

**В. ЛОМАНОВИЧ,  
А. СОБОЛЕВСКИЙ**

# **налаживание радио- аппаратуры**



**ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ**

**1968**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Налаживание современной радиоаппаратуры — занятие сложное. Чтобы наладить радиоприемник или телевизор, надо прежде всего хорошо знать принципы работы его отдельных блоков, взаимосвязь между ними, уметь обращаться с измерительными приборами и отыскивать неисправность.

Налаживание радиоаппарата предусматривает:

- проверку правильности монтажа схемы, отсутствие в ней коротких замыканий и неисправных деталей;

- подбор режимов работы радиоламп и транзисторов;

- устранение самовозбуждения отдельных каскадов или всего радиоаппарата в целом;

- настройку схемы для получения заданных параметров всего радиоаппарата.

Некоторые из этапов налаживания радиолюбителям хорошо знакомы. Поэтому нет необходимости описывать способы проверки монтажа или методы подбора режимов радиоламп или транзисторов, подробно освещенные в радиолюбительской литературе.

Основные вопросы, возникающие у радиолюбителей при налаживании, следующие: как обнаружить и отыскать причину самовозбуждения в радиоприемнике или телевизоре и как устранить это самовозбуждение; как измерить параметры радиоаппарата и добиться того, чтобы они соответствовали задуманным.

В наше время уже нет необходимости доказывать, что хорошо наладить радиоприемник, а тем более телевизор или передатчик, можно только с помощью измерительных приборов. Правда, и сейчас есть радиолюби-

тели, которые налаживают свои приемники и даже телевизоры без измерительных приборов. И иногда это им удается. Но для такого налаживания нужен большой опыт и очень много времени. Без измерительных приборов можно лишь случайно наткнуться на неисправность. Налаживание без измерений похоже на поиски с завязанными глазами, и, конечно, налаженный таким «методом» радиоаппарат, как правило, не реализует всех возможностей, заложенных в его схеме. Только с помощью измерительных приборов можно узнать, на какие частоты настроены контуры, выяснить, достаточное ли питание подается на радиолампы и транзисторы, в каком режиме они работают. Вот почему в данной книге так много места уделено измерительным приборам, правилам обращения с ними и способам подсоединения их к измеряемым цепям.

При налаживании радиолюбители часто не стремятся достигнуть определенных параметров радиоаппарата, довольствуясь его «хорошей» работой. Однако такая «хорошая» работа при объективной оценке может оказаться очень посредственной. Теперь, когда радиолюбители особенно смело берутся за разрешение самых серьезных задач по внедрению радиотехники в народное хозяйство, в технику и науку, нельзя ограничиваться оценкой работы радиоустройства только на слух. Ведь существуют вполне объективные методы оценки работы радиоаппарата — измерение его параметров. И если в распоряжении любителя имеется хотя бы минимум измерительных приборов, то в процессе налаживания следует обязательно производить измерения параметров работы радиоаппарата, потому что такие измерения позволяют определить, правильно ли налажен и настроен радиоприемник или телевизор. Вот почему авторы этой книги много страниц посвятили описанию параметров и характеристик усилителей, приемников, телевизоров и передатчиков, а также методам их измерений.

# Глава I

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Налаживание радиосхем требует различных измерений в цепях постоянного и переменного токов, определения исправности и электрических параметров различных деталей: катушек индуктивности, конденсаторов постоянной и переменной емкости, резисторов, трансформаторов и дросселей. При настройке и регулировке телевизионных приемников определяют чувствительность каналов изображения и звука, проверяют форму характеристики видеотракта и величину нелинейных искажений на выходе звукового канала. Налаживание любительской передающей аппаратуры также значительно упрощается с помощью простейших приборов для измерения частоты и глубины модуляции. При этом каждый радиолюбитель-конструктор должен хорошо разбираться в сущности проводимых им измерений и знать, с какой точностью в том или ином случае следует их производить. Нужно знать также назначение различных радиоизмерительных приборов промышленного изготовления и разбираться в их классификации. Неумелое обращение даже с самой совершенной контрольно-измерительной аппаратурой дает меньше эффекта, чем правильное использование сравнительно простых измерительных приборов. Нужно стремиться и к тому, чтобы число приборов, применяемых при наладке радиоприборов, было минимальным. Поэтому целесообразно пользоваться универсальными многопредельными и комбинированными измерительными приборами.

Для всех выпускаемых радиоизмерительных приборов промышленного изготовления установлена единая классификация (нормаль НИО.019.000). В основу положено назначение прибора, определяемое первой бук-

вой условного обозначения. Все радиоизмерительные приборы, их функциональные узлы и модули разделены на 18 групп, обозначенных определенными буквами русского алфавита. Кроме того, каждая группа имеет несколько подгрупп, обозначенных цифрой. Типы приборов каждой группы различаются между собой порядковым номером.

## СТРЕЛОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Налаживают и регулируют радиоэлектронную аппаратуру с помощью измерения ряда электрических величин. Применяемые для этого приборы называются электроизмерительными. В зависимости от рода измеряемой величины их подразделяют на амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры и др.

Приборы, предназначенные для измерения напряжения, называются вольтметрами. Некоторые типы таких приборов позволяют измерять тысячные и миллионные доли вольта (милливольтметры и микровольтметры). Приборы, измеряющие большие величины, имеют приставку кило ( $10^3$ ), мега ( $10^6$ ), гига ( $10^9$ ) или тера ( $10^{12}$ ), например: киловольтметр, мегомметр. В ряде случаев их используют в сочетании с различными преобразователями для производства измерений в цепях переменных токов как низких, так и высоких частот. В зависимости от примененного преобразователя их подразделяют на вольтметры выпрямительного, термоэлектронного, вибрационного или электронного типа.

Ток измеряют с помощью амперметров, миллиамперметров и микроамперметров. Для измерения мощности пользуются ваттметрами и киловаттметрами. Величину активного сопротивления определяют с помощью омметров, мегомметров и тераомметров. Большое распространение получили универсальные электроизмерительные приборы — ампервольтомметры, часто называемые также сокращенно тестерами и авометрами.

В основу любого из перечисленных приборов положен электроизмерительный механизм со стрелочным указателем. По способу преобразования энергии электромагнитного поля измерительные механизмы подраз-

деляют на электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические, тепловые, электростатические и др.

Отечественная промышленность выпускает различные приборы для измерений в цепях постоянного и переменного токов с рабочими характеристиками, соответствующими общим техническим условиям государственного стандарта (ГОСТа). Согласно ГОСТу 1845—59 приборы для измерения тока и напряжения подразделяют по точности на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Для технических измерений обычно используют приборы класса 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0 (т. е. имеющие наибольшую допустимую погрешность в  $\pm 1,0$ ;  $\pm 1,5$ ;  $\pm 2,5$  и  $\pm 4,0\%$ ).

Отношение углового (или линейного) перемещения указателя по шкале прибора при прохождении через измерительный механизм величины, равной одной единице от измеряемой, определяет чувствительность данного прибора. Для приборов с равномерной шкалой она постоянна в любой точке шкалы. Наибольшее значение величины, которое может быть измерено прибором, называется пределом измерения (или конечным значением измеряемой величины).

Согласно ГОСТу 1845—59 на шкалах электроизмерительных приборов промышленного изготовления обязательно указывается тип прибора, его система, род тока, рабочее положение корпуса, испытательное напряжение прочности изоляции его токонесущих частей относительно корпуса, номинальная частота или диапазон частот (для приборов переменного тока), год выпуска и заводской номер.

Потребление энергии самим прибором из измеряемой цепи зависит от его системы. При измерениях в маломощных цепях крайне важно, чтобы прибор имел как можно меньшее собственное потребление энергии, в противном случае подключение его к измеряемой цепи будет нарушать режим и приводить к большим погрешностям. Поэтому в радионизмерительной практике очень большое распространение получили магнитоэлектрические приборы. Микроамперметры этой системы потребляют не более 0,001 вт, вольтметры и амперметры — не более 0,1—0,2 вт.

Схема устройства магнитоэлектрического прибора приведена на рис. 1. Принцип его работы основан на взаимодействии магнитного поля проводника, обтекаемого током, с магнитным полем, возбуждаемым постоянным магнитом.

В этом приборе подвижным элементом служит катушка  $K$  из изолированного провода (рамка), находящаяся между полюсами постоянного магнита  $M$ . Вращающийся момент, возникающий при прохождении

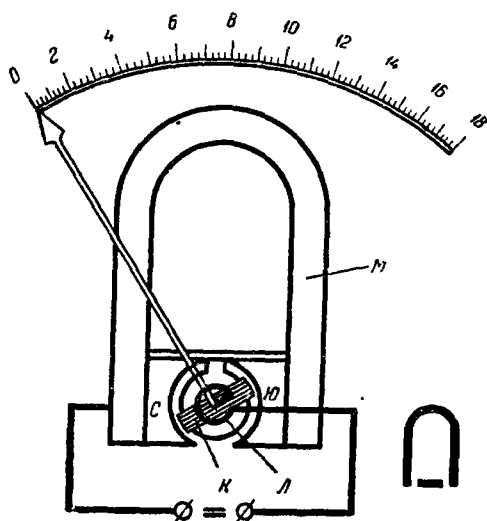


Рис. 1. Схематическое устройство магнитоэлектрического прибора

тока через обмотку рамки, прямо пропорционален числу ее витков, силе тока и магнитной индукции в рабочем зазоре. Так как число витков в рамке, магнитная индукция и противодействующий момент, создаваемый спиральной пружиной, при данной конструкции прибора постоянны, то отклонение стрелки будет пропорционально току, проходящему через рамку. Величина тока, потребляемого прибором при полном отклонении стрелки, определяет его чувствительность (например, 200  $\mu$ ка).

Большое распространение теперь получили термоэлектрические приборы, представляющие собой сочетание магнитоэлектрического измерительного механизма с термопреобразователем. Последний состоит из нагревателя и термопары (или нескольких термопар). Нагреватель изготовляют из платиноиридиевой, вольфрамовой, нихромовой или константановой проволоки. Измерительный механизм соединяется со свободными концами термопары, которую можно изолировать или соединить с нагревателем. При прохождении тока через нагреватель точка спая двух различных металлов, входящих в термопару, разогревается и на концах ее возникает термо- э.д.с. Через цепь измерительного механизма при этом начинает проходить ток, который вызывает

поворот его подвижной части на некоторый угол (рис. 2). Эти приборы обладают высокой чувствительностью и их можно использовать для измерения переменных токов в очень широком диапазоне частот. К недостаткам их следует отнести сравнительно невысокую точность (не выше класса 1,0) и зависимость показаний от внешней температуры. Шкалы у этих приборов неравномерные (примерно квадратичные). Как и тепловые приборы с нагреваемой током нитью, термоэлектрические приборы также очень чувствительны к перегрузкам.

Приборы выпрямительной (детекторной) системы представляют собой сочетание полупроводникового выпрямительного устройства с магнитоэлектрическим измерительным механизмом.

В них используют меднозакисные (купроксные) детекторы или германиевые диоды (например, типа Д2Е и др.). На рис. 3 изображены основные схемы выпрямительных устройств, применяемых в амперметрах и вольтметрах детекторной системы. Простейшая схема однополупериодного выпрямителя, приведенная на рис. 3, а, имеет тот недостаток, что в ней постоянная составляющая выпрямленного напряжения замыкается через внешнюю измеряемую цепь. Таким образом, показания прибора находятся в зависимости от величины сопротивления измеряемой цепи; кроме того, детектор у него может быть легко пробит обратным напряжением. Наиболее часто применяется схема однополупериодного выпрямителя с обратным диодом (см. рис. 3, б). В ней через основной диод  $D_1$  проходит положительная полуволна измеряемого напряжения, а второй диод  $D_2$  шунтирует микроамперметр и диод  $D_2$  при обратном напряжении. Так как сопротивление диода  $D_2$  для отрицательной полуволны невелико, то возможность пробоя диода  $D_1$  обратным напряжением в значитель-

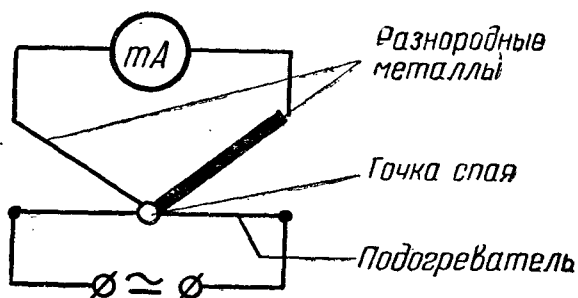


Рис. 2. Схематическое изображение устройства измерительного прибора с термопреобразователем



ной мере предотвращается. Мостовая схема выпрямительного устройства, приведенная на рис. 3,в, позволяет получить в два раза больший выпрямленный ток, чем в однополупериодных схемах. Выпрямление измеряемого переменного напряжения в ней происходит в течение обоих полупериодов. Через измерительный механизм в течение каждого периода проходят обе выпрямленные

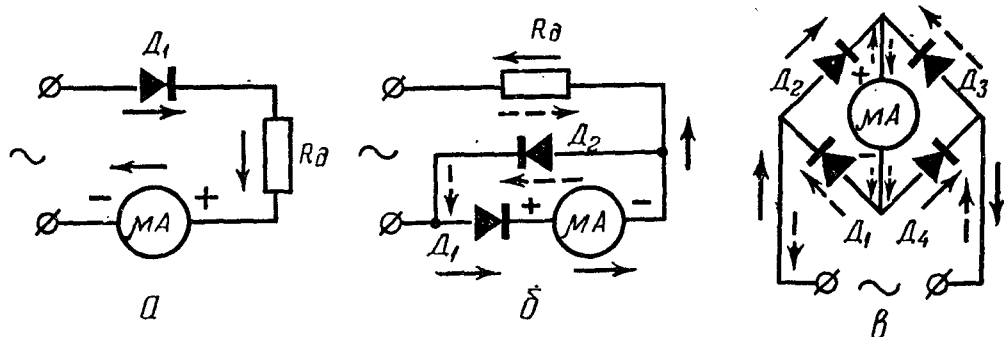


Рис. 3. Измерительные приборы выпрямительной системы:  
 а — с однополупериодным выпрямителем; б — с обратным диодом;  
 в — с мостовым выпрямителем

полуволны (на рис. 3,в прохождение тока показано сплошными и пунктирными стрелками). Детекторные приборы с мостовыми выпрямителями имеют повышенную чувствительность.

Частотный диапазон выпрямительных приборов 20—20 000 гц. Шкалы их неравномерны лишь в начальной части (в пределах  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  шкалы). Применяются выпрямительные приборы, в основном, для измерения переменных напряжений.

Многопредельные комбинированные измерительные приборы (тестеры и авометры) позволяют производить измерение постоянного тока, переменного и постоянного напряжений и сопротивления. Такие приборы очень удобно использовать при проверке и налаживании различной радиотехнической аппаратуры. Универсальный электроизмерительный прибор ВК7-1 (ТТ-3) имеет 25 пределов измерений, коммутируемых переключателем. При измерении постоянного тока прибор работает по схеме амперметра с универсальным шунтом. Для измерения постоянного напряжения магнитоэлектрический измерительный механизм включается последовательно с одним или несколькими добавочными сопротивлениями

(в зависимости от предела измерения) по схеме вольтметра постоянного тока. Измерение напряжения переменного тока происходит по схеме выпрямительного вольтметра с обратным детектором. Для измерения со-

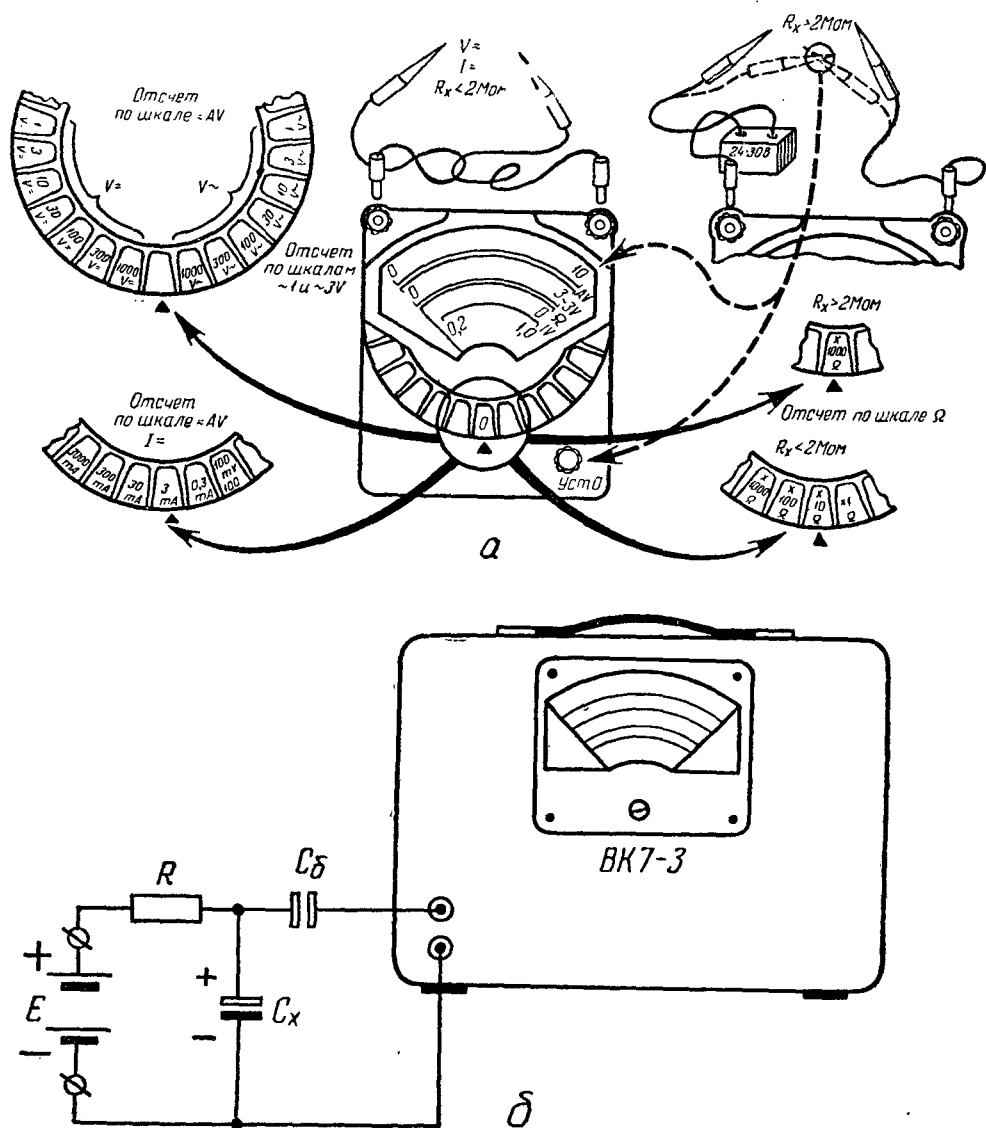


Рис. 4. Включение прибора ВК7-1 для измерения напряжения, тока и сопротивления (а) и измерение емкости электролитических конденсаторов прибором ВК7-3, (б).

противлений прибор включается по схеме омметра с кратными десяти пределами измерений. На рис. 4,а показано включение прибора ВК7-1 для измерения напряжения, тока и сопротивления.

В измерительной технике очень широко используют различные ламповые и транзисторные измерительные приборы. Их применяют для измерения напряжения, тока и мощности в цепях постоянного и переменного токов. Электронные измерительные приборы используют также для измерения сопротивлений, частоты генерируемых или принимаемых колебаний, емкости, индуктивности и добротности колебательных контуров. Промышленность выпускает и различные комбинированные универсальные электронные приборы, предназначенные для измерения ряда электрических величин. С некоторыми из этих приборов мы познакомимся ниже.

Приступая к работе с любым прибором, не забудьте установить переключатель напряжения питания в соответствие с напряжением сети.

### **ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ**

Электронные вольтметры переменного тока позволяют измерять максимальное (пиковое) или действующее значение подводимого высокочастотного напряжения. В первом случае измеряемое напряжение вначале выпрямляется, далее подвергается усилению (по постоянному току) и измеряется магнитоэлектрическим измерительным прибором. Во втором — оно вначале усиливается широкополосным усилителем, затем выпрямляется и измеряется.

В настоящее время в радиоизмерительной технике довольно широко используют электронные вольтметры с цифровым отсчетом, в которых измеряемое напряжение преобразуется в числовой код. Применение таких приборов позволяет значительно повысить точность и скорость измерений.

В табл. 1 приводятся основные характеристики наиболее распространенных промышленных электронных вольтметров. Некоторые из них рассмотрим более подробно.

#### **Вольтметр типа ВЗ-10А (ИВП-ЗА)**

Прибор предназначен только для измерения переменных напряжений. Он рассчитан, в основном, для измерения напряжения сигнала и шумов на выходе радиоприемных устройств.

## Электронные вольтметры

Тип прибора	Предел измерений	Основная погрешность	Диапазон частот	Вход
ВЗ-2А (МВЛ-2М)	1 мв — 300 в и от —40 до +50 дб	$\pm 6\%$	20 гц—1 Мгц	1 Мом; 25 пф
ВЗ-3 (МВЛ-3)	До 1 в (5 диапазонов, первый диапазон до 10 мв)	$\pm 3\%$	30 гц—10 Мгц	1 Мом; 10 пф
ВЗ-4 (МВЛ-4)	0,8 мкв — 1 в	$\pm 2,5\%$	40 гц—30 Мгц	1 Мом; 10 пф
ВЗ-5 (МВЛ-5)	10 мкв — 1 в	$\pm 3\%$	20 гц—1 Мгц	0,7 Мом; 25 пф
ВЗ-6 (МВЛ-6)	150 мкв — 200 в	$\pm 6\%$	5 гц—1 Мгц	5 Мом; 25 пф
ВЗ-7 (МВЛ-7)	0,3 мв — 300 в	$\pm 5\%$	20 гц—100 кгц	2 Мом; 25 пф
ВЗ-9 (ВЛО-2)	20—1250 мв	$\pm 0,2 \pm \frac{0,08}{U_x}$	20 гц—300 Мгц	330 ком; 1 пф
ВЗ-10А (ИВП-3А)	30 мв — 300 в	$\pm 4\%$	50 гц—20 кгц	20 ком
ВЗ-12 (МВЛ-8)	5 мв — 3 в (с делителем до 300 в)	$\pm 6\%$	100 кгц—300 Мгц	10 ком; 2 пф
ВЗ-13	300 мкв — 30 в	$\pm 4\%$	20 гц—1 Мгц	1 Мом; 25 пф
ВЗ-13Т	1 мв — 300 в	$\pm 4\%$	20 гц—1 Мгц	1 Мом; 15 пф
ВЗ-14	300 мкв — 1 в, с делителем 100 в	$\pm 4\%$	30 гц—10 Мгц	1 Мом (1000 гц), 10 ком (10 Мгц), 15 пф
ВЗ-15	150 мв — 5 в	$\pm 6\%$	50 гц—300 Мгц	1,5 —5 ком; 5 пф

Тип прибора	Предел измерений	Основная погрешность	Диапазон частот	Вход
B3-19	300 мкв — 300 мв, с делителем до 300 в	$\pm 6\%$	20 гц — 5 Мгц	1 Мом; 15 пф
B3-20	2 мв — 300 в	$\pm 2,5\%$	45 гц — 300 кгц	1 Мом; 25 пф
B3-24	25 мв — 100 в	$\pm 0,2 \pm \frac{0,08}{U_x}$	20 гц — 1000 Мгц	200 ком; 1,5 пф
B3-25	1 мв — 3 в	$\mp 6\%$	10 кгц — 1000 Мгц	100—20 ком; 1,5 пф
BK7-3 (A4M-2)	$U \sim 100$ мв — 1000 в	4—5	50 гц — 60 Мгц	4,3 Мом; 7 пф
	$U=100$ мв — 1000 в до 10 кв	3—4 6		11 Мом
	$R$ 1 ом — 100 Мом	10		
	$L$ 100 мгн — $10^5$ гн	15		
	$C$ 100 пф — 100 мкф	15		
BK7-5 (BOЦ-1)	$U \sim 10$ мв — 999 в	0,7	30 гц — 10 кгц	0,5 Мом; 60 пф
	$U=10$ мв — 999 в	1		10 Мом
	$R$ 10 ом — 1 Мом	1		
BK7-6	$U \sim 1$ — 1000 в	10—15	40 гц — 400 Мгц	50—100 ком до 30 в и 3 ком/в свыше 30 в

Тип прибора	Предел измерений	Основная погрешность	Диапазон частот	Вход
ВК7-7 (420)	$U=100 \text{ мв}—1000 \text{ в}$	4—10		1 Мом/в до 30 в и 30 Мом/в свыше 30 в
	$I=0,1 \text{ мка}—1 \text{ а}$	4		
	$R \text{ } 10 \text{ ом}—10 \text{ Мом}$ (до 50 Мом с внешним источником)	4		
	$U \approx \text{до } 150 \text{ в}$	2,5	20 гц — 500 Мгц	10 Мом на частоте 1 кгц; 50 ком на час- тоте 100 Мгц
	$U=\text{до } 500 \text{ в}$	2,5		10 Мом
ВК7-9	$R \text{ } 10 \text{ ом}—50 \text{ Мом}$	10		
ВК7-9Т	$U \sim 100 \text{ мв}—1000 \text{ в}$	4—6	20 гц — 700 Мгц	3 Мом
	$U=30 \text{ мв} — 500 \text{ в, до}$ 20 кв с делителем ДН-1	2,5		15 Мом
	$R \text{ } 2 \text{ ом}—1000 \text{ Мом}$			

**Основные технические данные.** Предел измерения прибора 30 мв—300 в разбит на 6 поддиапазонов: 0,03—0,3; 0,25—1,5; 0,5—3; 2,5—15; 10—60; 50—300 в. Основная погрешность прибора в номинальной области частот (50 гц—10 кгц) не должна превышать  $\pm 4\%$  от верхнего предела каждой из шкал.

Входное сопротивление — 20 ком. Питание прибора при работе его на шкале 0,3 в осуществляется от сухой батареи типа КБС-Х-0,7. Мощность, потребляемая прибором от источника питания на шкале 0,3 в, не более 5 мвт. Вес прибора около 2 кг; размеры — 160×120×115 мм.

**Конструкция.** Прибор смонтирован на общей металлической панели и помещен в металлический футляр с крышкой. На передней панели расположены: стрелочный прибор, входные зажимы для подключения прибора к измеряемому напряжению, переключатель поддиапазонов измерений и кнопка для контроля напряжения источника питания. На внутренней стороне крышки укреплены провода со штеккерами, используемыми при измерениях.

Элементы схемы смонтированы на текстолитовой панели, закрепленной на зажимах микроамперметра. Сухая батарея помещается в отсеке питания со съемной крышкой на задней стенке футляра.

**Измерение напряжений.** Переключатель шкал перевести из положения «Выкл.» на необходимый предел измерения. При работе на шкале 0,3 в следует произвести контроль напряжения батареи, поставив переключатель в положение «бат.» и нажать кнопку контроля. Стрелка измерителя должна установиться в пределах 23—25-го деления шкалы. Если стрелка прибора не доходит до деления «23», необходимо заменить батарею. Теперь к входу прибора можно подводить измеряемое напряжение.

При измерении напряжения в цепях с постоянной составляющей прибор подключают через конденсатор емкостью не менее 2 мкф.

Рекомендуется заземлять корпус прибора (или улавливать его на изоляторах) при производстве измерений напряжений свыше 24 в.

Если измерение производится в условиях сильных высокочастотных помех, вызывающих отклонение стрел-

ки прибора даже при отсутствии измеряемого напряжения, то рекомендуется один из зажимов прибора заземлить непосредственно или через конденсатор емкостью  $0,1 \text{ мкф}$ , а параллельно входным клеммам включить блокировочный конденсатор емкостью  $500\text{—}2000 \text{ пф}$ . После окончания переключатель прибора должен быть установлен в положение «выключено».

### Ламповый вольтметр ВК7-3

Прибор предназначен для измерения постоянных и переменных напряжений, сопротивления постоянному току, величин индуктивностей и емкостей.

Вольтметр переменного напряжения представляет собой прибор амплитудного типа, градуированный в эффективных значениях напряжения, синусоидальной формы.

**Основные технические данные.** Диапазон измерения напряжений постоянного тока от  $0,1$  до  $1000 \text{ в}$  при 7 поддиапазонах:  $1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 \text{ в}$ . При использовании высоковольтного щупа диапазон измерения напряжений постоянного тока расширяется в 10 раз до  $3000$  и  $10\,000 \text{ в}$  при установке переключателя диапазонов в положение  $300$  и  $1000 \text{ в}$ .

Рекомендованный верхний предел напряжения постоянного тока, измеряемого при помощи высоковольтного щупа, равен  $8 \text{ кв}$ .

Диапазон измерения напряжений переменного тока синусоидальной формы от  $0,1$  до  $1000 \text{ в}$  разбит на 7 поддиапазонов:  $1, 3, 10, 30, 150, 300, 1000 \text{ в. эф}$ . Диапазон измерения сопротивлений постоянному току от  $1 \text{ ом}$  до  $100 \text{ Мом}$  разбит на 7 поддиапазонов.

Диапазон измерения индуктивностей при внутреннем питании измерительного моста от сети  $50 \text{ гц}$  —  $100 \text{ мгн}$  до  $10^5 \text{ гн}$  при 6 поддиапазонах.

Диапазон измерения емкостей от  $100 \text{ пф}$  до  $100 \text{ мкф}$  при 6 поддиапазонах.

Входное сопротивление прибора при измерении напряжений постоянного тока равно  $11 \text{ Мом} \pm 5\%$ .

Входное сопротивление прибора при измерении напряжений частотой  $50 \text{ гц}$  с помощью высокочастотного пробника на шкалах  $1, 3, 10, 30, 150 \text{ в}$  — не ниже  $4, 3 \text{ Мом}$ , шунтированное емкостью не более  $7 \text{ пф}$ .



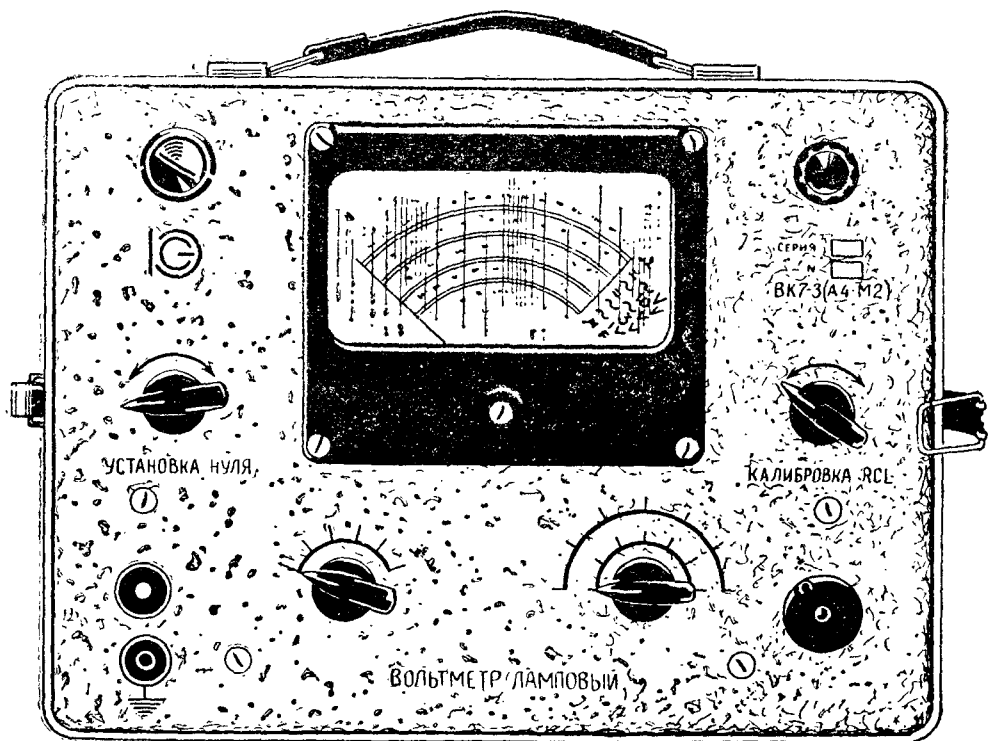


Рис. 5, а. Измерительный прибор ВК7-3

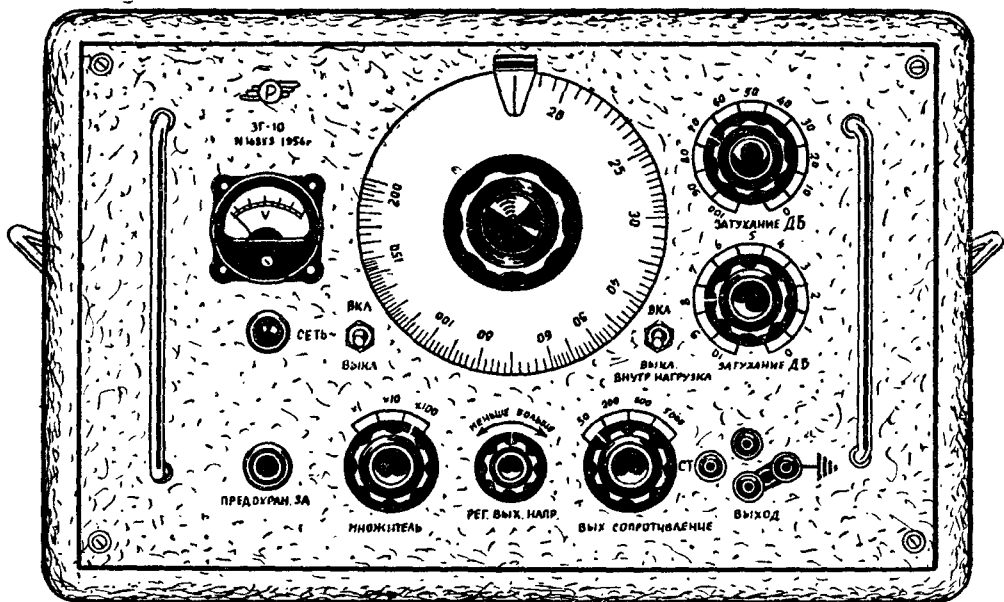


Рис. 5, б. Измерительный прибор ГЗ-2

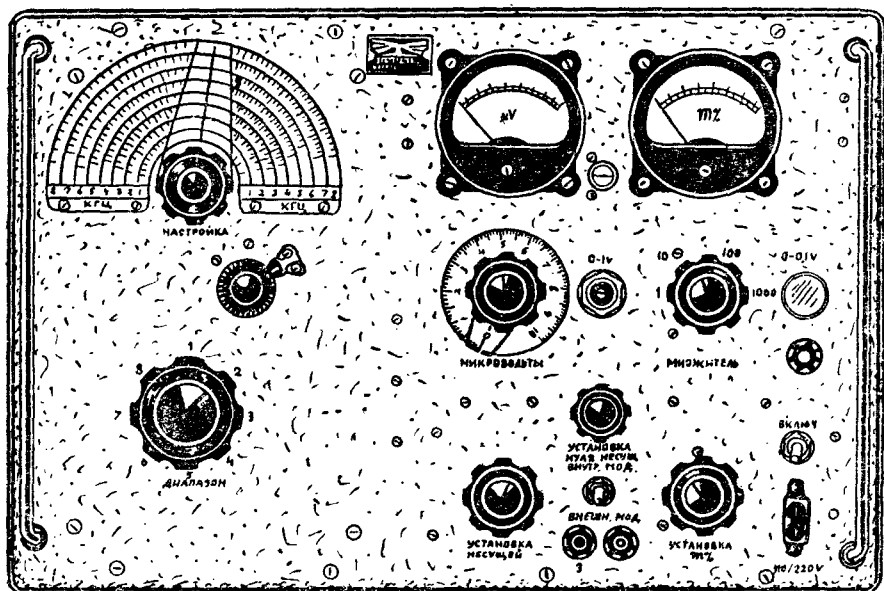


Рис. 5, в. Измерительный прибор Г4-1

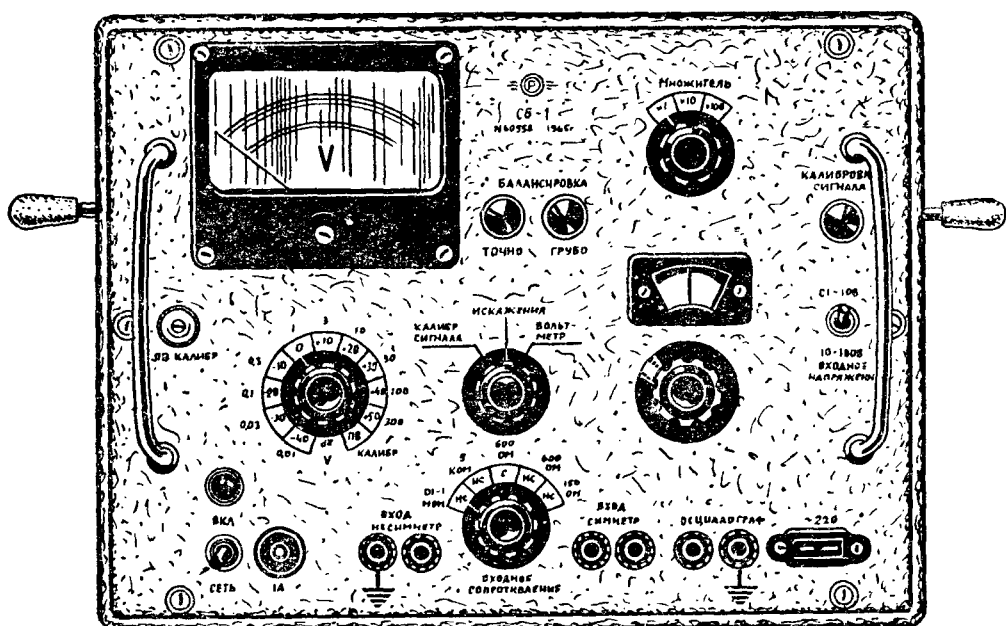


Рис. 5, г. Измерительный прибор С6-1

Входное сопротивление на шкалах 300 и 1000 в при пользовании универсальным щупом на частоте 50 гц — не менее 9 Мом, шунтированное емкостью  $< 200$  пф.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220, 127 в, с частотой 50 гц и

115 в, с частотой 400 гц с соответствующим переключением.

