоте сопряжения:</p> $f_{\max.с} = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2} + 0,43 (f_{\max} - f_{\min}).$ <p>Установить указатель настройки на шкале приемника в положение, соответствующее этой частоте</p>		

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
	<p>2. Вращая винт подстроечного конденсатора контура входной цепи (в приемнике с УВЧ — также контура в УВЧ), нужно добиться максимального сигнала на выходе приемника. Одновременно с регулировкой подстроечного конденсатора небольшим поворотом ручки настройки приемника следует уточнить настройку в этой точке</p> <p>3. Установить частоту генератора, равную минимальной частоте сопряжения:</p> $f_{\text{мин. с}} = \frac{f_{\text{макс}} + f_{\text{мин}}}{2} - 0,43 (f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}).$ <p>Установить указатель настройки на шкале приемника в положение, соответствующее этой частоте</p>	<p>Отвертка из изоляционного материала (органическое стекло и т. п.)</p>	

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
	<p>4. Вращая сердечник катушки контура входной цепи (в приемнике с УВЧ — также контура в УВЧ), следует добиться максимального сигнала на выходе приемника</p> <p>При наличии магнитной антенны настройку на длинноволновом конце диапазона нужно производить путем перемещения катушки антенны по отношению к ее сердечнику</p> <p>Настройку высокочастотного тракта для большей точности необходимо повторить</p> <p>При настройке гетеродина на коротковолновых поддиапазонах возможны два положения винта под-</p>		

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
	<p>строечного конденсатора, соответствующие максимальному напряжению на выходе приемника, что объясняется прохождением сигнала в приемный тракт по основному и зеркальному каналу. Для обеспечения правильной настройки следует выбрать положение, соответствующее минимальному значению емкости подстроечного конденсатора</p> <p>При настройке растянутых поддиапазонов и только при одном элементе настройки контура гетеродина (подстроечный конденсатор или сердечник катушки) настройку производят в одной точке — обычно в середине поддиапазона</p>	<p>Отвертка из изоляционного материала (органическое стекло и т. п.)</p>	

Продолжение таблицы 8-3

Наименование операции	Указания	Используемая аппаратура и инструмент	Блок-схема
<p>Настройка фильтра, подающего колебание промежуточной частоты</p>	<p>1. Генератор через эквивалент антенны подключить к входу приемника. Указатель настройки на шкале приемника установить в положение максимальной частоты, а переключатель диапазонов — в положение ДВ</p> <p>2. Вращая сердечник катушки фильтра, добиться наименьшей величины выходного напряжения. По мере настройки фильтра следует увеличить входной сигнал</p>		

Настройка «дробного» Детектора

Указания	Используемая аппаратура, инструмент	Принципиальная схема
<p>А. <i>Настройка при помощи ГСС и высокоомного вольтметра</i></p> <p>1. ГСС через конденсатор 1000 пф подключить к управляющей сетке (или базе транзистора) последнего каскада УПЧ в ЧМ канале приемника</p> <p>2. Установить на шкале ГСС точное значение на промежуточной частоте</p>	<p>Высокочастотные генераторы типа ГСС-7, ГСС-17, Г4-6 и т. п.</p> <p>Ламповый вольтметр типа ВЛУ-2, ВЛУ-2М и т. п.</p>	

Продолжение таблицы 8-4

Указания	Используемая аппаратура, инструмент	Принципиальная схема
<p>3. Ламповый вольтметр (шкала 0—30) подключается одним концом к выходу низкой частоты, другим — к точке соединения двух дополнительных сопротивлений R_2 и R_3 (точки 1, 2). Сопротивления R_2 и R_3 (рис. 8-14) выбираются из условия: $R_2 = R_3 \geq 5R_1$</p>	Отвертка из изоляционного материала	
<p>4. Вращая сердечник катушки L_2, добиваться минимальных показаний вольтметра. При правильной настройке поворот сердечника в обе стороны от этого положения будет приводить к увеличению показаний прибора</p>		
<p>5. Подключить вольтметр в точку 5 и по максимальному показанию прибора настроить первый контур (катушка L_1)</p>		

Рис. 8-14.

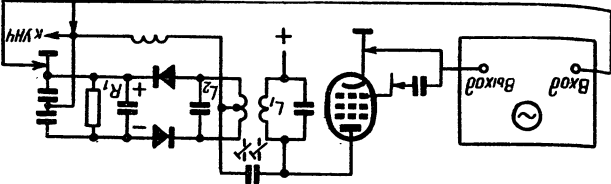
Указания	Используемая аппаратура, инструмент	Принципиальная схема
<p>Б. <i>Настройка при помощи ГСС и свип-генератора</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сигнал от свип-генератора через конденсатор 1000 пф подается на управляющую сетку электронной лампы (или базу транзистора) последнего каскада УПЧ (рис. 8-15) 2. Осциллограф свип-генератора подключить к выходу детектора 3. Переключатель диапазонов (или ручку настройки) свип-генератора установить в положение, соответствующее промежуточной частоте 	<p>Высокочастотные генераторы типа ГСС-7, ГСС-17, ГЧ-6 и т. п.</p> <p>Свип-генераторы (102-И, ПНТ и т. п.)</p>	

Рис. 8-15.

Продолжение таблицы 8-4

Указания	Используемая аппаратура, инструмент	Принципиальная схема
<p>4. Параллельно выходу свип-генератора через конденсатор $3-5\text{ нФ}$ подключить ГСС и, установив на нем точное значение промежуточной частоты, получить метку на наблюдаемой частотной характеристике детектора (рис. 8-16)</p> <p>5. Вращая сердечник катушки L_2, добиваясь совпадения нулевой точки характеристик с меткой, соответствующей промежуточной частоте (рис. 8-17)</p> <p>6. Вращая сердечник катушки L_1, добиваясь наибольшего размаха характеристики (А) и симметричности ее горбов</p>		<div data-bbox="311 177 482 347"> </div> <div data-bbox="505 190 529 297">Рис. 8-16.</div> <div data-bbox="650 171 860 341"> </div> <div data-bbox="873 209 897 316">Рис. 8-17.</div>

8-2. Методика отыскания повреждений в радиовещательном приемнике

Поиск повреждений целесообразно производить в направлении: неисправный каскад — неисправная цепь — неисправная деталь.

Поиск неисправного каскада производится в следующем порядке: блок питания, оконечный УНЧ, предварительный УНЧ, детектор, УПЧ, преобразователь, УВЧ, входная цепь.

Проверка блока питания осуществляется авометром путем измерения отдаваемых под нагрузкой напряжений.

УНЧ проверяется с помощью генератора звуковой частоты путем подключения его последовательно к входу усилительных приборов и прослушивания сигнала на выходе приемника. Допустима приближенная проверка УНЧ с помощью воспроизведения грамзаписи исправным звукоосциллятором.

Высокочастотный тракт проверяется с помощью модулированного сигнала ГСС, подключенного последовательно ко входу детектора, к каскаду УПЧ, преобразователю, УВЧ. При проверке тракта УПЧ следует настроить ГСС на $f_{\text{пр}}$ или же близкую частоту (так как тракт УПЧ может быть расстроен). При проверке преселектора и гетеродина ГСС настраивается на частоту, соответствующую любой точке рабочего поддиапазона (например, в середине).

Если при такой покаскадной проверке окажется, что сигнал, начиная с некоторого каскада, не проходит через приемно-усилительный тракт, то неисправность следует искать в этом каскаде.

Установив неисправный каскад, надо внимательно осмотреть его монтаж и определить наличие замыканий,

касания проводами стенок шасси, обрывов, разрушившихся паяк, сгоревших деталей и. т. д.

Если внешних повреждений не найдено, то нужно, руководствуясь табл. 8-5, проверить неисправный каскад, найти неисправную цепь и деталь (табл. 8-6).

В ряде случаев процесс проверки можно упростить, например:

1) приемник работает от звукоосциллографа, но приема станций не дает (УНЧ исправен, а неисправна высокочастотная часть схемы);

2) приемник не работает от звукоосциллографа и не дает приема станций (неисправность следует искать в блоке питания и УНЧ);

3) приемник не работает на одном из поддиапазонов (неисправны преселектор или гетеродин приемника на этом поддиапазоне);

4) приемник работает с сильным фоном переменного тока (вероятнее всего неисправен блок питания или плохая экранировка цепей предварительного УНЧ) и т. п.

Т а б л и ц а 8-5

Некоторые возможные неисправности отдельных каскадов

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Кенотронный или полупроводниковый выпрямитель	1. Неисправность силового трансформатора	См. табл. 8-6	Измерение напряжения на конденсаторе, отключение неисправного конденсатора и его проверка	Рис.6-1, а
	2. Пробой конденсатора C_0	Искрение между анодом и катодом кенотрона, сгорание предохранителя		
	3. Пробой конденсатора C	Отсутствие напряжения на C		
	4. Утечка в конденсаторе C_0 или C	Падение напряжения на выходе выпрямителя, нагрев конденсаторов		
	5. Неисправность кенотрона или полупроводникового вентиля	См. табл. 8-6		
			То же	Тот же

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Батарей- ное пита- ние	6. Неисправность дрос- селя L	См. табл. 8-6	<p>Измерение напряжения и сопротивления между отдельными точками схемы</p> <p>Измерение сопротивления нагрузки при от- ключенном блоке питания</p> <p>Осмотр цепи накала, за- мена лампы</p> <p>Измерение напряжения батареи под нагрузкой</p>	Рис. 6-1
	7. Обрывы в цепях пи- тания (анодной или на- кальной)	Нет анодного или накально- го напряжения на усилитель- ных каскадах		
	8. Полное или частич- ное замыкание нагрузки выпрямителя	Сильный на- грев транс- форматора, сторание пре- дохранителя		
	9. Замыкание накальной цепи	То же		
	1. Разряд батареи	Снижение чув- ствительности приемника, уменьшение громкости зву- чания; при большом раз- ряде—прекра- щение работы		

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Каскады УНЧ	2. Обрывы в цепях питания, полное или частичное замыкание нагрузки	Уменьшение или отсутствие напряжения на нагрузке	Измерение напряжения и сопротивления между отдельными точками схемы	Рис. 2-8, 2-30
	1. Отсутствие питающих напряжений на электродах усилительных приборов	В громкоговорителе не слышна радиопередача	Измерение напряжений и сопротивлений между соответствующими точками схемы	
	2. Значительное отклонение от нормального режима работы усилительного прибора из-за неточного подбора элементов питания или неисправности блока питания	Уменьшение громкости звучания, искажения в передаче, возбуждение	Измерение режимов (см. табл. 8-6)	
	3. Пробой или большая утечка в разделительном конденсаторе (C_c)	Изменение смещения на управляющей сетке лампы или базе транзистора	Измерение сопротивления утечки конденсатора	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	4. Пробой или большая утечка блокировочных конденсаторов в цепях питания (C_{Φ} , C_a)	Прекращение работы УНЧ, уменьшение громкости и искажения в передаче	Измерение напряжения и сопротивления изоляции конденсаторов	Рис. 2-8, 2-30
	5. Обрывы блокировочных конденсаторов в цепях питания (C_{Φ} , C_a)	Изменение частотной характеристики УНЧ, самовозбуждение	Замена соответствующих конденсаторов заведомо исправными	То же
	6. Обрыв в цепи конденсаторов автоматического смещения или емкости	Уменьшение громкости звучания	То же	То же
	7. Значительное отклонение величин элементов, определяющих вид частотной характеристики усилителя, от номинального значения (R_c , C_c , R_a , — рис. 2-8, C_c , R_k — рис. 2-30)	Изменение громкости звучания по низшим или высшим звуковым частотам: уменьшение R_c , C_c — завал низших частот, увеличение R_a — завал высших частот	Прослушивание работающего УНЧ, измерение частотной характеристики	Рис. 2-8, 2-30

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	<p>8. Обрывы и замыкания в цепях сигнала</p> <p>9. Генерация в УНЧ из-за:</p> <p>а) неправильного включения концов обмоток выходного трансформатора, охваченного цепью обратной связи;</p> <p>б) паразитных связей (нарушение экранировки входной цепи усилителя, непродуманный монтаж);</p> <p>в) ухудшения фильтрации в цепях блокировки питания (обрывы, уменьшение емкостей конденсаторов);</p>	<p>В громкоговорителе не слышна передача</p> <p>Прослушивается свист или вой, а в некоторых случаях низкочастотный «моторный» шум</p>	<p>Измерение сопротивлений между точками схемы</p> <p>Проверка снятием генерации при выполнении следующих операций: последовательного включения во все блокировочные и фильтрующие цепи заведомо исправных конденсаторов; установления нормального режима работы усилительных приборов по постоянному току; уменьшения усиления предварительного усилителя; переключения</p>	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	г) плохого выполнения «заземления» отдельных точек схемы;			
	д) обрывов в цепи сопротивления утечки сетки лампы и замыкания емкости переходных конденсаторов («моторный шум»);			
	е) избыточного усиления			
	10. Фон переменного тока	В громкоговорителе прослушивается ровное гудение низкого тона; возникает из-за неполного давления пульсаций тока в выпрямителе, а также наводок из сети переменного тока на управляющие сетки ламп	концов одной из обмоток выходного трансформатора; улучшения экранирования входных цепей усилителя и качества монтажа; уменьшения сопротивления утечки сетки; уменьшения емкости переходных конденсаторов; исправления небрежного или непродуманного монтажа	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Детекторный каскад	11. Неисправна одна из усилительных ламп или транзистор	См. табл. 8-6	Подача сигнала от генератора звуковой частоты последовательно на вход каскадов; замена заведомо исправным усилительным прибором	Рис. 3-38, 3-58, 3-59
	1. Неисправна детекторная лампа или диод	При работающем УНЧ не прослушивается работа радиостанций; сильные искажения в передаче	Замена заведомо исправным прибором	
	2. Не работает или плохо работает потенциометр регулировки громкости	См. табл. 8-6	См. табл. 8-6	
Каскады УПЧ	1. Отсутствие питающих напряжений на электродах усилительных приборов	При работающем УНЧ не прослушивается работа радиостанций; нет прохождение модулированного сигнала через приемный	Измерение напряжений; измерение сопротивлений между соответствующими точками схемы	Рис. 3-40

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	<p>2. Не работает лампа или транзистор в усилительном каскаде</p> <p>3. Значительное отклонение от нормального режима работы усилительного прибора из-за неточности подбора элементов питания или неисправности блока питания</p> <p>4. Обрывы в цепях блокировочных конденсаторов питания (C_6, $C_{ф.э}$ — рис. 3-24 или C_6 — рис. 3-57)</p> <p>5. Обрыв в цепи конденсатора автоматического смещения</p>	<p>тракт, начиная с каскадов УПЧ</p> <p>То же</p> <p>Уменьшение громкости передачи. возбуждение, искажения в передаче</p> <p>Возбуждение УПЧ</p> <p>Уменьшение громкости передачи</p>	<p>См. табл. 8-6</p> <p>Измерение режимов (см. табл. 8-6)</p> <p>Замена соответствующих конденсаторов ведомо исправными</p> <p>Осмотр цепи, замена ведомо исправным конденсатором</p>	<p>Рис. 3-24, 3-57</p>