Мощность, потребляемая прибором, не более 35 вт. Размеры прибора  $309 \times 233 \times 192$  мм; вес — 7,2 кг. Внешний вид прибора показан на рис. 5,а.

**Измерение постоянных напряжений.** До начала измерений следует проверить «механический нуль» индикатора; подсоединить «земляной» и «универсальный» щупы; включить прибор и дать ему прогреться в течение 5—10 мин. Затем надо включить наконечник «универсального» щупа для измерения постоянного напряжения (так чтобы была видна красная риска) и установить переключатель рода работы в положение «+в» или «-в» в зависимости от полярности измеряемого напряжения. На диапазоне 1 в установите нуль, а затем — желаемый диапазон измерений.

Высоковольтным щупом пользуйтесь только при измерении напряжения свыше 1000 в. Предельное измеряемое напряжение 8 кв.

*Будьте осторожны при работе с высоким напряжением!*

При измерениях с помощью высоковольтного пробника следите, чтобы ваша ладонь не находилась ближе защитного ребра на корпусе делителя. Делитель держите в резиновых перчатках или лучше подвесьте его за крючок к контакту, на котором измеряется напряжение. Работайте одной рукой. Заземляйте кожух прибора.

**Измерение переменных напряжений.** Установите переключатель рода работы в положение «~в» и соответственно переключите наконечник «универсального» щупа (в положение, при котором не видна красная риска). При закороченных щупах установите нуль. Таким образом можно измерять напряжения на диапазонах  $10 \div \div 1000$  в с частотой  $50 \div 400$  гц.

Измерения на диапазонах 1—150 в на частотах свыше 400 гц до 50 Мгц, а также при наличии наводок, на диапазонах 1, 3, 10 в, производите непосредственно выносной диодной головкой.

При наличии наводок рекомендуется установить нуль, подсоединив пробники к обеспеченной схеме, а затем включить ее и произвести измерение.

При больших колебаниях сети желательно пользоваться внешним феррорезонансным стабилизатором.

**Измерение постоянного и переменного токов.** В случае необходимости ток как постоянный, так и переменный, можно с достаточной точностью определить, если измерить падение напряжения исследуемого тока на известном сопротивлении.

Сопротивление это должно быть такой величины, чтобы при данном токе обеспечивалось падение напряжения не менее 0,1 в. Таким сопротивлением может служить любое сопротивление в цепи, ток в которой необходимо замерить, если оно обеспечивает это падение напряжения и величина его измерена и известна нам с достаточной точностью.

Ток определяют по формуле:

$$J = \frac{U}{R},$$

где  $U$  — измеренное напряжение на сопротивлении  $R$ ;  
 $R$  — известное сопротивление.

### **Измерение сопротивлений постоянному току:**

а) До 100 *Мом*:

— устанавливают переключатель рода работы в положение «ом» и переключают наконечник щупа в положение «~»;

— откалибровывают нуль при закороченных щупах и бесконечность при разомкнутых. Производят измерение, пользуясь шкалой «ом» и множителем диапазона.

б) Свыше 100 до 500 000 *Мом* (сопротивление изоляции):

— готовят прибор для измерения постоянных напряжений, «земляной» щуп присоединяют к одному из полюсов источника постоянного тока = 100 ÷ 500 в. Между другим полюсом источника и «универсальным» щупом подключают измеряемое сопротивление и производят замер напряжения.

Измеряемое сопротивление определяют по формуле:

$$R = \frac{B - U}{U} \cdot 11 \text{ Мом},$$

где  $B$  — напряжение источника (батарей);

$U$  — показания прибора при замере напряжения с включенным последовательно измеряемым сопротивлением.

11 *Мом* — входное сопротивление прибора.

**Измерение емкостей.** Предварительно устанавливают нуль в положении переключателя рода работы «+в» на диапазоне 1 в. Затем переключатель устанавливают в положение «CL», а наконечник универсального щупа — в положение «~» и регулируют начальное положение стрелки ручкой «калибровка RCL» на одном из начальных диапазонов (до  $10^4$ ). Регулировать начальное положение стрелки на диапазонах « $\times 10^5$ » и « $\times 10^6$ » воспрещается, так как прибор на этих диапазонах показывает собственную емкость.

Измеряя малые емкости, отключают «универсальный» щуп и подсоединяют емкость непосредственно к входным зажимам прибора. Из показаний прибора необходимо вычесть его собственную емкость (показания при отключенной измеряемой емкости).

Феррорезонансный стабилизатор при измерении емкостей не применяют.

При измерении конденсаторов, имеющих малое сопротивление утечки, погрешность измерений увеличивается.

Если частота сети 400 гц, следует разделить показания шкалы на 8.

**Измерение емкости электролитических конденсаторов.** На измеряемый электролитический конденсатор подают постоянное рабочее напряжение соответствующей полярности через резистор, больше его десятикратного емкостного реактивного сопротивления:

$$R \geq \frac{10}{\omega \cdot C}.$$

При  $F = 50$  гц

$$R \geq \frac{31\,000}{\text{изм. емк. в мкф}}, \text{ ом},$$

при  $F = 400$  гц

$$R \geq \frac{4000}{\text{изм. емк. в мкф}}, \text{ ом}.$$

Отрицательный полюс электролитического конденсатора подключают к земляному щупу прибора, а положительный через любой бумажный конденсатор  $C_6$  (емкостью не менее  $1/10$  от измеряемой) к универсальному щупу (рис. 4,б).

Прибор включают, как для измерения емкостей. Искомую емкость  $C_x$  определяют по формуле:

$$C_x = \frac{C_6 \cdot C_{изм}}{C_6 - C_{изм}},$$

где  $C_6$  — измеренная емкость бумажного конденсатора, включенного последовательно с электролитическим;

$C_{изм}$  — емкость, показанная прибором.

Верхний предел измерений емкостей электролитических конденсаторов ограничивается наличием соответствующего бумажного конденсатора примерно в 10 раз меньшей емкости. Ток утечки электролитического конденсатора  $J$  определяют измерением падения напряжения  $U$  на резисторе  $R$  в килоомах, он равен:

$$J = \frac{U}{R}, \text{ ма.}$$

**Измерение индуктивностей.** Для измерения индуктивностей прибор включают так же, как и при измерении емкостей.

Катушки больше 100 *мгн* измеряют непосредственно прибором, а меньшие — с помощью звукового генератора на частотах, равных 1000 ÷ 20 000 *гц*. В последнем случае на зажимы с задней стороны прибора подают напряжение 9 *в* от звукового генератора. При подключении измеряемой катушки сохраняют на зажимах прибора неизменное звуковое напряжение 9 *в* с помощью контрольного вольтметра. Отсчет значения индуктивности берется по шкале омов с переводом по шкале индуктивностей.

Для точного определения индуктивности  $L_n$  необходимо предварительно замерить омметром сопротивление  $R$  обмотки катушки и вычислить квадрат истинного значения индуктивности по формуле:

$$L_n^2 = \left( 1 + \frac{2R}{r} \right) \cdot L_o^2 - \frac{R^2}{\omega^2},$$

где  $L_o$  — первичные показания прибора по шкале;

$R$  — сопротивление обмотки;

$r$  — значение эталонного сопротивления прибора, равное на диапазонах: 1—10 *ом*, 10—100 *ом*, 100—1000 *ом* и т. д.;

$\omega^2 = (2\pi F)^2$  — квадрат угловой частоты

при  $f = 50$  гц  $\omega^2 = 98,6 \cdot 10^3$ ,  
 при  $f = 400$  гц  $\omega^2 = 6,31 \cdot 10^6$ ,  
 при  $f = 20$  кгц  $\omega^2 = 15,78 \cdot 10^9$ .

### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

В эту группу приборов входят измерительные генераторы инфразвуковых, звуковых и ультразвуковых частот, применяющиеся для ремонта и регулировки различных радиоустройств, работающих в указанных частотных диапазонах. С помощью их, например, определяют коэффициент усиления и наличие нелинейных искажений в усилителях низкой частоты (УНЧ). К основным требованиям, предъявляемым к таким измерительным генераторам, относятся стабильность частоты генерируемого ими напряжения и максимальное приближение его формы к синусоиде.

Основные технические характеристики заводских генераторов инфразвуковых, звуковых и ультразвуковых частот приведены в табл. 2. Некоторые из них (например, ГЗ-7 и ГЗ-41) перекрывают часть радиочастотного диапазона. Однако практически для налаживания радиоприемных устройств чаще всего используют специальные измерительные генераторы высокой частоты и СВЧ. Эти генераторы обеспечивают получение немодулированных и модулированных колебаний определенной амплитуды и частоты. Измерительные высокочастотные генераторы выпускаются как с амплитудной, так и с частотной модуляцией.

ВЧ и СВЧ измерительные генераторы должны обеспечивать получение очень высокой стабильности частоты и амплитуды генерируемых колебаний. Точность установки заданной частоты у них должна быть не хуже  $\pm 1,5$ —2%. Погрешность установки выходного напряжения на аттенуаторе у таких генераторов также должна находиться в пределах  $\pm 2\%$ .

В ряде случаев лучше использовать высокочастотные генераторы типа «ГСС» (генераторы стандартных сигналов), отличающиеся от генераторов типа «ГС» (генераторов сигналов) более тщательной калибровкой всех параметров прибора и повышенным качеством экранировки выходного аттенуатора.

Основные технические характеристики генераторов ВЧ и СВЧ (ГС и ГСС) приведены в табл. 3.

## Генераторы инфразвуковых, звуковых и ультразвуковых частот

Тип прибора	Диапазон частот	Погрешность по частоте	Выход	Коэффициент нелинейных искажений	Сопротивление выхода, <i>ом</i>
ГЗ-1А(641А)	0,05—20 кГц (4 поддиапазона)	$(0,03f+1)$ Гц	5 в	1	—
ГЗ-2 (ЗГ-10)	20 Гц—20 кГц	$\pm 2\% \pm 1$ Гц	150 в (1 Вт)	1,5	50, 200, 600, 5000
ГЗ-3 (ЗГ-11)	20 Гц—200 кГц	$\pm 1,5\% \pm 1$ Гц	1 в	0,5—0,9	200
ГЗ-4 (ЗГ-12)	20 Гц—200 кГц	$\pm 2\% \pm 1$ Гц	5 Вт	2	50, 200, 600, 5000
ГЗ-5 (ЛИГ-60)	200 Гц—60 кГц	Не более $\pm 0,5 + 25$ Гц	+ 2 неп. при нагр. 600 Ом	3 при + 2 неп.	40, 600
ГЗ-7 (ГС-100И)	20 Гц—1,5 МГц 1,5 МГц—10 МГц	$\pm 3\%$	30 в 2 в	3	1000 75
ГЗ-16 (ГНЧ-1)	0,01—100 Гц	$\pm 2\% \pm 0,001$ Гц	25 в	—	1000
ГЗ-18 (ЗГ-14)	20 Гц—20 кГц	$\pm 1\% \pm 2$ Гц	3 Вт	0,5—1,5	50, 200, 600, 5000
ГЗ-33 (ЗГ-16)	20 Гц—200 кГц	$\pm 2\% \pm 1$ Гц	5 Вт	3	6, 60, 600, 6000
ГЗ-34	20 Гц—20 кГц (3 поддиапазона)	$(0,02f+1)$ Гц	0,5—5 Вт 0—100 дБ	3	6, 60, 600, 6000
ГЗ-35	20 Гц—200 кГц (4 поддиапазона)	$(0,01f+1)$ Гц (20 Гц—20 кГц), 0,015f (20 Гц—200 кГц)	8 в 0—100 дБ	0,03	600
ГЗ-36	20 Гц—200 кГц (4 поддиапазона)	$(0,03f+2)$ Гц	0—5 в	1—2,5	600
ГЗ-41	0,15—30 МГц (5 поддиапазонов)	$\pm 1,5\%$ (75 Ом), 1,5—100 в (10 ком)	0,1—2,5 Вт	—	75 1000 (15 нФ)



Таблица 3

## Измерительные генераторы ВЧ и СВЧ

Тип прибора	Диапазон частот, МГц	Погрешность при частоте, %	Выход	Виды работы
СГ-1	13—330 (5 поддиапазонов)	$\pm 2\%$	4 мкв—20 мв коаксиальный 100 ом	НГ, АМ, ИМ (внешняя)
ГЗ-8А (ГМВ)	6—480 (8 поддиапазонов)	$\pm 1,5\%$	4 мкв—50 мв коаксиальный 75 ом	НГ, АМ, ИМ
ГЗ-12 (ГСС-24)	0,15—135	$\pm 1,5\%$	0,1—2,5 вт 1,5—100 в двухпроводный 1000 ом коаксиальный 75 ом	НГ, АМ (внешняя)
Г4-1А (ГСС-6А)	0,1—25 (8 поддиапазонов)	$\pm 1\%$	0,1 мкв—1 в двухпроводный и коаксиальный 0,8; 8; 40 ом	НГ, АМ
Г4-6 (ГСС-17)	16—128 (3 поддиапазона)	$\pm 1\%$	0,5 мкв—0,1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АМ, ЧМ
Г4-7А (ГСС-7А)	20—180 (5 поддиапазонов)	$\pm 1\%$	1 мкв—0,1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АМ, АИМ
Г4-12 (ГСС-30)	125—250	$\pm 1\%$	0,2 мкв—0,1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АМ, ЧМ
Г4-13 (ГСС-31)	250—700	$\pm 1\%$	0,2 мкв—1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АМ, ЧМ
Г4-17 (ГСС-40)	20—260	$\pm 1\%$	1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АИМ, ЧМ
Г4-18 (ГСС-41)	0,1—35	$\pm 1\%$	1 в коаксиальный 75 ом	НГ, АМ
Г4-31	150—1000	$\pm 1\%$	$10^{-8}$ —100 мквт; 1 вт; 75 ом	НГ, АМ, ИМ
Г4-37	400—1200	$\pm 1\%$ $\pm 0,05\%$ (по внутр. волномеру)	$10^{-8}$ —100 мквт; 0,011—1 вт;	НГ, АМ

Примечание. НГ — непрерывная генерация; АМ — амплитудная модуляция; ЧМ — частотная модуляция; АИМ — амплитудно-импульсная модуляция; ИМ — импульсная модуляция.

Кроме измерительных генераторов сигналов (ГС) и генераторов стандартных сигналов (ГСС), выпускаются также комбинированные генераторы сигналов (ГСК). В состав такого прибора, кроме генератора сигналов, входят также ваттметр и волномер, которые можно использовать не только для контроля собственного генератора, но и для измерения мощности и частоты других (внешних) генераторов.

Помимо обычных измерительных генераторов синусоидальных колебаний, в практике радиоизмерений широко используют генераторы качающейся частоты (ГКЧ), генераторы импульсных сигналов, генераторы сигналов специальной формы и генераторы шумовых сигналов. Генераторы качающейся частоты применяют для снятия амплитудно-частотных характеристик усилителей, полосовых фильтров и ряда других целей. Большое распространение получили измерительные генераторы, вырабатывающие импульсы прямоугольной формы. С помощью таких генераторов налаживают всевозможные импульсные схемы, низкочастотные и широкополосные усилительные устройства и т. д. Генераторы шумовых сигналов используют при определении абсолютной чувствительности приемных и усилительных устройств, снятии характеристик электроакустических приборов, измерении коэффициента шума полупроводниковых приборов и т. п.

### Генератор звуковой частоты ГЗ-2 (ЗГ-10)

Прибор ГЗ-2 применяют в качестве источника синусоидальных колебаний с диапазоном от 20 до 20 000 гц. Он собран по схеме *РС* генератора и имеет на выходе контрольный ламповый вольтметр.

**Основные технические данные.** Диапазон частот 20 гц—20 кгц разбит на 3 поддиапазона: 20—200, 200—2000 и 2000—20 000 гц. Погрешность установки частоты  $\pm 2\% \pm 1$  гц. Нормальная выходная мощность 0,5 вт (максимальная выходная мощность 5 вт).

Измерение выходного напряжения осуществляется плавно, а также ступенями с помощью двух делителей: первый имеет десять фиксированных ступеней регулировки по 10 дб в каждой, второй — десять ступеней по 1 дб.

Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласованные нагрузки величиной 50, 200, 600 и 5000 ом. Нелинейные искажения не превышают 0,3% в диапазоне частот от 400 гц до 7,5 кгц и 0,7% в остальной части диапазона.

Максимальное выходное напряжение до 150 в.

Питание от сети 50 гц напряжением 110, 127 и 220 в — 10%. Потребляемая от сети мощность не более 150 вт.

Размеры прибора: 598×357×293 мм, вес — 35 кг. Внешний вид прибора показан на рис. 5,б.

**Конструкция.** Прибор ГЗ-2 смонтирован на угловом шасси, помещенном в металлический кожух. Основные органы управления прибором выведены на переднюю панель, где находится также индикатор выхода, представляющий собой диодный вольтметр со шкалой на 60 в. Вольтметр проградуирован в действующих значениях напряжения при нагрузке 600 ом. При нагрузке 50, 200 и 5000 ом показания прибора следует умножать соответственно на 0,289; 0,576 и 2,89.

Выходное устройство ГЗ-2 состоит из двух аттенюаторов, позволяющих производить ступенчатую регулировку выходного напряжения в пределах 0—110 дб, и согласующего трансформатора. Плавная регулировка выходного напряжения производится изменением напряжения звуковой частоты, подаваемого на усилительный каскад прибора. Ручка этого регулятора также выведена на переднюю панель прибора.

**Эксплуатация прибора.** Перед включением прибора в сеть проверяют соответствие установки фишки питания (на задней стенке генератора) с номинальным напряжением сети. Включив кабель питания в сеть, можно перевести сетевой тумблер в положение «Вкл.», при этом должна загореться сигнальная лампочка. Затем дают прогреться прибору в течение 3—5 мин. и производят установку частоты с помощью ручки плавной установки частоты и ступенчатого переключателя («множитель»). Значение устанавливаемой частоты определяют путем умножения отсчета шкалы на показания ручки «множитель».

При установке и регулировке выходного напряжения генератора следует помнить, что индикатор показывает действительное значение выходного напряжения

только при установке обеих ручек аттенюаторов («затухание в дБ») на отметках «0».

Для удобства пользования прибором его ступенчатые аттенюаторы проградуированы в децибелах, так как при снятии частотных характеристик, расчетах и определении коэффициента усиления в УНЧ используют эту логарифмическую величину для измерения отношения двух напряжений или мощностей. При работе с генератором величину его выходного напряжения определяют по формуле:

$$N = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}},$$

где  $N$  — затухание, дБ.

Например, для получения выходного напряжения в 10 мВ необходимо, пользуясь регулятором выходного напряжения, установить по шкале вольтметра напряжение 10 В и ввести затухание 60 дБ, тогда напряжение на выходе генератора будет в 1000 раз меньше, т. е. 10 мВ.

При подключении нагрузки к генератору следует помнить, что он имеет симметричный выход со средней точкой СТ (левая клемма). Среднюю точку выходного трансформатора ГЗ-2 используют при работе с симметричными схемами или для уменьшения в два раза выходного напряжения генератора. Для получения асимметричного выхода закорачивают нижний зажим прибора «выход» с зажимом «земля» и подключают к исследуемому прибору так, чтобы его «земля» совпадала бы с «землей» генератора.

При работе с нагрузками, имеющими очень большое «сопротивление» (более 5 ком), включают тумблером «внутренняя нагрузка» постоянную нагрузку (проволочный резистор 600 ом). Выходное напряжение при этом определяют положением переключателя нагрузки (например, во втором положении переключателя показания вольтметра умножают на 0,289; в третьем — на 0,576 и т. д.).

Включение и подготовка к работе других низкочастотных генераторов (например, ГЗ-3 или ГЗ-4) аналогичны.

## Высокочастотный генератор стандартных сигналов Г4-1А (ГСС-6А)

Измерительный генератор стандартных сигналов с амплитудной модуляцией Г4-1А предназначен для проверки и регулировки приемных устройств диапазона длинных, средних и коротких волн, а также для различных измерений, требующих сигнала калиброванного по частоте, напряжению и глубине модуляции. Генератор типа Г4-1А отличается от выпускавшегося ранее генератора стандартных сигналов ГСС-6А тем, что имеет несколько меньшую погрешность установки выходного напряжения. Внутренняя модуляция у него может осуществляться с частотой 400 или 1000 *гц*.

**Основные технические данные.** Диапазон генерируемых частот от 100 *кгц* до 25 *Мгц* (3000—12 *м*) разбит на 8 поддиапазонов. Точность градуировки прибора по частоте  $\pm 1\%$ . Пределы изменения выходного напряжения от 0,1 *мкв* до 1 *в*.

Напряжение от 0,1 *мкв* до 0,1 *в* снимается с кабеля, нагруженного омическим делителем напряжения, имеющим положения «0,1»; «1» и «10». С помощью плавного аттенюатора («микровольты») на выходе прибора можно получить соответственно напряжения от 0,1 до 1000 *мкв*, от 1,0 до 10 000 *мкв* и от 10 до 100 000 *мкв* (с сопротивлением выхода 0,8, 8,0 и 40 *ом*). Кроме того, с отдельного гнезда можно получить напряжение 0—1 *в* (сопротивление выхода 40 *ом*).

Основная погрешность выходного напряжения в пределах от 0,1 до 100 000 *мкв* не превышает  $\pm 20\%$ .

**Виды работы:**

- непрерывная генерация,
- внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 *гц*  $\pm 5\%$  и коэффициентом глубины модуляции, регулируемым от 0 до 100%;
- внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами от 50 до 4000 *гц* на несущих частотах от 100 до 500 *кгц* и от 50 до 8000 *гц* на несущих частотах от 0,5 до 25 *Мгц* и коэффициентом глубины модуляции от 0 до 100%.

Напряжение звуковой частоты, необходимое для получения коэффициента глубины модуляции 80%, не

превышает 100 в при входном сопротивлении около 20 ком.

Остаточное напряжение на выходе генератора при выведенных регуляторах выходного напряжения не более 0,3 мкв (при установке ручки плавного аттенюатора влево до упора, ручки ступенчатого аттенюатора в положении «1» и при подключении контрольного приемника к зажимам «0,1»—«3» делителя напряжения выходного кабеля).

Паразитная частотная модуляция при глубине амплитудной модуляции, равной 30%, около 2 кГц.

Питание: сеть переменного тока 50 Гц с напряжением 220 в  $\pm 10\%$ . Потребляемая от сети мощность не превышает 230 Вт.

Размеры прибора  $527 \times 336 \times 341$  мм; вес — около 25 кг.

**Конструкция.** Прибор смонтирован на угловом шасси, заключенном в металлический футляр. Общий вид передней панели показан на рис. 5, в.

С левой стороны передней панели размещены шкала с верньерным устройством для установки частоты и переключатель поддиапазонов. Справа вверху находятся: вольтметр уровня несущей частоты и индикатор модулометра. Под ними расположены ручки аттенюаторов, выходные гнезда «0—1 в» и «0—0,1 в», ручки установки нуля вольтметра уровня несущей частоты и глубины модуляции, переключатель вида модуляции, гнезда режима работы с внешней модуляцией и выключатель сети.

**Эксплуатация прибора.** Убедившись в соответствии напряжения сети с напряжением питания прибора, подключают кабель питания к колодке прибора и сети. Ручки «установка несущей» и «установка М%» должны при этом находиться в крайнем левом положении, а тумблер сети — в положении «Выкл.».

Если необходимо получить напряжение меньше 0,1 в, то высокочастотный кабель с делителем напряжения подключают к гнезду «0—0,1 в». Выходное напряжение до 1 в снимается с гнезд «0—1 в».

Включив питание прибора (при этом должна загореться сигнальная лампочка), дают ему прогреться в течение нескольких минут. Затем, поставив переключатель диапазонов прибора в промежуточное положение

(нефиксированное положение между двумя рабочими), устанавливают стрелку прибора « $\mu V$ » на нуль ручкой «установка нуля несущей».

Далее, ручкой «настройка» производят установку нужной частоты по шкале прибора, проградуированной в мегагерцах. Для точной установки частоты служит верньерная ручка, шкала которой имеет 100 делений. Если значение необходимой частоты лежит между двумя соседними рисками шкалы прибора, то ее определяют по числу делений верньерной шкалы, приходящихся на интервал между двумя рисками основной шкалы. Для этого, отметив положение верньера, когда указатель шкалы совпадает с ближайшей риской к нужному значению частоты, поворачивают верньер до тех пор, пока указатель шкалы не будет установлен на следующую выгравированную на шкале риску. Цену делений данного участка шкалы определяют по формуле

$$a = \frac{f_2 - f_1}{n},$$

где  $n$  — число делений верньера;

$f_1 - f_2$  — частотный интервал на шкале прибора.

**Пример.** Для установки частоты 502 кГц цену деления ручки верньера определяют поворотом ее от  $f_1$  500 кГц до  $f_2$  505 кГц. При этом шкала верньера поворачивается на 6 делений. Цена делений равна:

$$a = \frac{505 - 500}{6} = \frac{5}{6} \text{ кГц/дел.}$$

Таким образом, для установки частоты 502 кГц нужно вначале установить указатель шкалы на риску 500 кГц и затем повернуть ручку верньера еще на 1,7 деления.

После установки частоты переключатель поддиапазонов переводят в положение, соответствующее цифре, указанной на шкале (номер поддиапазона).

Подготовив прибор к работе, устанавливают стрелку « $\mu V$ » на 1 (ручкой «установка несущей»). Если предполагается работа с прибором в режиме немодулированных колебаний, то переключатель рода модуляции устанавливают в положение «внешняя модуляция» (источник внешней модуляции не подключают) и снимают с

одного из выходных гнезд нужное напряжение высокой частоты.

Величину выходного напряжения определяют путем умножения показаний шкалы «микровольты» на показатель переключателя «множитель» и на множитель выносного делителя (на кабеле). Например, по шкале «микровольты» установлен отсчет 7,0 мкв, переключатель «множитель» находится в положении 10, а выходное напряжение снимается с выносного делителя, имеющего также множитель 10. При этом величина выходного напряжения будет равна

$$U_{\text{вых}} = 7 \cdot 10 \cdot 10 = 700 \text{ мкв.}$$

Погрешность в установке и определении величины выходного напряжения будет минимальной, если с помощью ручки «установка несущей», стрелка прибора « $\mu V$ » будет точно установлена на 1.

Если выходное напряжение снимается с гнезда «0—1 в» кабелем без колодки, то величину выходного напряжения определяют перемножением показаний прибора « $\mu V$ » на показания шкалы «микровольты» и коэффициента 0,1.

Например, показания прибора « $\mu V$ » равны 1, по шкале установлен отсчет 9, тогда величина выходного напряжения будет равна:

$$U_{\text{вых}} = 0,1 \cdot 1 \cdot 9 = 0,9 \text{ в.}$$

При работе с внутренней модуляцией прибор сначала готовят для работы в режиме незатухающих колебаний, затем переключатель рода модуляции устанавливают в положение «400 гц» или «1000 гц» (в зависимости от необходимости) и, вращая ручку «установка М %», устанавливают заданную глубину модуляции. В случае изменений показаний прибора « $\mu V$ » следует ручкой «установка несущей» произвести установку стрелки прибора на 1.

Режим работы с внешней модуляцией отличается лишь тем, что к клеммам «внешняя модуляция» подключают внешний звуковой генератор (переключатель рода модуляции должен быть установлен в положении «внешняя модуляция»). На выходе звукового генератора устанавливают вначале минимальное выходное напряжение, затем его постепенно увеличивают до тех пор,



пока стрелка измерителя модуляции на приборе не покажет 100% (в крайнем правом положении ручки «установка М %»). Затем ручкой «установка М %» устанавливают необходимый процент глубины модуляции.

### **Прибор для настройки телевизионных приемников Х1-7 (ПНТ-59)**

Прибор представляет собой портативный высокочастотный генератор качающейся частоты, конструктивно выполненный совместно с осциллографическим индикатором.

Он позволяет производить настройку УПЧ канала звука, частотного детектора и УВЧ каскада телевизоров на любом из двенадцати телевизионных каналов; коррекцию частотной характеристики, УПЧ канала изображения; контроль работы ограничителя в канале звука и согласование входа телевизионных приемников с кабелем; определяет согласование кабеля с антенной и настраивает ее на требуемый канал.

**Основные технические данные.** Диапазон частотно-модулированного генератора разбит на 4 поддиапазона 0,1—15, 27—60, 55—102, 174—232 Мгц.

Выходное напряжение генератора 100 мв с плавной и ступенчатой регулировкой при выходном сопротивлении 75 ом.

Частотное маркирование позволяет получать метки с интервалами 1 Мгц и выделением по амплитуде меток, кратных частоте 10 Мгц.

Чувствительность по вертикальному отклонению для низкочастотного входа не менее 0,4 мм/мв эфф., чувствительность с выносным детектором не менее 0,15 мм/мв эфф.

Выходная емкость детектора около 6 пф. Частота модуляции 50 гц.

Питание от сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 127 или 220 в, потребляемая мощность не более 60 вт.

Размеры прибора — 343×260×185 мм, вес — не более 8 кг.

**Конструкция.** Прибор смонтирован на угловом шасси, помещен в защитный металлический кожух. В левом верхнем углу вертикальной панели расположен

экран электронно-лучевой трубки, закрытый масштабной сеткой. С правой стороны лицевой панели (вниз по вертикали) расположены ручки регулировки яркости, фокусировки, установки усиления по оси  $y$  и средней частоты. Под экраном находится ручка регулятора выходного напряжения и переключатель поддиапазонов. В центре передней панели расположена ручка регулировки масштаба, под ней — регулятор амплитуды ма-рок.

Гнезда для подключения выходного кабеля с делителем напряжения ( $1:1$ ,  $1:10$  и  $1:100$ ) и выносного детектора расположены на боковых стенках прибора.

**Эксплуатация прибора.** Питание включается поворотом ручки «яркость», при этом должна загореться сигнальная лампочка. После появления изображения луча на экране регулируют фокусировку.

Подключив в соответствующие гнезда выходной высокочастотный кабель и кабель выносного детектора, соединяют выход  $1:1$  высокочастотного кабеля с входом детектора. При этом на экране должно появиться изображение собственной частотной характеристики прибора.

Проверив действие органов управления, устанавливают соответствующий диапазон, после чего прибор готов к работе.

При работе с прибором Х1-7 пользуются детекторной головкой лишь в тех случаях, когда невозможно использовать детекторы самого настраиваемого радиоустройства. Так например, для просмотра характеристики частотного детектора телевизора высокочастотный выход прибора ( $1:1$ ) подключают непосредственно к управляющей сетке лампы ограничителя. Низкочастотный выход Х1-7 без детекторной головки подключают при этом к нагрузке частотного детектора или к потенциометру регулятора громкости.

Пользуясь прибором, следует всегда стремиться использовать минимальную величину выходного сигнала, во избежание перегрузки исследуемой схемы или вертикального усилителя самого Х1-7, так как при перегрузке возможны большие искажения формы наблюдаемой частотной характеристики.

Соединительные проводники высокочастотных цепей должны быть как можно короче, но сам прибор не сле-

дует устанавливать близко к проверяемому радиоустройству, особенно в тех случаях, когда оно содержит чувствительные усилители с колебательными контурами. Это также приведет к значительным искажениям формы частотной характеристики.

Частотное маркирование ведут справа налево, начиная с высокочастотного конца диапазона. При этом следует пользоваться фактическим значением частоты конца диапазона, указанного в аттестате, прилагаемом к прибору. Амплитуда маркерных меток должна иметь минимальную величину.

Непосредственное подключение детекторной головки к контуру приведет к его расстройке. Поэтому для настройки или проверки отдельных контуров, детекторную головку подключают к ним через резистор в 5—10 *ком* или к анодной нагрузке лампы последующего каскада, зашунтировав ее резистором 0,5—1 *ком*.

Точно также необходимо помнить, что выходной ВЧ делитель имеет выходное сопротивление 75 *ом*. Его следует подключать к исследуемой схеме через конденсатор в 1000 *пф*. Это предохранит делитель от воздействия напряжений, питающих схему, а цепи питания радиоустройства — от замыкания делителем. Во избежание шунтирующего действия делителя на высокочастотной цепи, его обычно подключают к управляющей сетке лампы предшествующего каскада. При настройке контуров ВЧ блока сигнал с делителя прибора на вход телевизора подают с помощью кабеля длиной 5—10 *м* с волновым сопротивлением, равным сопротивлению входа.

## ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Нелинейность характеристик электронных и ферромагнитных приборов, используемых в усилительных устройствах, приводит к появлению в них нелинейных искажений. Небольшие нелинейные искажения сигнала почти неощутимы на слух. С их увеличением звучание приобретает характерную хриплую окраску, а речь становится малоразборчивой. Измерение коэффициента нелинейных искажений производится специальными приборами, методом сравнения эффективного напряжения искаженного сигнала с эффективным напряжением всех

высших гармоник, начиная со второй, имеющих в искаженном сигнале. Подобный метод позволяет с достаточной точностью производить количественное определение нелинейных искажений сигнала, так как с ростом амплитуды гармоник, коэффициент нелинейных искажений также увеличивается.

### Измеритель нелинейных искажений С6-1 (ИНИ-12)

С помощью этого прибора можно измерить напряжение искаженного сигнала, подавить основную частоту и измерить напряжение высших гармоник, содержащихся в последующем сигнале.

В основу измерения коэффициента нелинейных искажений при помощи С6-1 положен принцип раздельного измерения напряжения искаженного сигнала и высших гармоник.

Прибор предназначен для измерения коэффициентов нелинейных искажений напряжений звуковых частот (см. табл. 4).

**Основные технические данные.** Коэффициент нелинейных искажений в пределах от 0,1% до 30% измеряется в соответствии с табл. 4.

Таблица 4

Вход	Входное сопротивление	Входное напряжение	Диапазон измеряемых частот
Несимметричный .	0,1—1 <i>Мом</i>	0,1÷100 <i>в</i>	20 <i>гц</i> ÷20 <i>кгц</i>
Несимметричный .	5000 <i>ом</i>	0,1÷100 „	20 „ ÷ 20 „
Симметричный . .	600 „	0,5÷ 30 „	50 „ ÷ 15 „
Несимметричный .	600 „	0,1÷ 30 „	20 „ ÷ 20 „
Несимметричный .	150 „	0,1÷ 20 „	20 „ ÷ 20 „

**Примечание.** Наличие постоянной составляющей во входном сигнале для входных сопротивлений 5000, 600 и 150 *ом* недопустимо.

Основная погрешность измерения нелинейных искажений не должна превышать.

+ 0,07 от верхнего предела шкалы плюс 0,15% искажений;

— 0,07 от верхнего предела шкалы для показаний прибора, не превышающих половину шкалы.

Погрешность градуировки прибора по частоте не превышает  $\pm (5\% + 5 \text{ гц})$ .

Ламповый вольтметр должен обеспечивать измерение электрических шумов и переменных напряжений от 0,003 до 300 в на следующих 10 пределах, (дб): 0,01 (—40); 0,03 (—30); 0,1 (—20); 0,3 (—10); 1 (0); 3 (+10); 10 (+20); 30 (+30); 100 (+40); 300 (+50).

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой  $50 \pm 0,5 \text{ гц}$  и напряжением  $220 \text{ в} \pm 10\%$ . Изменение показаний лампового вольтметра, вызванное отклонением напряжения питания от номинального на 10%, не должно превышать  $\pm 1,5\%$ .

Мощность, потребляемая от сети переменного тока, не превышает 90 вт.