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	6. Неисправность контурной катушки и контурного конденсатора (см. табл. 8-6)	Не настраивается контур: ухудшается избирательность и чувствительность приемника, искажения в передаче, при обрыве контурной катушки—нет постоянного напряжения на аноде (коллекторе)	См. табл. 8-6	
	7. Расстройка контуров в тракте УПЧ	Ухудшение чувствительности и избирательности, при больших расстройках прекращение работы радиоприемника	Определение с помощью ГСС частоты настройки контуров (см. табл. 8-6)	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	8. Генерация в УПЧ	В громкоговорящем прослушивается свист, вой, сильное шипение, изменяются режимы работы каскада по постоянному току	В отличие от случая возбуждения по низкой частоте следует отсоединить УНЧ, после чего свист в громкоговорящем перестает прослушиваться. Проверка снятием генерации при выполнении следующих операций: последовательного включения во все блокировочные и фильтрующие цепи исправных конденсаторов; уменьшения усиления каскадов; улучшения экранировки деталей УПЧ (колебательные контуры); исправления небрежного и непродуманного монтажа; установления нормального режима усиленных приборов по постоянному току (при	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак всправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Гетеродин	1. Отсутствие генерации	В громкоговори- теле не про- слушивается радиопередача	сорванной генерации с помощью закорачивания входа генерирующего каскада емкостью 0,05— 0,1 мкф) При попытке сорвать генерацию (например, закорачиванием конту- ра гетеродина) не изме- няется постоянное на- пряжение на его аноде Смена лампы; изме- рение режима работы Измерение режима ра- боты	Рис. 3-28, 3-53, 3-55
	а. Неисправность лам- пы или транзистора б. Значительное откло- нение от номинально- го режима работы в. Неисправности кон- туров гетеродина (конденсаторов, ка- тушки индуктивности) г. Неисправность пере- ключателя поддиапа- зонов (гетеродинная секция)		См. табл. 8-6 См. табл. 8-6	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	<p>д. Неправильное включение концов катушки связи</p> <p>е. Отсутствие питающих напряжений на электродах усилительного прибора</p> <p>ж. Обрывы и замыкания в цепях высокой частоты</p> <p>2. Неустойчивая генерация и малый коэффициент преобразования, из-за причин, аналогичных причинам неисправностей каскадов «Кенотронный или полупроводниковый выпрямитель» (п. 1, 2, 3, 4) и «Гетеродин» (п. 1, 2, 3)</p> <p>3. Расстройка контуров гетеродина</p>	<p>Мала чувствительность приемника; возможен прием станций только в пределах части шкалы</p> <p>Мала чувствительность; воз-</p>	<p>Переключение концов катушки связи</p> <p>Измерение напряжений и сопротивлений между соответствующими точками схемы</p> <p>Измерение сопротивлений между точками схемы</p> <p>См. каскад «Гетеродин»</p> <p>Проверка настройки гетеродина (см. табл. 8-3)</p>	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
Смеситель Преселектор приемника (УВЧ и входная цепь) Автоматическая регулировка усиления	Аналогичен УПЧ Аналогичен УПЧ; до- полнительно—неисправ- ности в переключателе поддиапазонов	можно полное прекращение работы прием- ника		Рис. 3-29, 3-53, 3-55 Рис. 3-24, 3-27, 3-50
	1. Замыкание или боль- шая утечка конденса- тора фильтра АРУ	Не регулирует- ся смещение в цепи АРУ при изменении сиг- нала, пределы регулирования недостаточно	Измерение сопротивле- ния утечки, замена за- ведомо исправным кон- денсатором	Рис. 3-42, 3-43, 3-60
	2. Обрыв конденсатора фильтра АРУ 3. Обрывы в цепи АРУ	Возбуждение, уменьшение громкости Не регулирует- ся смещение в	Замена заведомо исправ- ным конденсатором Измерение сопротивле- ний между точками	

Продолжение таблицы 8-5

Каскад	Характер неисправности	Признак неисправности	Методика отыскания неисправности	Схема
	4. Увеличение напряжения «задержки»	<p>цепи АРУ при изменении сигнала</p> <p>Уменьшение усиления приемника (в схеме, где напряжение «задержки» является исходным - смещением на сетки ламп); при больших напряжениях «задержки» преграждается прием радиостанций; регулирование начинается со сравнительно больших входных сигналов</p>	<p>схемы</p> <p>Измерение напряжения «задержки» или исходного смещения на сетках регулируемых ламп</p>	

Т а б л и ц а 8-6

Некоторые возможные неисправности отдельных деталей

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Катушки индуктивности	Обрыв наматочного провода	Не работает высокочастотный тракт	Измерение омметром или пробником сопротивления обмотки; наружный осмотр
	Частичный обрыв многожильного провода	Ухудшение избирательности и чувствительности приемника	Измерение омметром или пробником сопротивления обмотки и сравнение с данными, приведенными в описании схемы
	Замыкание витков	Расстройка контура, ухудшение параметров приемника	Наружный осмотр (повреждение изоляции, облуживание); измерение омметром или пробником сопротивления обмотки; замена катушки на заведомо исправную и сравнение качества работы
Силовые трансформаторы	Обрыв провода обмотки или нарушения контакта у выводных концов	Не работает цепь, связанная с поврежденной обмоткой	Измерение омметром или пробником сопротивления обмотки
	Замыкание одной или нескольких обмоток на корпус	Сильный нагрев трансформатора	Измерение омметром или пробником сопротивления между обмотками и корпусом

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Дроссели фильтров выпрямите- лей и выход- ные транс- форматоры	или между собой Короткое замыка- ние части обмо- ток вследствие пробоя, перегрева или некачествен- ной изоляции	Сильный на- грев трансфор- матора	Отключение от трансформатора всех видов нагрузки и проверка теплово- го режима в течение 15—20 мин; если наблюдается сильный нагрев трансформатора, то имеется короткое замыкание
	Повреждение об- мотки — анало- гично силовым трансформаторам	Не работает высокочастот- ная часть при- емника; час- тичное замы- кание; треск в процессе пе- рестройки приемника	Измерение омметром или пробником сопротивления между пластинами для всех положений ротора конден- сатора
Конденсато- ры перемен- ной емкости и подстроеч- ные	Замыкание меж- ду пластинами или нарушение изоляции между ними		

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Конденсаторы постоянной емкости	Деформация наружных пластин (для конденсаторов переменной емкости)	Расстройка контура на границах поддиапазона	Наружный осмотр пластин конденсатора; проверка пределов изменения емкости
	Пробой изоляции	Замыкание цепи, в которую включен конденсатор	Измерение омметром или пробником сопротивления изоляции
	Плохое качество изоляции	Плохая изоляция по постоянному току (например, для разделительного конденсатора попадания не некоторого положительного потенциала на сетку лампы следующего каскада); для цепей контуров — ухуд-	Измерение сопротивления изоляции при рабочем режиме; замена конденсатора заведомо исправным и сравнение качества работы

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Конденсаторы электрические	Обрыв выводов (обычно при выводе из корпуса)	Треск в громкоговорителе при шевелении выводов; не работает цепь, где включен конденсатор	Качание вывода при шевелении, измерение емкости конденсатора; замена заводом исправным и сравнение качества работы
	Пробой изоляции	Закорачивание цепи, куда включен конденсатор	Измерение сопротивления изоляции пробником или омметром
	Утечка	Изменение емкости, нагрев при большом токе утечки	Измерение тока утечки; оценка степени нагрева корпуса конденсатора; замена заводом исправным и сравнение качества работы
	Потеря емкости	В фильтрах выпрямителя — плохая фильтрация (фон перемен-	Измерение емкости конденсатора; замена заводом исправным и сравнение качества работы

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Резисторы постоянные	Изменение величины сопротивления по сравнению с номинальной	<p>ного тока) и т. д.</p> <p>Ухудшение работы цепи, куда включено сопротивление (например, резистора работы усилительного прибора и т. д.)</p>	Измерение омметром или пробником величины сопротивления
Резисторы переменные	<p>Сгорание сопротивлений при расщеплении большой мощности</p> <p>Обрыв проволоки для проволочных сопротивлений</p> <p>Изменение величины сопротивления, обрывы выводов, сгорание</p>	<p>Обугливание окраски сопротивлений</p> <p>Обрыв цепи, куда включено сопротивление</p> <p>Не работает или плохо работает цепь, куда включен резистор</p>	<p>Измерение омметром или пробником величины сопротивления; наружный осмотр</p> <p>То же</p> <p>Измерение омметром или пробником величины сопротивления, наружный осмотр резистора со снятым защитным кожухом</p>

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Переключатели подпазонов	Ухудшение качества контакта между ползунком и подковкой	Сильные шорохи и трески в громкоговорятеле (для регуляторов и громкости и тембра); отсутствие или плохое качество др. регулировок	Измерение омметром или пробником величины сопротивления, наружный осмотр резистора со снятым защитным кожухом
	Ухудшение или полное отсутствие контактов между соприкасающимися поверхностями	Трески и шорохи при переключениях; полное прекращение или ухудшение работы высокочастотной части приемника	Измерение сопротивления между контактами (эффективно при больших педальных сопротивлениях и полном отсутствии контакта); наблюдение за работой переключателя; осторожное подгибание контактов в работающем приемнике отверткой из изоляционного материала; промывка контактов спиртом и повторная проверка работоспособности переключателя
	Неисправности механической части	Не переключаются отдельные	Осмотр переключателя; при необходимости разборка и исправление

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Электронные лампы	темы переключа- теля	ные поддиапа- зоны; нет фикса- ции положже- ний переключе- вателя; нет возврата кла- виши для кла- вишной систе- мы; велики усилия пере- ключения и т. д.	имеющегося деффекта, смазка тру- щихся частей
	Перегорание или обрыв нити нака- ла	Прекращается работа каскада	Измерение сопротивления нити нака- ла омметром или пробником
	Замыкание элек- тродов между со- бой Обрыв подводя- щих выводов электродов	Прекращается работа каска- да или ухуд- шается качест- во работы Прекращается работа каскада	То же Измерение режимов работы лампы и сравнение их со справочными дан- ными