Длительность непрерывной работы 8 часов.

Размеры прибора в кожухе —  $390 \times 310 \times 280 \text{ мм}$ , вес в кожухе 18 кг. Внешний вид прибора показан на рис. 5,г.

**Конструкция.** Прибор смонтирован на угловом шасси, помещенном в металлический кожух.

На передней панели расположены: магнитоэлектрический индикатор лампового вольтметра, переключатель пределов измерения вольтметра « $V-dB$ », ручка потенциометра калибровки лампового вольтметра «лв. калибр.», ручки балансировки моста: «гц», «балансировка», «точно» и «грубо», переключатель пределов настройки моста «множитель», потенциометр «калибровка сигнала», тумблер «входное напряжение», переключатель рода работы «калибр. сигнала — искажения — вольтметр», переключатель «входное сопротивление»; зажимы: «вход несимметр.» и «вход симметр.», «осциллограф»; корпус предохранителя «1А», тумблер сети «Вкл.», сигнальная лампа, фишка кабеля питания « $\sim 220$ ».

**Подготовка прибора к работе.** Питая прибор от феррорезонансного стабилизатора нельзя.

При переводе сетевого тумблера в положение «Вкл.» должна загореться сигнальная лампочка. Дав прибору прогреться в течение 30 мин., устанавливают переключатель « $V-dB$ » в положение «лв. калибр.» и потенцио-

метром «лв. калибр.» устанавливают стрелку прибора-индикатора на отметку 10 верхней шкалы.

После этого можно приступать к работе с прибором. Следует учесть, что соединение Сб-1 с исследуемыми объектами надо производить возможно более короткими проводами. В случае необходимости пользуются экранированными проводами, чтобы избежать искажения показаний за счет наводок.

**Измерение коэффициента нелинейных искажений.** Ручки управления прибором устанавливаются так, чтобы их положения соответствовали: «входное напряжение» — выходному напряжению исследуемого усилительного устройства, «множитель» — диапазону измеряемых частот, «входное сопротивление» — выходному сопротивлению исследуемого устройства, «калибр. сигнала — искажения — вольтметр» — положению «калибр. сигнала», « $V-dB$ » шкале 10 в (+20 дб), ручка «гц» — частоте исследуемого напряжения, ручка «балансировка» может находиться в любом положении.

Далее подают на соответствующий вход прибора исследуемое напряжение, ориентируясь при этом по данным, приведенным в табл. 4. Затем ручкой «калибр. сигнала» устанавливают стрелку прибора-индикатора на отметку 8 шкалы 10 в.

Если измерение производится в децибелах, то установку стрелки прибора следует производить на 6,2 в.

Переключатель «калибр. сигнала — искажения — вольтметр» переводят в положение «искажения» и, манипулируя ручками «гц», «балансировка» «грубо» и «точно», добиваются минимального отклонения стрелки индикатора лампового вольтметра, все время увеличивая его чувствительность переключателем « $V-dB$ ». Искажения в процентах соответствуют минимальному отсчету по шкале лампового вольтметра с учетом положения переключателя « $V-dB$ ».

Искажения в децибелах отсчитываются перемножением числа переключений, сделанных ручкой « $V-dB$ », на 10 и прибавлением отсчета по шкале «децибелы», если отсчет сделан правее «0».

Можно также пользоваться табл. 5, в которой даны значения искажений в децибелах, соответствующие отсчету «0» по шкале «децибелы» (последняя графа таблицы).

## Предельные значения поддиапазонов

Положение переключателя ( $V-dB$ ), в дб	Шкала отсчета процентов	Коэффициент нелинейных искажений, % (вся шкала)	Коэффициент нелинейных искажений, дб (нуль шкалы)
0,01 (—40)	Верхняя	0,1	—60
0,03 (—30)	Нижняя	0,3	—50
0,1 (—20)	Верхняя	1	—40
0,3 (—10)	Нижняя	3	—30
1,0 (0)	Верхняя	10	—20
3 (+10)	Нижняя	30	—10
10 (+20)	Верхняя	100	0

**Примечание.** Показания по шкале «децибелы» надо либо прибавить к этим значениям, если они имеют знак «—», либо вычесть, если они со знаком «+».

Например, стрелка прибора остановилась на отметке «+14» (при положении переключателя « $V-dB$ » на делении 0,1), тогда величина коэффициента гармоник будет равна:

$$\gamma = -40 + 14 = -26 \text{ дб.}$$

При необходимости визуального наблюдения формы кривой выходного напряжения у исследуемого устройства гнезда «осциллограф» С6-1 можно подключить к вертикальному входу осциллографа.

**Измерение напряжений.** Переключатель «калибр. сигнала — искажения — вольтметр» устанавливают в положение «вольтметр». Измеряемое напряжение подается на зажимы «вход несимметр».

По показаниям прибора с учетом положения переключателя поддиапазонов « $V-dB$ » определяют величину исследуемого напряжения.

Шкала 0—10 соответствует положениям переключателя « $V-dB$ » 0,01; 0,1; 1; 10; 100; шкала 0—3 соответствует положениям переключателя « $V-dB$ » 0,03; 0,3; 3; 30; 300. Число, соответствующее положению переключателя, обозначает верхний предел данного поддиапазона в вольтах.

## Испытатель параметров плоскостных транзисторов Л2-1 (ИПТ-1)

Прибор Л2-1 предназначен для быстрого определения годности маломощных транзисторов и измерения их некоторых основных параметров. Прибор можно использовать в лабораторных и заводских условиях, а также в ремонтных мастерских.

**Основные технические данные.** Прибор измеряет следующие параметры транзисторов:

$\alpha$  — коэффициент усиления по току при коротком замыкании в цепи коллектора;

$h_{22}$  — выходная проводимость при холостом ходе в цепи эмиттера;

$I_k$  — начальный ток коллектора при отсутствии тока эмиттера.

Кроме вышеуказанных параметров, прибор позволяет определять наличие пробоя между эмиттером и коллектором.

Погрешность измерения параметров по стрелочному индикатору относительно полного отклонения (для  $\alpha$  — в процентах от разности конечного и начального значения шкалы):

$$\alpha - \pm 5\%,$$

$$h_{22} - \pm 10\%,$$

$$I_k - \pm 2,5\%.$$

Все параметры измеряются в схеме с общей базой.

Могут быть измерены параметры транзисторов со структурой «*p-n-p*» или «*n-p-n*».

Параметры измеряются в одном режиме по постоянному току:

$$U_k \approx 4,5 \text{ в},$$

$$J_s \approx 1 \text{ ма}.$$

Питание прибора производится от двух батареек типа КБС-Л-0,5.

Габариты прибора —  $210 \times 150 \times 90$  мм, вес — около 2 кг.

**Конструкция.** Испытатель транзисторов Л2-1 смонтирован на угловом шасси, помещенном в металличе-



ский футляр. Все органы управления прибором вынесены на лицевую панель. В верхней части панели расположен стрелочный указатель. Под ним находятся: кнопка включения питания прибора, колодка для подключения транзисторов, четыре коммутационных ключа типа КТРО и ручка потенциометра регулировки напряжения генератора («напр. ген.»).

Коммутационные ключи имеют следующее назначение:

1. Ключ отсчета  $h_{22}$  и контроля пробоя.
2. Ключ отсчета  $a$  и  $I_{ко}$ .
3. Ключ контроля напряжения батарей.
4. Ключ переключения « $p-n-p$ » и « $n-p-n$ ».

**Эксплуатация прибора.** Необходимо прежде всего подключить к прибору питание. Для этого откройте отверстие на задней стенке футляра, отвернув четыре винта, крепящих крышку отсека питания, и, согласно указанной полярности, поставьте две батарейки типа КБС-Л-0,5.

Испытываемый транзистор подключают к колодке согласно указанной на ней маркировке—«К», «Б» и «Э».

Переключатель « $p-n-p$ »—« $n-p-n$ » поставьте в положение, соответствующее структуре проверяемого транзистора на все время работы с прибором.

Проверьте напряжение батарей. Для этого переключатель контроля батарей (« $U_1-U_2$ ») поочередно устанавливают в оба крайних положения (вверх для контроля  $U_1$  и вниз для контроля  $U_2$ ) и нажимают кнопку включения питания. Остальные переключатели должны находиться в среднем положении. При нажатии кнопки стрелка прибора не должна выходить за пределы сектора, отмеченного значком « $U-$ ».

Испытываемый транзистор проверяют на пробой между эмиттером и коллектором. Для этого переключатель отсчета параметров « $h_{22}$  — контроль пробоя» устанавливают в положение «контроль пробоя». Остальные переключатели оставляют в среднем положении. Если транзистор не пробит, то стрелка отсчетного прибора не отклоняется.

Для измерения параметров транзистора производят предварительную калибровку прибора. Переключатель отсчета параметров и контроля батарей устанавливают в среднее положение. Нажав кнопку включения пита-

ния, регулировкой ручки «напр. ген.» устанавливают стрелку отсчетного прибора в положение полного отклонения.

При определении  $a$  и  $h_{22}$  устанавливают соответствующий переключатель отсчета параметров в соответствующее положение. Величину параметра отсчитывают по шкале прибора.

Обратный ток коллекторного перехода ( $J_{ko}$ ) измеряют при разомкнутой цепи эмиттера. Переключатель « $a—J_{ko}$ » устанавливают в положение « $J_{ko}$ », переключатели « $h_{22}$ —контроль пробоя» и « $U_1—U_2$ » — в среднее положение и переключатель « $p-n-p$ » — « $n-p-n$ » — в положение, соответствующее структуре проверяемого транзистора. При измерении  $J_{ko}$  стрелочный прибор подключают в цепь коллектора в качестве микроамперметра. Шкала его имеет градуировку от 0 до 50 мка.

## Глава II

### ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАППАРАТУРЫ И МЕТОДЫ ЕЕ ИСПЫТАНИЯ

Испытать радиоаппарат — это значит измерить его параметры. Радиоаппарат испытывают при его налаживании, причем часто в процессе налаживания приходится несколько раз снимать характеристики его работы, чтобы выяснить, удовлетворяет ли он техническим требованиям.

Современная радиоаппаратура очень разнообразна. Но в любом радиоаппарате можно выделить блоки, которые по назначению, а часто и по характеру работы, принципиально не отличаются от подобных же блоков в других радиоаппаратах, хотя и предназначенных для совершенно других целей. Например, принципиально не отличаются друг от друга блоки усиления промежуточной частоты (УПЧ), видеоусилителя, усилители низкой частоты (УНЧ) и т. п. Поэтому такие блоки различных радиоаппаратов можно испытывать одинаковыми методами. Это же относится и к испытанию радиоаппарата в целом. Так, вне зависимости от назначения радиоприемника надо измерить его чувствительность, частоты, на которых он работает, снять частотную характе-

ристику, определить полосу пропускания и т. п. Конечно, для различных радиоприемников условия испытаний, измерительные приборы и т. д. будут различны, но принципиально методы их испытаний одинаковы. Поэтому необходимо овладеть этими методами.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ УСИЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

**Характеристики и испытание усилителя низкой частоты.** Параметры УНЧ следующие: номинальная выходная мощность при максимально допустимых нелинейных искажениях или нормальная выходная мощность, составляющая 0,1 номинальной, коэффициент усиления или чувствительность усилителя, амплитудная и частотная характеристики, предел изменения громкости и предел регулирования тембра и, наконец, уровень фона.

Номинальной выходной мощностью называется максимальная мощность, которую можно получить на выходе усилителя при максимально допустимой величине искажений выходного напряжения:

$$R_{\text{ном}} = \frac{U^2}{Z}, \text{ в а,}$$

где  $U$  — напряжение на нагрузке (на звуковой катушке громкоговорителя),  $\text{в}$ ;

$Z$  — полное сопротивление нагрузки,  $\text{ом}$  (с некоторым приближением  $Z$  можно заменить сопротивлением звуковой катушки громкоговорителя постоянному току  $R_{\text{зв}}$ ,  $\text{ом}$ ).

Схема для измерения номинальной мощности приведена на рис. 6. В качестве измерителя выхода можно использовать детекторный или ламповый вольтметр.

Номинальная мощность измеряется на частоте 400  $\text{гц}$ . Регулятор громкости усилителя устанавливают на максимальное усиление и начинают увеличивать выходное напряжение звукового генератора. Одновременно измеряют величину нелинейных искажений на выходе усилителя, например, при помощи приборов ИНИ-12. Когда нелинейные искажения сделаются максимально допустимыми, измеритель выхода укажет номинальное выходное напряжение усилителя. Подставив величину полученного напряжения в приведенную выше форму-

лу, можно определить номинальную выходную мощность усилителя при данной величине нелинейных искажений. При этом следует иметь в виду, что напряжение на входе усилителя (на выходе звукового генератора) не может быть строго синусоидально, т. е. измеритель нелинейных искажений на выходе усилителя показывает суммарную величину нелинейных искажений, вносимых генератором и усилителем.

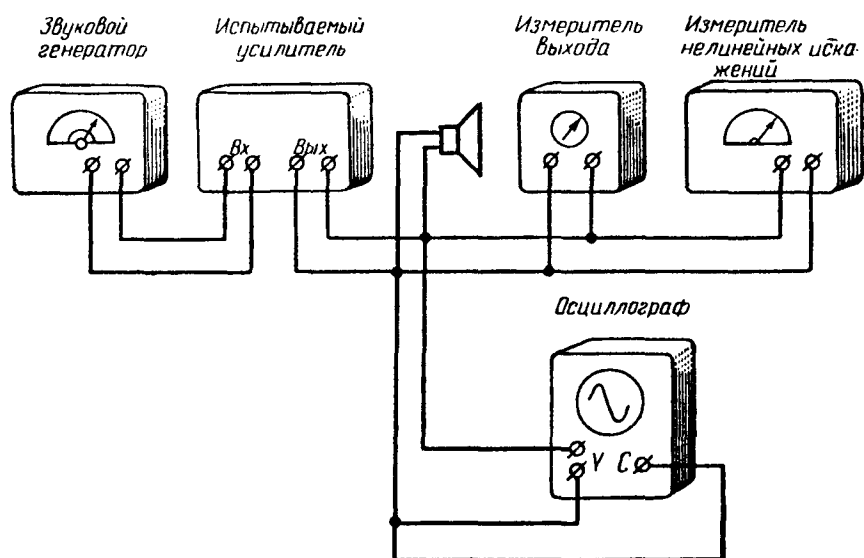


Рис. 6. Схема измерения номинальной мощности усилителя низкой частоты

Одновременно с измерением выходной мощности можно определить и чувствительность усилителя. Для этого измеряют напряжение на выходе испытываемого усилителя (обычно измеряют напряжение на выходе звукового генератора вольтметром, имеющимся в генераторе), при котором на его выходе развивается напряжение, равное номинальному. Это напряжение и определяет чувствительность усилителя. Отношение же номинального напряжения на выходе испытываемого усилителя к напряжению на его входе есть коэффициент усиления усилителя.

Измеритель нелинейных искажений ИНИ-12 можно заменить электронно-лучевым осциллографом. Тогда о величине нелинейных искажений придется судить приближенно по форме выходного напряжения (рис. 7).

Определить эту величину значительно легче, если осциллограф двухлучевой или снабжен электронным переключателем, так как на экране будет одновременно видно изображение неискаженного (со входа усилителя) и искаженного (с выхода усилителя) сигналов. Включение осциллографа и электронного переключателя показано на рис. 6.

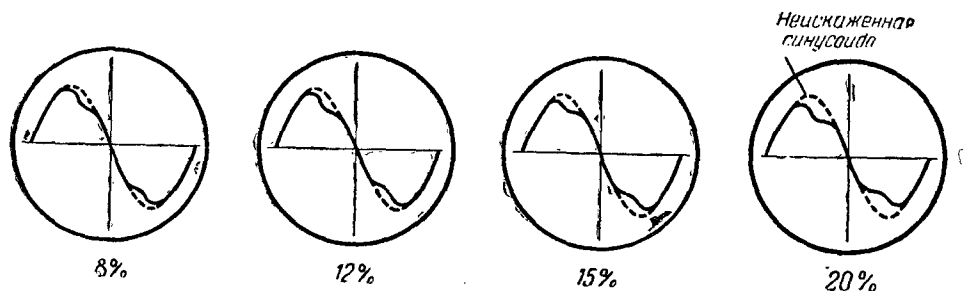


Рис. 7. Определение величины нелинейных искажений по осциллограмме

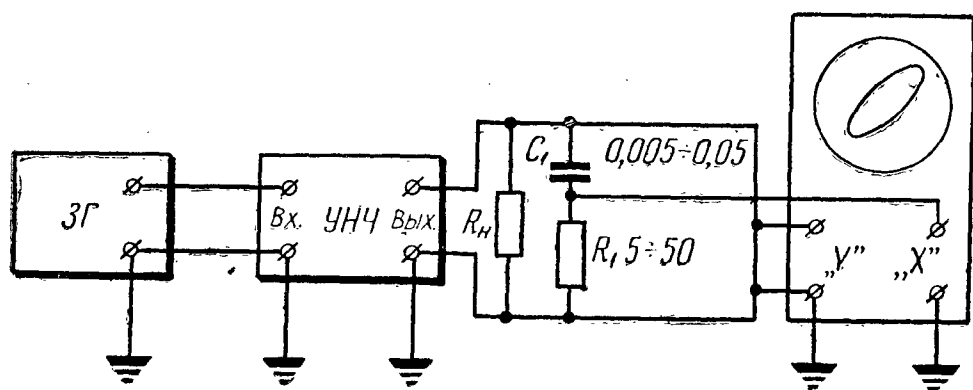


Рис. 8. Визуальный способ обнаружения нелинейных искажений.

Чтобы повысить точность обнаружения нелинейных искажений визуальным способом с помощью осциллографа, можно применять так называемый метод эллипса. При этом используется круговая развертка исследуемого напряжения, получаемая с помощью фазовращающей  $RC$  цепочки, включаемой между выходом УНЧ и осциллографом (рис. 8). Внутреннюю развертку по горизонтали у осциллографа в это время отключают. Основным достоинством указанного метода считают значительное увеличение протяженности линии развертки изображения и укрупнение масштаба времени. По-

этому можно заметить довольно значительное искажение правильности формы эллипса, даже если коэффициент гармоник на выходе УНЧ не превышает 4—5%. Если же искажения формы эллипса неуловимы на глаз, то коэффициент гармоник на выходе исследуемого УНЧ не более 3%. Параметры резистора  $R_1$  и конденсатора  $C_1$ , входящих в фазовращающую цепочку, следует подобрать практически, чтобы получить необходимый фазовый угол для появления на экране осциллографа изображения эллипса (в зависимости от рабочего диапазона частот исследуемого УНЧ).

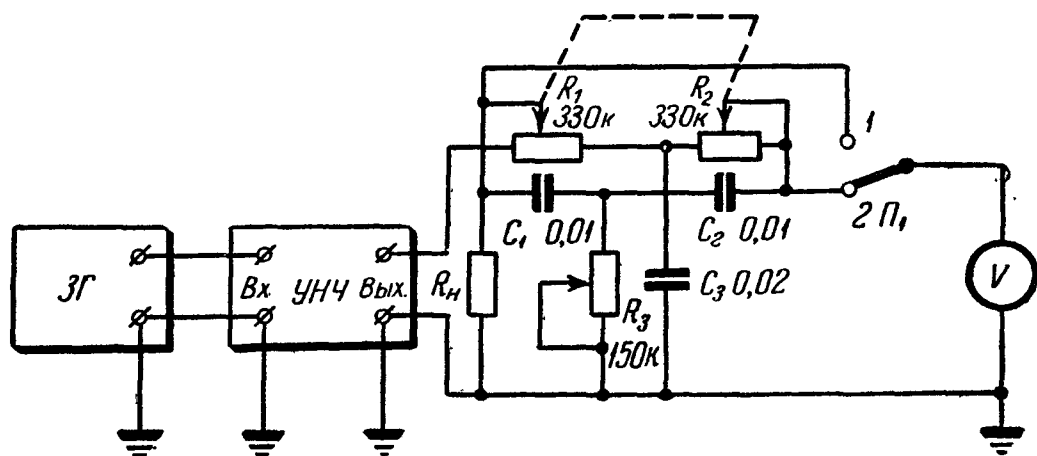


Рис. 9. Схема измерения нелинейных искажений

Если нужно измерить коэффициент нелинейных искажений УНЧ, то при отсутствии специального прибора можно воспользоваться самодельным заградительным фильтром для подавления основной частоты исследуемого сигнала. На рис. 9 приведена схема включения подобного фильтра, представляющего собой двойной Т-образный  $RC$  мост. При соответствующем подборе параметров  $R$  и  $C$  такой симметричный фильтр, состоящий из двух Т-образных звеньев, позволяет получить на определенной частоте очень большое затухание. Это связано с тем, что действующие на его выходе напряжения равны по амплитуде, но противоположны по фазе. На схеме рис. 9 в первом положении переключателя  $\Pi_1$  с помощью лампового или детекторного вольтметра (например, типа ВЗ-2А или ВЗ-10А) измеряют общую величину переменного напряжения на концах нагрузочного резистора  $R_n$  ( $U_{\text{общ}}$ ).

Не меняя уровня и частоты сигнала, подаваемого на вход УНЧ, переводят переключатель  $\Pi_1$  во второе положение. Регулировкой сдвоенных переменных резисторов  $R_1$  и  $R_2$  и переменного резистора  $R_3$  настраивают заградительный фильтр на максимальное подавление основной частоты сигнала (по минимальным показаниям вольтметра  $U$ ). Таким образом на выходе заградительного фильтра теперь будет действовать только суммарное напряжение высших гармоник ( $U_{\text{гар}}$ ). Однако следует учитывать также то, что настроенный двойной Т-образный фильтр, помимо подавления сигнала основной частоты, одновременно раз в шесть ослабляет амплитуду высших гармоник. Поэтому при использовании подобного метода, в формулу для подсчета коэффициента гармоник необходимо ввести поправочный коэффициент:

$$V \approx 6 \frac{U_{\text{гар}}}{U_{\text{общ}}} \cdot 100\%.$$

В процессе определения номинальной мощности можно снять амплитудную характеристику усилителя, позволяющую судить, насколько постоянен его коэффициент усиления при разных значениях амплитуды входного сигнала и неизменной частоте, равной 400 гц. Для этого измерение номинальной мощности начинают с некоторой минимальной величины напряжения на входе усилителя. Измеряют напряжение на входе и выходе усилителя, затем увеличивают напряжение на входе и снова измеряют напряжение на входе и выходе и т. д., до получения на выходе усилителя нормального напряжения. По полученным результатам строят амплитудную характеристику. Одновременно находят предел регулирования громкости. Для этого напряжение на входе испытываемого усилителя (или, что то же самое, на выходе звукового генератора) усиливают так, чтобы при положении регулятора громкости на максимуме усиления напряжение на выходе усилителя (на нагрузке — звуковой катушки громкоговорителя) было равно нормальному, т. е. 0,1 номинального. Частота входного напряжения равна 400 гц. Отметив величину напряжения на входе, переводят регулятор усиления в положение минимального усиления (в положение, при котором сигнал еще прослушивается, но дальнейшее уменьше-

ние громкости происходит скачком и сразу до нуля). После этого начинают увеличивать выходное напряжение звукового генератора до тех пор, пока напряжение на выходе усилителя не станет равным нормальному. Отношение напряжений на входе усилителя при положениях регулятора громкости на максимуме и минимуме, выраженное в децибелах, оценит предел регулирования громкости.

Далее переходят к снятию частотной характеристики испытываемого усилителя, которая позволяет судить о равномерности пропускания усилителем заданного диапазона частот. Для этого на вход усилителя подают такое напряжение от звукового генератора с частотой 400 гц, при котором выходная мощность усилителя соответствует нормальной. Регулятор громкости должен быть установлен в среднее положение, а регуляторы тембра — в положение наиболее широкой полосы пропускания. Затем, поддерживая напряжение на входе усилителя постоянным, изменяют частоту звукового генератора в обе стороны от частоты 400 гц: в сторону низших частот — через каждые 50—100 гц, в сторону высших — вначале через каждые 100 гц, а после частоты 1000 гц — через 500 гц и, наконец, после частоты 4000 гц — через 1000 гц. Одновременно измеряют выходное напряжение на каждой из этих частот. По полученным результатам строят частотную характеристику, принимая выходное напряжение усилителя на частоте 400 гц за единицу, т. е. по оси ординат откладывают отношение  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вых } 400 \text{ гц}}$ , которое одновременно является показателем усиления на данной частоте по сравнению с усилением на частоте 400 гц. Усиление может быть также выражено в децибелах от усиления на частоте 400 гц, причем последнее принимается за нулевой уровень и ослабление усиления выражается в отрицательных децибелах. Частота по оси абсцисс обычно откладывается в логарифмическом масштабе.

Если в испытываемом усилителе имеются регуляторы тембра, то частотную характеристику дополнительно снимают при их различных крайних положениях. Заметим, что если требуется найти лишь пределы регулирования тембра, то достаточно определить усиление по отношению к усилению на частоте 400 гц только на частотах 100, 1000 и 5000 гц.



При отсутствии звукового генератора в качестве источника звукового напряжения можно использовать граммофонные пластинки или магнитофонную ленту с записью чистых тонов. Напряжение от проигрывателя или магнитофона следует подавать на вход испытываемого усилителя через потенциометр, чтобы можно было регулировать входное напряжение. На входе испытываемого усилителя должен быть включен ламповый вольтметр для измерения входного напряжения.

Оценка качественных показателей усилителя будет неполной без учета уровня фона и собственных шумов на его выходе. Следует учесть, что даже при отсутствии входного сигнала, на выходе любого налаженного усилителя имеется некоторое напряжение помех. Возникновение внутренних помех в УНЧ объясняется наличием собственных шумов у ламп, транзисторов и резисторов, входящих в его схему, плохой фильтрацией питающих напряжений и пр. К этим внутренним помехам присоединяются иногда внешние помехи, связанные с плохой экранировкой входных цепей усилителя. Уровень помех на выходе УНЧ принято выражать в децибелах относительно номинального напряжения (или номинальной мощности)

$$N = 20 \lg \frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{помех}}}.$$

По ГОСТу уровень шумов и фона для усилителей первого класса должен быть не выше 55 дБ; второго класса — 50 дБ и третьего класса — 40 дБ.

Так как напряжение помех на выходе УНЧ обычно очень невелико, то для его измерения следует использовать только вольтметры, обладающие достаточно высокой чувствительностью (например, типа ВЗ-2А) или градуированные осциллографы.

Вольтметр подключают параллельно нагрузочному сопротивлению (или его эквиваленту).

При испытаниях и налаживании усилителей можно руководствоваться приведенными выше нормами уровня фона и шумов. Не следует допускать, чтобы максимальное отклонение от указанных норм было больше 15—20 %.

Во время налаживания УНЧ часто нужно измерять раздельно напряжения помех в области низких и высо-

ких частот. При этом значительно легче бывает установить причину появления повышенного уровня помех на выходе усилителя, а затем найти и устранить источник их возникновения. На рис. 10,а приведена схема включения приборов для измерения уровня помех в низкочастотном диапазоне, а на рис. 10,б — в высокочастотном. Емкость конденсатора  $C_1$ , подключаемого в измерительную цепь (параллельно или последовательно

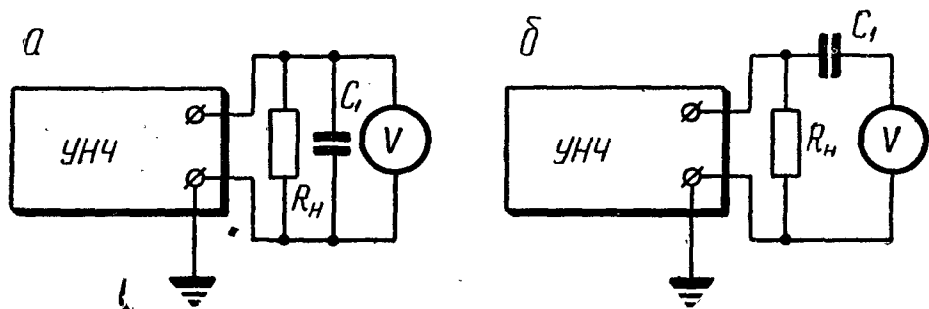


Рис. 10. Измерение уровня помех:

а — в низкочастотном диапазоне; б — в высокочастотном диапазоне

с вольтметром переменного тока), находится в зависимости от входного сопротивления используемого вольтметра. Так, например, для вольтметра типа ВЗ-2А, входное сопротивление которого на частоте 1000 гц на пределах измерения 10 мв — 1 в равно 1 Мом, емкость добавочного конденсатора  $C_1$  должна быть следующей:

$$C \approx \frac{10^6}{6280 R_{\text{приб}}} = \frac{10^6}{6280 \cdot 10^6} \approx 0,015 \text{ мкф.}$$

При оценке работы усилителя приходится сталкиваться также с необходимостью определения его коэффициента усиления по напряжению ( $K_V$ ). Последний характеризуется отношением напряжения на выходе усилителя, к величине напряжения, поступающего на его вход:

$$K_V = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}.$$

В некоторых случаях определяют коэффициент усиления по мощности  $K_P$  или по току  $K_I$ , которые также являются отношением мощности, отдаваемой усилите-

лем в нагрузку или тока, текущего через нее, к мощности или току, действующему во входной цепи УНЧ:

$$K_p = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} \text{ и } K_i = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}}.$$

Так как у некоторых каскадов УНЧ коэффициент усиления может быть меньше единицы (например, у катодных повторителей), то при оценке усилительных свойств часто используют термин «коэффициент передачи», показывающий соотношение напряжений, действующих на выходе и входе УНЧ.

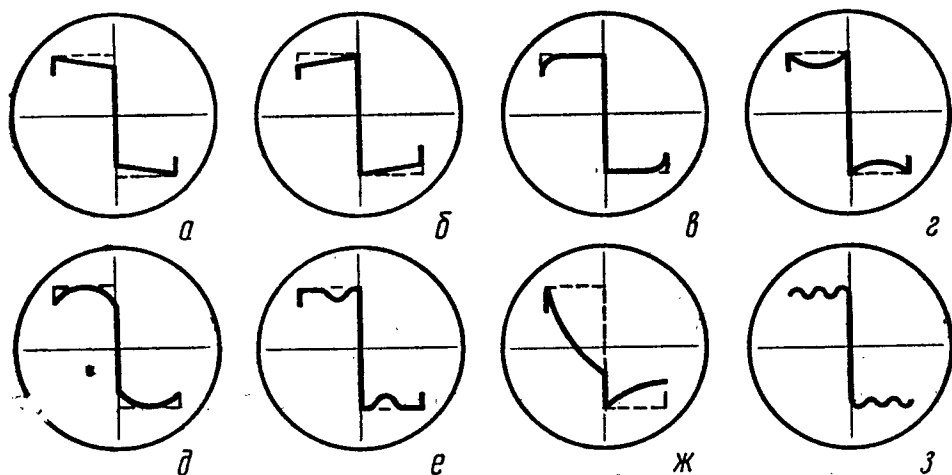
Перед измерением напряжения на выходе УНЧ следует проверить, имеет ли данный вольтметр разделительный конденсатор (для защиты прибора от действия постоянной составляющей), а также соответствует ли рабочее напряжение этого конденсатора величине постоянного напряжения, подводимого к выходному каскаду УНЧ. Разделительный конденсатор должен быть емкостью 0,1—0,5 мкф на рабочее напряжение 250—500 в.

Частотные искажения делают коэффициент передачи УНЧ неравномерным в пределах его частотного диапазона. Поэтому, определение коэффициента передачи усилителя (или его отдельных каскадов) принято производить на одной определенной частоте (400 или 1000 гц). Измерение входного и выходного напряжения УНЧ можно производить одновременно с помощью двух отдельных приборов или поочередно (на входе и выходе). Во избежание паразитных связей и наводок измерительный прибор располагают на достаточном удалении от входной цепи УНЧ. При подключении вольтметров к цепям УНЧ лучше всего использовать экранированные провода с надежно заземленными оболочками.

Результаты описанных испытаний УНЧ дают полное представление о его работе. Однако, если необходимо составить только общее представление о работе усилителя, без точных количественных оценок, то можно воспользоваться методом испытания усилителя импульсами прямоугольной формы. Этот метод удобен тем, что дает возможность быстро определить, равномерно ли усиление в заданном диапазоне частот и сколь велики фазовые искажения, вносимые усилителем. Применять ука-

занный метод особенно удобно при налаживании усилителя.

Схема испытания усилителя по такому методу остается прежней (см. рис. 6); из нее лишь исключаются измеритель выхода и измеритель нелинейных искажений. Напряжение прямоугольных импульсов на входе усилителя должно быть 0,1—0,2 напряжения, необходимого



**Рис. 11.** Форма прямоугольных импульсов на выходе усилителя низкой частоты при различных искажениях:

*а, б* — усилитель вносит фазовые искажения; *в* — снижение усиления на высших частотах; *г* — подъем усиления на высших частотах; *д* — подъем усиления на низших частотах; *е* — снижение усиления в узкой полосе частот; *ж* — малая постоянная времени переходной цепи между каскадами; *з* — в усилителе имеются резонирующие цепи.

для получения номинальной выходной мощности. Осциллограф при помощи электронного переключателя попеременно подключается ко входу и выходу усилителя. На экране осциллографа одновременно видны изображения искаженного (с выхода усилителя) и неискаженного (со входа усилителя) прямоугольных импульсов. Это позволяет сравнивать их и тем самым облегчает выявление искажений. Форма импульсов на выходе усилителя в зависимости от вносимых искажений показана на рис. 11. Подробно об анализе работы усилителя по форме прямоугольных импульсов на его выходе будет рассказано ниже. Для проверки частотной характеристики усилителя в пределах от 50 гц до 8—10 кгц достаточно произвести испытание прямоугольными импульсами с частотами 50 и 800 гц.

**Характеристики и испытание усилителя видеочастоты.** Видеоусилители — это устройства, предназначенные для усиления сигналов широкой полосы частот: от десятков герц до 5—10 Мгц и выше. Необходимость в такой широкой полосе пропускания возникает при усилении сигналов несинусоидальной формы, например, импульсов или видеосигналов в телевидении. Поэтому испытания подобных усилителей в первую очередь должны показать, с какими искажениями воспроизводит видеоусилитель сигналы, характеризующиеся резкими перепадами.

Работу видеоусилителя можно оценить при помощи частотной, фазовой и переходной характеристик.

Частотной характеристикой называется зависимость величины усиления устройства (коэффициента усиления) от частоты усиливаемых синусоидальных колебаний.

Фазовая характеристика выражает зависимость величины фазового сдвига выходного напряжения по отношению к входному от частоты усиливаемых колебаний. Для того чтобы фазовые искажения отсутствовали, нужно, чтобы фазовый сдвиг на различных частотах был равен нулю или был пропорционален частоте этих колебаний. Это условие особенно важно для видеоусилителей, так как они предназначены для усиления несинусоидальных по форме колебаний, которые можно представить в виде совокупности большого числа синусоидальных колебаний, различных по частоте, амплитуде и углу сдвига фазы. Если (в идеальном случае) амплитуды этих составляющих усиливаются одинаково на всех частотах, но угол сдвига фазы изменяется в усилителе непропорционально частоте, то форма выходного сигнала будет отличаться от формы сигнала на входе усилителя.

Снятие частотной характеристики видеоусилителя на практике не представляет особых трудностей. Получение же фазовой характеристики, наоборот, связано с большими трудностями. Косвенно о линейности фазовой характеристики можно судить по постоянству коэффициента усиления на разных частотах, что определяется по частотной характеристике.

Наиболее же полное представление о работе видеоусилителя может дать его переходная характеристика,

которая показывает длительность переходных процессов в видеоусилителе. Суть этой характеристики состоит в следующем. Предположим, что на входе видеоусилителя нет никакого напряжения. Затем в какой-то момент времени  $t_1$  мгновенно подадим на его вход постоянное напряжение, величина которого в дальнейшем остается неизменной (рис. 12). Такая форма напряжения называется перепадом на-

пряжения. Совершенно очевидно, что усилитель не сможет в точности воспроизвести на выходе такую форму входного сигнала. Во-первых, имеющиеся в его схеме емкости препятствуют мгновенному изменению напряжений в содержащих их цепях и поэтому на-

пряжение на выходе усилителя возрастает не мгновенно, а только через некоторый промежуток времени, называемый временем установления. Во-вторых, опять-таки из-за наличия в цепях усилителя емкостей, напряжение на его выходе не будет оставаться постоянным после подачи на вход перепада напряжения, а начнет спадать.

В результате всего этого напряжение на выходе видеоусилителя примет вид, показанный на рис. 12 пунктиром. Кривая, показывающая изменение напряжения на выходе усилителя, получающаяся при подаче на его вход перепада напряжения, и называется переходной характеристикой. По степени приближения ее к форме входного перепада можно судить о способности видеоусилителя усиливать очень быстрые и очень медленные изменения напряжений, т. е. судить о вносимых усилителем искажениях на высоких и низких частотах.

На практике для получения переходной характеристики на вход видеоусилителя подают прямоугольный импульс, который представляет собой сумму двух перепадов: положительного (при котором напряжение на входе повышается на какую-то величину) и отрицатель-

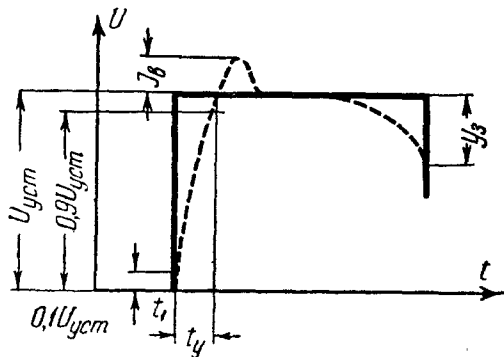


Рис. 12. Переходная характеристика усилительного устройства

ного (при котором напряжение на входе уменьшается на ту же величину).

Переходная характеристика оценивается временем установления  $t_y$  (временем спада  $t_{сп}$ ), а также величиной выброса  $Y_v$  и завала  $Y_z$ . Временем установления называют промежуток времени, в течение которого напряжение на выходе видеоусилителя нарастает от 0,1 до 0,9 установившегося значения. Между временем установления и верхней граничной частотой, пропускаемой усилителем, существует следующая зависимость:

$$t_y = \frac{0,35}{F_{г. в}}.$$

Как же практически снимаются характеристики работы видеоусилителя?

Выбор того или иного способа испытания видеоусилителя (снятие частотной или переходной характеристики

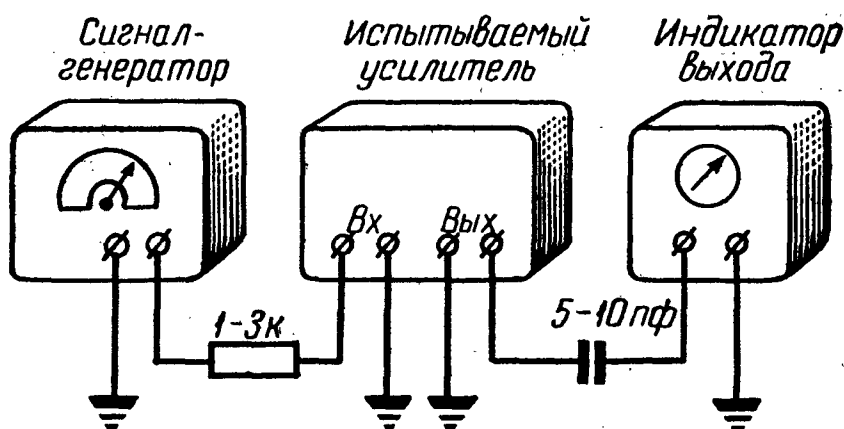


Рис. 13. Схема получения частотной характеристики видеоусилителя

ки) определяется требованиями, предъявляемыми к испытанию, а также наличием необходимых приборов.

Схема получения частотной характеристики приведена на рис. 13. В качестве генератора образцовой частоты применяют генератор стандартных сигналов соответствующего диапазона частот. Если генератора, охватывающего частоты от десятков герц до десятков мегагерц, нет в лаборатории, то можно применить два

генератора: низкочастотный и высокочастотный. Выход генератора должен быть согласован со входом испытываемого усилителя.

Измерителем (индикатором) выхода служит ламповый вольтметр соответствующего диапазона частот. Измерять выходное напряжение нужно на нагрузке, на которую видеоусилитель работает в нормальных условиях, т. е. ламповый вольтметр надо включать параллельно эквиваленту нагрузки, подключенному к выходу видеоусилителя. Если видеоусилитель работает на кабель, то вольтметр следует подключать к выходу кабеля. Если же кабель при испытании отключается, то он должен быть заменен эквивалентом: параллельно соединенными конденсатором с емкостью, равной емкости кабеля, и резистором с сопротивлением, равным сопротивлению нагрузки, на которую работает кабель.

Снятие частотной характеристики состоит в следующем. Сигнал-генератор настраивают на некоторую среднюю частоту, обычно 100 кГц, и его выходное напряжение устанавливают таким, чтобы напряжение на выходе испытываемого видеоусилителя составляло несколько вольт (в зависимости от назначения усилителя). Замечают показание вольтметра на выходе видеоусилителя и изменяют частоту сигнал-генератора сначала до 400, потом до 1000 кГц, а затем через каждые 500 кГц. При этом уровень выходного напряжения сигнал-генератора поддерживают неизменным и отмечают показания вольтметра на выходе видеоусилителя на каждой из этих частот. Частоту сигнал-генератора изменяют до тех пор, пока напряжение на выходе видеоусилителя не сделается равным 0,5 напряжения на средней полосе пропускания усилителя:

$$F_{\text{ср}} = \frac{\Delta f}{2},$$

где  $\Delta f$  — ширина полосы пропускания.

Ориентировочно эту среднюю частоту принимают равной 1—2 МГц.

По результатам измерений строят частотную характеристику видеоусилителя. Частотный масштаб обычно берут логарифмическим, а по вертикальной оси откладывают выходное напряжение видеоусилителя или значение коэффициента усиления (см. ниже). Частотную



характеристику в области частот ниже 100 кгц снимают таким же способом.

Из полученной частотной характеристики определяют полосу пропускания видеоусилителя по напряжению на уровне 0,71 от усиления на средней частоте, т. е. определяют верхнюю и нижнюю граничные частоты, коэффициент усиления  $k = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$  и коэффициент неравномерности  $M = k_{\text{ср}} / k$ , где  $k_{\text{ср}}$  — коэффициент усиления на средней частоте.

Далее снимают амплитудную характеристику видеоусилителя на средней частоте  $F_{\text{ср}}$ . Схема измерения прежняя (см. рис. 13). Сигнал-генератор настраивают на частоту  $F_{\text{ср}}$ , а его выходное напряжение устанавливают минимальным. Замечают напряжение на выходе видеоусилителя и начинают постепенно увеличивать выходное напряжение сигнал-генератора (напряжение на входе видеоусилителя), фиксируя для каждого из значений входного напряжения соответствующее значение выходного напряжения видеоусилителя. Измерения продолжают до тех пор, пока увеличение напряжения на входе видеоусилителя не перестанет вызывать увеличение его выходного напряжения. По полученным результатам строят амплитудную характеристику.

Получить частотную характеристику видеоусилителя можно и осциллографическим методом, о котором будет рассказано ниже.

Для испытания видеоусилителя прямоугольными импульсами, т. е. для получения его переходной характеристики, необходим специальный генератор прямоугольных импульсов или обычный сигнал-генератор, но имеющий выход видеоимпульсов (меандр). При подключении генератора прямоугольных импульсов ко входу видеоусилителя необходимо тщательно согласовать их сопротивления. В противном случае возникнут отражения и связанные с ними искажения результатов измерений.

На выход видеоусилителя подключают электронно-лучевой осциллограф, желательно со ждущей разверткой.

Усилитель осциллографа должен иметь полосу пропускания, сравнимую с шириной спектра частот, пропускаемых испытываемым видеоусилителем.

Очень удобно испытывать видеоусилитель методом

прямоугольных импульсов при помощи специального измерителя переходных характеристик, представляющего собой сочетание генератора импульсов и высокочастотного осциллографа, на экране которого и наблюдается переходная характеристика.

Теоретически для получения переходной характеристики пригодны прямоугольные импульсы любой частоты, но практически в области нижних частот удобнее использовать импульсы с частотой повторения 50 гц, а в высокочастотной области — с частотой 100—200 кгц. Объясняется это тем, что для низкочастотных испытаний важно получить данные об искажении вершины прямоугольного импульса, а для высокочастотных — данные об искажении фронтов импульса. Получить же импульсы с линейной вершиной легче от генератора с низкой частотой повторения импульсов.

Чтобы выявить искажения формы прямоугольного импульса, вносимые испытываемым видеоусилителем, надо убедиться, что этих искажений нет в импульсе, поданном на его вход. Для этого осциллограф (с соблюдением всех правил согласования) подключают вначале к выходу генератора импульсов. Появившийся на экране импульс срисовывают на кальку (или фотографируют) и изображение сравнивают с изображением импульса с выхода видеоусилителя. При этом отчетливо видны искажения, вносимые именно видеоусилителем.

Иногда в процессе испытания нужно определить время прохождения импульса через видеоусилитель. Обычно такое измерение производят при помощи осциллографа. Для этого на вход видеоусилителя (рис. 14) подают прямоугольные импульсы с крутыми фронтами. Осциллограф подключают попеременно ко входу и к выходу испытываемого видеоусилителя, причем если входное сопротивление видеоусилителя близко к входному сопротивлению осциллографа, то последний при наблюдении формы импульсов генератора включают вместо видеоусилителя, а если входное сопротивление осциллографа велико по сравнению с входным сопротивлением видеоусилителя, то осциллограф подключают параллельно входу видеоусилителя.

Развертка осциллографа должна быть ждущей и синхронизирована с частотой повторения импульсов.

Длительность ее выбирается примерно равной длительности импульса. Кроме того, тем или иным способом должны быть осуществлены либо задержка исследуемого импульса в цепях осциллографа, либо предварительный запуск развертки, чтобы можно было наблюдать на экране фронт исследуемого импульса.

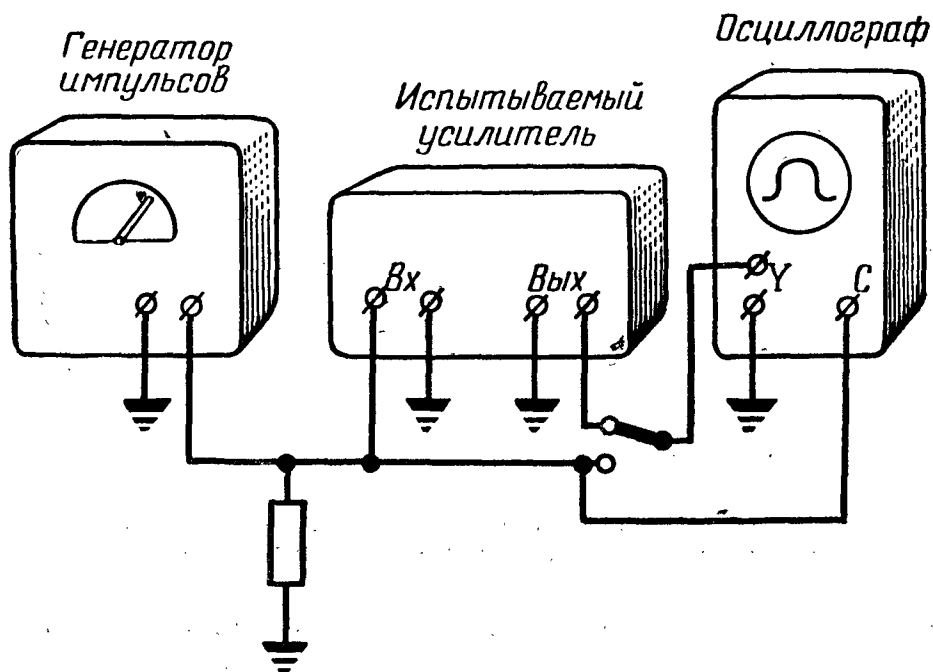


Рис. 14. Схема определения времени прохождения импульса через видеоусилитель

Осциллограф обязательно должен быть снабжен временным калибратором длительности развертки, желательно с временным интервалом меток не более 0,1 мксек.

Когда схема готова, приступают к измерению. Для этого подключают осциллограф ко входу видеоусилителя и регулировкой задержки исследуемого импульса в осциллографе или величины опережения запуска развертки устанавливают изображение исследуемого импульса на экране осциллографа так, чтобы его фронт отстоял на несколько временных отметок от начала линии развертки. Регулировкой синхронизации надо добиться устойчивого изображения.

Далее осциллограф переключают на выход видео-

усилителя. Изображение импульса на его экране несколько сдвинется во времени (рис. 15). Этот временной сдвиг легко определить, подсчитав разность в количестве временных отметок от начала развертки до фронта импульса при включении осциллографа на вход и выход испытываемого видеоусилителя. Так, если окажется, что эта разность составляет, например, две от-

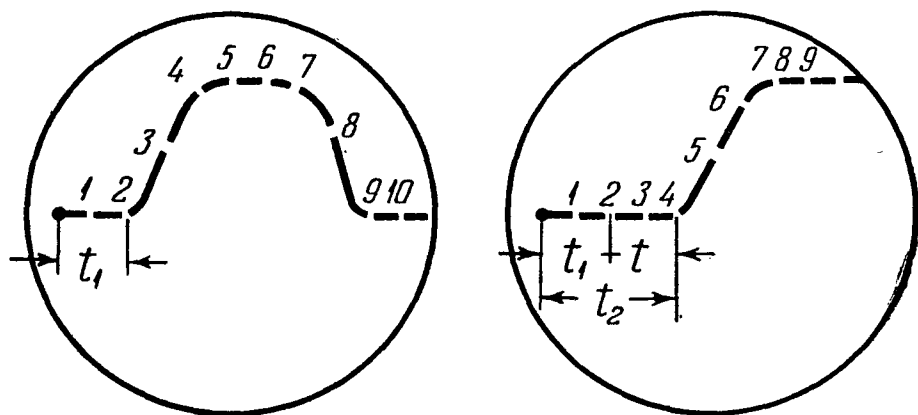


Рис. 15. Определение времени прохождения импульса через видеоусилитель с помощью осциллографа

метки, то при интервале между отметками 0,1 мксек время задержки импульса при прохождении через испытываемый видеоусилитель составит  $0,1 \times 2 = 0,2$  мксек.

Если имеется двухлучевой осциллограф или электронный коммутатор, то измерение упрощается, так как на экране одновременно возникают два изображения исследуемого импульса, сдвинутые во времени.

**Характеристики и испытание усилителей высокой и промежуточной частоты.** К высокочастотным относятся усилители радиочастоты и промежуточной частоты. Принципы и методы испытаний этих усилителей примерно одинаковы, причем наиболее типичным является испытание УПЧ.

Усилитель промежуточной частоты предназначен для усиления колебаний, получающихся на выходе преобразователя. Промежуточные частоты, а также полосы пропускания УПЧ приемников разных назначений резко отличаются друг от друга. Радиовещательные приемники имеют промежуточную частоту 465 кГц (реже 110—115 кГц) и полосу пропускания УПЧ 6—12 кГц в зави-

симости от класса радиоприемника и условий радиоприема. Связные любительские приемники могут иметь другие значения промежуточной частоты и очень узкие полосы пропускания усилителей промежуточной частоты — до 1 кГц и уже. Особое место занимают усилители промежуточной частоты телевизионных устройств. Чтобы

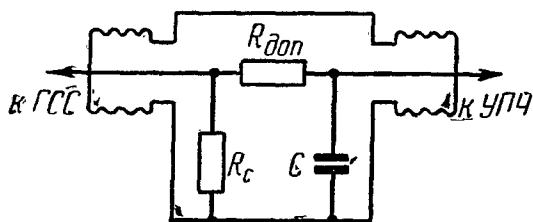


Рис. 16. Схема согласующего устройства, применяемого при испытании усилителя промежуточной частоты

усилители этих устройств пропускали импульсы без заметных искажений, полосы их пропускания должны быть порядка нескольких мегагерц, а то и десятка мегагерц. Поэтому промежуточные частоты таких устройств выбираются в пределах 10—40 МГц.

Для испытания усилителя промежуточной частоты к его входу подключают высокочастотный сигнал-генератор с калиброванным по частоте и напряжению выходом. Чтобы обеспечить достаточную точность измерений, особенно при испытании усилителей промежуточной частоты импульсных устройств, необходимо согласовать выход сигнал-генератора со входом испытываемого усилителя. Для этого их соединяют через согласующее устройство (рис. 16).

При испытании усилителей, промежуточные частоты которых лежат в диапазоне десятков мегагерц, желательно, чтобы конструктивно согласующее устройство представляло собой кабельный разъем, подключаемый непосредственно ко входу усилителя. На более низких частотах достаточно заключить согласующее устройство в экран и заземлить его. Безындукционное согласующее сопротивление  $R_c$  должно быть равно выходному сопротивлению сигнал-генератора: оно согласует выход сигнал-генератора со входом устройства. Сопротивление  $R_{доп}$  является эквивалентом выходного сопротивления смесителя, отключенного от усилителя промежуточной частоты на время испытаний, а подстроечный конденсатор  $C$  небольшой емкости (до 25—30 пф) служит эквивалентом выходной емкости смесителя и кабеля, соединяющего смеситель с УПЧ.

Еще до начала испытаний надо определить коэффициент передачи напряжения с выхода сигнал-генератора на вход усилителя промежуточной частоты, так как неизбежно некоторое затухание в цепи, соединяющей сигнал-генератор с испытываемым усилителем. Определение производится при помощи высокочастотного лампового вольтметра, для чего ламповый вольтметр через диодную головку подключают к выходу сигнал-генератора и измеряют его выходное напряжение на частоте, равной промежуточной. После этого сигнал-генератор и согласующее устройство соединяют с испытываемым усилителем, а ламповый вольтметр подключают параллельно входу усилителя, причем подключать вольтметр надо непосредственно выводами диодной головки без соединительных проводов. Одновременно нужно несколько (на 5—10 *пф*) уменьшить емкость конденсатора *C* согласующего устройства, так как емкость диодной головки лампового вольтметра увеличивает емкость этого устройства. Кроме того, чтобы предупредить возникновение паразитной обратной связи в испытываемом усилителе и связанного с этим самовозбуждения, надо снять анодное напряжение со второго и третьего каскадов усилителя или вынуть лампы этих каскадов.

Теперь измеряют напряжение на входе усилителя промежуточной частоты. Оно будет меньше напряжения, измеренного на выходе сигнал-генератора. Коэффициент передачи напряжения определится по формуле

$$k_{п.н.} = \frac{U_{\text{вых. с.-г.}}}{U_{\text{вх. утч}}},$$

где  $U_{\text{вых.с.-г.}}$  — напряжение на выходе сигнал-генератора;

$U_{\text{вх. утч}}$  — напряжение на входе испытываемого усилителя промежуточной частоты.

Может случиться, что из-за большого затухания в согласующем устройстве и незначительного максимального выходного напряжения сигнал-генератора (например, при использовании сигнал-генератора типа СГ-1) напряжение на входе усилителя промежуточной частоты будет недостаточно для заметного отклонения стрелки лампового вольтметра. В этом случае следует воспользоваться специальным вспомогательным измери-

тельным усилителем, включив его между диодной головкой и ламповым вольтметром.

При испытании усилителей, работающих на высокой промежуточной частоте и с большим усилением, надо особенно тщательно согласовывать измерительные приборы со схемой усилителя, а все подключения производить непосредственно к схеме усилителя без соединительных проводов. Измерительные приборы, включаемые на вход и выход испытываемого усилителя, надо максимально удалить друг от друга и, если нужно, экранировать. Только при самых тщательных мерах предосторожности можно получить результаты измерений, близкие к действительности.

*Влияние обратной связи.* Столь жесткие требования к экранированию при испытании УПЧ объясняются чрезвычайной чувствительностью к паразитной обратной связи. Особенно опасна прямая емкостная связь между выходом и входом усилителя. Именно она чаще всего возникает при подключении измерительных приборов в схеме испытываемого УПЧ. В этом случае часть выходного напряжения за счет емкостной, а также индуктивной связи между подводящими проводами измерительных приборов и схемами этих приборов передается на вход испытываемого усилителя и вновь им усиливается; в результате усилитель самовозбуждается.

Но даже при отсутствии самовозбуждения наличие хотя бы незначительной паразитной обратной связи приводит к тому, что полученные характеристики усилителя не соответствуют действительным.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. Известно, что обратная связь может быть положительной и отрицательной. Первая увеличивает усиление схемы, а вторая наоборот — уменьшает. Величина обратной связи и ее знак зависят от частоты. Поэтому в широкополосном УПЧ часто возможно такое положение, при котором при испытании на более низких частотах его полосы пропускания паразитная обратная связь отрицательная, а на более высоких — положительная. В первом случае она уменьшает усиление, а во втором — увеличивает. В результате частотная характеристика усилителя, снятая при наличии такой паразитной обратной связи, имеет завалы на нижних и подъем на высших частотах,

не существующих в действительности, при нормальной работе усилителя в схеме радиоаппарата.

Как же определить, имеется ли в составленной измерительной схеме паразитная обратная связь?

Если обратная связь значительная, но усилитель не самовозбуждается, то ее можно обнаружить при изменении положения измерительных приборов и соединительных кабелей по показаниям индикатора на выходе УПЧ. При этом ко входу усилителя должен быть подключен работающий сигнал-генератор. Однако, если обнаружить паразитную обратную связь таким способом не удастся, то это еще не означает, что ее нет в действительности.

Более точную проверку на отсутствие паразитной обратной связи производят путем снятия частотной характеристики испытываемого усилителя при среднем и максимальном его усилении, причем при обоих измерениях выходное напряжение сигнал-генератора необходимо отрегулировать так, чтобы выходное напряжение испытываемого усилителя было одинаковым и равным значению при среднем усилении. Если в измерительной схеме имеется паразитная обратная связь, то полученные характеристики будут резко отличаться друг от друга. Однако надо заметить, что некоторое различие этих характеристик будет даже в случае полного отсутствия паразитной обратной связи в измерительной схеме. Объясняется это тем, что при изменении усиления усилителя промежуточной частоты изменяются его внутренние параметры: внутреннее сопротивление ламп, паразитные емкости в схеме усилителя и т. п., — что приводит к изменению значений обратных связей в усилителе, не зависящих от подключения измерительных приборов.

Следует отметить, что подобным образом измерительную схему можно проверять только в том случае, если есть уверенность, что в самом испытываемом усилителе нет значительной паразитной связи (например, усилитель нормально работал в радиоаппарате и извлечен для проверки). Если же такой уверенности нет, то надо проверить усилитель на отсутствие паразитной обратной связи в рабочих условиях, т. е. при работе в схеме радиоаппарата. Для этого сигнал-генератор подключают ко входу радиоаппарата, в котором работает испытываемый усилитель, а индикатор выхода — к выходу



этого аппарата. Высокочастотные контуры, включенные в схему радиоаппарата перед испытываемым усилителем, нужно шунтировать низкоомными резисторами.

После этого снимают частотную характеристику испытываемого усилителя при его среднем и максимальном усилении, поддерживая в обоих случаях напряжение на его выходе одинаковым. По форме полученных характеристик судят о наличии в усилителе паразитных обратных связей.

Когда получена твердая уверенность, что составленная измерительная схема не обладает значительными паразитными обратными связями, можно приступать к испытанию усилителя.

*Испытание усилителя* промежуточной частоты начинается с определения его амплитудной характеристики, представляющей собой зависимость напряжения на выходе усилителя от напряжения на его входе. Начинать испытание со снятия именно этой характеристики надо потому, что последующие измерения должны производиться на таких входных напряжениях, при которых усилитель не вносит амплитудных искажений, т. е. в пределах линейного участка амплитудной характеристики (обычно в средней его части). Если же такого линейного участка не существует, то все остальные измерения при испытании усилителя должны производиться с учетом поправок на нелинейность амплитудной характеристики.

Амплитудная характеристика снимается на средней (резонансной) частоте полосы пропускания усилителя. Схема измерения показана на рис. 17. Ламповый вольтметр подключается к выходу испытываемого усилителя через эквивалент отключенного на время испытания детектора или параллельно нагрузке детектора.

Если в испытываемом усилителе имеется автоматическая регулировка усиления (АРУ), то она выключается.

Порядок измерений следующий. Регулировкой усиления (если она имеется в усилителе) устанавливают практически незаметный уровень шумов, во всяком случае не более 0,1 в (по ламповому вольтметру, включенному на выходе усилителя).

После этого подключают высокочастотный сигнал-генератор и настраивают его на резонансную частоту

усилителя промежуточной частоты по максимальному отклонению стрелки лампового вольтметра на выходе испытываемого усилителя. Сигнал-генератор должен работать в режиме незатухающих колебаний. Затем выходное напряжение сигнал-генератора уменьшают до величины, при которой отклонение стрелки вольтметра на выходе испытываемого усилителя едва превышает от-

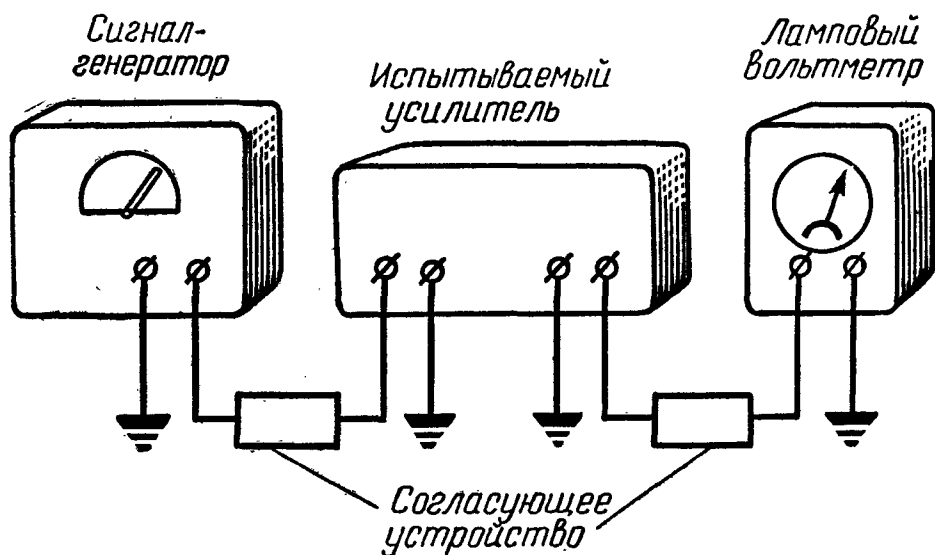


Рис. 17. Схема получения амплитудной характеристики усилителя промежуточной частоты

клонение, вызванное шумами усилителя, и измеряют выходное напряжение сигнал-генератора и выходное напряжение испытываемого усилителя.

Затем начинают последовательно увеличивать выходное напряжение сигнал-генератора (или, что то же самое, напряжение на входе испытываемого усилителя), измеряя одновременно напряжение на выходе сигнал-генератора и на выходе испытываемого усилителя. Это продолжают до тех пор, пока напряжение на выходе испытываемого усилителя не перестанет увеличиваться и не достигнет амплитудного ограничения.

Теперь по полученным данным строят амплитудную характеристику усилителя. По горизонтальной оси откладывают напряжение на входе усилителя в микровольтах, которое определяется по напряжению на выхо-

де сигнал-генератора с учетом коэффициента затухания согласующего устройства. По вертикальной оси откладывают напряжение на выходе усилителя промежуточной частоты в вольтах.

Определяют прямолинейный участок, т. е. диапазон входных напряжений, в котором напряжение на выходе усилителя следует за входным с постоянным коэффициентом усиления:

$$k = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}.$$

Достаточно точные результаты при описанном измерении можно получить лишь в том случае, если напряжение на выходе усилителя промежуточной частоты будет синусоидальным. По существу под амплитудной характеристикой понимают зависимость амплитуды первой гармоники на выходе усилителя от синусоидального напряжения на его входе. Практически же в процессе снятия амплитудной характеристики измеряют действующие значения напряжений на входе и выходе усилителя; именно в этих значениях калибруются ламповые вольтметры. Если же форма напряжения на выходе усилителя значительно отличается от синусоидальной, то показания лампового вольтметра будут искажены. Поэтому желательно контролировать форму напряжения на выходе испытываемого усилителя, например, с помощью осциллографа.

Форма амплитудной характеристики усилителя промежуточной частоты будет зависеть от коэффициента усиления. Если в процессе работы радиоаппарата усиление по промежуточной частоте может регулироваться, то описанное снятие амплитудной характеристики надо произвести трижды: при минимальном, среднем и максимальном усилении.

По этой же схеме измерения (см. рис. 17) можно найти пределы регулирования усиления без снятия амплитудной характеристики. Для этого после настройки сигнал-генератора на резонансную частоту усиление испытываемого усилителя устанавливают максимальным, а выходное напряжение сигнал-генератора уменьшают до такой величины, при которой отсутствует перегрузка видеоусилителя испытываемого радиоаппарата. Напряжение на выходе усилителя промежуточной час-

тоты должно составлять около 1 в (практически перегрузку видеоусилителя можно определить, например, при помощи осциллографа, включив его на выход видеоусилителя; при перегрузке видеоусилителя пики шумов, хорошо видимые на экране осциллографа, будут срезаны).

Измеряют получившееся напряжение на выходе сигнал-генератора, далее начинают увеличивать выходное напряжение сигнал-генератора, одновременно уменьшая усиление испытываемого усилителя так, чтобы его выходное напряжение оставалось неизменным. Это продолжают до тех пор, пока усиление не сделается минимальным и дальнейшее увеличение выходного напряжения сигнал-генератора станет невозможным без увеличения выходного напряжения усилителя. В этом положении измеряют выходное напряжение сигнал-генератора. Пределы регулирования усиления испытываемого усилителя в децибелах определяют, как отношение максимального напряжения на выходе сигнал-генератора к минимальному.

Часто при налаживании усилителя промежуточной частоты желательно определить коэффициенты усиления отдельных каскадов. Чтобы при измерении не произошла расстройка каскада, а также чтобы не сказывалось влияние других каскадов на испытываемый каскад, измерительные приборы подключают *с соблюдением определенных мер предосторожности*. Так, чтобы исключить влияние предшествующих каскадов, колебательный контур отключают от управляющей сетки лампы испытываемого каскада, а сигнал-генератор подключают к этой сетке через конденсатор небольшой емкости порядка нескольких пикофард. Кроме того, управляющую сетку этой лампы соединяют с минусовой точкой каскада резистором с сопротивлением 100 ком. Можно включить сигнал-генератор и другим способом, например, зашунтировав контур, соединенный с управляющей сеткой лампы этого каскада, сопротивлением, равным выходному сопротивлению сигнал-генератора (обычно 50—75 ом). Столь сильное шунтирование контура практически исключит всякое его влияние на работу испытываемого каскада. Сигнал-генератор в этом случае подключают параллельно сопротивлению.

Примем для примера последний способ подключения сигнал-генератора.

Ламповый вольтметр включают вместо каскада, следующего за испытываемым, для чего вынимают лампу этого каскада (чтобы устранить влияние последующих каскадов за счет возникновения паразитной емкостной обратной связи), а вместо нее подключают ламповый вольтметр с эквивалентом входного сопротивления отключенной лампы. Рассчитать подобный эквивалент можно следующим образом. Предположим, что отключаемый каскад работает на лампе 6К1П, а вместо нее подключается ламповый вольтметр ВКС-7Б. Промежуточная частота равна 40 Мгц. Чтобы каскад работал нормально, т. е. был нормально загружен, полное входное сопротивление лампового вольтметра с эквивалентом должно равняться полному входному сопротивлению отключенной лампы.

Входная емкость лампы 6К1П составляет 4 пф, а входная емкость лампового вольтметра ВКС-7Б равна 7 пф. Кроме того, надо учесть, что конструкция эквивалента—переходного устройства—будет обладать распределенной емкостью 2—4 пф. Следовательно, общая емкость вольтметра и переходного устройства составит 9—11 пф, т. е. будет больше входной емкости отключенной лампы. Исходя из приведенной формулы, в эквивалент последовательно с входной емкостью лампового вольтметра надо включить емкость  $C_{доб}$ , равную

$$C_{доб} = \frac{C_{вх. из} C_{вх. от. бл}}{C_{вх. из} - C_{вх. от. бл}} = \frac{10 \cdot 4}{10 - 4} \approx 7 \text{ пф},$$

где  $C_{вх. из}$  — общая входная мощность измерительного прибора;

$C_{вх. от. бл}$  — входная мощность отключенного блока.

Активное входное сопротивление лампы 6К1П на рабочей частоте каскада равно 70 ком. Активное входное сопротивление лампового вольтметра на рабочей частоте каскада составляет около 260 ком. Из приведенных значений следует, что входное активное сопротивление отключенного каскада меньше входного сопротивления лампового вольтметра. Поэтому в эквивалент парал-

тельно входу лампового вольтметра должно быть включено шунтирующее сопротивление  $R_{ш}$ , равное:

$$R_{ш} = \frac{R_{вх. из} R_{вх}}{R_{вх. из} - R_{вх}} = \frac{260 \cdot 70}{260 - 70} = 100 \text{ ком},$$

где  $R_{вх. из}$  — входное сопротивление измерительного прибора.

Таким образом, схема эквивалента — переходного устройства — для нашего случая принимает вид, показанный на рис. 18.

Когда схема измерения составлена, сигнал-генератор настраивают на резонансную частоту испытываемого каскада по максимальным показаниям вольтметра, включенного на выходе этого каскада. Затем обычным способом измеряют коэффициент усиления испытываемого каскада, т. е. измеряют напряжение на его входе и выходе.

При этом надо иметь в виду, что напряжение на входе испытываемого каскада будет вдвое меньше напряжения, считываемого со шкалы выходного делителя сигнал-генератора, так как выход последнего шунтирован резистором, равным его внутреннему сопротивлению.

Переходим к определению частотной характеристики усилителя промежуточной частоты. Возможны два способа выражения этой характеристики. При первом способе высокочастотное напряжение на входе усилителя в процессе измерения изменяется по частоте, но остается неизменным по уровню (по мощности). В этом случае частотная характеристика представляет собой зависимость выходного напряжения или коэффициента усиления от частоты на входе усилителя.

При втором способе выражения частотной характеристики уровень выходного напряжения усилителя (или его выходная мощность) в процессе измерения остается постоянным, что достигается соответствующей регулировкой выходного напряжения сигнал-генератора при перестройке его по частоте. Такая частотная характеристика представляет собой зависимость напряжения на

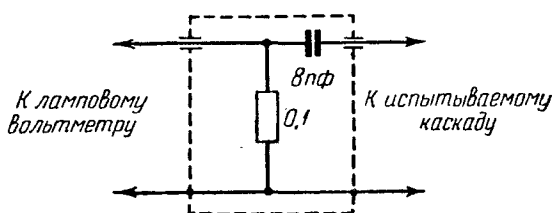


Рис. 18. Схема переходного устройства

входе усилителя (или коэффициента усиления) от частоты.

На практике чаще пользуются первым способом выражения характеристики. Объясняется это тем, что при таком способе нет необходимости в точной калибровке выходного напряжения сигнал-генератора. Это очень существенно, так как обычно сигнал-генераторы обладают значительной погрешностью установки уровня выходного напряжения. Однако, если имеется сигнал-генератор с точно калиброванным уровнем выходного напряжения, то предпочтительней второй способ выражения частотной характеристики. В этом случае на точность измерения не влияют амплитудные характеристики исследуемого усилителя и блоков радиоаппарата, включенные на выходе усилителя промежуточной частоты (например, видеоусилителя), а также амплитудные характеристики индикаторов выходного напряжения.

*Рассмотрим методы снятия частотной характеристики.* Схема измерения аналогична схеме снятия амплитудной характеристики (см. рис. 17). Подготовка схемы к измерениям остается прежней, т. е. настраивают сигнал-генератор на резонансную частоту испытываемого усилителя по максимальным показаниям вольтметра на выходе усилителя, затем (при отключенном сигнал-генераторе) регулировкой усиления устанавливают едва отмечаемый вольтметром уровень шумов испытываемого усилителя. Снова включают сигнал-генератор и выбирают его входное напряжение таким, чтобы усилитель работал в середине прямолинейного участка снятой ранее амплитудной характеристики.

Когда схема подготовлена, начинают изменять частоту сигнал-генератора, одновременно поддерживая его выходное напряжение неизменным. При этом для каждого значения частоты записывают показания лампового вольтметра на выходе испытываемого усилителя. Так продолжают до тех пор, пока показания лампового вольтметра не перестанут изменяться. Тогда вновь настраивают сигнал-генератор на резонансную частоту испытываемого усилителя, устанавливают прежний уровень его выходного напряжения и начинают изменять его частоту в противоположную сторону от резонансной.

По полученным данным строят частотную характе-

ристику выходного напряжения и частотную характеристику коэффициента усиления

$$k = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}},$$

где  $U_{\text{вых}}$  — напряжение на выходе испытываемого усилителя;

$U_{\text{вх}}$  — напряжение на входе испытываемого усилителя (определяется по шкале выходного делителя сигнал-генератора с учетом коэффициента передачи напряжения согласующим устройством).

В некоторых случаях необходимо получить частотную характеристику эквивалентной величины затухания

$$d_{\text{э}} = \frac{U_{\text{вых. рез}}}{U_{\text{вых}}},$$

где  $U_{\text{вых. рез}}$  — напряжение на выходе усилителя на резонансной частоте.

При построении частотных характеристик коэффициента усиления и эквивалентной величины затухания значения  $k$  и  $d_{\text{э}}$  удобнее откладывать в логарифмическом масштабе.