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Транзисторы	Потеря эмиссии	Уменьшается усиление каскада и увеличиваются искажения	Измерение анодного тока лампы (см. табл. 8-1)
	Появление в баллоне лампы газа	У стеклянных ламп — фиолетовое свечение; прекращение нормальной работы схемы или работа с сильными искажениями; чаще всего наблюдается у выходных ламп и кенотронов	Осмотр работающей лампы (стеклянной); замена лампы (как и во всех случаях неисправности) на заведомо исправную и сравнение качества работы
	Замыкание между выводами Мал коэффициент усиления транзистора по току	Прекращается работа каскада Мало усиление каскада	Измерение величины β (прибор Л2-1), замена транзистора заведомо исправным и сравнение качества работы

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
	Велик обратный ток коллектора	Ухудшается стабильность схемы и уменьшается усиление	Измерение величины $I_{к0}$ (прибор ЛТ-1), замена транзистора заводом исправным и сравнение качества работы
	Велик коэффициент шума	Уменьшение реальной чувствительности приемника или усилителя	Замена другими транзисторами, так как измерение коэффициента шума в условиях радиолюбителя сопряжено с трудностями
	Изменение параметров транзистора во времени	Изменение усиления каскада	Наблюдение за измеряемыми величинами β , $I_{к0}$ или за работой каскада в течение определенного интервала времени
	Большой разброс параметров транзистора по сравнению со номинальными величинами	Не удается построить усилительную схему, каскад работает с плохими качествами	Обстоятельное измерение параметров транзисторов с помощью специальных приборов (ЛТ-2, ЛТ-8, ЛТ-9 и т. п.), а также замена заводом исправными транзисторами

Продолжение таблицы 8-6

Деталь	Характер неисправности	Признаки неисправности	Методика отыскания неисправности
Полупроводниковые диоды	Велико прямое или мало обратное сопротивление диода	<p>венными показателями</p> <p>В детекторном каскаде шумитирование контура в нагрузке УПЧ, уменьшение коэффициента передачи дедектора</p>	Измерение омметром прямого сопротивления (десятки — сотни ом) и обратного сопротивления диода (сотни ком); замена заведомо исправным диодом
Динамические громкоговорители	Обрыв звуковой катушки	Не работает громкоговоритель	Измерение омметром или пробником величины сопротивления катушки
	Касание звуковой катушки или стенок затора	Шорохи и трение при перемещении катушки в зазоре	Перемещение катушки; исправление повторной центровкой
	Механические повреждения диффузора и центрирующей шайбы	Разрывы и вмятины в мембране диффузора и шайбы	Осмотр громкоговорителя

8-3. Испытания радиовещательных приемников и УНЧ

Электрические и акустические испытания радиовещательных приемников и радиол должны производиться согласно ГОСТ 9783—61. Некоторые методы электрических испытаний УНЧ и радиоприемников, полезные в радиолюбительской практике, приведены в табл. 8-8, 8-9. Для проведения этих испытаний требуются измерительные приборы, сокращенно обозначенные: ЗГ, ЛВ, ЛВПТ, ГСС-АМ, ГСС-ЧМ, ИНИ, ИВ. Некоторые сведения об этих приборах приведены в табл. 8-7.

Таблица 8-7

Основные измерительные приборы для испытания радиовещательных приемников и УНЧ

Принятое сокращение	Наименование измерительного прибора	Возможный тип прибора	Краткая техническая характеристика
ЗГ	Звуковой генератор	ГЗ-4А (ЗГ-12М)	Диапазон частот 20 <i>гц</i> — 200 <i>кгц</i> . Выходное напряжение изменяется до 100 <i>дб</i> относительно выходного уровня
ЛВ	Ламповый вольтметр	ВК7-3 (А4-М2)	Напряжения постоянного и переменного тока измеряются в пределах 0,1—1000 <i>в</i> (7 поддиапазонов). Входное сопротивление при измерении постоянного тока не менее 11 <i>Мом</i> .
ЛВПТ	Ламповый вольтметр постоянного тока		
ГСС-АМ	Генератор стандартных сигналов с амплитудной модуляцией	Г4-18 (ГСС-41)	Диапазон частот 0,1—35 <i>Мгц</i> . Внутренняя амплитудная модуляция с частотами 400 и 1000 <i>гц</i> . Выходное калиброванное напряжение от 0,1 <i>в</i> до 1 <i>мкв</i>

Продолжение таблицы 8-7

Принятое сокращение	Наименование измерительного прибора	Возможный тип прибора	Краткая техническая характеристика
ГСС-ЧМ	Генератор стандартных сигналов с частотной модуляцией	Г4-6 (ГСС-17)	Диапазон частот 16—128 Мгц. Внутренняя частотная модуляция с частотой 1000 гц и девиацией частоты от 1 до 75 кгц. Выходное калиброванное напряжение от 0,1 в до 0,5 мкв
ИНИ	Измеритель нелинейных искажений	С6-1 (ИНИ-12)	Коэффициент нелинейных искажений измеряется в пределах от 0,1 до 30% в диапазоне звуковых частот 20 гц — 20 кгц
ИВ	Измеритель выхода	ВЗ-10А	Пределы измерения 300 мв — 300 в (6 поддиапазонов) в диапазоне частот 50 гц — 10 кгц. Выходное сопротивление 20 ком

Т а б л и ц а 8-8

Некоторые методы электрических испытаний УНЧ

№ п.п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
1	Номинальная выходная мощность	На вход УНЧ подают напряжение заданной частоты от ЗГ. Величина подаваемого напряжения должна быть равна норме, заданной на чувствительность УНЧ. Регулятором громкости устанавливают напряжение на	ЗГ, ЛВ, ИНИ

Продолжение таблицы 8-8

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
2	Чувствительность (номинальное входное напряжение)	<p>нагрузке, соответствующее заданной номинальной выходной мощности. При этом величина k_r, измеренная ИНИ, не должна превышать заданной нормы</p> <p>Измеряют напряжение частоты 1000 гц от ЗГ, которое подают на вход УНЧ и при котором на нагрузке развивается напряжение, соответствующее номинальной выходной мощности УНЧ</p>	ЗГ, ЛВ, ИНИ
3	Частотная характеристика по напряжению	<p>На вход УНЧ подают от ЗГ напряжение, соответствующее заданной чувствительности УНЧ. Регулятор громкости устанавливают в такое положение, при котором на частоте 1000 гц на выходе УНЧ получается напряжение, соответствующее 0,25 $P_{2ном}$ (или иной выходной мощности, не превышающей номинальной на частоте максимального подъема). Если на некоторых частотах измеряемого диапазона наступает перегрузка электрической или акустической части УНЧ, то необходимо выбрать меньший уровень выходной мощности. Регуляторы тембра устанавливают в заданное положение. Затем изменяют частоту ЗГ в заданных пределах при неизменном напряжении на входе УНЧ. Кривая зависимости напряжения на выходе от частоты напряжения на входе является частотной характеристикой по напряжению</p>	ЗГ, ЛВ

Продолжение таблицы 8-8

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
4	Коэффициент нелинейных искажений по напряжению	На вход УНЧ подают от ЗГ напряжение, соответствующее заданной чувствительности. На выходе УНЧ регулятором громкости устанавливают напряжение, соответствующее номинальной выходной мощности. Регуляторы тембра устанавливают в заданные положения. k_r на выходе УНЧ измеряют с помощью ИНИ. Измерения производят на заданных частотах	ЗГ, ЛВ, ИНИ
5	Пределы регулирования тембра	На вход УНЧ от ЗГ подают напряжение частоты 1000 гц, соответствующее заданной чувствительности. На выходе УНЧ регулятором громкости устанавливают напряжение, соответствующее $P_{\text{ном}}$. Регуляторы тембра устанавливают в положение поднятых верхних и нижних звуковых частот. Затем частоту ЗГ изменяют до 100 гц и далее до заданной величины верхней звуковой частоты при неизменном напряжении на входе УНЧ, при этом напряжение на выходе УНЧ на частоте 100 гц и на заданной верхней звуковой частоте должно возрасти по сравнению с напряжением на частоте 1000 гц на заданную величину (в децибелах). Рекомендуется применять следующие верхние звуковые частоты: 5000, 8000, 10 000 и 12 000 гц. Затем все измерения повторяют, но при положениях регуляторов тембра, соответствующих ослабленному воспроизведению верхних и нижних звуковых частот. При	ЗГ, ЛВ