При проверочных испытаниях часто нет необходимости снимать частотную характеристику, а требуется лишь определить полосу пропускания испытываемого усилителя. Для этого после настройки сигнал-генератора на резонансную частоту замечают показания лампового вольтметра на выходе усилителя и изменяют частоту сигнал-генератора (поддерживая неизменным его выходное напряжение) до тех пор, пока показания лампового вольтметра на выходе усилителя не уменьшатся до 0,71 показания на резонансной частоте. Когда это будет достигнуто, определяют по шкале сигнал-генератора его частоту  $f_1$ . Затем настраивают сигнал-генератор на резонансную частоту испытываемого усилителя и продолжают то же самое, изменяя частоту сигнал-генератора в противоположную сторону от резонансной. Получают вторую частоту  $f_2$ . Полоса пропускания усилителя равна разности этих частот ( $\Delta f = f_2 - f_1$  или  $\Delta f = f_1 - f_2$ , если  $f_1$  больше  $f_2$ ).

Желательно при этом определить не только частоты  $f_1$  и  $f_2$ , но и соответствующие им значения напряжений на входе и выходе усилителя, чтобы можно было про-



верить коэффициенты усиления на этих частотах и их отношение к коэффициенту усиления на резонансной частоте.

При снятии частотной характеристики УПЧ ламповый вольтметр можно включать не только на выход усилителя, но и на выход детектора или на выход видеоусилителя. Такое включение позволяет одновременно получить представление о работе и этих блоков радиоаппарата. Но тогда надо предварительно снять амплитудную характеристику всего канала от входа усилителя промежуточной частоты до выхода видеоусилителя, чтобы правильно выбрать величину высокочастотного напряжения на входе УПЧ. Для этого к входу УПЧ подключают сигнал-генератор, работающий в режиме модулированных высокочастотных колебаний с глубиной модуляции 50 %, и настраивают его на резонансную частоту канала по максимуму показаний лампового вольтметра, а затем указанным выше способом снимают амплитудную характеристику. После определения прямолинейного участка амплитудной характеристики канала устанавливают необходимое выходное напряжение сигнал-генератора и снимают частотную характеристику канала описанным методом.

Вместо высокочастотного лампового вольтметра на выходе видеоусилителя можно включить вольтметр звуковой частоты или электронно-лучевой осциллограф. При пользовании осциллографом о величине выходного напряжения судят по степени отклонения луча на экране (в миллиметрах).

Высокочастотный ламповый вольтметр подключается к нагрузке детектора через безиндукционный резистор с сопротивлением 200 *ком*. Вместо высокочастотного лампового вольтметра для измерения можно применить ламповый вольтметр постоянного тока, увеличив сопротивление, через которое щуп прибора подключается к нагрузке детектора, до 1 *Мом*.

Кроме вольтметров, на выходе детектора в качестве индикатора можно включить микроамперметр с внутренним сопротивлением не более 100 *ом*. Для этого нагрузочное сопротивление детектора отпаивают от «земли» и в разрыв включают конденсатор емкостью 0,01 *мкф*. Микроамперметр подключают параллельно конденсатору.

Напомним, что при использовании в качестве индикатора выхода микроамперметра или лампового вольтметра постоянного тока, сигнал-генератор должен работать в режиме немодулированных колебаний.

Частотную характеристику при неизменном напряжении на выходе испытываемого усилителя промежуточной частоты определяют при помощи тех же приборов, включенных по той же схеме, что и при определении частотной характеристики первого вида. Так как при определении частотной характеристики второго вида выходное напряжение испытываемого усилителя остается неизменным, то нет необходимости в предварительном определении амплитудных характеристик испытываемого усилителя промежуточной частоты, детектора и видеоусилителя. Выходное напряжение сигнал-генератора, настроенного на резонансную частоту испытываемого усилителя, устанавливают таким, чтобы напряжение на выходе усилителя промежуточной частоты соответствовало рабочему значению (обычно 1 в, на выходе видеоусилителя 15—20 в). После этого изменяют частоту сигнал-генератора, регулируя его выходное напряжение так, чтобы показания индикатора на выходе испытываемого усилителя не изменялись. Для каждого значения частоты сигнал-генератора фиксируют его выходное напряжение, а следовательно, с учетом коэффициента передачи напряжения, и напряжение на входе испытываемого усилителя. По полученным результатам строят частотные характеристики  $U_{вх}$ ,  $k$  и  $d_3$ .

При испытании усилителя промежуточной частоты, и особенно при его наладке, иногда необходимо снять частотные характеристики его каскадов. Процесс измерения в этом случае ничем не отличается от описанного выше. Подключение же измерительных приборов аналогично подключению их при определении коэффициентов усиления отдельных каскадов.

Описанные методы получения частотной характеристики дают высокую точность, но требуют большой затраты времени. Особенно неудобны они при настройке усилителя, так как после каждой регулировки контуров приходится вновь снимать характеристику. Получение частотной характеристики значительно ускоряется и облегчается применением осциллографического метода. Этот метод дает возможность в процессе налаживания

все время наблюдать на экране осциллографа частотную характеристику, причем всякое изменение в схеме, всякая регулировка настройки немедленно отражаются на экране, т. е. видно, как это влияет на форму характеристики, ее симметричность, ширину пропускания и т. п.

Осциллографический метод получения частотной характеристики заключается в том, что на вход испытываемого усилителя от специального генератора (если его нет, то можно применить обычный сигнал-генератор с приставкой типа РК-1) подается частотно-модулированный сигнал, т. е. такой сигнал, частота которого не остается постоянной, а изменяется в обе стороны от средней частоты. Частота развертки осциллографа должна быть равна частоте ЧМ и синхронизована с ней. Напряжение на нагрузке детектора, которое после усиления подается на пластины осциллографической трубки, по мере приближения частоты генератора к резонансной частоте испытываемого усилителя увеличивается, а после прохождения частотой генератора этой частоты уменьшается. На экране осциллографа появится изображение резонансной характеристики испытываемого усилителя.

Осциллограф присоединяют к нагрузке детектора через сопротивление 0,2—0,5 *Мом*.

Однако такая схема установки не дает возможности получить количественные данные об исследуемой характеристике и ее частотном диапазоне. Для получения этих сведений в измерительную схему надо ввести амплитудный и частотный калибраторы (рис. 19,а).

Принцип действия амплитудного калибратора заключается в следующем. Переключателем, в качестве которого можно использовать устройство типа электронного переключателя для одновременного наблюдения двух осциллограмм, испытываемый усилитель поочередно и периодически подключается либо к сигнал-генератору, дающему сигналы определенной амплитуды, либо к частотно-модулированному генератору.

Частота развертки осциллографа подбирается такой, чтобы прямой ход совершался за период изменения частоты частотно-модулированного генератора от минимума до максимума. Луч вычерчивает на экране частотную характеристику усилителя, который в это время присоединен к частотно-модулированному генератору.

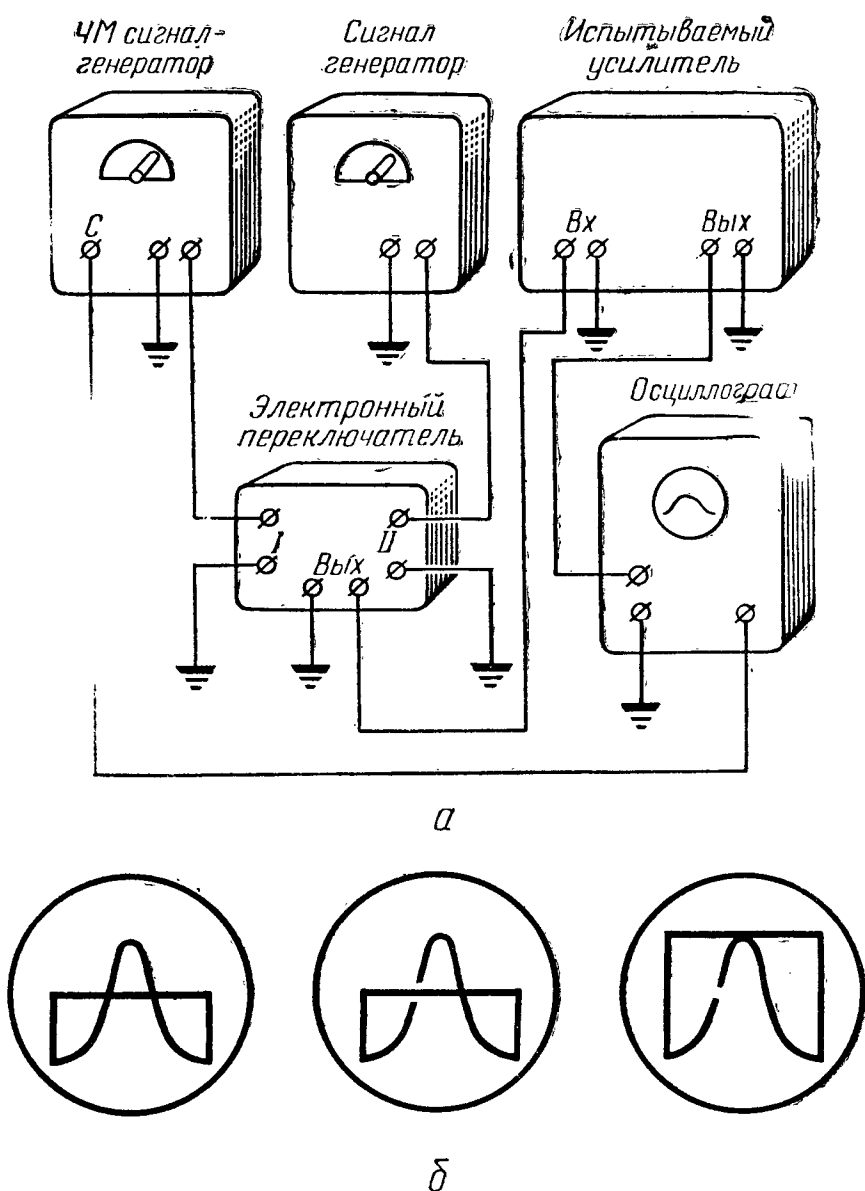


Рис. 19. Схема получения частотной характеристики усилителя промежуточной частоты осциллографическим методом с помощью частотного и амплитудного калибраторов:  
 а — принципиальная схема установки; б — осциллограммы, иллюстрирующие методику пользования частотными и амплитудными калибраторами

При обратном ходе развертки испытываемый усилитель присоединяется к сигнал-генератору постоянной частоты и луч прочерчивает на экране прямую линию, которая может перемещаться вверх или вниз при изменении выходного напряжения сигнал-генератора постоянной частоты и совмещаться с любой точкой частотной характеристики. Таким образом, разность уровней (в децибелах) между любыми двумя точками частотной характеристики можно отсчитать по шкале делителя этого генератора.

Чтобы эта калибрующая прямая была хорошо видна на экране, длительность обратного хода развертки должна быть значительной, т. е. форма напряжения развертки осциллографа желательна не пилообразная, а треугольная. Частоту переключения необходимо синхронизировать с частотой ЧМ.

Для получения данных о частотных координатах характеристики, полученной на экране осциллографа, на нее наносится частотная метка в виде темного разрыва, указывающая то место характеристики, в котором частота сигнала, даваемого частотно-модулированным генератором, совпадает с частотой, на которую настроен сигнал-генератор постоянной частоты.

Частотную метку наносят при помощи частотного калибратора, работающего следующим образом. Когда частота частотно-модулированного генератора равняется частоте сигнал-генератора постоянной частоты, присоединенного через емкость 1—2 *пф* параллельно входу испытываемого усилителя (иногда достаточно поднести кабель сигнал-генератора к входному разъему испытываемого усилителя), на экране на кривой частотной характеристики появляется метка. Изменяя частоту сигнал-генератора, можно менять и частоту, при которой на осциллограмме появляется частотная метка; частота метки определяется по шкале сигнал-генератора.

Осциллограммы рис. 19,б иллюстрируют методику пользования амплитудным и частотным калибраторами. Слева представлена осциллограмма частотной характеристики при установке частотной метки в положение средней частоты пропускания (предположим, что частота, отмеченная меткой, равна 460 *кГц*), а амплитудной линии — в произвольное положение. На средней осциллограмме показано положение, соответствующее опре-

делению данных для некоторой точки на боковой ветви частотной характеристики с частотой 455 *кГц*. Делитель сигнал-генератора постоянной частоты в этом случае устанавливают так, чтобы амплитудная линия проходила через центр частотной метки. Предположим, что такое положение получается при установке делителя в положение, соответствующее уровню выходного сигнала 3 *дБ*. Затем амплитудную линию совмещают с верхним уровнем характеристики, как это показано на правой осциллограмме. Положение делителя при этом соответствует 12 *дБ*. Разница между положениями делителя  $12 - 3 = 9$  *дБ* показывает, что усиление на частоте 455 *кГц* на 9 *дБ* меньше, чем на средней частоте 460 *кГц*.

Осциллографическим методом можно снять частотные характеристики и отдельных каскадов усилителя. Для этого осциллограф подключают к выходу испытываемого каскада через выносной диодный детектор. Подключение детектора, а также частотно-модулированного генератора к испытываемому каскаду аналогично подключению измерительных приборов при определении частотной характеристики каскада по точкам.

Очень удобно получать частотную характеристику осциллографическим методом при помощи специальных приборов — испытателей частотных характеристик, — представляющих собой сочетание генератора качающейся частоты (ГКЧ) с осциллографом. К таким приборам относятся ПНТ-1 (прибор настройки телевизоров), ПНТ-2, Х1-3А (ПНТ-3М), Х1-7 (ПНТ-59), Х1-1 (102И) и Х1-2 (ИЧХ-57).

Правда, для настройки УПЧ радиоприемников и видеоусилителей пригодны только приборы Х1-7 и Х1-2, частотный диапазон которых начинается от 0,1—0,5 *МГц* (остальные приборы предназначены для снятия частотных характеристик УВЧ и УПЧ телевизоров). Все эти приборы имеют встроенные кварцевые частотные калибраторы, маркирующие изображение характеристики на экране через 1 *МГц*.

При повороте ручки «Амплитуда марок» калибрационные частотные метки появляются на нулевой линии. У некоторых приборов (например, типа ПНТ) каждая метка, кратная 10 *МГц*, выделяется по амплитуде. Приборы имеют выход частотно-модулированного сигнала с делителем и плавной регулировкой амплитуды, а

также вход осциллографического индикатора с высокочастотным пробником. Наличие такого выносного детектора позволяет исследовать частотные характеристики отдельных каскадов и усилителей, не имеющих собственных детекторов.

При появлении на экране прибора частотной характеристики частотные метки с нулевой линии переходят на кривую и бывает трудно определить абсолютную частоту какой-либо метки. В этом случае следует уменьшать амплитуду частотной кривой (уменьшением амплитуды ЧМ сигнала) до совпадения с нулевой линией, определить частоту калибрационных меток (изменяя среднюю частоту ЧМ сигнала до появления на экране метки, частота которой твердо известна, например, в начале или конце диапазона), а затем, поворачивая ручку регулировки выходного ЧМ сигнала в сторону увеличения, проследить за тем, как будут смещаться метки вертикально вверх вместе с частотной кривой.

При необходимости определить доли мегагерца изменяют масштабные сетки, нанесенные на целлулоидной пластинке, установленной перед экраном.

Более точно доли мегагерц можно отсчитывать с помощью метки, получаемой от сигнал-генератора. Последний подсоединяют параллельно выходу ГКЧ через конденсатор емкостью 3—10  $n\phi$  или сопротивление, величину которого подбирают такой, чтобы частотная характеристика настраиваемого устройства при подключении УКВ генератора не нарушалась. Ручку «Амплитуда марок» на панели ГКЧ поворачивают против часовой стрелки до упора. От УКВ генератора подают немодулированное напряжение, частота которого лежит в диапазоне работы ГКЧ.

При совпадении частоты УКВ генератора с мгновенным значением частоты ГКЧ возникают биения. Поступая на пластины вертикального отклонения осциллографа, напряжение биений смещает луч, создавая всплеск характерной формы. Впадина в средней части всплеска соответствует показаниям на шкале УКВ генератора. При изменении частоты УКВ генератора эта метка перемещается по огибающей частотной характеристике на экране осциллографа. Для того чтобы избежать искажений частотной кривой, выходное напряжение УКВ генератора не должно превышать той минимальной

величины, при которой метка становится заметной. Правильность калибровки частотной кривой в данном случае определяется точностью частотной шкалы УКВ генератора.

Проверить точность градуировки шкалы УКВ генератора можно следующим путем. ГКЧ подключают к какому-либо устройству (УПЧ, УВЧ и т. п.) так, чтобы на экране осциллографа появилась частотная характеристика без калибрационных меток. Одновременно ко входу этого устройства через конденсатор емкостью 2—5 *пф* подключают УКВ генератор. Частоту УКВ генератора изменяют до получения подвижной метки на экране. После этого включают кварцевый калибратор ГКЧ и по совмещению подвижной метки с меткой, кратной 10 *Мгц*, определяют точность градуировки частотной шкалы УКВ генератора.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ**

Характеристики радиоприемных устройств следующие: диапазон принимаемых частот, чувствительность, избирательность и полоса пропускания. Кроме того, в зависимости от назначения приемного устройства при испытании бывает нужно измерить коэффициент собственных шумов, время восстановления чувствительности, снять характеристику работы амплитудного ограничителя и частотного детектора, а также характеристики работы автоматических систем регулировки усиления и подстройки частоты.

**Диапазон принимаемых частот.** Для определения диапазона принимаемых радиоприемником частот должна быть составлена схема, показанная на рис. 20. В качестве переходного устройства при испытании радиоприемника длинных, средних и коротких волн применяется эквивалент антенны, показанной на том же рисунке. Приемник настраивают на крайние частоты поддиапазонов; затем на эти же частоты настраивают высокочастотный сигнал-генератор. Сигнал-генератор настраивают на частоту приемника по максимуму показаний измерителя выхода, в качестве которого можно использовать детекторный или ламповый вольтметр, либо



осциллограф. Вначале на выходе сигнал-генератора устанавливают большое высокочастотное модулированное напряжение и настраивают сигнал-генератор на частоту приемника грубо на слух, а затем это напряжение уменьшают и настраивают по максимуму показаний прибора на выходе приемника. Если у приемника имеется цепь АРУ, то ее следует выключить, так как она за-

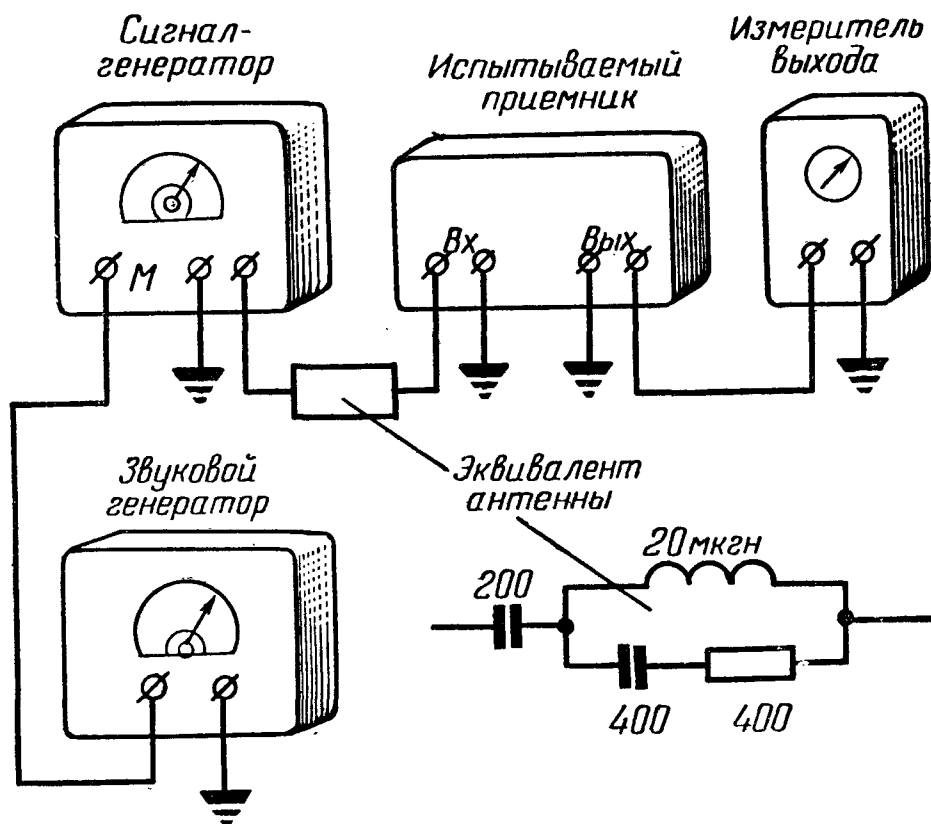


Рис. 20. Схема испытания радиоприемного устройства

трудняет точную настройку. Если выключить АРУ нельзя, то настройку надо вести при возможно меньшей величине сигнала на входе приемника. Регулятор громкости приемника должен быть поставлен на максимум, а регулятор тембра и полосы частот — в положение самой узкой полосы.

Частоту настройки приемника определяют по шкале сигнал-генератора.

Одновременно можно проверить точность градуировки шкалы приемника. Для этого можно использовать тот же сигнал-генератор, однако лучше вместо него воспользоваться гетеродинным волномером или кварцевым калибратором. Точность измерений в этом случае будет немного выше. Работа с кварцевым калибратором имеет особенности, так как от него получают не любую частоту в данном диапазоне, а только некоторые, но точно определенные частоты. Для проверки при помощи кварцевого калибратора градуировки шкалы приемника прямого усиления его обратную связь устанавливают такой, чтобы в приемнике возникли колебания. Калибратор связывают с контуром приемника и проверяют те точки шкалы, для которых имеются соответствующие гармоники в спектре частот, даваемом калибратором. Приемник настраивают точно на эти частоты по нулевым биениям на его выходе. Чтобы убедиться, действительно ли приемник настроен на данную частоту (гармонику) калибратора, нажимают кнопку «Контроль» на калибраторе. При правильной настройке приемника звук на его выходе при этом пропадает.

При проверке градуировки супергетеродинного приемника частота кварцевого калибратора должна быть модулирована (если в приемнике нет второго гетеродина для приема незатухающих колебаний). Модуляция производится частотой 50 *гц*, для чего в кварцевом калибраторе аноды ламп переключаются на питание от сети переменного тока.

Погрешность градуировки шкалы приемника выражается отношением разности частот, прочитанных на шкале приемника и калибрующего устройства, к частоте сигнала в процентах. Измерения производятся не менее чем для двух точек каждого поддиапазона, причем эти точки должны отстоять на 10—20% от начал и конца шкалы.

Заметим, что при отсутствии сигнал-генератора диапазон частот приемника можно примерно определить по принимаемым приемником радиостанциям, если известны их частоты. Этим же способом проверяют и градуировку шкалы приемника.

**Измерение коэффициента собственных шумов.** Собственный (внутренний) шум радиоаппарата вызывается

хаотическим движением электронов в деталях схемы, в лампах, фоном переменного тока и т. п. Все это приводит к тому, что при отсутствии сигнала на входе радиоприемного устройства на его выходе имеется некоторое хаотически изменяющееся напряжение.

Присутствие этого напряжения крайне нежелательно, так как оно уменьшает чувствительность радиоприемного устройства. Действительно, если бы напряжения шумов не было, то даже самое незначительное напряжение сигнала, наведенное в антенне, было бы отмечено на выходе радиоприемника. Наличие же шумов приводит к тому, что с помощью радиоприемника можно принимать лишь тот сигнал, который различим на фоне этих шумов. Таким образом, величина шумов радиоприемного устройства является очень важным параметром.

Величину шумов радиоприемного устройства принято оценивать коэффициентом шума, представляющим собой отношение полной мощности шумов, возникающих в приемнике и его антенне ( $P_{ш. уст}$ ), к мощности шумов, создаваемых на входе радиоприемника его антенной ( $P_{ш. а}$ )

$$F = \frac{P_{ш. уст}}{P_{ш. а}}.$$

Однако на практике коэффициент шума определяют косвенным путем — относительно абсолютной чувствительности радиоприемного устройства.

Абсолютная (шумовая) чувствительность радиоприемного устройства по мощности

$$P_{абс} = 4 \cdot 10^{-21} \Delta f F,$$

где  $\Delta f$  — ширина полосы пропускания приемника, *гц*.

Абсолютная чувствительность радиоприемного устройства показывает, какова должна быть мощность входного сигнала, чтобы обусловленная этим сигналом выходная мощность устройства была равна мощности шумов  $P_{абс} = P_{сиг}$ . Поэтому можно написать:

$$F = \frac{P_{сиг}}{4 \cdot 10^{-21} \Delta f},$$

где  $P_{сиг}$  — мощность сигнала на входе радиоприемного устройства, *вт*.

Таким образом, измерение коэффициента шума сводится к измерению мощности входного сигнала, при которой выходная мощность радиоприемного устройства равна его шумовой мощности.

На практике же, чтобы не измерять абсолютное значение мощностей на выходе радиоприемного устройства, не измеряют выходные мощности, а сравнивают выходной эффект, вызванный внутренними шумами испытываемого устройства, с выходным эффектом, вызванным подключением ко входу устройства калиброванного источника сигнала. Для этого регулируют выходную мощность (напряжение) источника сигнала так, чтобы общая выходная мощность устройства удвоилась по сравнению с мощностью, обусловленной только шумами. Очевидно, что тогда мощность сигнала  $P_{\text{сиг}}$  будет равна мощности шумов испытываемого устройства. Мощность  $P_{\text{сиг}}$  определяется по показаниям выходного делителя источника сигнала.

Измерение коэффициента шума описанным способом дает результат, соответствующий действительности, только в том случае, если изменение выходной мощности устройства будет линейно следовать за изменением входной мощности. Для этого измерение должно производиться на прямолинейном участке амплитудной характеристики усилителя промежуточной частоты, а детектор должен работать на квадратичном участке характеристики (диодные детекторы, обычно стоящие на выходе УПЧ, имеют квадратичный участок в начале характеристики; если детектор не имеет такого участка характеристики, то вместо него включается специальный измерительный квадратичный детектор).

Схема измерения коэффициента шума показана на рис. 21. В качестве выходного индикатора используют ламповый вольтметр постоянного тока, подключаемый через сопротивление  $1 \text{ Мом}$  к выходу детектора. Регулируя усиление по промежуточной частоте, находят такой момент, когда при дальнейшем уменьшении усиления показания выходного индикатора перестанут уменьшаться. В этом положении измеряют выходное напряжение  $U_{\text{дет}}$ , вызванное начальным током детектора при отсутствии сигнала на входе радиоприемника.

После этого усиление по промежуточной частоте устанавливают таким, чтобы напряжение шумов на вы-

ходе детектора сделалось хорошо заметным на индикаторе. Замечают показание индикатора ( $U_1$ ) и определяют напряжение шумов при данном усилении по промежуточной частоте и отсутствии сигнала на входе радиоприемника по формуле:

$$U_{\text{ш}} = U_1 - U_{\text{дет.}}$$

Далее подготавливают сигнал-генератор к работе в режиме немодулированных высокочастотных колебаний

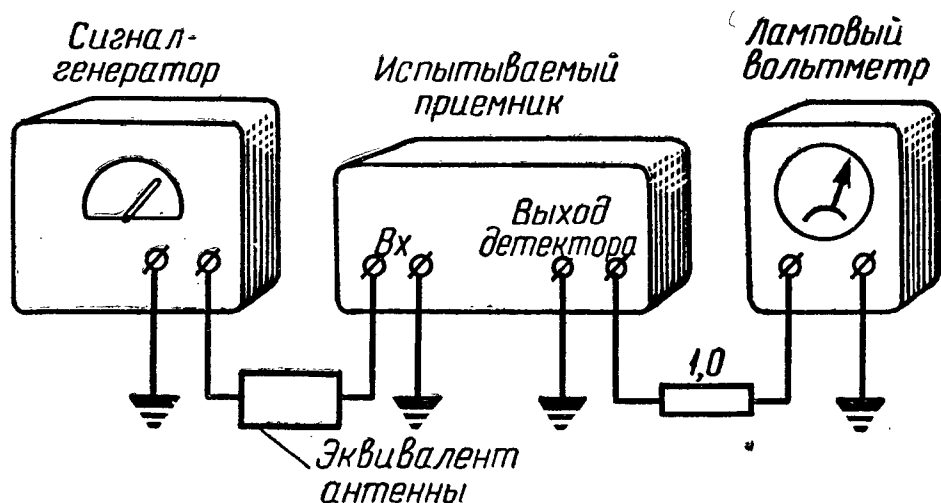


Рис. 21. Схема измерения коэффициента шума

и настраивают его на резонансную частоту радиоприемника. Выходную мощность сигнал-генератора (или его выходное напряжение) регулируют так, чтобы напряжение на выходе детектора радиоприемника увеличилось вдвое по сравнению с напряжением шумов  $U_{\text{ш}}$ , т. е. сделалось равным  $2 U_{\text{ш}}$ . Когда этого достигнут, определяют мощность на входе радиоприемника (по мощности на выходе сигнал-генератора с учетом затухания в переходном устройстве) и подсчитывают коэффициент шума в децибелах по формуле:

$$F = 10 \lg \frac{P_{\text{сиг}}}{4 \cdot 10^{-21} \Delta f}, \text{ дб.}$$

Если выход сигнал-генератора калиброван по напряжению (обычно у сигнал-генераторов длинных, средних,

коротких и метровых волн), то коэффициент шума определяется в относительных единицах:

$$F = \frac{U_c^2}{4 \cdot 10^{-21} \Delta f R_{\text{вх}}},$$

где  $U_c$  — напряжение на входе радиоприемника (выходное напряжение сигнал-генератора с учетом коэффициента передачи напряжения согласующего устройства), в;

$R_{\text{вх}}$  — входное сопротивление радиоприемника, Ом.

Можно упростить метод измерения коэффициента шума, используя в качестве выходного индикатора осциллограф и заставив сигнал-генератор работать в импульсном режиме (или применив импульсную модуляцию от отдельного генератора). Однако в этом случае результаты измерений зависят от линейности амплитудной характеристики видеоусилителя испытываемого радиоустройства или усилителя отклонения осциллографа.

Измерение производится следующим образом. Усиление по промежуточной частоте регулируется до уровня, при котором пики шумов на экране электронно-лучевой трубки будут небольшими, но хорошо заметными (несколько миллиметров). Затем настраивают сигнал-генератор на резонансную частоту радиоустройства и регулируют выходную мощность таким образом, чтобы амплитуда его сигналов на экране трубки вдвое превышала амплитуду шумов. Коэффициент шума вычисляют описанным выше способом.

**Измерение чувствительности.** Абсолютная чувствительность радиоприемника на практике не может быть реализована, так как уверенно принимать нужный сигнал можно только в том случае, если он отчетливо заметен на фоне шумов радиоприемника. Поэтому реальная чувствительность всегда меньше абсолютной и равна:

$$P_p = \gamma P_{\text{абс}},$$

где  $\gamma$  — коэффициент различимости сигнала на фоне шумов.

Коэффициент  $\gamma$  зависит от многих причин: назначения радиоустройства, типа выходного индикатора, индивидуальных свойств оператора и т. п.

Чувствительность радиовещательных приемников, а также специальных радиоприемных устройств коротковолнового и метрового диапазонов выражается в микровольтах. Чувствительность же радиоприемных устройств дециметрового и сантиметрового диапазонов выражается в единицах мощности, обычно в децибелах, отнесенных к одному ватту, так как на этих диапазонах удобнее измерять не напряжение, а мощность высокочастотных колебаний. Схема измерения чувствительности радиовещательного или подобного ему радиоприемника показана на рис. 20. Вначале измеряют уровень собственных шумов. Для этого регулятор громкости усилителя низкой частоты радиоприемника устанавливают на максимальное усиление. На вход приемника через эквивалент антенны подают модулированные частотой 1000 гц высокочастотные колебания с глубиной модуляции 30% (нормальная глубина модуляции). Приемник настраивают на эту частоту, и напряжение на выходе сигнал-генератора устанавливают таким, чтобы напряжение на выходе приемника равнялось нормальному. Затем выключают модуляцию высокочастотного напряжения и измеряют напряжение на выходе приемника, т. е. измеряют напряжение шумов. Далее отключают сигнал-генератор, замыкают вход приемника накоротко и снова измеряют напряжение шумов на его выходе.

Такие измерения производят на каждом поддиапазоне в одной или нескольких точках шкалы. Величину шума обычно выражают в децибелах по отношению к нормальному выходному напряжению приемника. Результаты измерений наносят на график, по которому судят об изменении уровня шумов в зависимости от частоты настройки приемника.

После этого измеряют чувствительность приемника, используя ту же схему (см. рис. 20). Сигнал-генератор настраивают на нужную частоту. Напряжение его должно быть нормально модулировано, т. е. частотой 1000 гц и глубиной 30%. Приемник настраивают на частоту сигнал-генератора по максимальному показанию измерителя выхода.

Если измеренное раньше напряжение шумов на выходе приемника меньше его нормального выходного напряжения по крайней мере на 20 дБ (меньше в 10 раз), то чувствительность определяется следующим образом. Регулятор громкости устанавливают на максимальное усиление, а напряжение на выходе сигнал-генератора подбирают таким, чтобы напряжение на выходе приемника сделалось равным нормальному. При этом напряжение на выходе сигнал-генератора (на входе приемника) будет численно равно чувствительности приемника на данной частоте. Измерение производят по крайней мере на трех точках каждого поддиапазона, причем крайние частоты должны отстоять на расстояние 10—20% от начала и конца шкалы поддиапазона. По результатам измерений строится график зависимости чувствительности приемника от частоты. Обычно для удобства график строят в логарифмическом масштабе.

Если нормальное выходное напряжение приемника меньше, чем в 10 раз превышает уровень шумов приемника, то чувствительность измеряют несколько иначе. В этом случае после настройки приемника на частоту сигнал-генератора выключают модуляцию высокочастотных колебаний и регулятором громкости устанавливают напряжение шумов на выходе приемника таким, чтобы оно было меньше нормального выходного напряжения в 10 раз (на 20 дБ). Затем включают модуляцию сигнал-генератора и подбирают такое напряжение на его выходе (на входе приемника), при котором напряжение на выходе приемника равнялось бы нормальному. Регулятор громкости приемника при этом не трогают. Напряжение на выходе сигнал-генератора будет численно равно чувствительности приемника с учетом его собственных шумов.

При измерении чувствительности регулятор тембра и регулятор полосы частот (если он есть в приемнике) должны стоять в положении, соответствующем ослабленному воспроизведению высоких и низких звуковых частот. АРУ приемника желательно выключить.

*Чувствительность приемника с частотной модуляцией* на ультракоротковолновом поддиапазоне измеряют тем же методом. Однако в этом случае вместо эквивалента антенны ко входу приемника подключают активное со-



противление, величина которого вместе с выходным сопротивлением сигнал-генератора должна быть равна сопротивлению УКВ антенны. Обычно это сопротивление равно 75 ом. Девияция частоты должна составлять  $\pm 15$  кГц, а частота модуляции — 1000 Гц.

Если приемник предназначен для работы с внутренней магнитной антенной, то антенна включается на вход приемника; чувствительность измеряется при помощи квадратной рамки из медного или латунного прутка диаметром 4 мм со сторонами 380 мм. Рамка соединяется со входом сигнал-генератора через сопротивление 80 ом. Плоскость рамки располагается перпендикулярно оси стержня магнитной антенны; расстояние между рамкой и серединой стержня 1 м.

Описанным методом нельзя измерять чувствительность сверхрегенеративного приемника, так как измерению будет мешать шум сверхрегенеративного детектора. Этот шум настолько велик, что он может превысить уровень сигнала.

Шум сверхрегенератора имеет максимальное значение при отсутствии высокочастотного напряжения на входе приемника. При появлении высокочастотного напряжения шум уменьшается, причем, чем выше напряжение на входе, тем меньше шум. Кроме напряжения шума, на выходе приемника может быть еще и напряжение дробящей частоты (20—200 кГц). При измерении чувствительности напряжение с этой частотой может быть подавлено RC-фильтром. Чтобы проверить, есть ли на выходе приемника напряжение дробящей частоты, составляют схему, показанную на рис. 20, которая в дальнейшем используется и для измерения чувствительности. Если на выходе приемника имеется напряжение дробящей частоты, то показания измерителя выхода не меняются при изменении величины выходного напряжения сигнал-генератора или изменении глубины модуляции этого напряжения, так как прибор измеряет напряжение дробящей частоты, а не высокочастотного сигнала.