Продолжение таблицы 8-8

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
6	Диапазон регулирования громкости	<p>этом напряжение на выходе УНЧ на частоте 100 гц и на заданной верхней звуковой частоте должно упасть по сравнению с напряжением на частоте 1000 гц на заданную величину (в децибелах). При изменении положений регуляторов тембра, но при неизменном положении регулятора громкости и постоянном напряжении на входе УНЧ напряжение на выходе УНЧ на частоте 1000 гц не должно изменяться более чем на заданную величину</p> <p>На вход УНЧ от ЗГ подают напряжение низкой частоты 1000 гц. При регуляторе громкости в положении максимальной громкости на выходе УНЧ устанавливают напряжение, соответствующее мощности 50 мвт. Затем, поставив ручку регулятора громкости в положение минимальной громкости (против часовой стрелки до упора), увеличивают напряжение на входе до тех пор, пока на выходе опять не установится то же напряжение. Отношение напряжения, подаваемого на вход УНЧ при регуляторе громкости в положении минимальной громкости, к напряжению, соответствующему регулятору в положении максимальной громкости, выраженное в децибелах, характеризует диапазон регулирования громкости</p>	ЗГ, ЛВ

Таблица 8-9

Некоторые методы электрических испытаний радиовещательных приемников

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
1	Диапазоны принимаемых частот (волн)	На вход приемника (гнезда «антенна — земля») подают напряжение от ГСС-АМ. Стрелку или другой указатель частот настройки приемника устанавливают в крайние положения каждого диапазона частот. По частотам настройки ГСС определяют диапазоны принимаемых приемником частот	ГСС-АМ
2	Реальная чувствительность	а, в диапазонах ДВ, СВ и КВ на гнезда «антенна — земля» приемника подают через эквивалент антенны напряжение от ГСС, модулированное по амплитуде напряжением частоты 400 иди 1000 гц с глубиной модуляции 30%, при котором на выходе развивается напряжение, соответствующее мощности 50 мвт. Приемник настраивают на частоту сигнала по максимальному напряжению на выходе приемника или по оптическому индикатору настройки. Регулятор громкости должен находиться в таком положении, при котором обеспечивается отношение напряжения на выходе приемника к напряжению шумов (при снятой с сигнала модуляции) не ниже заданной величины. Регуляторы тембра и полосы частот должны находиться в положении, со-	ГСС-АМ, ЛВ (ИВ)

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
3	Избирательность (ослабление соседнего канала)	<p>ответствующем максимальному усилению. Напряжение ГСС, выраженное в микровольтах, является показателем чувствительности приемника. Измерения производят в трех точках диапазона частот, причем две крайние проверяемые точки должны находиться на расстоянии 10—20% от начала и конца шкалы градуировки каждого диапазона</p> <p>б. В диапазоне УКВ на гнезда антенны приемника подают через согласующее звено напряжение от ГСС-ЧМ, модулированное напряжением частоты 1000 гц с девиацией частоты ± 15 кГц, при котором на выходе приемника развивается напряжение, соответствующее мощности 50 мвт. Приемник настраивают на частоту сигнала по максимальному напряжению на выходе приемника. Измерения производят в трех точках УКВ диапазона на частотах: 65,8; 70 и 73 Мгц</p> <p>а. В диапазонах ДВ, СВ и КВ на вход приемника через эквивалент антенны подают от ГСС-АМ заданное напряжение, модулированное по амплитуде напряжением частоты 400 или 1000 гц с глубиной модуляции 30%. Приемник настраивают на частоту сигнала по максимальному напряжению на выходе приемника или по оптичес-</p>	<p>ГСС-ЧМ, ЛВ, (ИВ)</p> <p>ГСС-АМ, ЛВ, (ИВ)</p>

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
		<p>кому индикатору настройки при заданной ширине полосы пропускания частот. Регулятор громкости должен находиться в таком положении, при котором на выходе приемника развивается напряжение, соответствующее мощности 50 <i>мвт</i>. Затем, не изменяя настройки приемника, расстраивают ГСС-АМ на 10 <i>кГц</i> в обе стороны от частоты точной настройки и аттенуатором ГСС-АМ устанавливают такое напряжение на входе приемника, при котором на его выходе опять получается напряжение, соответствующее 50 <i>мвт</i>. Отношение напряжения ГСС-АМ при расстройке частоты на + 10 <i>кГц</i> и на — 10 <i>кГц</i> к напряжению при точной настройке, выраженное в децибелах, является показателем избирательности. Измерения производят на заданных частотах</p> <p>6. В диапазоне УКВ на вход приемника через согласующее звено подают напряжение от ГСС-ЧМ. Величину подаваемого напряжения устанавливают равной номинальной чувствительности приемника на УКВ диапазоне. После настройки приемника модуляция снимается. Ламповый вольтметр постоянного тока подключают к электролитическому конденсатору дробного детектора, причем заземленный зажим лампового вольтметра</p>	ГСС-ЧМ, ЛВПТ

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
4	Ослабление сигнала зеркального канала	<p>должен быть присоединен к заземленному выводу электролитического конденсатора. Приемник дополнительно настраивают на частоту сигнала по максимальному напряжению на электролитическом конденсаторе. Отмечают показания лампового вольтметра. Затем, не изменяя настройку приемника, расстраивают ГСС-ЧМ в обе стороны от частоты точной настройки на заданную величину и аттенуатором ГСС-ЧМ устанавливают такое напряжение на входе приемника, при котором показание лампового вольтметра остается таким же, как и при точной настройке. Отношение напряжения ГСС-ЧМ при расстройке к напряжению при точной настройке, выраженное в децибелах, является показателем избирательности. Измерения производят на заданных частотах</p> <p>Измерения производят аналогично соседнему каналу (п. 2, а и б), но при расстройке ГСС на величину двойного значения промежуточной частоты: в сторону больших частот — при частоте гетеродина выше принимаемой и в сторону меньших частот — при частоте гетеродина ниже принимаемой. Отношение напряжения ГСС при расстройке к напряжению при точной настройке, выраженное в децибелах, является пока-</p>	ГСС-АМ, ЛВ (ИВ), ГСС-ЧМ, ЛВПТ

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
5	Частотная характеристика всего тракта усиления приемника (кривая верности) по напряжению	<p>зателем ослабления зеркального канала. Измерения должны производиться на самой высокой частоте каждого диапазона</p> <p>На вход приемника в диапазонах ДВ, СВ и КВ от ГСС-АМ подают напряжение (п. 2,а), которое модулируют от внешнего генератора звуковой частоты (ЗГ). Напряжение в УКВ диапазоне подают от ГСС-ЧМ (п. 2,б). Приемник точно настраивают на частоту сигнала по максимальному напряжению на выходе тракта амплитудной модуляции и по наименьшим искажениям на диапазоне УКВ. Глубину модуляции поддерживают постоянной, равной 30% при любой частоте модулирующего напряжения. На диапазоне УКВ поддерживают девиацию частоты ± 15 кГц. Регулятор громкости устанавливают в такое положение, при котором на выходе приемника получается напряжение, соответствующее 0,25 номинальной выходной мощности или мощности 50 мвт, если величина 0,25 номинальной выходной мощности ниже 50 мвт (или иной выходной мощности, не превышающей номинальной на частоте максимального подъема). Регуляторы тембра устанавливают в заданные положения. Затем изменяют частоту модуляции также в задан-</p>	ГСС-АМ, ГСС-ЧМ, ЗГ, ЛВ (ИВ)

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
6	Коэффициент нелинейных искажений всего тракта усиления по напряжению	<p>ных пределах. Кривая зависимости выходного напряжения от частоты модуляции является частотной характеристикой всего тракта усиления приемника</p> <p>На вход приемника в диапазонах ДВ, СВ и КВ от ГСС-АМ подают напряжение (п. 2, а), которое модулируют от внешнего генератора звуковой частоты (ЗГ) с глубиной модуляции 60%. Напряжение в УКВ диапазоне подают от ГСС-ЧМ (п. 2, б) при девиации частоты ± 50 кГц. На выходе приемника устанавливают напряжение, соответствующее номинальной выходной мощности. Регуляторы тембра устанавливают в заданные положения. Коэффициент нелинейных искажений напряжения на выходе приемника измеряют измерителем нелинейных искажений. Измерения производят на заданных частотах. Измерения повторяют при различных заданных напряжениях на входе</p>	ГСС-АМ, ГСС-ЧМ, ЗГ, ЛВ (ИВ), ИНИ
7	Действие автоматической регулировки усиления (АРУ)	<p>На вход приемника через эквивалент антенны от ГСС подают напряжение заданной величины, модулированное по амплитуде напряжением частоты 400 или 1000 гц с глубиной модуляции 30% и с девиацией частоты ± 15 кГц (на УКВ диапазоне). Регулятор громкости при этом устанавливают в такое положение, при ко-</p>	ГСС-АМ, ГСС-ЧМ, ЛВ (ИВ)