Когда установлено, что напряжение дробящей частоты отсутствует, чувствительность приемника определяют следующим образом. Настраивают сигнал-генератор на нужную частоту (модуляция при этом выключена). Вы-

ходное напряжение сигнал-генератора берут достаточно большим, приемник настраивают в резонанс с сигнал-генератором. В момент точной настройки приемника напряжение на его выходе должно заметно понизиться, так как уменьшится шум свержегенерации. После этого выходное напряжение сигнал-генератора уменьшают до 10—20 мкв и замечают показания измерителя выхода приемника. Затем включают модуляцию частоты сигнал-генератора, устанавливая ее глубину на 30% при частоте модуляции 1000 гц. Напряжение на выходе приемника при этом увеличивается.

Теперь вычисляют отношение напряжений на выходе приемника при немодулированном и модулированном высокочастотном напряжении на его входе. Опытами установлено, что наилучшее качество воспроизведения будет при отношении этих напряжений 1:5. Поэтому если полученное отношение не равно 1:5, то несколько изменяют выходное напряжение сигнал-генератора и снова производят указанное измерение.

Чувствительность свержегенеративного приемника будет численно равна выходному напряжению сигнал-генератора при отношении этих напряжений 1:5.

**Измерение избирательности и полосы пропускания.** Избирательность приемника характеризуется его способностью выделять из спектра частот ту частоту, на которую он настроен. Оценивается избирательность величиной, показывающей, во сколько раз ухудшается чувствительность приемника к сигналу, частота которого отличается от частоты, на которую настроен приемник. У радиовещательного приемника с амплитудной модуляцией величина расстройки равна  $\pm 10$  кгц, а с частотной модуляцией  $\pm 250$  кгц. Такая избирательность называется *избирательностью по соседнему каналу*.

Кроме того, у супергетеродинного приемника есть еще два вида избирательности: *избирательность по зеркальному каналу*, т. е. по отношению к сигналу, частота которого отличается от частоты настройки приемника на удвоенную промежуточную частоту, и *избирательность по отношению к сигналу*, частота которого равна промежуточной частоте приемника.

Схема для измерения избирательности та же, что и для измерения чувствительности приемника (см.

рис. 20). Обычно принято измерять избирательность по соседнему каналу на каждом поддиапазоне или на частотах 250 и 1000 кГц. Поэтому сигнал-генератор настраивают на одну из этих частот, а затем на ту же частоту по максимальному напряжению на выходе настраивается и приемник. Описанным выше методом измеряют чувствительность на данной частоте.

Затем изменяют частоту сигнал-генератора на 10 кГц, например, в сторону уменьшения частоты, и подбирают такое выходное напряжение сигнал-генератора, при котором напряжение на выходе приемника вновь становится равным нормальному, т. е. измеряют чувствительность при расстройке приемника на 10 кГц. Отношение этой измеренной чувствительности к чувствительности при точной настройке приемника на данную частоту (к резонансной чувствительности), выраженное в децибелах, даст величину ослабления приема по соседнему каналу.

После этого частоту сигнал-генератора увеличивают на 10 кГц относительно частоты, на которую настроен приемник, и проводят те же измерения. Окончательно за величину ослабления приема по соседнему каналу принимают наименьший результат.

Если по условиям испытания требуется снять характеристику избирательности приемника, то после определения его чувствительности на резонансной частоте частоту сигнал-генератора изменяют через 2 кГц до тех пор, пока чувствительность приемника не станет хуже примерно в 1000 раз. По полученным результатам строят характеристику избирательности.

Эту же характеристику можно получить и осциллографическим методом при помощи высокочастотного генератора с частотной модуляцией.

По характеристике избирательности можно определить полосу пропускания высокочастотного тракта приемника, т. е. интервал частот, на границах которого чувствительность приемника ухудшается в два раза по сравнению с резонансной. Если характеристика избирательности не снимается, то полосу пропускания можно определить одновременно с измерением избирательности. Для этого после определения чувствительности приемника на резонансной частоте напряжение на выхо-

де сигнал-генератора увеличивают в два раза и изменяют его частоту (последовательно в обе стороны от резонансной) до тех пор, пока напряжение на выходе приемника не сделается опять нормальным. Разность частот, прочитанных на шкале сигнал-генератора, будет равна полосе пропускания приемника. Если в приемнике имеется регулятор полосы пропускания, то измерения производятся для каждого положения регулятора.

Далее переходят к *измерению избирательности по зеркальному каналу*. Эти измерения отличаются от измерения избирательности по соседнему каналу только тем, что частота сигнал-генератора изменяется теперь на величину, равную удвоенной промежуточной частоте, причем если частота гетеродина приемника выше частоты, на которую настроен приемник, то частоту сигнал-генератора увеличивают, а если частота гетеродина ниже этой частоты, то частоту сигнал-генератора уменьшают. Отношение чувствительности приемника при расстройке на удвоенную промежуточную частоту к чувствительности приемника на резонансной частоте, выраженное в децибелах, показывает величину ослабления приема по зеркальному каналу.

Чувствительность по зеркальному каналу обычно измеряют на тех же частотах настройки приемника, что и избирательность по соседнему каналу.

При этом следует иметь в виду, что наихудшая избирательность по зеркальному каналу будет в коротковолновой части поддиапазона, где отношение  $2f_{\text{пр}}/f_{\text{настр}}$  имеет минимальное значение, и поэтому наименее эффективным будет влияние избирательности высокочастотных контуров.

Остается измерить *чувствительность приемника к сигналам*, частота которых равна промежуточной, т. е. определить избирательность приемника по отношению к сигналам на промежуточной частоте. Для этого приемник настраивают на частоту, возможно более близкую к промежуточной: на крайнюю верхнюю частоту длинноволнового или крайнюю нижнюю частоту средневолнового поддиапазона (обычно это частоты 415 или 520 кГц для промежуточной частоты 460 кГц). Затем в резонанс с приемником настраивают сигнал-генератор и, как

обычно, измеряют чувствительность на этой частоте. Сигнал-генератор настраивают на промежуточную частоту приемника, а его выходное напряжение увеличивают настолько, чтобы напряжение на выходе приемника сделалось равным нормальному. Отношение измеренных чувствительностей, выраженное в децибелах, даст искомую величину ослабления.

*При измерении избирательности приемника на УКВ диапазоне* у приемников, предназначенных для приема передач с частотной модуляцией, частота, на которой производится измерение, равна 70 Мгц, а величина расстройки относительно резонансной составляет  $\pm 250$  кгц. В качестве выходного индикатора используется ламповый вольтметр, включенный в цепь сетки лампы ограничительного каскада. Это делается для того, чтобы исключить влияние работы ограничителя на результаты измерения.

Измерения производят следующим образом. Сигнал-генератор настраивают на частоту 70 Мгц и в резонанс с ним настраивают испытываемый приемник. Частоту сигнал-генератора не модулируют, а амплитуду ее выбирают такой, чтобы ни приемник, ни ламповый вольтметр не перегружались. Отмечают показания лампового вольтметра и изменяют частоту сигнал-генератора на 250 кгц в какую-либо сторону от резонансной частоты настройки приемника. Увеличением выходного напряжения сигнал-генератора добиваются прежних показаний лампового вольтметра в цепи сетки лампы ограничителя. Отношение первоначального выходного напряжения сигнал-генератора к выходному напряжению при расстройке на 250 кгц, выраженное в децибелах, даст искомую величину ослабления чувствительности по соседнему каналу. Далее производится подобное же измерение при расстройке в противоположную сторону от частоты настройки приемника.

Если по условиям испытания требуется снять *характеристику избирательности*, то после настройки сигнал-генератора и приемника в резонанс и отметки показаний лампового вольтметра выходное напряжение сигнал-генератора увеличивают в два раза. Затем изменяют частоту сигнал-генератора в какую-либо сторону от резонансной до тех пор, пока показания лампового вольтметра не сделаются прежними. Отмечают величину

ну расстройки сигнал-генератора по отношению к частоте настройки приемника, а затем увеличивают выходное напряжение сигнал-генератора в 10 раз по отношению к первоначальной величине выходного напряжения и снова изменяют его частоту до тех пор, пока не добьются прежних показаний лампового вольтметра. Замечают новую величину расстройки и увеличивают выходное напряжение сигнал-генератора теперь уже в 100 раз и т. д. После этого производят измерения в противоположную сторону от резонансной частоты. По результатам измерений строят характеристику избирательности в децибелах.

При всех измерениях блок автоподстройки частоты, если он есть в приемнике, должен быть выключен.

**Снятие характеристик амплитудного ограничителя и частотного детектора.** Схема для снятия характеристики амплитудного ограничителя приведена на рис. 20 (с учетом включения соответствующего эквивалента антенны). На вход приемника подают модулированное высокочастотное напряжение (1000 гц с девиацией частоты 30% максимальной). Приемник настраивают в резонанс с частотой сигнал-генератора. Установив уровень выходного напряжения сигнал-генератора достаточно большим (больше порога ограничения), постепенно уменьшают его, измеряя одновременно напряжение на выходе приемника. По результатам измерений строят характеристику работы амплитудного ограничителя.

Одновременно определяют величину ослабления паразитной амплитудной модуляции, для чего на вход приемника подают высокочастотное напряжение с нормальной частотной модуляцией, соответствующее по величине номинальной чувствительности приемника на УКВ поддиапазоне. Приемник настраивают на эту частоту и регулятором громкости устанавливают напряжение на его выходе, равным нормальному.

После этого на вход приемника подают такое же по величине высокочастотное напряжение, но с амплитудной модуляцией (1000 гц;  $m=0,3$ ). Изменяя несущую частоту на  $\pm 50$  кгц, измеряют напряжение на выходе приемника. Отношение напряжения на выходе приемника при приеме ЧМ сигналов к максимальному выходному напряжению при приеме АМ сигналов, выраженное

в децибелах, и есть величина ослабления паразитной амплитудной модуляции.

Для снятия характеристики частотного детектора в цепь сетки лампы последнего каскада усилителя промежуточной частоты или лампы амплитудного ограничителя, если он имеется в приемнике, включают сигнал-генератор, настроенный на промежуточную частоту приемника.

Напряжение на выходе сигнал-генератора устанавливается таким, чтобы оно не превышало порога ограничения.

На выходе частотного детектора включают высокоомный вольтметр постоянного тока или чувствительный гальванометр, желательно с нулем в центре шкалы. Изменяют частоту сигнал-генератора в обе стороны от промежуточной частоты, на

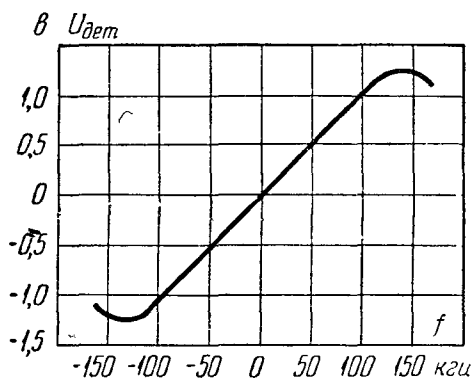


Рис. 22. Типовая характеристика частотного детектора

100—120 кГц и через каждые 10—20 кГц замечают показания прибора на выходе детектора. По результатам измерений строят характеристику частотного детектора (рис. 22).

Эту характеристику можно получить и осциллографическим методом. Для этого частота сигнал-генератора должна быть частотно-модулирована с девиацией частоты  $\pm 100$ —200 кГц. К выходу детектора присоединяют усилитель вертикального отклонения осциллографа. Частоту развертки осциллографа синхронизируют с частотой модуляции сигнал-генератора. При этом на экране осциллографа возникает характеристика частотного детектора.

Очень удобно снимать характеристику частотного детектора осциллографическим методом, используя для этого частотно-модулированный высокочастотный генератор или специальный прибор для настройки телевизоров (ПНТ-2 или ПНТ-3), работающий на том же принципе.

В некоторых случаях, например при испытании работы устройства автоматической подстройки частоты,

надо снять характеристику частотного детектора в режиме приема импульсных сигналов. Для этого сигнал-генератор должен работать в режиме импульсной модуляции, причем необходимо, чтобы длительность модулирующих импульсов соответствовала длительности импульсов, принимаемых испытываемым приемником в рабочих условиях. К выходу детектора подключают осциллограф, частота развертки которого синхронизирована с частотой импульсной модуляции сигнал-генератора. Осциллограф должен быть калиброван по напряжению.

Когда схему измерения подготовят, настраивают сигнал-генератор на промежуточную частоту приемника и начинают изменять его частоту в обе стороны, одновременно поддерживая его выходное напряжение постоянным. Для каждого значения частоты сигнал-генератора фиксируют значение амплитуды импульса на экране осциллографа в вольтах (учитывая также полярность импульса). По полученным результатам строят характеристику частотного детектора в режиме приема импульсных сигналов.

**Снятие кривой верности.** Качество приемника в конечном итоге определяется тем, как он воспроизводит радиопередачу (модулирующий сигнал). На качество воспроизведения влияет весь тракт приемника (от входных цепей до УНЧ и громкоговорителя). Поэтому, чтобы составить полное представление о способности приемника воспроизводить модулирующий сигнал, снимают так называемую кривую верности, представляющую собой зависимость величины звукового давления, создаваемого громкоговорителем приемника, от частоты модуляции высокочастотного напряжения, поданного на его вход. Если нет возможности снять кривую верности по звуковому давлению, т. е. нельзя оценить качество звучания приемника (для этого необходима специальная студия, сложная и дорогая аппаратура и т. п.), то снимают зависимость выходного напряжения от частоты модуляции высокочастотного напряжения на антенном входе приемника, т. е. определяют полосу пропускания всего приемника. Эта зависимость может дать приближенное представление о кривой верности приемника.

Схема установки для снятия указанной кривой представлена на рис. 20. Частота сигнал-генератора модули-



руется внешним звуковым генератором, подключаемым к зажимам «Внешняя модуляция». Кривая снимается для каждого поддиапазона.

Вначале приемник настраивают в резонанс с частотой сигнал-генератора, которая должна быть модулирована частотой 1000 гц с глубиной модуляции 0,3 (при ЧМ модуляции девиация частоты составляет  $\pm 75$  кгц). Регулятором громкости устанавливают напряжение на выходе приемника, равным 0,25 номинального. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливают в положение наиболее широкой полосы.

Затем изменяют частоту модуляции в заданном диапазоне звуковых частот, отмечая показания измерителя выхода приемника. При этом следят, чтобы высокочастотное напряжение на выходе сигнал-генератора, его частота, глубина модуляции и настройка приемника остались неизменными. По полученным результатам строят в логарифмическом масштабе кривую верности, причем по оси ординат откладывают выходное напряжение приемника при данной частоте модуляции в децибелах.

**Испытание стабильности частоты гетеродина.** Частота гетеродина приемника во время его работы изменяется. Это вызывается прогревом лампы, резисторов, изменением теплового режима и т. п. Частота гетеродина особенно интенсивно изменяется в первое время после включения приемника. Поэтому изменение частоты гетеродина определяется двумя отсчетами его частоты, производимыми через 5 и 15 мин. после включения приемника.

Замеры частоты гетеродина производят при помощи гетеродинного волномера, слабо связанного с гетеродином приемника. Для этого провод со входа волномера обматывают вокруг лампы гетеродина или укрепляют рядом с его катушкой. Приемник настраивают на высшую частоту каждого поддиапазона. Волномер настраивают на частоту гетеродина по нулевым биениям.

Разность между замеренными частотами дает величину ухода частоты гетеродина приемника.

**Испытание работы системы автоматической регулировки усиления.**

Для оценки работы системы автоматической регулировки усиления (АРУ) надо снять амплитудную харак-

теристику приемника, представляющую собой зависимость выходного напряжения от входного.

Обычно испытание работы АРУ начинают с подачи на вход приемника высокочастотного напряжения с нормальной модуляцией и амплитудой 0,1 в. Приемник настраивают в резонанс с частотой сигнал-генератора и регулятором громкости устанавливают номинальное напряжение на его выходе. После этого начинают уменьшать напряжение на выходе сигнал-генератора, замечая значения напряжения на выходе приемника. По полученным данным строят амплитудную характеристику приемника (рис. 23), откладывая значения напряжения на входе приемника в логарифмическом масштабе.

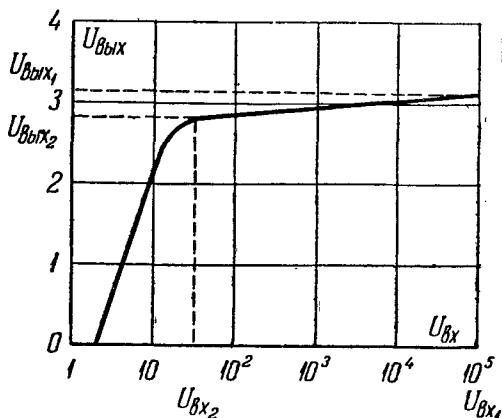


Рис. 23. Амплитудная характеристика приемника (характеристика АРУ)

Работа АРУ будет характеризоваться отношением

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}_1} - U_{\text{ВЫХ}_2}}{U_{\text{ВХ}_1} - U_{\text{ВХ}_2}}.$$

Это отношение обычно выражают в децибелах. Работу АРУ испытывают на каждом поддиапазоне.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Современный типовой метод испытания телевизора обладает специфическими особенностями по сравнению с испытанием других радиоприемных устройств. Поэтому целесообразно рассказать об испытании телевизора отдельно.

Обычно телевизор состоит из блока приема изображения, блока приема звукового сопровождения и блока развертки с устройством синхронизации. Испытания УПЧ, частотного детектора и УНЧ блока приема звукового сопровождения ничем не отличаются от испытаний этих каскадов в радиоприемнике. Поэтому здесь они не рассматриваются.

**Снятие характеристики видеоусилителя.** Для снятия частотной характеристики видеоусилителя сигнал-генератор (типа Г4-1А или ГСС-6) подключают через сопротивление 2—3 *ком* либо параллельно нагрузке детектора (при диодном детекторе), причем сам детектор отключают, либо к сетке лампы детектора (при анодном детекторе), причем сетку отсоединяют от контура. Модуляция сигнал-генератора должна быть выключена.

В качестве измерителя выхода используют ламповый вольтметр, который подключают к выходу видеоусилителя (обычно к модулирующему электроду или катоду трубки) через конденсатор емкостью 5 *пф*. Сигнал-генератор настраивают на частоту 100 *кГц*, а его выходное напряжение устанавливают таким, чтобы выходное напряжение видеоусилителя составляло 3—5 *в*. Замечают показание вольтметра на выходе видеоусилителя и изменяют частоту сигнал-генератора сначала до 400, потом до 1000 *кГц*, а затем через каждые 500 *кГц*. При этом уровень выходного напряжения сигнал-генератора поддерживают неизменным и отмечают показания вольтметра на выходе видеоусилителя на каждой из частот. Частоту сигнал-генератора изменяют до тех пор, пока напряжение на выходе видеоусилителя не сделается равным 0,5 напряжения на частоте 1—2 *МГц*.

По результатам измерений строят характеристику видеоусилителя. Частотный масштаб обычно берут логарифмический.

Частотную характеристику в полосе частот ниже 100 *кГц* можно снять таким же способом, но удобнее проверить работу видеоусилителя на этих частотах при помощи прямоугольных импульсов и осциллографа. При этом одновременно можно проверить и его фазовую характеристику. Чтобы испытать видеоусилитель в области низких частот, надо пропустить через него прямоугольные импульсы с частотой 50 *Гц*. Если же частоту импульсов увеличить до 100—200 *кГц*, то можно испытать видеоусилитель и на высоких частотах.

Испытания видеоусилителя прямоугольными импульсами позволяют сразу определить, превышают ли нет искажения прямоугольных импульсов допустимую величину. Для этого у выходного импульса, изображение которого получено на экране осциллографа, измеряют время установления  $t_y$  и время спада  $t_c$ , а также вели-

чины выброса  $y_v$  и завала  $y_z$  и выражают их в процентах по отношению к амплитуде импульса. При испытании усилителя прямоугольными импульсами низкой частоты определяют только величину завала  $y_z$ , так как время нарастания и спада определить невозможно (оно при этой частоте бесконечно мало по сравнению с длительностью импульса). Величину спада следует считать нормальной, если она не превышает 5%, так как в этом случае она мало отражается на качестве телевизионного изображения. То же относится и к величине выброса. Если же величина спада или выброса превысит 5%, то искажения изображения станут уже заметными, а главное, ухудшится синхронизация развертки.

Следует отметить, что проверка видеоусилителя прямоугольными импульсами с частотой 50 гц не нужна, если видеоусилитель собран по схеме усилителя постоянного тока, т. е. не содержит переходных емкостей. В этом случае исключается возможность появления низкочастотных искажений.

Кроме частотной характеристики, часто снимают еще и амплитудную характеристику видеоусилителя, показывающую зависимость напряжения на выходе видеоусилителя от напряжения на его входе. Амплитудная характеристика в области рабочих напряжений телевизионной трубки должна быть линейной, иначе различие между светлыми и темными местами воспроизводимого изображения будет искажено.

Для снятия этой характеристики сигнал-генератор настраивают на частоту 1—2 Мгц и снимают зависимость напряжения на выходе видеоусилителя от напряжения на его входе. Сигнал-генератор и измеритель выхода (ламповый вольтметр) включаются по той же схеме, что и при снятии частотной характеристики.

**Снятие частотной характеристики усилителя промежуточной частоты видеоканала.** Для снятия этой характеристики сигнал-генератор через конденсатор емкостью 200 пф присоединяют к управляющей сетке лампы смесителя; сетку лампы предварительно отсоединяют от контура и через сопротивление 3—5 ком соединяют с шасси. Лампа гетеродина телевизора при этом должна быть вынута, либо с нее должно быть снято анодное напряжение. В качестве сигнал-генератора мож-

но использовать генератор типа ГСС-17 (Г4-7А) или СГ-1.

Измерителем выхода может служить высокоомный вольтметр постоянного тока, подключенный к нагрузке детектора.

Частотную характеристику снимают следующим образом. Настраивают сигнал-генератор на несущую промежуточной частоты (в большинстве телевизоров эта частота равна 34,25 Мгц). Замечают показание вольтметра, подключенного к нагрузке детектора, а затем изменяют частоту сигнал-генератора в сторону ее уменьшения на 500—1000 кгц и снова замечают показание вольтметра. Напряжение на выходе сигнал-генератора должно быть неизменным. Частоту сигнал-генератора изменяют до частоты 28—27 Мгц. Затем возвращаются к частоте 34,25 Мгц и проверяют начало частотной характеристики усилителя промежуточной частоты (изменяют частоту сигнал-генератора в сторону увеличения через 200—300 кгц). По результатам измерений строят частотную характеристику УПЧ видеоканала.

Частотная характеристика усилителя промежуточной частоты может быть получена и осциллографическим путем при помощи генератора качающейся частоты и осциллографа или прибора 102И. Еще более удобно воспользоваться для этой цели прибором ПНТ-2 или ПНТ-3, работающим по тому же принципу. Напряжение от генератора качающейся частоты (частотно-модулированное напряжение) подается через сопротивление 5—10 ком на управляющую сетку лампы смесителя (схема телевизора подготавливается так же, как и для снятия характеристики по точкам при помощи сигнал-генератора и измерителя выхода). Осциллограф присоединяется к нагрузке детектора через сопротивление 0,1 Мом. Диапазон и ширина качания частоты генератора должны быть выбраны такими, чтобы захватить частоты 27—35 Мгц при несущей частоте 34,25 Мгц. На экране осциллографа при этом возникнет изображение частотной характеристики усилителя промежуточной частоты. Во избежание искажения изображения кривой на экране следует по возможности уменьшать напряжение на выходе генератора качающейся частоты, компенсируя это повышением усиления осциллографа.

Чтобы определить частотное положение характеристики на экране осциллографа, на нее наносят частотную метку. В простейшем случае это можно сделать следующим образом. Параллельно выходу генератора качающейся частоты через сопротивление 200—300 ом присоединяют сигнал-генератор типа Г4-7А (ГСС-17) или СГ-1. Частоту появившейся на экране метки определяют по шкале сигнал-генератора. Некоторые же приборы, в том числе и приборы типа ПНТ и 102И, имеют специальное устройство для частотной калибровки.

Как и в случае с радиоприемником, основное достоинство осциллографического метода получения частотной характеристики — наглядность и четкое, немедленное отражение на экране изменений, вызываемых регулировкой схемы.

**Снятие частотной характеристики видеоканала.** Сигнал-генератор с нормальной модуляцией присоединяют ко входу телевизора и настраивают на частоту несущей изображения данного телевизионного канала. В качестве индикатора выхода используют вольтметр переменного тока или осциллограф, подключая его между анодом выходной лампы видеосуилителя и шасси через конденсатор емкостью 1000 пф.

Поддерживая выходное напряжение сигнал-генератора неизменным, увеличивают его частоту с интервалами 500—1000 кГц вплоть до несущей частоты звукового сопровождения, замечая при этом показания прибора на выходе видеосуилителя. По полученным результатам строят частотную характеристику видеоканала.

**Измерение чувствительности телевизора по каналу изображения.** Способ измерения чувствительности канала изображения в телевизорах с общим каналом изображения и звука и отдельными каналами различен. Рассмотрим сначала измерение чувствительности телевизора с раздельными каналами.

У супергетеродинного приемника перед измерением чувствительности гетеродин должен быть предварительно настроен для приема несущих изображения и звука. Это производится при помощи модулированного сигнал-генератора, настроенного на несущую звукового сопровождения данного телевизионного канала по минимуму звука в громкоговорителе. Затем частоту сигнал-генератора устанавливают равной несущей изображения.

При этом сигнал-генератор соединяют с телевизором либо напрямую, если выходное сопротивление сигнал-генератора и сопротивление входа телевизора одинаковы (например, генератор СГ-1 может соединяться напрямую с телевизором, рассчитанным на входное сопротивление  $75\text{ ом}$ ), либо через согласующее устройство, схема которого показана на рис. 24.

Между анодом выходной лампы видеоусилителя и шасси через конденсатор емкостью  $1000\text{ пф}$  включают

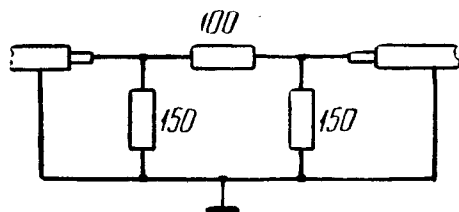


Рис. 24. Схема согласующего устройства для соединения сигнал-генератора с входом телевизора

ламповый вольтметр и, регулируя выходное напряжение сигнал-генератора, доводят напряжение на выходе видеоусилителя до  $8\text{ в}$ , (для кинескопов с углом отклонения  $70^\circ$ ) или  $5\text{ в}$  (для кинескопов с углом отклонения  $110^\circ$ ). Регулятор контрастности телевизора при этом должен быть установлен в положение максималь-

ного усиления, а глубина модуляции сигнал-генератора должна быть равна  $0,55$ .

Чувствительность телевизора определяется значением напряжения на выходе сигнал-генератора, деленным на коэффициент, учитывающий разницу между его выходным сопротивлением и входным сопротивлением телевизора. Так, при равенстве этих сопротивлений ( $75\text{ ом}$ ) и трансформаторном входе телевизора (например, телевизор «Темп» или «Авангард») коэффициент равен 1. У телевизоров с апериодическим входом и входным сопротивлением  $75\text{ ом}$  (КВН-49, Т-2 «Ленинград», «Север») коэффициент равен 2. Если же телевизор рассчитан на работу с симметричным кабелем КАТВ с волновым сопротивлением  $300\text{ ом}$  (телевизоры с блоком ПТП-1), то коэффициент равен 6.

Для измерения чувствительности телевизора с общим каналом изображения и звука применяют два сигнал-генератора, включенных параллельно. В этом случае одновременно определяют чувствительность телевизора для несущей изображения и несущей звукового сопровождения.

Вначале устанавливают частоту гетеродина телеви-

ра. Для этого один из сигнал-генераторов. (будем считать его первым) настраивают на частоту несущей изображения данного телевизионного канала плюс 1 *Мгц*. Частота его модулирована с глубиной 0,55. Ручку гетеродина телевизора вращают до тех пор, пока прибор на выходе видеоусилителя не покажет наибольшее отклонение (прибор включается так же, как описано выше). Регулируя выходное напряжение сигнал-генератора, доводят напряжение на выходе видеоусилителя до 8 в. Регулятор контрастности должен быть установлен на максимальное усиление.

После этого сигнал-генератор перестраивают на частоту несущей изображения, а ручку настройки гетеродина переводят в положение, при котором напряжение на выходе видеоусилителя станет равным половине прежнего, т. е. 4 в. Такая настройка гетеродина означает, что частота несущей изображения приходится на уровне 0,5 частотной характеристики телевизора.

Затем включают второй сигнал-генератор и настраивают его частоту (немодулированную) на несущую звукового сопровождения. Его выходное напряжение должно быть таким, чтобы напряжение на сопротивлении в цепи сетки лампы ограничителя было равно двойному напряжению порога ограничения.

В заключение напряжение на выходе первого сигнал-генератора увеличивают настолько, чтобы напряжение на выходе видеоусилителя сделалось равным 8 в. Чувствительность телевизора по каналу изображения в этом случае определится выходным напряжением первого сигнал-генератора, деленным на 4 (если сигнал-генератор соединен со входом телевизора без всяких согласующих устройств, так как их сопротивления равны 75 *ом*). Чувствительность по каналу звука определится выходным напряжением второго сигнал-генератора, деленным также на 4.

**Проверка блока развертки.** Проверка работы генераторов развертки телевизоров обычно производится во время приема телевизионной испытательной таблицы. При этом проверяют частоту развертки, линейность, наличие геометрических искажений раstra (искривление прямых вертикальных и горизонтальных линий).

Некоторые виды геометрических искажений показаны на рис. 25. Стороны и диагонали изображения теле-



визуальной испытательной таблицы измеряют гибкой линейкой и определяют геометрические искажения в процентах по формулам:

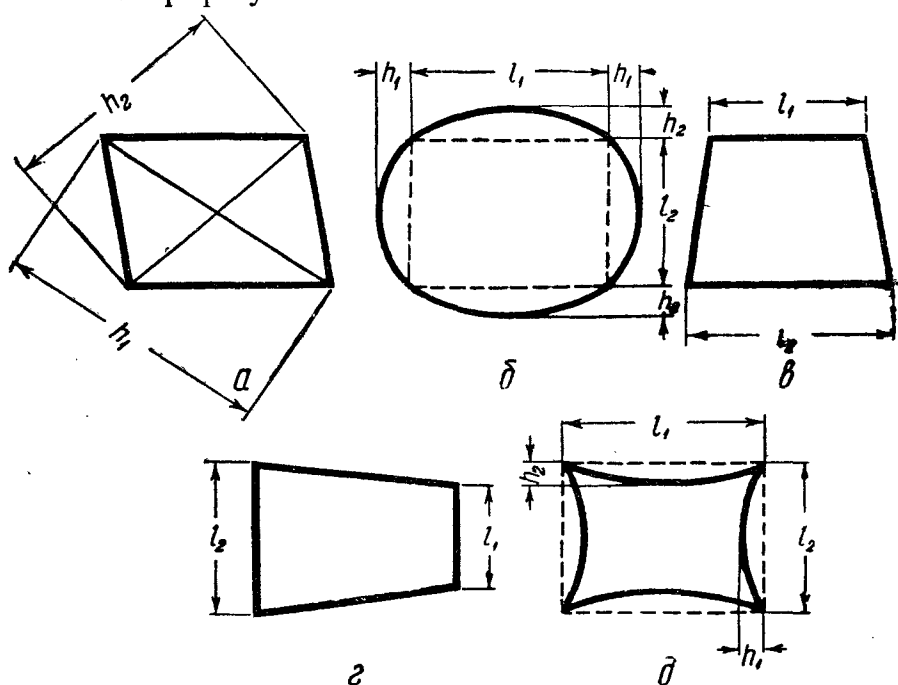


Рис. 25. Геометрические искажения раstra телевизионной трубки:

*a* — ромбическое искажение; *б* — бочкообразное искажение; *в, г* — трапециевидальные искажения; *д* — подушкообразное искажение

— ромбическое искажение (см. рис. 25, *a*)

$$m_p = 2 \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \cdot 100\%;$$

— бочкообразное искажение (см. рис. 25, *б*)

$$m_b = \frac{h}{l} \cdot 100\%;$$

— трапециевидальное искажение (см. рис. 25, *в* и *г*)

$$m_t = 2 \cdot \frac{l_2 - l_1}{l_2 + l_1} \cdot 100\%;$$

— подушкообразное искажение (см. рис. 25, *д*)

$$m_n = \frac{h}{l} \cdot 100\%.$$

Допустимыми считаются геометрические искажения не более 2—3%.

Для определения нелинейных искажений на испыта-

тельной таблице измеряют гибкой линейкой горизонтальные стороны двух крайних квадратов слева ( $a$ ), справа ( $b$ ) и длину горизонтальных сторон двух квадратов в середине ( $в$ ).

После этого подсчитывают величины нелинейных искажений по горизонтали соответственно для левой и правой частей изображения таблицы:

$$n_{л} = \frac{a - б}{б} \cdot 100\%; \quad n_{п} = \frac{б - в}{в} \cdot 100\%.$$

Затем определяют величины нелинейных искажений по вертикали соответственно верхней и нижней частей изображения, предварительно измерив вертикальные стороны двух крайних квадратов сверху ( $г$ ), снизу ( $д$ ) и квадратов в середине ( $е$ ):

$$n_{в} = \frac{г - е}{е} \cdot 100\%; \quad n_{н} = \frac{д - е}{е} \cdot 100\%.$$

Максимально допустимые нелинейные искажения по горизонтали не должны превышать 15%, а по вертикали — 12%.

Если необходимо проверить развертку без приема испытательной таблицы, то для определения геометрических искажений измеряют стороны и диагонали раstra. Частоту и линейность измеряют следующим образом. На вход видеоусилителя от сигнал-генератора подают напряжение частотой 100—200 кГц и амплитудой 0,5—1 в. При этом на экране трубки появятся вертикальные полосы, количество которых будет равно примерно 0,9 отношения частоты сигнал-генератора к частоте генератора развертки строк.

В этом случае нелинейность развертки по строкам будет выражаться либо в постепенном уменьшении расстояния между полосами, либо в неодинаковой ширине полос на разных участках раstra. Для определения нелинейности в первом случае измеряют расстояние между полосами слева ( $a$ ) и справа ( $б$ ) либо максимальное ( $a$ ) и минимальное ( $б$ ) расстояния между ними. Нелинейность подсчитывают по формуле:

$$n = 2 \cdot \frac{a - б}{a + б} \cdot 100 \%.$$

Для определения частоты и нелинейности кадровой развертки на вход видеоусилителя подают напряжение

частотой 400 или 1000 гц (от модулятора сигнал-генератора или звукового генератора). При частоте 400 гц на экране появляются 8 полос, а при частоте 1000 гц — 20 полос при нормальной частоте развертки. Нелинейность развертки по кадрам подсчитывают по той же формуле, что и нелинейность по строкам.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ

**Измерение частоты (длины волны).** Радиопередатчики могут быть предназначены для работы только на одной или нескольких фиксированных частотах либо в некотором диапазоне частот. Для первых точность измерения частоты и особенно ее стабильности имеет очень большое значение. Передатчики же, работающие в некотором диапазоне частот, не требуют столь высокой точности измерения частоты: в большинстве случаев необходимо лишь проверить точность их градуировки.

Частота передатчика, работающего на коротких или метровых волнах, измеряется при помощи резонансных или гетеродинных волномеров. На более коротких волнах обычно измеряют не частоту, а длину волны.

При измерении частоты передатчик обязательно должен быть нагружен антенной, с которой он работает. Если же нежелательно излучение колебаний в пространство, то передатчик нагружают на эквивалент антенны, в качестве которого используются последовательно соединенные активное сопротивление, индуктивность и емкость.

Величины их подбирают экспериментально, чтобы режим работы передатчика практически не изменялся при включении вместо антенны ее эквивалента. Связь волномера с передатчиком должна быть минимальной, но достаточной для устойчивой работы измерительного прибора. Если передатчик работает на нескольких фиксированных частотах, то измерения производятся на каждой из частот. При работе передатчика в диапазоне частот проверяют градуировку его шкалы. Для этого передатчик настраивают на крайние и среднюю частоты диапазона и сравнивают показания измерителя частоты с градуировкой шкалы передатчика.

Далее переходят к измерению стабильности частоты, генерируемой передатчиком. Изменение частоты передат-

чика обуславливается в основном изменением напряжений питания. Кроме того, в начальный период работы передатчика после включения источников питания частота изменяется вследствие прогрева его ламп, резисторов и других деталей, а также вследствие изменения температуры окружающего воздуха, его влажности. Поэтому измерения стабильности частоты должны предусматривать измерение частоты передатчика с учетом указанных факторов, согласно техническим условиям на испытание данного передатчика.

Остановимся на некоторых, наиболее часто встречающихся испытаниях стабильности частоты.