Продолжение таблицы 8-9

№ п. п.	Наименование параметра	Метод испытания	Требуемые приборы
		<p>тором на выходе приемника получается напряжение, соответствующее 0,25 номинальной выходной мощности. Затем напряжение ГСС уменьшают в заданное число раз. Отношение напряжений на выходе приемника при максимальном и минимальном напряжениях на входе, выраженное в децибелах, характеризует действие АРУ. Измерения должны производиться на частотах 1000 кГц и 70 МГц</p>	

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Десятичные (метрические) приставки

Наименование приставки	Отношение к главной единице	Сокращенное обозначение	
		русское	международное
Пико (микромикро)	10^{-12}	<i>п</i>	p
Нано (миллимикро)	10^{-9}	<i>н</i>	n
Микро	10^{-6}	<i>мк</i>	μ
Милли	10^{-3}	<i>м</i>	m
Сант	10^{-2}	<i>с</i>	c
Деци	10^{-1}	<i>д</i>	d
Дека	10	<i>да</i>	da
Гекто	10^2	<i>г</i>	h
Кило	10^3	<i>к</i>	k
Мега (мег)	10^6	<i>М</i>	M
Гига	10^9	<i>Г</i>	G
Тера	10^{12}	<i>Т</i>	T

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные единицы международной системы СИ и некоторые производные электрические единицы

Физическая величина и ее обозначение	Единицы системы СИ		Допускаемые внесистемные единицы	
	Единица измерения	Обозначение единицы	Название единицы и ее обозначение	Содержит количество единиц системы СИ

Основные единицы

Длина <i>l, r, d</i>	метр	<i>м</i>	километр (<i>км</i>)	10^3
			дециметр (<i>дм</i>)	10^{-1}
			сантиметр (<i>см</i>)	10^{-2}
			миллиметр (<i>мм</i>)	10^{-3}
			микрон (<i>мк</i>)	10^{-6}
			ангстрем (\AA)	10^{-10}
Масса <i>m</i>	килограмм	<i>кг</i>	тонна (<i>т</i>)	10^3
			центнер (<i>ц</i>)	10^2
			грамм (<i>г</i>)	10^{-3}
			миллиграмм (<i>мг</i>)	10^{-6}

Продолжение

Физическая величина и ее обозначение	Единицы системы СИ		Допускаемые внесистемные единицы	
	Единица измерения	Обозначение единицы	Название единицы и ее обозначение	Содержит количество единиц системы СИ
Время t, T, τ	секунда	<i>сек</i>	час (<i>ч</i>) минута (<i>мин</i>) микросекунда (<i>мксек</i>)	3600 60 10^{-6}
Сила электрического тока I, i	ампер	<i>а</i>	миллиампер (<i>ма</i>) микроампер (<i>мка</i>)	10^{-3} 10^{-6}
Температура t, T, θ	градус Кельвина	град, °К	градус Цельсия $t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15^{\circ}$	
Сила света I	свеча	<i>св</i>		

Производные электрические единицы

Напряжение U	вольт	<i>в</i>	киловольт (<i>кв</i>)	10^3
Потенциал φ э.д.с. E			милливольт (<i>мв</i>) микровольт (<i>мкв</i>)	10^{-3} 10^{-6}
Напряженность электрического поля E	вольт на метр	<i>в/м</i>	вольт на сантиметр (<i>в/см</i>)	10^2

Продолжение

Физическая величина и ее обозначение	Единицы системы СИ		Допускаемые внесистемные единицы	
	Единица измерения	Обозначение единицы	Название единицы и ее обозначение	Содержит количество единиц системы СИ
Электрическое сопротивление R	ом	ом	килоом (ком)	10^3
			мегом (Мом)	10^6
			гигаом (Гом)	10^9
Удельное сопротивление ρ	ом·метр	ом·м	ом·см	10^{-2}
			ом·мм ² /м	10^{-6}
Электрическая проводимость g	сименс или обратный ом	сим, ом ⁻¹ (мо)	миллисименс (мсим)	10^{-3}
			микросименс (мксим)	10^{-6}
Удельная проводимость σ		ом ⁻¹ ·м ⁻¹	ом ⁻¹ ·см ⁻¹	10^3
Электрическая емкость C	фарада	ф	микрофарада (мкф)	10^{-6}
			пикофарада (пф)	10^{-12}
Электрическая проникаемость (абсолютная) ϵ	фарада на метр	ф/м		

Продолжение

Физическая величина и ее обозначение	Единицы системы СИ		Допускаемые внесистемные единицы	
	Единица измерения	Обозначение единицы	Название единицы и ее обозначение	Содержит количество единиц системы СИ
Электрическая проницаемость вакуума (электрическая постоянная) ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\phi/м$		
Магнитный поток Φ	вебер или вольт-секунда	$вб,$ $в \cdot сек$	милливебер ($мвб$)	10^{-3}
Магнитная индукция B	вебер на кв. метр или тесла	$вб/м^2,$ $тс$		
Напряженность магнитного поля H	ампер на метр или ампер-виток на метр	$а/м,$ $ав/м$	$а/см,$ $ав/см$	10^2
Индуктивность L и взаимная индуктивность M	генри	$гн$	миллигенри ($мгн$) микрогенри ($мкгн$)	10^{-3} 10^{-6}
Магнитная проницаемость (абсолютная) μ	генри на метр	$гн/м$		

Продолжение

Физическая величина и ее обозначение	Единицы системы СИ		Допускаемые внесистемные единицы	
	Единица измерения	Обозначение единицы	Название единицы и ее обозначение	Содержит количество единиц системы СИ
Магнитная проницаемость вакуума (магнитная постоянная) μ_0	$1,256 \cdot 10^{-6}$	гн/м		
Электрическая энергия W, A	джоуль	дж	килоджоуль (кдж) киловатт-час (квт · ч) электрон-вольт (эв)	10^3 3600 $1,60207 \cdot 10^{-19}$
Активная мощность P	ватт	вт	киловатт (квт) милливатт (мвт) микроватт (мквт)	10^3 10^{-3} 10^{-6}
Полная мощность S	вольт-ампер	ва		
Реактивная мощность Q	вольт-ампер реактивный	вар		
Плотность тока J, δ	ампер на кв. метр	а/м ²	а/мм ²	10^6

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматическая регулировка
усиления (АРУ) 226
— — — в транзисторном при-
емнике 256
— — — «задержанная» 231
— — — простая 228
— — — усиленная 232
Аккумуляторы 348
Антенны для радиовещатель-
ного приема 144
— диапазона УКВ 171
— магнитные 168
— наружные для ДВ, СВ, КВ
167
Атмосферная помеха радиопри-
ему 20

Б

Биение 302
Блок-схема приемника прямого
усиления 139
— супергетеродинного прием-
ника 139
— УНЧ 49
Болевой предел 301

В

Входная цепь приемника 184
— — при работе от внутренней
магнитной антенны 186
— — схемы для лампового
приемника 185
— — транзисторного приемни-
ка 239
Выпрямители 325
— селеновые 333
Выпрямительные элементы 332

Г

Гальванические элементы и ба-
тареи 346
Генераторы ВЧ магнитофонов
291
Гетеродин лампового приемни-
ка 199
Гетеродин транзисторного при-
емника 246
Грампластинки 296
Громкоговорители 304
Громкость 301

Д

Десятичные (метрические) приставки 542
Детектор 220
— «дробный» 267
— на полупроводниковом диоде 254
— на транзисторе 255
— параллельный 223
— последовательный 221
Децибелы 10
Диапазон рабочих частот радиовещательного приемника 151
— — — УНЧ 38
Диоды ламповые 379
— полупроводниковые 409
Дроссели высокой частоты 476

З

Заземление 168
Замирение радиоволн 16
Звуковое давление 301
Звуковоспроизведение 300
Звуковоспроизводящая система 318
— — двухканальная 318
— — монофоническая 318
— — объемного звучания 319
— — псевдостереофоническая 323
— — распределенная 320
— — стереофоническая 321
Звукозапись 279
— магнитная 279
— механическая 281
Звукосниматели 297
«Зеркальный» канал 141

И

Избирательность 146
— в отношении сигнала с час-

тотой, равной промежуточной 147
— по «зеркальному» каналу 147
— по соседнему каналу 146
Излучение гетеродина 157
Индикаторы настройки приемника 224
— — электронносветовые 383
— уровня записи 293
Интерференция 302
Искажения нелинейные 38
— частотные 37

К

Канал воспроизведения 281
— записи 279
— радиовещания 5
— сквозной 281
— усиления 33
Каскады УНЧ на лампах 57
— — на транзисторах 109
— дроссельные 71
— мощных усилителей 72
— предварительных усилителей 52
— резистивные 63, 108
— входные 65, 110
— оконечные 72, 113
— — двухтактные 77, 118
— — однотактные 72, 113
— предоконечные 52, 125
— — фазоинверсные 84, 125
— трансформаторные 69, 112
Катушки высокочастотные 470
— — многослойной намотки 471
— — однослойной намотки 470
— — с сердечниками 473
Кенотроны 332
Колебательный контур 174
— — добротность 180

- — емкость 178
- — индуктивность 178
- — коэффициент перекрытия диапазона 179
- — полоса пропускания 181
- — резонансная характеристика 174
- — частота 174
- Конденсаторы 428
- бумажные 433
- керамические 444
- металлобумажные 437
- переменной емкости 447
- пленочные 447
- подстроечные 448
- слюдяные 443
- электролитические 439
- Коррекция частотной характеристики 54
- Коэффициент нелинейных искажений 38
- полезного действия (к.п.д.) 40
- прямоугольности ФСИ 213
- связи 182
- усиления по напряжению 37
- Кривые равной громкости 301
- Крутизна преобразования 204

Л

Лента магнитная 284
Лентопротяжный механизм магнитофона 287

М

Магнитная лента 284
Магнитные головки 290
Магнитопроводы 450
Магнитофоны 282
Микрофоны 293
Монтаж схемы приемника 274
— — высокочастотной части 274

- — навесной 276
- — низкочастотной части 275
- — печатный 276
- Мощность выходная 36

Н

Наладка УНЧ на лампах 480
— — на транзисторах 486
Настройка высокочастотной части приемника на лампах 491, 500
— — — на транзисторах 491, 500
Неисправности в схеме приемника 504
— отдельных каскадов 506
— типовых деталей 520
Нелинейные искажения 38
Неравномерность частотной характеристики 37

О

Обертоны 300
Обратная связь отрицательная 88, 128
Основные единицы международной системы СИ 543

П

Паразитные связи через общие источники питания 192
Параметры транзисторов 390
— электронных ламп 369
Пентоды высокочастотные 382
— низкочастотные выходные 384
Переходное затухание 42
Полоса пропускания приемного тракта 148

Полосовой фильтр, двухкон-
турный 209
— — сосредоточенной избира-
тельности 211
Помехи радиовещательному
приему 19
— — — промышленные 20
Порог слышимости 301
Преобразование частоты 137,
139
Преобразователи частоты лам-
повые 198
— — транзисторные 246
Провода высокочастотные 469
— монтажные 463
— обмоточные 465
Проводное вещание 7
Промежуточная частота в су-
пергетеродинном приемнике
138, 255

Р

Радиовещание 5
Радиовещательные приемники
136
— — с УКВ диапазоном 259
— — электрические и акусти-
ческие показатели 145, 159
Радиоволна 14, 16
— диапазоны 15
— длина 14
— поверхностная 16
— пространственная 16
Радиоприемники прямого ус-
ления 139
— супергетеродинного типа 139
Радиосигнал 6
Радиотрансляционный тракт 7
Радиофикация 7
Размещение деталей и узлов на
шасси приемника 269
Реверберация 302

Регулировка полосы пропуска-
ния в радиоприемнике 232
— усиления ручная в радио-
приемнике 225
Регуляторы громкости 54, 92,
131
— тембра 55, 92, 131
Резисторы переменные непрово-
лочные 423
— постоянные непроволоочные
421
— проволочные эмалированные
423

С

Самовозбуждение в УНЧ 510
— в УПЧ 191, 515
Связанные контуры 181
Сглаживающие фильтры 340
Селеновые выпрямители 333
Сердечники трансформаторов
450
Сила звука 301
Силовые трансформаторы 335,
462, 463
Сопротивление входное 37
— выходное 36
Сопряжение настроек в супер-
гетеродинном приемнике 205
Стабилизаторы напряжения по-
стоянного тока 342
Стабилитроны газоразрядные
344
— полупроводниковые 345
Стабильность частоты гетеро-
дина 199
Стереобаланс 42, 100
Стерефоническая приставка
для приема 323
Стерефоническое радиовеща-
ние 321

Стереофонические усилители 100
Супергетеродинный приемник 139

Т

Тон 300
— высота 300
— основной 300
Тонкомпенсация 39, 54, 92, 131
Тракт радиовещания 5
Транзисторы 386
Трансформаторы 450
— выходные 456, 458
— силовые 462, 463
— согласующие 459
Триоды 380, 381

У

УКВ блок 259
— — лампового приемника 262
— — транзисторного приемника 264
Ультралинейная схема 72, 79
Уровень фона 39, 65
— шума 39, 65
Усилители низкой частоты (УНЧ) 30
Усилитель высокой частоты (УВЧ) 191
— апериодический 196
— каскодный 244
— на транзисторах 242
Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) 208
— лампового приемника 218
— транзисторного приемника 249

Ф

Ферритовые сердечники 473, 477

Фильтр, ослабляющий колебания промежуточной частоты 190
Фильтры сглаживающие 340
Флуктуационные помехи 21

Х

Характеристика «верности» воспроизведения 148
Характеристики транзисторов 398
— электронных ламп 373, 375

Ц

Цепи питания усилительных каскадов 59, 103
— частотной коррекции 54, 92, 131
Цоколевка электронных ламп 368

Ч

Частотная коррекция 50, 54, 92, 131
Частотные искажения 37
Частотопреобразовательные лампы 387
Чувствительность радиоприемника 145
— УНЧ 36

Ш

Шумы (помехи) 19

Э

Электрические двигатели 289
— — асинхронные 289
— — постоянного тока 290
— — Унч 530, 531
Электронные лампы 366
Электрофоны 296
Элементы радиотехнических схем 351

ЛИТЕРАТУРА

Бектибегов А. К., Усачев В. В. Стерефонические звуко-
сниматели. Изд-во «Энергия», 1965.

Богданович Б. М. Устройство радиовещательных приемни-
ков. Минск, изд-во «Беларусь», 1967.

Божко И. М., Локшин К. А. Транзисторные радиовещатель-
ные приемники. Изд-во «Энергия», 1966.

Большов В. М. Радиолюбительские усилители низкой частоты. Госэнергоиздат, 1961.

Большов В. М. Настройка радиоприемников. Госэнерго-
издат, 1963.

Ваксер Э. Б. Электронные лампы для радиовещательных
приемников и телевизоров. Минск, изд-во «Беларусь», 1966.

Веденеев Г. М., Вершин В. Е. Радиоприемник с элек-
тронной настройкой. Госэнергоиздат, 1963.

Ганзбург М. Д. Радиовещательные приемники. Госэнерго-
издат, 1963.

Ганзбург М. Д., Коновалов В. Р. Прием стереофони-
ческих передач. Госэнергоиздат, 1963.

Ганзбург М. Д. Магнитофоны. Изд-во «Энергия», 1966.

Ганзбург М. Д. Радиолы, магнитолы и магниторадиолы.
Изд-во «Энергия», 1964.

Геллер И. Х. Селеновые выпрямители. Изд-во «Энергия»,
1966.

Гендин Г. С. Самодельные усилители низкой частоты. Изд-во
«Энергия», 1964.

Гендин Г. С. Советы по конструированию радиолюбитель-
ской аппаратуры. Изд-во «Энергия», 1965.

Гольдберг Г. М., Коновалов В. Р. Прием стереофонических радиопередат. Госэнергоиздат, 1963.

Гумеля Е. Б. Выбор схем транзисторных приемников. Госэнергоиздат, 1963.

Дольник А. Г. Микрофоны. Изд-во «Энергия», 1964.

Дольник А. Г. Громкоговорители. Изд-во «Энергия», 1964.

Дольник А. Г., Эфрусс М. М. Как сделать радиоустановку с хорошим звучанием. Изд-во ДОСААФ, 1965.

Журнал «Радио» за 1960—1967 гг.

Зайцев В. А., Николаев С. Н. Краткий справочник по электровакуумным приборам. Изд-во «Энергия», 1965.

Зайцев В. А., Третьяков В. А. Срок службы радиоламп. Изд-во «Энергия», 1966.

Зельдин Е. С. Зарубежные приемно-усилительные лампы. Изд-во «Энергия», 1966.

Изюмов Н. М. Преобразование частоты. Изд-во «Энергия», 1965.

Кругликов Д. А. Электрические схемы портативных магнитофонов. Изд-во «Энергия», 1966.

Курбатов Н. В., Яновский Е. Б. Справочник по магнитофонам. Изд-во «Энергия», 1966.

Кюне Ф. Аппаратура высококачественного звучания. Изд-во «Энергия», 1965.

Лабутин В. К. Мощные низкочастотные транзисторы. Изд-во «Энергия», 1965.