Чтобы определить устойчивость частоты при изменении напряжений питания, передатчику в нормальном режиме работы дают хорошо прогреться (до 1 часа) и измеряют его частоту. Затем плавно изменяют анодное напряжение на 10—20% в обе стороны от номинала, одновременно фиксируя изменение частоты передатчика. После этого устанавливают анодное напряжение нормальным и испытывают передатчик при изменении накального напряжения. Наконец, производят испытание при одновременном изменении анодного и накального напряжений. По полученным результатам строят графики, показывающие зависимость частоты передатчика от изменения напряжений питания. Измерения производят на каждой частоте, на которой работает испытываемый передатчик, или на двух-трех точках диапазона его частот.

Для определения стабильности частоты передатчика при его прогреве передатчику дают хорошо остыть, затем включают и измеряют его частоту через 5, 10, 15, 20 и 30 мин. после включения. По результатам измерений строят график «выбега» частоты холодного передатчика и определяют минимально необходимое время прогрева.

**Измерение мощности.** Мощность передатчика складывается из мощности, излучаемой антенной в пространство, и мощности потерь в антенне:

$$P_A = I_A^2 R_A,$$

где:  $I_A$  — ток в антенне;

$R_A$  — сопротивление антенны, состоящее из сопротивления излучения и сопротивления потерь.

На практике обычно пользуются не антенной, а ее эквивалентом. В этом случае  $R_A$  представляет собой активное сопротивление эквивалента на рабочей частоте передатчика. Ток в эквиваленте измеряют термоэлектрическим амперметром.

Подобным образом измеряют мощность передатчиков, работающих на частотах, не превышающих 10—15 Мгц.

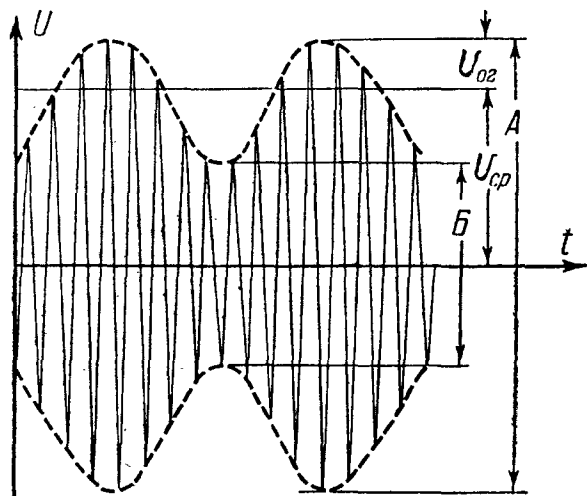


Рис. 26. Определение коэффициента амплитудной модуляции по осциллограмме

На метровых и дециметровых волнах измеряют непосредственно мощность высокочастотных колебаний при помощи фотометров, болометров и термисторов.

**Измерение модуляции.** В большинстве случаев испытание модуляции передатчика сводится к измерению коэффициента глубины модуляции, который при амплитудной мо-

дуляции представляет собой отношение амплитуды огибающей модулированного колебания к его средней амплитуде, в процентах (рис. 26).

$$m = \frac{U_{ог}}{U_{ср}} = \frac{A - B}{A + B} \cdot 100\%.$$

У передатчиков, работающих с амплитудной модуляцией, коэффициент модуляции измеряют либо при помощи специальных приборов-модулометров, либо при помощи электронно-лучевого осциллографа.

Коэффициент модуляции измеряется модулометром ИМ-8 следующим образом. Прибор имеет несколько сменных катушек для связи с антенной или эквивалентом антенны испытываемого передатчика. В зависимости от частоты, на которой производится испытание, выбирают соответствующую катушку связи, которая соединяется с прибором гибким кабелем, и подносят катушку к эквиваленту антенны. Одновременно переключатель модуло-

метра устанавливают в положение «Контроль связи» и, приближая или удаляя катушку связи, добиваются нормальной связи модулометра с передатчиком: связь будет нормальной, если стрелка измерителя находится в пределах сектора шкалы «Нормальная связь».

После этого переключатель переводят в положение «Отсчет  $m\%$ », а лимб модулометра поворачивают до отказа влево. Стрелка измерителя должна устанавливаться на нуль шкалы.

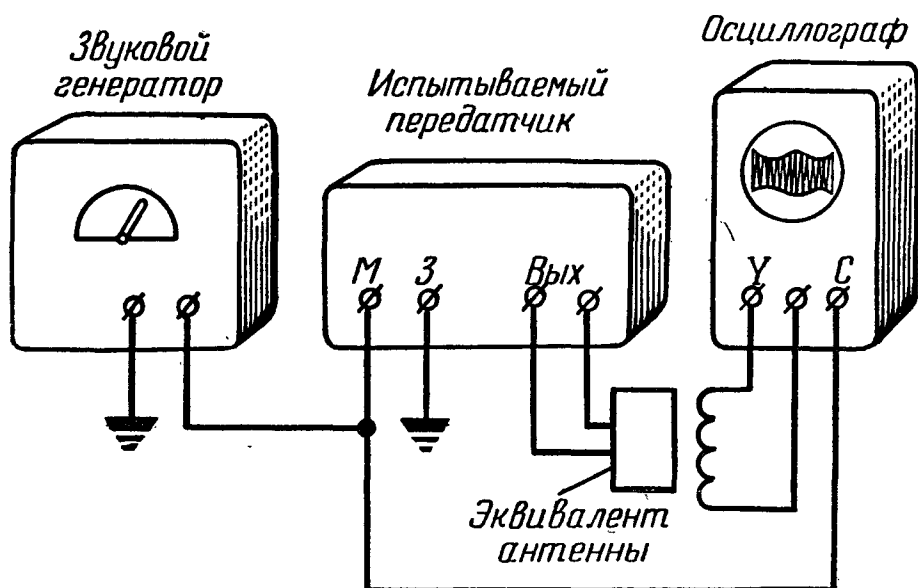


Рис. 27. Схема измерения коэффициента модуляции осциллографическим методом

Далее приступают к измерению коэффициента модуляции. Для этого на вход модулятора передатчика подают напряжение с частотой 1000 гц от звукового генератора или произносят перед микрофоном передатчика продолжительный звук «а» и, плавно поворачивая лимб модулометра, устанавливают стрелку измерителя на отметку «Положение отсчета  $m\%$ ». Значение коэффициента модуляции передатчика отсчитывают по шкале лимба.

Измерить коэффициент модуляции при помощи осциллографа можно несколькими способами. Наиболее простой заключается в следующем. Вертикально отклоняющие пластины трубки индуктивно связывают с эквивалентом антенны испытуемого передатчика (рис. 27). В результате на экране возникает прямая, отмеченная четырьмя яркими точками, соответствующими перегибам

огибающей модулированного колебания (рис. 28). Измеряют расстояния  $A$  и  $B$  и вычисляют коэффициент модуляции по приведенной выше формуле.

Эту огибающую модулированного колебания можно увидеть на экране осциллографа, если на вертикально отклоняющие пластины подать протектированное линейным детектором модулированное напряжение (чтобы

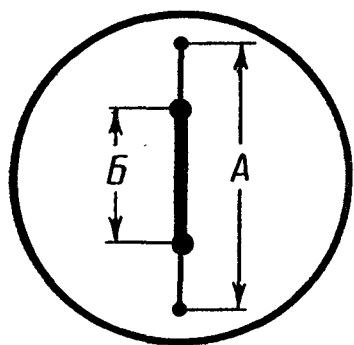


Рис. 28. Осциллограмма при измерении коэффициента модуляции без временной развертки

удалить высокочастотную составляющую). На горизонтально отклоняющие пластины подается напряжение развертки, синхронизированное с частотой модуляции. При этом на экране осциллографа появится модулирующая кривая. Для определения коэффициента модуляции выключают модулированное напряжение. Замечают положение на экране горизонтальной прямой (вертикальное отклонение отсутствует), затем снова включают модулированное напряжение и определяют размеры  $A$  и  $B$ . Коэффициент модуляции подсчитывают по приведенной выше формуле.

Если же высокочастотное напряжение подать непосредственно на вертикально отклоняющие пластины, минуя детектор, то при работающей развертке осциллографа (она должна быть синхронизирована с частотой модуляции) на его экране появится изображение модулированного колебания с высокочастотным заполнением.

Для исследования модуляции можно применить и другой, принципиально отличный осциллографический метод — метод трапеции. При этом методе на вертикально отклоняющие пластины подают высокочастотное модулированное напряжение, а на горизонтально отклоняющие пластины — модулирующее напряжение. В этом случае на экране появляется трапеция (рис. 29, а), форма которой зависит от глубины модуляции. Так, если глубина модуляции равна 100%, то размер  $B$  (см. рис. 28) равен нулю и трапеция превратится в треугольник (рис. 29, б). При перемодуляции треугольник будет нарастен прямой, соответствующей участку, в котором отсутствуют высокочастотные колебания (рис. 29, в). Все это

будет только в том случае, если модуляция высокочастотных колебаний происходит по линейному закону. При нелинейной модуляции на экране осциллографа появится фигура, показанная на рис. 29, г. Таким образом, по форме трапеции можно не только определить коэффициент модуляции, но и проверить линейность модуляции.

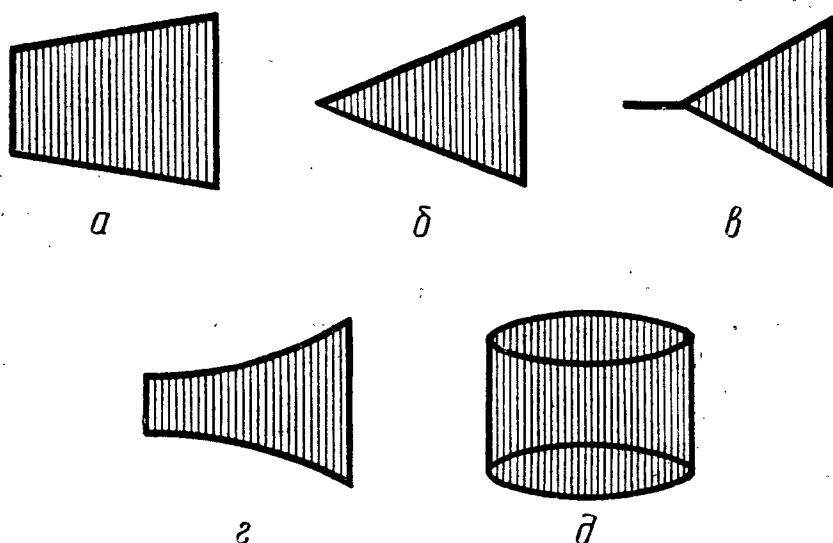


Рис. 29. Исследование амплитудной модуляции методом трапеции:

*а* — форма трапеции при нормальной модуляции; *б* — 100 %-ная модуляция; *в* — перемодуляция; *г* — нелинейная модуляция; *д* — наличие фазовых сдвигов

Есть и еще одно удобство исследования модуляции методом трапеции. При испытании модуляции осциллографическим методом с пилообразной разверткой для получения на экране кривых, по которым можно было бы достаточно точно судить о качестве модуляции и ее глубине, необходимо модулировать передатчик строго синусоидальным напряжением, например от внешнего звукового генератора, подключаемого ко входу модулятора передатчика. При таком методе невозможно обеспечить контроль модуляции в процессе работы передатчика, да и трудно судить, например, о линейности модуляции, оценивая на глаз синусоидальность огибающей. Метод же трапеции позволяет значительно проще обнаружить искажения по искривлению образующих трапеции, а главное,



при этом методе можно контролировать качество модуляции непосредственно в процессе работы передатчика, так как, если передатчик не вносит искажений в процесс модуляции, то независимо от формы модулирующего напряжения, его частоты и стабильности на экране осциллографа появится неподвижная трапеция.

Следует, однако, предупредить, что все сказанное выше соответствует только тому случаю, когда между огибающей модулированного напряжения и модулирующим напряжением отсутствуют фазовые сдвиги. При наличии таких сдвигов вся фигура изменяет форму (рис. 29, д).

Разумеется, что измерение коэффициента модуляции, а также все другие испытания модуляции должны производиться на рабочей частоте передатчика.

При питании передатчика от выпрямителя в процессе испытаний следует измерить величину паразитной модуляции частоты передатчика фоном переменного тока, т. е. модуляции, обусловленной пульсацией питающих напряжений. Коэффициент такой модуляции представляет собой отношение переменного напряжения на выходе линейного детектора, связанного с антенной или эквивалентом антенны испытываемого передатчика, при отсутствии модуляции к напряжению на выходе этого же детектора при модуляции частоты передатчика с глубиной 75%

$$m_{\text{пар}} = \frac{U_0}{U_{\text{мод}}} \cdot 75\%.$$

Этот коэффициент измеряют следующим образом. Замыкают накоротко вход модулятора, регулятор глубины модуляции устанавливают в положение максимальной модуляции и измеряют напряжение на выходе линейного детектора, связанного с эквивалентом антенны передатчика. Частота передатчика должна иметь рабочее значение. Затем на вход модулятора подают синусоидальное напряжение с частотой 400 или 1000 гц, а его амплитуду выбирают такой, чтобы глубина модуляции передатчика составляла 75% (это контролируют по модулометру или осциллографу одним из способов, описанных выше). После этого измеряют напряжение на выходе детектора и по полученным значениям вычисляют коэффициент паразитной модуляции.

При импульсной модуляции передатчика форму, длительность и прочие параметры импульсов определяют при помощи осциллографа.

**Снятие частотной характеристики.** Одновременно с измерением коэффициента модуляции можно снять частотную характеристику передатчика, показывающую изменение коэффициента модуляции от изменения частоты модуляции. Обычно такая характеристика снимается для каждой из частот, на которых работает передатчик, или для нескольких точек его диапазона частот.

Изменение коэффициента модуляции с изменением частоты модуляции происходит потому, что коэффициент усиления модулятора, а также каскадов, усиливающих модулированные колебания, зависят не только от амплитуды, но и от частоты модулирующего напряжения.

Процесс снятия частотной характеристики передатчика протекает следующим образом. Вначале описанным способом измеряют коэффициент модуляции передатчика при частоте модуляции 400 или 1000 *гц*, причем глубину модуляции устанавливают нормальной для данного передатчика. Затем начинают изменять частоту модуляции (частоту звукового генератора, подключенного к входу модулятора), одновременно измеряя коэффициент модуляции передатчика. При этом амплитуда модулирующего напряжения, положение ручки регулятора глубины модуляции, частота передатчика и все прочие параметры должны быть неизменными. По полученным значениям строят характеристику изменения коэффициента модуляции передатчика в зависимости от изменения частоты модуляции. По вертикальной оси откладывают неравномерность коэффициента модуляции — отношение в децибелах коэффициента  $m_f$  для данного значения частоты модуляции к среднему коэффициенту  $m_{ср}$  при частоте модуляции 400 или 1000 *гц*:

$$M = 20 \lg \frac{m_f}{m_{ср}}.$$

### Глава III

## НАЛАЖИВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Электронные усилители низкой частоты (УНЧ), используемые в приемниках, магнитофонах и телевизорах, должны обеспечивать получение равномерного неис-

каженного усиления звуковых частот при заданном входном напряжении и выходной мощности. Рабочий диапазон частот УНЧ определяется классом устройства, в котором он используется. Наиболее высокие требования предъявляются к усилителям приемных устройств высшего класса. Здесь диапазон усиливаемых частот принимаемых ЧМ передач должен иметь пределы 40—15 000 *гц*. УНЧ приемников должны обеспечивать получение полосы пропускания первого класса 80—12 000 *гц*, второго — 100—10 000 *гц*, третьего — 120—7000 *гц* и четвертого — 200—6000 *гц*. В УНЧ радиовещательных приемников, предназначенных только для приема АМ передач, полоса пропускания может быть сужена до 100—4000 *гц* в устройствах второго класса, до 120—3500 *гц* — третьего класса и до 200—3000 *гц* — четвертого класса.

Примерно такой же диапазон усиливаемых частот должны иметь УНЧ, используемые в магнитофонах широкого применения. При номинальной скорости ленты 19,05 *см/сек*. рабочий диапазон частот УНЧ магнитофона должен быть не менее 40—1000 *гц*, при скорости 9,53 *см/сек* — 63—10 000 *гц* и при скорости 4,76 *см/сек* — 80—5000 *гц*.

УНЧ канала звукового сопровождения обычно имеют полосу пропускания в телевизионных приемниках первого класса не хуже 80—10 000 *гц*, у второго — 100—7000 *гц* и у третьего — 150—5000 *гц*.

Чувствительность усилителей, используемых в приемниках и телевизорах, порядка 250 *мв*, чувствительность микрофонного входа магнитофонных усилителей записи 0,5—1,0 *мв*. В зависимости от типа магнитных головок чувствительность входа усилителя воспроизведения в магнитофонах колеблется в пределах от 0,3 до 5 *мв*.

Для приемников сетевого питания выходная мощность УНЧ обычно находится в пределах от 0,5 до 8 *вт* (в зависимости от класса), у транзисторных приемников и радиол — от 25 *мвт* до 0,5 *вт*. Выходная мощность УНЧ звукового канала телевизионных приемников 0,5—2 *вт*, УНЧ магнитофонов широкого применения 1—3 *вт*.

Рассмотрим теперь основные особенности проверки и регулировки ламповых и транзисторных УНЧ, используемых в радиоаппаратуре широкого применения и радиолюбительских конструкциях. Приступая к налаживанию УНЧ, следует прежде всего убедиться в прохожде-

нии через него сигнала. Для этого достаточно подать на вход усилителя небольшое напряжение звуковой частоты (50—100 мв) от какого-либо подходящего генератора или пробника. Во многих случаях можно обойтись и без генератора — достаточно простого прикосновения к входным гнездам усилителя, чтобы на выходе его появилось напряжение (хриплый звук в громкоговорителе или искаженная синусоида на экране осциллографа).

Затем следует проверить, не прослушивается ли на выходе усилителя фон переменного тока. Если фон имеется, то нужно установить его происхождение. Лучше всего воспользоваться для этого осциллографом. Подключив вертикальный вход осциллографа к выходу УНЧ, синхронизируют осциллограф с сетью. Если изображение на экране осциллографа неподвижно, значит фон проникает из сети. Такая проверка необходима в виду того, что иногда причиной фона может явиться самовозбуждение УНЧ.

После проверки надежности соединений и исправности всех резисторов (особенно тщательно это следует сделать во входных цепях усилительных каскадов) проверяют выпрямитель. В большинстве случаев напряжение с исследуемого выпрямителя можно непосредственно подать на вертикальный вход осциллографа. Если же напряжение на выходе выпрямителя окажется выше рабочего напряжения разделительного конденсатора входа «У», то этот вход следует зашунтировать сопротивлением в 100 ком (включив его между зажимами «вход» и «земля»), а исследуемый выпрямитель подключить к зажиму «вход» через резистор в 0,5—1,0 Мом. При нормальной работе выпрямителя фон переменного тока на его выходе можно обнаружить лишь при максимальном усилении по входу «У» (или с помощью милливольтметра переменного тока). При повышенном уровне фона следует проверить работу фильтра. Перемещая щуп, соединенный с вертикальным входом осциллографа вдоль цепи фильтра, убеждаются, что в каждой новой точке фильтра величина изображения исследуемого напряжения на экране осциллографа становится меньше и углы у него сглаживаются.

Если при подключении щупа к очередной детали проверяемого фильтра (конденсатору, дросселю или резистору) на экране осциллографа изменения изображения

не наблюдается, то эту деталь следует заменить: она неисправна. При нормальной работе сглаживающего фильтра пульсации напряжения на его выходе не должны просматриваться.

Если выпрямитель исправен, то для установления источника фона попробуйте закоротить входную цепь усилителя. Пропадание фона в этом случае свидетельствует о плохом соединении входа УНЧ с звуковым генератором или о ненадежных контактах во входной цепи первого каскада усилителя. Фон переменного тока может остаться и после закорачивания входной цепи. Теперь неисправность надо искать в лампах или цепях накала. В тех случаях, когда при последовательной замене всех ламп в усилителе фон не исчезает, производят тщательную проверку монтажа всех цепей накала. Провода, идущие от накальной обмотки силового трансформатора, должны быть надежно припаяны к контактным лепесткам ламповых панелей. Для подводки цепей накала (особенно в многокаскадных усилителях) лучше всего использовать двойной экранированный провод, оболочка которого должна надежно соединяться с шасси. При отсутствии подходящего экранированного провода накальные цепи выполняют из скрученного шнуром изолированного провода сечением 0,5—0,75 мм<sup>2</sup>.

Убедиться в том, что фон возникает в накальной цепи, можно так: включить питание УНЧ, дать прогреться его лампам и затем разорвать цепь накала. При этом усилитель сможет еще некоторое время работать (пока остывают лампы). Если уровень фона в момент выключения накальной цепи резко снизится — значит накальная цепь основной источник фона в УНЧ.

Обычно таким источником фона бывает первый каскад усиления, поэтому нить накала лампы первого каскада УНЧ лучше всего питать от отдельной обмотки силового трансформатора и включать параллельно с ней балансирующий потенциометр в 70—100 ом (например, проволочный переменный резистор типа ППЗ-11). Ползунок этого потенциометра соединяют с шасси, причем точку присоединения лучше всего подобрать практически (по наименьшему уровню фона). Рекомендуются также подобрать для первого каскада УНЧ лампу с минимальным уровнем фона. Иногда практикуется снижение напряжения накала лампы входного каскада с напряжени-

ем накала от 6,3 до 5 в. Но в высококачественных УНЧ этот метод неприменим, так как при недокале ламп появляется так называемый фликер-эффект (эффект мерцания), проявляющийся в виде значительного увеличения внутренних шумов лампы из-за перемежающейся неравномерности эмиссии с различных участков катода. Поэтому в высококачественных усилителях более выгодно подавать на первую лампу небольшой перекал (до 6,8 в при номинале 6,3 в).

Для уменьшения внутренних шумов радиоламп можно подавать на нити накала небольшое постоянное положительное смещение (10—15 в). Для этого можно использовать падение напряжения на сопротивлениях автоматического смещения ламп оконечного каскада усилителя или подать смещение от отдельного небольшого выпрямителя.

Иногда нити накала первых усилительных каскадов питают постоянным током от специального низковольтного выпрямителя, снабженного хорошим сглаживающим фильтром.

Причиной возникновения фона бывают также блуждающие токи в шасси усилителя, поэтому последнее не следует использовать для подводки накального напряжения к лампам. Иногда фон в значительной мере можно уменьшить подключением к шасси одного из концов накальной цепи (точку присоединения при этом подбирают практическим путем). Если все эти меры не дадут нужного результата, то шасси усилителя освобождают от всех соединенных с ним цепей. Затем все подлежащие «заземлению» точки схемы соединяют со специальной изолированной от шасси «нулевой» шиной, а ее подключают к шасси только в какой-нибудь одной точке (определяемой экспериментальным путем).

Особое внимание следует обратить на компоновку деталей и качество монтажа входного каскада УНЧ. Ламповая панель в этом каскаде для устранения микрофонного эффекта должна иметь «мягкую» подвеску на резиновых прокладках. Кроме того, для уменьшения наводок лампу этого каскада в высокочувствительных усилителях обычно помещают в стальной экран, надежно соединенный с шасси. Все соединения входных цепей первых каскадов УНЧ лучше всего выполнять экранированным проводом. Корпуса переменных резисторов регуля-

торов громкости и тембра обязательно заземляют, а все детали, входящие в схему этих регулировок, заключаются в отдельный экран.

Кроме борьбы с фоном путем уменьшения уровня его источников и подавления паразитных связей, довольно часто применяют различные компенсационные методы подавления фона. Принцип действия таких схем основан на введении в различные узлы радиоустройства переменного напряжения сети питания в противофазе с фоном.

В простейшем случае используют заземление средней точки накальной обмотки силового трансформатора или же параллельное включение балансировочного потенциометра в накальную цепь (с последним мы уже познакомились). Иногда применяют более сложные компенсационные схемы подавления фона. Так, например, в схеме, приведенной на рис. 30, с переменного резистора  $R_4$  можно

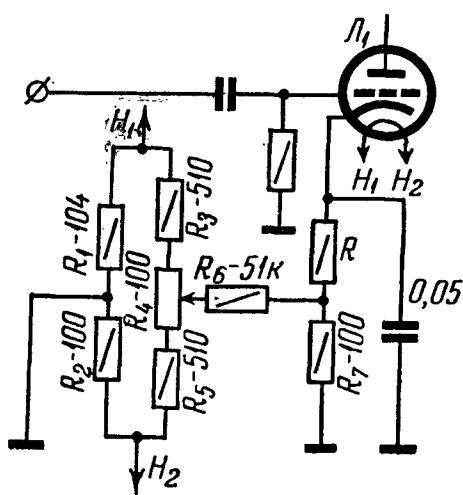


Рис. 30. Компенсационная схема подавления фона

снимать компенсирующее напряжение различной амплитуды и фазы. Это напряжение подается в цепь автоматического смещения лампы  $L_1$ , в которую входят два последовательно включенных резистора ( $R$  и  $R_7$ ). Таким образом в составе анодного тока лампы  $L_1$  за счет падения напряжения на резисторе  $R_7$  образуется соответствующее компенсирующее напряжение. Регулировкой резистора  $R_4$  подбирают фазу и амплитуду этого напряжения так, чтобы фон на выходе усилителя был минимальным.

Для получения высокого качества фильтрации выпрямленного напряжения в современной радиоаппаратуре часто применяют дроссели фильтра с двумя отдельными обмотками (основной и компенсирующей). Применение таких дросселей в фильтрах выпрямителей снижает пульсации на выходе в 3—4 раза. На рис. 31 приведена схема фильтра с дросселем, имеющим две обмотки, включенные навстречу друг другу. Магнитные потоки, создаваемые постоянной составляющей тока в обмотках  $I$  и  $II$

дросселя  $Dp_1$ , взаимно компенсируются, а переменная составляющая отфильтровывается обмоткой  $I$ . Такой дроссель напоминает двухтактный выходной трансформатор, у которого сердечник также намагничивается разностными токами, так что магнитная проницаемость сердечника сохраняется и габариты (следовательно, и вес) сердечника могут быть значительно меньшими, чем у одноконтурного трансформатора.

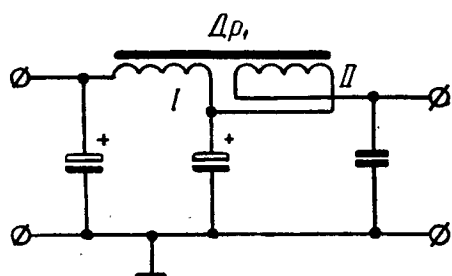


Рис. 31. Дроссель фильтра с компенсационной обмоткой

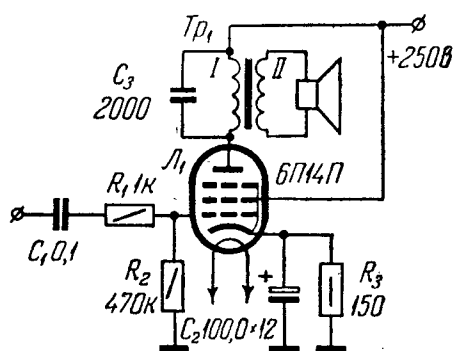


Рис. 32. Схема однотактного оконечного каскада на лампе 6П14П

При тех же размерах дроссель с компенсационной обмоткой можно рассчитать на больший ток, чем обычный дроссель с одной обмоткой, так как опасность насыщения сердечника у него исключается. Теперь подобные дроссели используются в выпрямительных устройствах заводских приемников и радиолх первого и высшего классов. Радиопромышленность выпускает также типовые унифицированные дроссели фильтров с компенсационной обмоткой (типа Д и ТД) индуктивностью от 0,001 до 40 гн на номинальный ток от 0,35 до 12,5 а.

**Покаскадное налаживание УНЧ начинают с выходного каскада.** Убедившись в нормальном режиме лампы  $L_1$  (см. рис. 32, на котором приведена типовая схема однотактного оконечного каскада на лампе 6П14П), подают на конденсатор  $C_1$  синусоидальное напряжение с выхода генератора звуковой частоты порядка 0,1—0,5 в и затем производят проверку усилителя. Для контроля выходного напряжения лучше всего воспользоваться осциллографом, вертикальный вход которого подключают к вторичной обмотке трансформатора  $Tr_1$  параллельно



с динамическим громкоговорителем или балластным резистором. Меняя амплитуду и частоту напряжения на входе усилителя, наблюдают за формой выходного напряжения на экране осциллографа. Если амплитуда синусоидальной кривой плавно изменяется с ростом напряжения на входе усилителя и форма кривой при изменении частоты генератора не искажается, то очевидно, что выходной каскад работает нормально. Искажение выходного сигнала может быть вызвано неправильным выбором напряжения смещения у лампы  $L_1$ , а резкое уменьшение амплитуды выходного напряжения с одновременным искажением формы изображения — следствие короткозамкнутых витков в первичной обмотке выходного трансформатора  $Tr_1$ . При этом звук в громкоговорителе слабый, «придавленный», с неприятной окраской. Следует также проверить корректирующий конденсатор  $C_1$ , нет ли в нем утечки. Для этого конденсатор отпаивают от схемы и с помощью мегомметра или лампового омметра измеряют его сопротивление. Хороший конденсатор должен иметь сопротивление, равное сотням мегом.

При регулировке смещения резистор  $R_2$  заменяют переменным. Затем, плавно изменяя его величину и наблюдая при этом за изображением на экране осциллографа, добиваются получения неискаженной формы синусоидального напряжения. Регулировку смещения можно произвести и без осциллографа. Для этого параллельно резистору  $R_2$  подключают вольтметр постоянного тока и подбирают величину автоматического смещения так, чтобы показания его оставались неизменными независимо от того, подан сигнал на сетку лампы  $L_1$  или нет. Резистор  $R_2$  следует уменьшить при росте показаний вольтметра с подачей сигнала на сетку  $L_1$  или соответственно увеличить, если показания вольтметра падают при появлении сигнала на входе усилителя.

Налаживание двухтактных выходных каскадов УНЧ производят в том же порядке. Отличие заключается в том, что необходимо произвести проверку режима работы каждого плеча и добиться полной симметрии обоих плеч двухтактного каскада. На рис. 33 приведена схема двухтактного выходного каскада, выполненного на двух лучевых тетрадах типа 6П14П. Такой каскад может отдавать в нагрузку порядка 10 вт выходной мощности при нелинейных искажениях не более 1,5% и до 15 вт в форсиро-

ванном режиме при нелинейных искажениях около 4%. В нем применена так называемая ультралинейная схема, отличающаяся от обычной тем, что экранирующие сетки ламп  $\mathcal{L}_1$  и  $\mathcal{L}_2$  присоединены к отводам от обмотки  $I$  выходного трансформатора  $Tr_1$ . Благодаря этому характеристика анодного тока ламп  $\mathcal{L}_1$  и  $\mathcal{L}_2$  становится ультралинейной (из-за большой отрицательной обратной связи

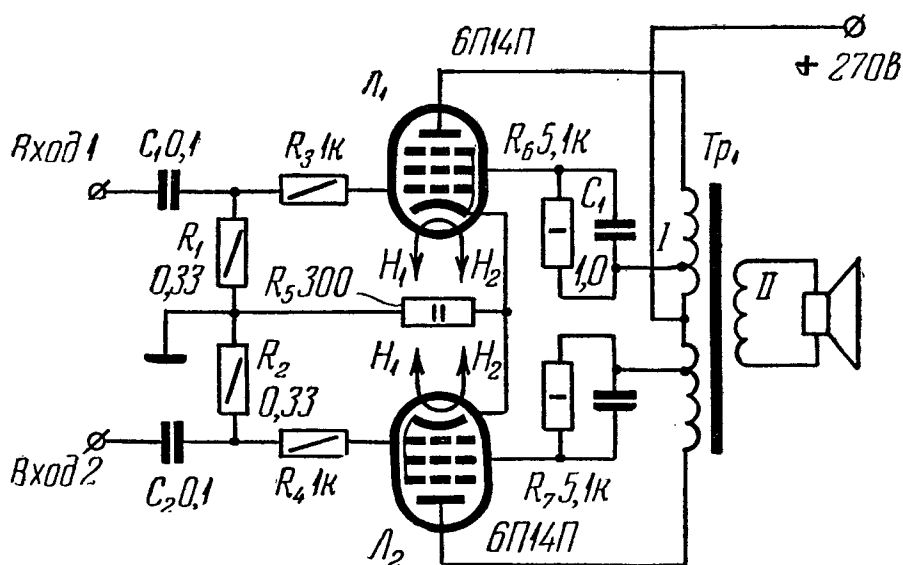


Рис. 33. Схема двухтактного оконечного каскада на лампах 6П14П

по экранирующим сеткам). Применение подобной схемы наиболее эффективно в высококачественных УНЧ, так как искажения, вносимые в усиливаемый сигнал в таком каскаде, в несколько раз меньше, чем у простых двухтактных усилителей.

Прежде чем приступать к налаживанию и проверке двухтактного выходного каскада, подбирают однотипные лампы  $\mathcal{L}_1$  и  $\mathcal{L}_2$  с одинаковыми катодными токами (в пределах  $\pm 5\%$ ). Более тщательную балансировку смещения можно произвести, заменив общий резистор автоматического смещения  $R_5$  двумя отдельными резисторами смещения по 130—150 ом раздельными для ламп  $\mathcal{L}_1$  и  $\mathcal{L}_2$ . При чем один из этих резисторов берут переменным (в любом из плеч) и, изменяя его величину, добиваются минимального коэффициента нелинейных искажений в выходном каскаде. При тщательной балансировке и под-

боре ламп в таком усилителе коэффициент нелинейных искажений может быть не более 0,8—1,2%.

Если нет измерителя нелинейных искажений, ограничиваются подбором ламп, а окончательное симметрирование каскада производят по минимальному и максимальному напряжению на выходе усилителя (при совпадении и разности фаз напряжений на сетках ламп  $L_1$  и  $L_2$ ). Для этого конденсатор  $C_1$  временно отключают от фазоинвертора, а общие точки соединений резисторов  $R_1—R_3$  и  $R_2—R_4$  закорачивают. Затем, регулировкой переменного резистора смещения в одном из плеч усилителя добиваются минимального напряжения на выходе двухтактного усилителя. В идеальном случае оно должно быть равно нулю. При восстановлении схемы сигнал на выходе УНЧ должен иметь максимальную величину. После балансировки переменный резистор можно заменить соответствующим постоянным, но лучше зафиксировать движок переменного резистора в нужном положении, так как при смене ламп вновь будет нужно произвести симметрирование усилителя.

Для получения на входе двухтактного оконечного каскада двух напряжений, равных по амплитуде, но сдвинутых по фазе на  $180^\circ$  по отношению друг к другу, применяют так называемые инвертирующие каскады или специальные переходные трансформаторы, имеющие вывод от средней точки выходной обмотки.

В ламповых усилителях наибольшее распространение получили фазоинверсные каскады, выполненные на двойных триодах. На рис. 34 приведена схема фазоинвертора, собранного на двойном триоде 6Н1П. Такой каскад имеет хорошую частотную характеристику при коэффициенте усиления около 30 и может работать при пониженном анодном напряжении (150—200 в).

В двухтактных усилителях налаживание фазоинверсного каскада должно предшествовать отладке оконечного усилителя, так как для нормальной работы выходного двухтактного каскада необходимо, чтобы переменные напряжения, снимаемые с выходов фазоинвертора, отличались бы друг от друга не более чем на 0,5—0,7%.

Фазоинверсный каскад (см. рис. 34) состоит из двух плеч: основного, собранного на левом (по схеме) триоде  $L_1$ , и фазоинверсного, выполненного на правом триоде  $L_1$ . Оба плеча представляют собой обычные реостатные

каскады УНЧ, причем сигнал после усиления левым триодом поступает на один из входов двухтактного каскада и одновременно подается через конденсатор  $C_2$  и делитель  $R_6$ — $R_7$  на сетку правого триода  $\Delta_1$ . Регулировкой переменного резистора  $R_7$  добиваются того, чтобы напряжения, поступающие на сетки обоих триодов 6Н1П, были равны (напряжение входного сигнала и напряжение, снимаемое с делителя  $R_6$ — $R_7$ ). Тогда напряжение, снимаемое с выхода второго триода, будет также равно напряжению на выходе первого триода, но будет сдвинуто относительно него на  $180^\circ$ .

Во время налаживания фазоинверсного каскада лампы в окончном усилителе вынимают, а для балансировки используют электронный вольтметр, которым поочередно измеряют падение напря-

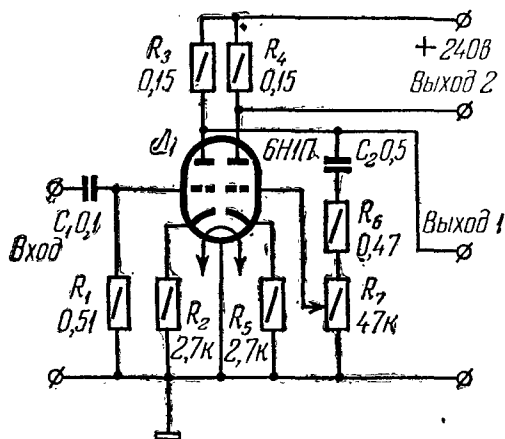


Рис. 34. Схема фазоинверсного каскада на двойном триоде 6Н1П

жения на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 33). Желательно, чтобы разница между этими напряжениями не превышала 3—5%. Если с помощью переменного резистора  $R_7$  (см. рис. 34) этого достигнуть не удастся, следует подобрать один из нагрузочных резисторов  $R_3$  или  $R_4$  (см. рис. 34). Желательно также с помощью осциллографа убедиться в отсутствии искажений в выходном напряжении фазоинвертора.