Лабутин В. К. Транзисторы общего назначения. Изд-во «Энергия», 1964.

Лабутин В. К. Полупроводниковые диоды. Изд-во «Энергия», 1964.

Лабутин В. К. Транзисторы. Госэнергоиздат, 1962.

Ломанович В. А. Справочник по радиодеталям. Изд-во ДОСААФ, 1965.

Малинин Р. М. Резисторы. Изд-во «Энергия», 1965.

Малинин Р. М. Полупроводниковые выпрямители. Госэнергоиздат, 1963.

Малинин Р. М. Выходные трансформаторы. Госэнергоиздат, 1963.

Матвеев Г. А., Хомич В. И. Катушки с ферритовыми сердечниками. Госэнергоиздат, 1962.

Микиртичан Г. М. Переносный транзисторный супергетеродин. Изд-во «Энергия», 1964.

Михайлов И. В., Прошин А. И. Конденсаторы. Изд-во «Энергия», 1965.

Нюренберг В. А. Основы техники проводного вещания. Изд-во «Связь», 1964.

Орлов А. А., Яковлев В. В. Простейшие измерительные приборы для проверки транзисторов. Госэнергоиздат, 1963.

Паулин З. Чудеса звука. Изд-во «Энергия», 1965.

Попов П. А. Характеристики транзистора. Госэнергоиздат, 1963.

Попов П. А. Транзистор как четырехполюсник. Изд-во «Энергия», 1966.

Попов П. А. Расчет транзисторных усилителей звуковой частоты. Изд-во «Энергия», 1964.

Румянцев М. М. Сельские транзисторные приемники. Госэнергоиздат, 1962.

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

Румянцев М. М. Транзисторный супергетеродин «Пионер». Изд-во «Энергия», 1964.

Румянцев М. М. 50 схем карманных приемников. Изд-во ДОСААФ, 1966.

Светлаков Л. И. Справочник по малогабаритным радио-приемникам. Изд-во ДОСААФ, 1966.

Соболевский А. Г. Тестеры и авометры. Госэнергоиздат, 1963.

Соболевский А. Г. Провода, шнуры, кабели. Госэнергоиздат, 1963.

Соболевский А. Г. Цоколевки радиоламп. Госэнергоиздат, 1963.

Сонин Е. К. Любительские измерительные приборы на транзисторах. Госэнергоиздат, 1961.

Тарасов Ф. И. Пентоды. Изд-во «Энергия», 1964.

Тарасов Ф. И. Триоды. Изд-во «Энергия», 1965.

Тарасов Ф. И. Частотно-преобразовательные лампы. Госэнергоиздат, 1962.

Тарасов Ф. И. Кенотроны. Изд-во «Энергия», 1964.

Тарасов Ф. И. Выходные лампы. Госэнергоиздат, 1963.

Тишук Н. С. Транзисторные приемники и усилители. Минск, изд-во «Беларусь», 1966.

Триkoz Ю. С. Ремонт и налаживание радиоприемников. Минск, изд-во «Беларусь», 1967.

Фишер Г. И. Транзисторная техника для радиолюбителей.
Изд-во «Энергия», 1965.

Флейшер С. М. Новое в ламповых радиовещательных приемниках. Изд-во «Энергия», 1967.

Хомич В. И. Приемные ферритовые антенны. Госэнергоиздат, 1963.

Эфрусси М. М. Акустическое оформление громкоговорителей. Госэнергоиздат, 1962.

Якубашк Х. Стерефония в радиолюбительской практике.
Изд-во «Энергия», 1965.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава первая. Общие сведения о радиовещании	
1-1. Основные определения	5
1-2. Диапазоны волн, используемые в радиовещании, и их особенности	14
1-3. Помехи радиовещательному приему	19
Глава вторая. Усилители низкой частоты (УНЧ)	
Общие сведения	
2-1. Блок-схема и классификация	30
2-5. Основные параметры УНЧ	34
2-3. Элементы блок-схемы УНЧ и их показатели	49
Усилители низкой частоты на электронных лампах	
2-4. Элементы усилительного каскада	57
2-5. Каскады предварительных усилителей	63
2-6. Каскады мощных усилителей	72
2-7. Отрицательная обратная связь	88
2-8. Регуляторы громкости и цепи частотной коррекции	92
2-9. Стереофонические усилители низкой частоты	100
Усилители низкой частоты на транзисторах	
2-10. Элементы усилительного каскада	102
2-11. Каскады предварительных усилителей	108

2-12. Каскады мощных усилителей	113
2-13. Отрицательная обратная связь	128
2-14. Регуляторы громкости и цепи частотной коррекции	131

Глава третья. Радиовещательные приемники

Общие сведения о радиовещательных приемниках

3-1. Функции радиовещательного приемника	136
3-2. Блок-схемы радиовещательных приемников	139
3-3. Виды и качественные показатели радиовещательных приемников, выпускаемых промышленностью	142
3-4. Основные электрические и акустические параметры современных радиовещательных приемников	143
3-5. Антенны, используемые в практике радиовещательного приема	144
3-6. Приемный колебательный контур	174

Высокочастотный тракт для ДВ, СВ, КВ радиовещательных приемников на электронных лампах

3-7. Входная цепь	184
3-8. Усилитель высокой частоты	191
3-9. Преобразователь частоты	198
3-10. Сопряжение настроек в супергетеродинном приемнике	205
3-11. Канал промежуточной частоты	208
3-12. Детекторный каскад	220
3-13. Регулировки в радиовещательных приемниках	223

Высокочастотный тракт для ДВ, СВ, КВ радиовещательных приемников на транзисторах

3-14. Особенности транзисторов, работающих в высокочастотных каскадах радиовещательных приемников	232
3-15. Входная цепь	239
3-16. Усилитель высокой частоты	242
3-17. Преобразователь частоты	246
3-18. Канал промежуточной частоты	249
3-19. Детекторный каскад	254
3-20. Автоматическая регулировка усиления (АРУ)	256

УКВ канал радиовещательного приемника

3-21. Блок-схема радиовещательного приемника с УКВ диапазоном	259
---	-----

3-22. Схемы УКВ блоков	262
3-23. Детектор ЧМ сигнала	265
Конструкция радиовещательного приемника	
3-24. Размещение деталей и узлов приемника . . .	269
3-25. Особенности монтажа радиовещательного приемника	274
Глава четвертая. Звукозапись	
4-1. Системы звукозаписи	279
4-2. Магнитофоны	282
4-3. Электрофоны	296
Глава пятая. Звуковоспроизведение	
5-1. Основные определения, относящиеся к акустике . .	300
5-2. Громкоговорители	303
5-3. Звуковоспроизводящие системы радиовещательных приемников	318
Глава шестая. Источники питания	
Выпрямители	
6-1. Общие сведения	325
6-2. Основные показатели выпрямителей	326
6-3. Схемы выпрямителей	328
6-4. Выпрямительные элементы	332
6-5. Силовые трансформаторы	335
6-6. Сглаживающие фильтры	340
6-7. Стабилизаторы напряжения постоянного тока . .	342
Автономные источники постоянного тока	
6-8. Гальванические элементы и батареи	346
6-9. Аккумуляторы	348
Глава седьмая. Элементы радиотехнических схем	
7-1. Условные графические обозначения	351
7-2. Электронные лампы	366
7-3. Транзисторы	386
7-4. Полупроводниковые диоды	409
7-5. Резисторы	416

7-6. Конденсаторы	428
7-7. Трансформаторы	450
7-8. Провода	460
7-9. Высокочастотные катушки индуктивности	470

Глава восьмая. Настройка, ремонт и испытания УНЧ и радиовещательных приемников

8-1. Наладка усилителя низкой частоты и настройка высокочастотной части радиовещательного приемника .	479
8-2. Методика отыскания повреждений в радиовещательном приемнике	504
8-3. Испытания радиовещательных приемников и УНЧ	530
Алфавитный указатель	548
Литература	553

Борис Михайлович Богданович,
Элеазар Борисович Ваксер.
Краткий радиотехнический справочник

Издательство «Беларусь».
Минск, Ленинский проспект, 79

Редактор Т. Кашкан. Художественные редакторы С. Русак и В. Безмен.
Технический редактор Я. Шляшинская. Корректор Р. Карасик.

АТ 08656. Сдано в набор 31/VII-1967 г. Подп. к печати 8/VII-1968 г. Тираж 130 000 экз. Формат 70×108¹/₃₂. Бум. тип. № 2. Усл. печ. л. 24,5, Уч.-изд. л. 18,35. Зак. 659, Цена 74 коп.

Полиграфический комбинат им. Я. Коласа. Минск, Красная, 23.