Следует заметить, что из-за разброса параметров используемых триодов, резисторов и конденсаторов абсолютного равенства обеих плеч фазоинверсного каскада добиться невозможно. Однако, практически, в пределах 5—7% разница в показателях обеих плеч каскада допустима.

*Налаживание каскадов предварительного усиления* также начинают с проверки и подгонки режимов ламп по постоянному току. Далее производят проверку работы предварительных каскадов, используя для контроля осциллограф. Если при подаче напряжения звуковой ча-

стоты на вход очередного налаживаемого каскада УНЧ будет обнаружено, что усилитель перестал пропускать заданную полосу частот, то прежде всего проверяют исправность переходного и блокировочного конденсаторов и соответствие их действительной емкости значениям этих конденсаторов в схеме. Причиной появления частотных

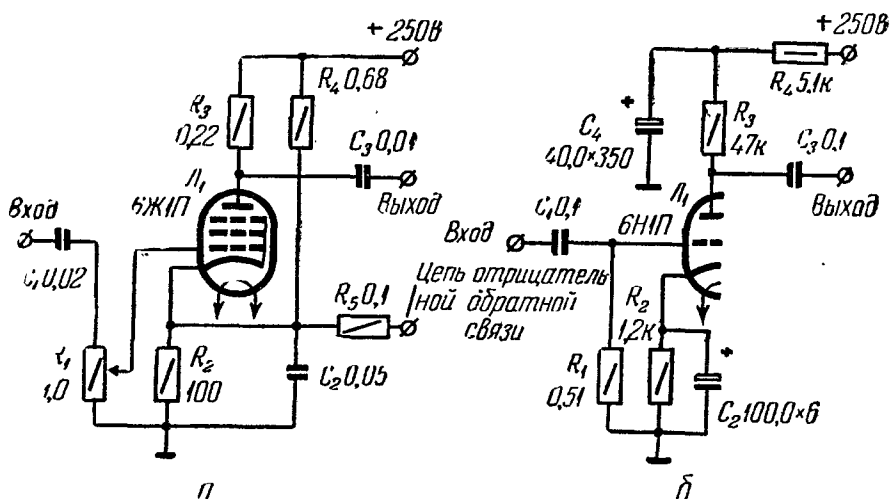


Рис. 35. Схемы реостатных каскадов усилителей низкой частоты:

а — на пентоде 6Ж1П; б — на половине двойного триода 6Н1П.

искажений могут быть ошибки, допущенные при монтаже цепей регулировки тембра и отрицательной обратной связи. Поэтому в начале налаживания УНЧ эти цепи можно временно отключить.

На рис. 35, а приведена схема реостатного каскада усилителя, выполненная на пентоде 6Ж1П, а на рис. 35, б — схема реостатного каскада на триоде (половине двойного триода 6Н1П). Пентодные усилители на резисторах позволяют получить большой коэффициент усиления (до 300 на каскад), но пентоды по величине собственных шумов значительно превосходят триоды. Так, например, эквивалентное шумовое сопротивление пентода 6Ж1П равно примерно 2 ком. Тогда как собственные шумы, создаваемые этой же лампой в триодном включении эквивалентны сопротивлению около 400 ом. Поэтому, для усиления напряжения в первых каскадах высококачественных усилителей целесообразно применять лишь специальные малошумящие пентоды (например, типа 6Ж32П), либо триоды.

Если в процессе налаживания предварительных каскадов УНЧ выяснится, что чувствительность усилителя излишне велика, можно уменьшить сопротивления анодной нагрузки ламп. Это позволит снизить частотные искажения, вносимые усилителем напряжения. При обнаружении очень больших запасов усиления можно ввести также добавочные цепи отрицательной обратной связи и несколько уменьшить сопротивление резисторов в цепях утечки сетки ламп предварительных каскадов УНЧ (до 250—300 *ком*). Это поможет расширить частотную характеристику усилителя и снизит искажения.

В основном налаживание каскадов предварительного усиления в УНЧ сводится к проверке режимов питания ламп, исправности переходных конденсаторов и резисторов в цепи утечки сетки. Номинальная емкость переходных конденсаторов должна быть достаточной, чтобы не создался завал на низких частотах (0,05—0,1 *мкф*). Обрыв или слишком большая величина сопротивления в цепи утечки сетки одной из ламп УНЧ будет восприниматься на слух подобно шуму капель, падающих из плохо перекрытого водопроводного крана. «Капание» в усилителе может возникнуть и при недостаточной величине емкости электролитического конденсатора, шунтирующего общий резистор смещения каскадов предварительного усиления. В этом случае причиной «капания» является самовозбуждение усилителя из-за возникновения положительной обратной связи. Увеличение сопротивления утечки сетки иногда приводит к тому, что наблюдается плавное медленное уменьшение сигнала на выходе УНЧ с последующим резким (скачкообразным) возрастанием его до номинальной величины. Период повторения этого явления может колебаться от одной до нескольких секунд. Значительное уменьшение величины сопротивления утечки сетки против номинала очень сильно сказывается на качестве воспроизведения низших частот. Звучание приобретает специфический «металлический» тембр, так как басовые ноты исчезают или сильно ослабляются. Как правило, отклонение величины сопротивления утечки сетки не должно превышать  $\pm 10\%$  от номинальной величины.

Перед установкой в схему следует тщательно проверить с помощью омметра надежность контакта ползунка с проводящим слоем у всех переменных резисторов в цепях регулировки громкости и тона. Плохие контакты в

них часто являются причиной повышенного уровня шума на выходе усилителя. Дополнительную проверку этих резисторов производят во время налаживания УНЧ. Для того чтобы проверить, создает ли тот или иной переменный резистор шум, достаточно несколько раз провернуть его рукоятку до отказа в обе стороны. Если изменение шума на выходе усилителя происходит в такт с вращением рукоятки переменного сопротивления, нужно его заменить.

Следует еще несколько слов сказать о возможности возбуждения каскадов УНЧ на сверхзвуковых и ультравысоких частотах. Такая необнаруживаемая на слух генерация может быть причиной очень больших искажений сигналов звуковой частоты. Для выявления сверхзвуковой генерации в УНЧ лучше всего воспользоваться осциллографом или электронным милливольтметром. Наличие напряжения сверхзвуковой частоты на выходе каскада будет свидетельствовать о том, что он работает с самовозбуждением. Причиной этого может быть неудачный монтаж и появление паразитных связей между анодными и сеточными цепями ламп УНЧ. Обнаружив паразитную генерацию в каком-либо каскаде, проверяют прежде всего качество его монтажа, надежность паяк всех деталей и соединений экранов с шасси усилителя. Если в процессе такой проверки генерацию устранить не удастся, прибегают к перемонтажу основных деталей этого каскада, так чтобы при новом взаиморасположении их по возможности уменьшить паразитную связь и влияние их друг на друга. В ряде случаев практикуется также включение в цепь управляющих сеток специальных антипаразитных сопротивлений (100—1000 ом).

*Методика и последовательность налаживания транзисторных УНЧ* в принципе мало чем отличается от уже рассмотренной техники налаживания ламповых усилителей. После проверки правильности монтажа собранной схемы УНЧ его подключают к источнику питания последовательно с миллиамперметром постоянного тока (со шкалой 50—100 ма). Если ошибок в схеме нет и все детали исправны, то после кратковременного начального броска тока, связанного с зарядкой электролитических конденсаторов, в обычных маломощных транзисторных усилителях ток покоя не должен превышать 5—20 ма.

Если ток покоя простого транзисторного УНЧ с одно-

тактным выходом мощностью 30—50 мвт превышает 4—5 ма, следует еще раз проверить всю схему УНЧ, а также использующиеся в ней транзисторы. Как правило, в предварительных каскадах транзисторных УНЧ следует применять транзисторы со значением коэффициента  $\beta = 30 \div 50$  (усиление по постоянному току в схеме с общим эмиттером) и начальным током коллектора не более 20—25 мка. В предварительных каскадах высококачественных транзисторных усилителей следует применять только малошумящие транзисторы (типа П13Б, П27, П28, П101А, МП41А), у которых обратный ток коллектора находится в пределах 3—15 мка. В выходных каскадах УНЧ можно использовать транзисторы с  $\beta = 20 \div 30$  с начальным током коллектора до 40—50 мка.

Убедившись в исправности всех деталей схемы и цепей питания транзисторного УНЧ, приступают к проверке и покаскадной наладке усилителя. На рис. 36, а приведена схема однотактного оконечного каскада на транзисторе П13А, на рис. 36, б — схема двухтактного оконечного каскада на двух транзисторах П15. В схеме рис. 36, а входной сигнал через конденсатор  $C_1$  поступает на базу транзистора  $T_1$ , работающего в выходном каскаде. Режим такого каскада будет определяться напряжением источника питания (9 в), постоянным смещением на базе транзистора  $T_1$  (снимаемым с делителя  $R_1-R_2$ ) и резистором в цепи эмиттера  $R_3$ , служащим также для термостабилизации усилителя.

Налаживание такого каскада сводится к регулировке коллекторного тока транзистора  $T_1$ . Резистор  $R_1$  временно заменяют переменным резистором 150—220 ком и по миллиамперметру постоянного тока, включенному последовательно с громкоговорителем  $Gp$  (или телефоном), устанавливают коллекторный ток транзистора  $T_1$  в пределах 2—3 ма регулировкой переменного резистора  $R_1$ . Затем, подав на вход усилителя напряжение звуковой частоты от звукового генератора (1000 гц), производят проверку усилителя, используя для контроля осциллограф или измеритель нелинейных искажений. Если никаких искажений синусоиды на экране осциллографа не обнаруживается, отпаивают переменный резистор от схемы и, не меняя положения его ползунка, замеряют его величину с помощью омметра, чтобы заменить его в дальнейшем подходящим постоянным резистором.



При обнаружении искажения формы синусоиды на экране осциллографа производят дополнительную корректировку режима транзистора  $T_1$ , уменьшая или увеличивая коллекторный ток регулировкой резистора  $R_1$  до тех пор, пока искажения не пропадут.

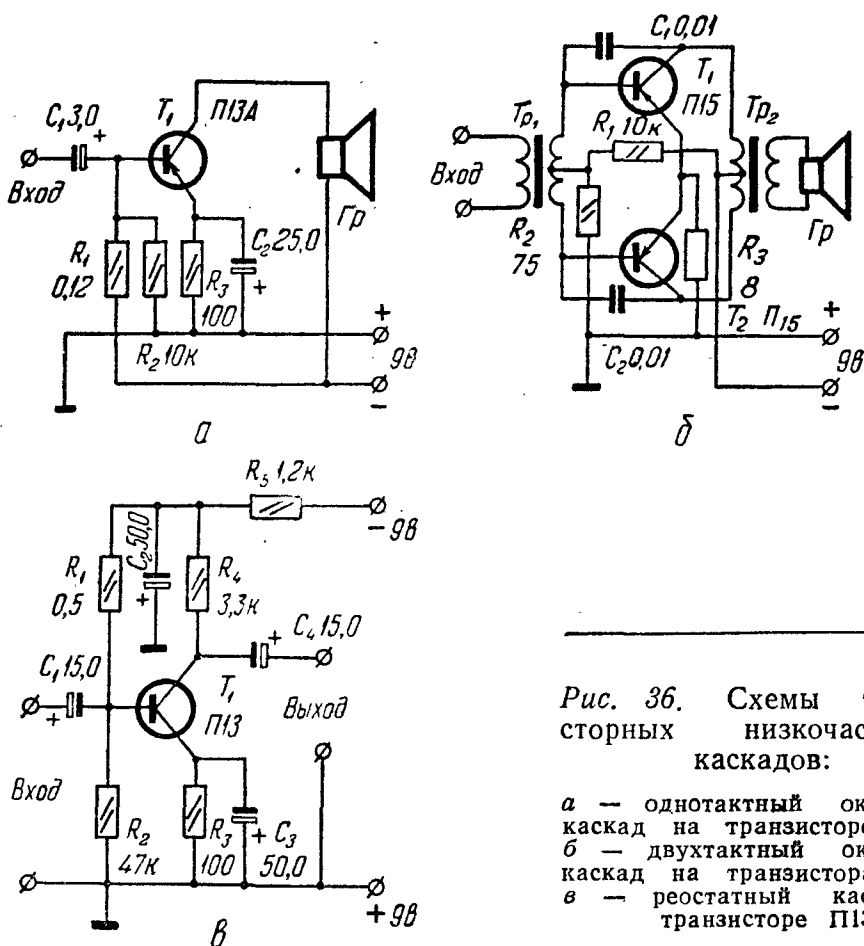


Рис. 36. Схемы транзисторных низкочастотных каскадов:

а — однотактный оконечный каскад на транзисторе П13А;  
 б — двухтактный оконечный каскад на транзисторах П15;  
 в — реостатный каскад на транзисторе П13

Предварительное налаживание двухтактного оконечного каскада на транзисторах (рис. 36, б) также производят путем регулировки напряжения смещения, заменив резистор  $R_2$  переменным резистором в 20—30 ком. Коллекторный ток транзисторов  $T_1$  и  $T_2$  устанавливают в пределах 2—3 ма, после чего производят проверку усилителя. Сигнал от звукового генератора подается на первичную обмотку трансформатора  $Tr_1$ , контролируя форму выходного напряжения с помощью осциллографа, подключенного параллельно громкоговорителю  $Гр$  (или эквивалентному балластному резистору). Причиной искажения сигнала в таком усилителе, кроме несоответствия

коллекторного тока, может быть также асимметрия обмоток в трансформаторах или недостаточная индуктивность первичной обмотки выходного трансформатора  $Tr_2$ . Поэтому в тех случаях, когда регулировкой напряжения смещения искажения устранить не удастся, следует проверить и заменить трансформаторы  $Tr_1$  или  $Tr_2$ .

В отличие от ламповых УНЧ фазоинверсные каскады в транзисторных усилителях чаще всего выполняются с переходными трансформаторами, так как при этом обеспечивается лучшее согласование каскадов УНЧ. В некоторых случаях применяют также фазоинверторы, собранные на транзисторах различной проводимости ( $p-n-p$  и  $n-p-n$ ).

Для предварительного усиления в транзисторных УНЧ чаще всего используют реостатные каскады. Схема подобного каскада приведена на рис. 36, в. В зависимости от коэффициента усиления  $\beta$  транзистора  $T_1$  и режима работы усиление реостатного каскада находится в пределах 5—40 мка. Режим работы такого каскада устанавливают подбором величины резистора  $R_1$ , который временно заменяют переменным в 0,5 Мом. Напряжение сигнала на входе такого каскада не должно превышать при регулировке 50—100 мв.

Произведя покаскадную наладку транзисторного УНЧ, проверяют его работу при разной величине входного сигнала (от 1 до 20—30 мв) и в случае необходимости прибегают к дополнительной корректировке характеристики, чтобы искажения на выходе усилителя были минимальными.

В ряде случаев для получения наиболее приятного на слух качества звучания музыкальных передач все же требуется произвести небольшие изменения в частотной коррекции усилителя (например, путем подбора корректирующих конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  в схеме рис. 36, б).

## Глава IV

### НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Наиболее правильным является последовательное налаживание основных блоков радиоприемника, начиная с выхода, т. е. с конца блок-схемы. Например, в радиоприемнике прямого усиления сначала налаживают усили-

тель низкой частоты, затем детектор, регулируют обратную связь и, наконец, усилитель высокой частоты. Следует очень строго придерживаться именно такой последовательности. Ошибочно начинать налаживание с УВЧ, так как при этом не будет уверенности, работает ли УНЧ, и прием может отсутствовать, несмотря на все попытки «наладить» УВЧ. Не следует также переходить к налаживанию последующего блока до тех пор, пока не будет хорошо настроен предыдущий.

Однако прежде чем начинать налаживание отдельных блоков, надо обеспечить нормальные условия работы радиоприемника в целом: получить от блока питания нормальные напряжения и токи, а также подобрать номинальные режимы работы ламп или транзисторов всех блоков. О налаживании УНЧ говорилось выше.

## ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

**Детектор.** При подгонке режима работы детекторной лампы можно встретиться с неисправностями, возникающими в результате обрывов в катушках  $L_1$  и  $L_2$ , перегорания резисторов и конденсаторов (рис. 37). Так при отсутствии напряжения на аноде надо проверить резисторы  $R_2—R_5$  и убедиться, не пробиты ли конденсаторы  $C_1$  или  $C_7$ . Если напряжение на катоде отсутствует или чрезмерно велико, то надо проверить катодную и сеточную цепи: резисторы  $R_1$  и  $R_8$ , конденсаторы  $C_2$ ,  $C_5$  и  $C_6$ , а также конденсатор связи с усилителем высокой частоты.

Когда режим лампы детектора установлен, переходят к регулировке обратной связи. Нормально работающая обратная связь должна увеличивать чувствительность приемника, а следовательно, и громкость приема. Признаком нормальной работы обратной связи служит характерный шорох при регулировке резистора  $R_2$ , а при определенном положении ручки — щелчок.

Перед налаживанием обратной связи надо убедиться, что детекторный каскад не самовозбуждается. Для этого замыкают катушки обратной связи  $L_1$  и  $L_2$  и, вращая ручку настройки приемника (конденсатор  $C_2$ ), проверяют, не появляется ли в каких-либо точках диапазона свист, являющийся признаком самовозбуждения. Если оно обнаружено, то следует увеличить сопротивление резистора

$R_5$  и емкость конденсатора  $C_7$  развязывающего фильтра, а также фильтра в анодной цепи усилителя высокой частоты. Возможно, придется перемонтировать детекторный каскад, постаравшись уменьшить длину сеточных цепей, применяя экранировку и т. п.

После устранения самовозбуждения надо проверить наличие генерации во всех точках диапазона. Генерация должна возникать плавно и заканчиваться щелчком примерно при одном и том же положении ручки регулятора обратной связи (резистор  $R_2$ ) во всех точках диапазона. Если генерация не возникает, то следует поменять местами концы катушек обратной связи, а если это не поможет — увеличить число витков катушек обратной связи, а также подобрать расстояние между контурными катушками и катушками обратной связи. Следует помнить, что работа обратной связи во многом зависит от режима детекторной лампы, причем увеличение напряжения на ней ухудшает работу обратной связи.

Подробно о работе и налаживании сверхрегенераторов рассказано на стр. 140.

В заключение наладки детектора оценивают его работу во время приема радиостанций. Для этого к конденсатору  $C_5$  присоединяют антенну через конденсатор емкостью 10—15 пф и, вращая ручку настройки, стараются принять хорошо слышимую радиостанцию. При работе детектора с искажениями надо более тщательно подобрать режим лампы и величины резистора  $R_1$  и конденсатора  $C_5$ .

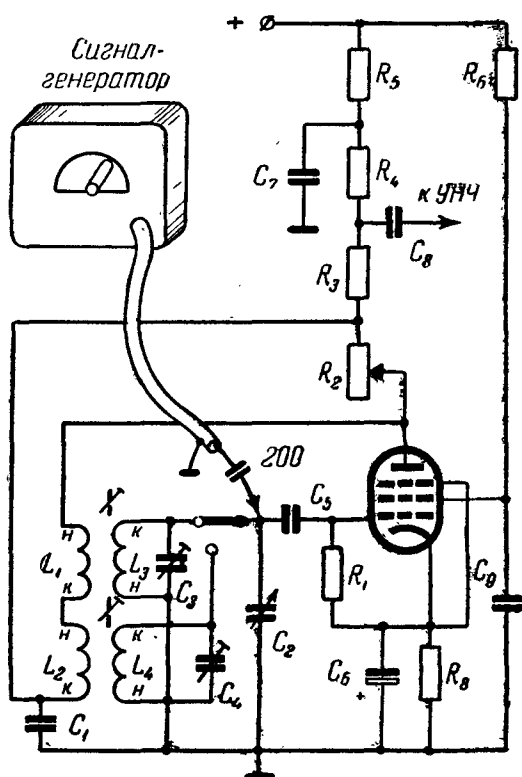


Рис. 37. Схема сеточного детектора

Когда детектор налажен, приступают к настройке его контуров  $L_3C_3$  и  $L_4C_4$ . Лучше всего это сделать при помощи высокочастотного генератора стандартных сигналов (ГСС) или сигнал-генератора (т. е. упрощенного ГСС). Сигнал-генератор присоединяют к конденсатору  $C_5$  через конденсатор емкостью  $200\text{ нф}$  и настраивают на крайнюю низшую частоту средневолнового диапазона (обычно  $520\text{ кгц}$ ). После этого включают модуляцию сигнал-генератора, устанавливают его выходное напряжение максимальным и настраивают на эту же частоту приемник, переключив его на средневолновый диапазон и медленно вводя конденсатор настройки  $C_2$ . Когда приемник окажется настроенным на частоту сигнал-генератора, в громкоговорителе будет слышен тон модуляции частоты сигнал-генератора. Заметим, что по мере подстройки приемника выходное напряжение сигнал-генератора надо уменьшать, а усиление приемника — увеличивать. Это позволит точно настроиться на частоту сигнал-генератора.

Вместо настройки на слух можно вести настройку по вольтметру переменного тока, включив его вместо звуковой катушки громкоговорителя. При точной настройке приемника на частоту сигнал-генератора показания вольтметра будут максимальными.

Далее поступают следующим образом. Частота  $520\text{ кгц}$ , на которую настроены сигнал-генератор и приемник, является минимальной частотой средневолнового диапазона. Однако предположим, что стрелка шкалы приемника при настройке его на эту частоту не оказалась в крайнем положении. Следовательно, надо уменьшить индуктивность катушки  $L_4$  колебательного контура детектора приемника таким образом, чтобы приемник настраивался на частоту  $520\text{ кгц}$  при полностью введенном конденсаторе настройки (подстроечный конденсатор  $C_4$  при этом должен находиться в среднем положении). Уменьшить индуктивность катушки можно или вывертыванием ее высокочастотного сердечника, или, если сердечник отсутствует, уменьшением числа витков катушки.

Но может случиться, что приемник невозможно настроить на частоту сигнал-генератора даже при полностью введенном конденсаторе настройки  $C_2$ . Это означает, что настройка контура сдвинута в высокочастотную сторону диапазона. В этом случае конденсатор  $C_2$  устанавливают на максимальную емкость (полностью вводят)

и начинают ввертывать сердечник катушки индуктивности или добавлять витки катушки до тех пор, пока приемник не окажется настроенным на частоту сигнал-генератора.

Когда низкочастотный конец диапазона «уложен», перестраивают сигнал-генератор на максимальную частоту средневолнового диапазона (обычно 1600 кГц). На эту же частоту настраивают и приемник. Если при этом окажется, что приемник настраивается на частоту 1600 кГц не на крайнем делении шкалы, а ранее, при неполностью выведенном конденсаторе настройки  $C_2$ , значит мала начальная емкость контура. Поэтому надо увеличить емкость подстроечного конденсатора  $C_4$  или даже включить параллельно ему конденсатор емкостью 10—30 пф. Наоборот, если на частоту 1600 кГц невозможно настроиться даже при полностью выведенном конденсаторе настройки  $C_2$ , то это означает, что начальная емкость контура велика и надо уменьшить емкость подстроечного конденсатора  $C_4$ . Таким образом, регулируя подстроечный конденсатор  $C_4$ , можно точно уложить частоту 1600 кГц на крайнее деление шкалы приемника.

Однако изменение начальной емкости контура скажется на настройке контура и в низкочастотном конце диапазона. Поэтому когда будет уложен высокочастотный конец диапазона, возвращаются к его низкочастотному концу и регулировкой положения сердечника (т. е. изменением индуктивности катушки) вновь укладывают частоту 520 кГц на крайнее деление шкалы приемника. Затем возвращаются к высокочастотному концу и регулировкой подстроечного конденсатора укладывают частоту 1600 кГц и т. д., пока диапазон не ляжет точно в пределах шкалы приемника.

При этом возможны осложнения. Дело в том, что частоты 520 и 1600 кГц лягут точно на крайние деления шкалы только в том случае, если верно выбрана индуктивность контура, его начальная емкость и пределы изменения емкости конденсатора настройки. Практически это выразится в том, что после настройки низкочастотного конца диапазона изменением индуктивности катушки (сердечником или подбором числа витков) настроиться на частоту 1600 кГц не удастся, так как общая емкость контура, в которую, кроме емкости конденсаторов  $C_2$  и  $C_4$ , входит собственная емкость катушки  $L_4$ , емкость монта-

жа, входная емкость лампы детектора и пр., окажется настолько значительной, что даже при отключенном конденсаторе  $C_4$  контур будет настроен на частоту, ниже частоты 1600 кГц. В этом случае надо установить подстроечный конденсатор  $C_4$  в положение минимальной емкости, перестроиться на низкочастотный конец диапазона и уложить частоту 520 кГц на крайнее деление шкалы. Затем возвращаются на высокочастотный конец диапазона. Возможно, что при этом удастся принять частоту 1600 кГц и с помощью регулировки конденсатора  $C_4$  уложить ее на крайнее деление шкалы, но если и в этом случае частота 1600 кГц окажется за пределами шкалы приемника, то надо попытаться уменьшить емкость монтажа, сократив длину проводов в сеточной цепи лампы, а также проводов, подключенных к катушке и переключателю диапазонов. Наконец, если и это не приведет к успеху, придется заменить конденсатор настройки на другой, с меньшей начальной емкостью или с большим коэффициентом перекрытия.

Когда настройка средневолнового диапазона закончена, точно также производят настройку и длинноволнового контура детекторного каскада.

Мы рассмотрели настройку контуров с помощью сигнал-генератора и индикатора выхода. Однако не всегда в распоряжении радиолюбителя имеются эти приборы. В таком случае укладку диапазонов можно произвести, принимая радиостанции, частоты которых известны. Для этого к детекторному каскаду присоединяют антенну и принимают радиостанции, частоты которых расположены в конце и начале диапазона. Сравнивая их положение на шкале приемника с расчетным, соответствующим образом настраивают контуры детекторного каскада.

Очень удобно при настройке контуров по частотам радиостанций иметь для сравнения другой радиоприемник с градуированной шкалой. Сравнивая положение частоты радиостанции на шкале вспомогательного градуированного приемника с положением частоты радиостанции на шкале настраиваемого приемника, легче правильно отрегулировать его контуры. Кроме того, в этом случае нет необходимости знать частоты радиостанций.

**Усилитель высокой частоты.** Налаживание этого усилителя начинают с подбора режима ламп. Режим подготавливают обычным методом, а возможные при этом неисправ-

ности примерно те же, что и в детекторном каскаде. Так при отсутствии напряжения на аноде лампы надо проверить обмотку высокочастотного дросселя  $Др$ , а также резистор  $R_3$ ; кроме того, может быть пробит конденсатор  $C_4$  (рис. 38).

При налаживании усилителя высокой частоты можно столкнуться с его самовозбуждением. Паразитная генерация УВЧ, выражается в свистах, сильном шипении и т. п. При настройке на слабо слышимую станцию приемник с самовозбуждающимся усилителем сильно свистит.

Самовозбуждение возникает в результате паразитной связи между сеточной и анодной цепями лампы или между цепями разных каскадов (при многокаскадном УВЧ). Такие связи могут появиться вследствие неудачного монтажа, когда, например, близко расположены провода сеточной

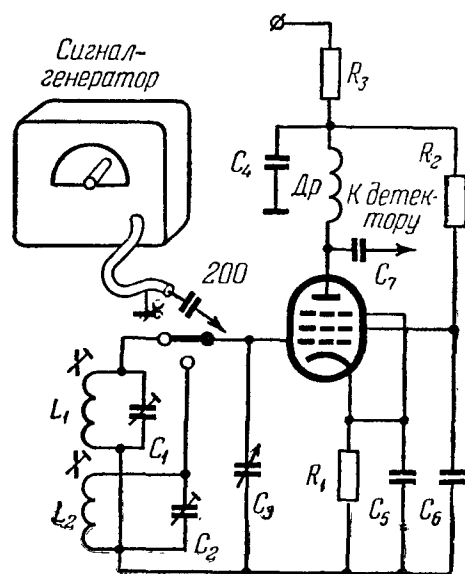


Рис. 38. Схема усилителя высокой частоты

и анодной цепей, которые к тому же достаточно длинные. Самовозбуждение может возникнуть и в результате неправильно выбранного режима лампы или транзистора (у лампы особенно опасно слишком малое смещение и слишком большое напряжение на экранирующей сетке). Заметим, что подбирать режим надо при сорванной паразитной генерации, для чего управляющую сетку лампы или базу транзистора соединяют с шасси через конденсатор емкостью 0,1 мкф. Кроме того, самовозбуждение может вызвать индуктивная связь контурных катушек различных каскадов усилителя или связь контурных катушек с анодной цепью лампы.

Борьба с самовозбуждением заключается в рациональном монтаже, причем следует по возможности уменьшать длину проводов в сеточных и анодных цепях. Нельзя располагать их близко друг к другу. Контурные катушки, если они большого диаметра, надо экранировать. Катуш-



ки на ферритах и другие малогабаритные катушки с малым полем рассеяния экранировать обычно не нужно. Все цепи, которые являются общими для лампы УВЧ и детектора, например, анодная цепь, или для всех каскадов при многокаскадном усилителе, должны быть снабжены развязывающими фильтрами ( $R_3C_4$  на рис. 38).

Когда УВЧ заработает нормально, приступают к настройке его контуров. Для этого к зажиму «Антенна» приемника через конденсатор емкостью 200 *пф* присоединяют выход сигнал-генератора. Частоту генератора устанавливают равной низшей частоте средневолнового диапазона (520 *кГц*) и настраивают на эту частоту приемник по максимальной громкости или максимальному отклонению стрелки вольтметра на выходе. Затем, регулируя положение сердечника катушки  $L_1$  средневолнового диапазона, добиваются максимальной громкости тона модуляции сигнал-генератора или максимального отклонения стрелки индикатора выхода. По мере подстройки контура УВЧ выходное напряжение сигнал-генератора надо уменьшать, чтобы не перегружать приемник, так как при перегрузке настройка приемника притупляется. Кроме того, после настройки контура УВЧ желательно проверить точность настройки приемника на частоту сигнал-генератора и, если нужно, произвести подстройку контура усилителя.

Если контурная катушка не имеет сердечника, то ее индуктивность изменяют сматыванием или доматыванием нескольких витков. Узнать, что надо делать, можно следующим образом. Берут магнетитовый или какой-либо другой высокочастотный магнитный сердечник и медленно вносят его в катушку или просто сбоку подносят к виткам. Если при некотором положении сердечника будет получено хотя бы некоторое увеличение громкости тона модуляции в громкоговорителе приемника, то это означает, что индуктивность катушки следует увеличить, т. е. домотать некоторое количество витков, причем тем больше, чем больше было увеличение громкости. И наоборот, если введение сердечника уменьшило громкость, нужно уменьшить индуктивность катушки, т. е. отмотать некоторое количество витков. В последнем случае следует соблюдать осторожность и не отматывать много витков, так как уменьшение громкости при введении магнитного сердечника будет наблюдаться и в том случае, если

катушка была правильно настроена. Поэтому надо отмотать немного витков и вновь проверить настройку введением сердечника. Если при этом громкость увеличится, значит было отмотано излишне много витков.

Еще удобнее иметь два сердечника — магнитный и латунный. При введении латунного сердечника индуктивность катушки уменьшается. Поэтому, если при введении этого сердечника было получено увеличение громкости, надо уменьшить число витков катушки. Правильно катушка будет настроена в том случае, когда громкость будет уменьшаться как при введении в катушку магнитного, так и латунного сердечников.

Когда низкочастотный конец диапазона настроен, перестраивают сигнал-генератор и приемник на высокочастотный конец диапазона и добиваются максимального отклонения стрелки вольтметра на выходе приемника или максимальной громкости тона модуляции регулировкой подстроечного конденсатора  $C_1$  контура средневолнового диапазона. После этого возвращаются к низкочастотному концу и вновь подстраивают индуктивность контура. Потом опять переходят к высокочастотному концу и подстраивают начальную емкость контура и т. д.

Когда средневолновый диапазон настроен, таким же образом настраивают и длинноволновый.

Если нет сигнал-генератора настройку контуров УВЧ можно произвести во время приема радиостанций. Для этого к приемнику присоединяют антенну и настраивают ее на какую-либо хорошо слышимую радиостанцию, работающую в низкочастотной части средневолнового диапазона, а затем на радиостанцию, работающую в высокочастотной части этого диапазона. Настройка контуров УВЧ в этом случае ничем не отличается от описанной выше.

Настройку контуров детектора и УВЧ принципиально можно начинать с любого диапазона. Однако, если катушка средневолнового диапазона составляет часть катушки длинноволнового (при работе в диапазоне длинных волн катушка этого диапазона включает в себя и катушку средневолнового диапазона), начинать настройку надо обязательно со средневолнового диапазона, а при настройке длинноволнового не трогать сердечник и подстроечный конденсатор контура средневолнового диапазона.

## СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Приемники прямого усиления со сверхрегенеративными детекторами до сих пор очень распространены среди начинающих радиолюбителей-ультракоротковолновиков. В ряде случаев они используются и в простых УКВ радиостанциях, предназначенных для диспетчерской связи, в системах телеавтоматики и телеметрии.

Основным достоинством сверхрегенераторов является их простота, минимальное количество деталей, необходимых для сборки схемы, и сравнительная легкость ее налаживания. К тому же они обладают очень высокой чувствительностью и большим усилением. Такие приемники малочувствительны к импульсным помехам (например, от систем зажигания автомашин, коллекторных электродвигателей и пр.) и могут устойчиво работать в очень широком диапазоне частот. Благодаря значительной полосе принимаемых частот, сверхрегенераторы можно также использовать для приема частотно-модулированных передач и маломощных радиостанций с невысокой стабильностью частоты.

Однако, наряду с перечисленными достоинствами, такие приемники обладают рядом существенных недостатков. В первую очередь к ним следует отнести небольшую избирательность, паразитное излучение в антенну, создающее помехи соседним приемникам, и сильный шум (напоминающий шипение примуса) при отсутствии сигнала на входе приемника. Но существуют многочисленные схемные решения, позволяющие устранить, или в значительной мере ослабить большинство недостатков, присущих сверхрегенеративному приемнику. Большую роль при этом играет правильный подход к выбору наиболее выгоднейшей для данного случая схемы, рациональному ее выполнению и налаживанию.

Прежде чем перейти к методике налаживания подобных схем, остановимся на принципе сверхрегенерации. Обратимся к рис. 39: эта схема отличается от обычного однолампового регенеративного приемника дополнительным высокочастотным генератором, подключенным к цепи управляющей сетки лампы  $L$ . Усиление от действия положительной обратной связи в регенераторе достигается за счет высокочастотной составляющей анодного тока, протекающего по катушке  $L_1$  и передающего допол-

нительную энергию в колебательный контур  $L_c$ , настроенный на частоту принимаемого сигнала.

Напряжение, поступающее на управляющую сетку лампы  $\mathcal{L}$ , при этом возрастает, а сопротивление потерь контура  $L_c$  падает. Иначе говоря, в контур  $L_c$  с помощью обратной связи вводится *отрицательное сопротивление*. С увеличением обратной связи усиление растет до тех пор, пока потери в колебательном контуре  $L_c$  не будут полностью скомпенсированы. При полной компенсации потерь схема превращается в ламповый генератор с самовозбуждением и в контуре  $L_c$  возникнут собственные колебания. Усиление при этом резко падает, так как приходящий слабый сигнал неспособен управлять во много раз превосходящими его по мощности собственными колебаниями, возбуждаемыми в колебательном контуре, и тогда прием становится практически невозможным.

Чтобы получить наибольшее усиление с помощью обратной связи, важно подойти возможно ближе к порогу возникновения генерации. Практически это сделать очень трудно из-за крайней неустойчивости подобного режима. Вследствие этого возникла необходимость в разработке специальных схем с обратной связью, получивших название сверхрегенеративных. В этих схемах обратная связь регулируется таким образом, что отрицательное сопротивление, вносимое ею в контур, становится попеременно то положительным, то отрицательным (т. е. генерация периодически срывается).

В схеме, приведенной на рис. 39, обратная связь регулируется так, что при отсутствии на управляющей сетке лампы  $\mathcal{L}_1$  напряжения от вспомогательного высокочастотного генератора (ГВЧ) обязательно возникает генерация. При подключении ГВЧ режим непрерывной генерации нарушается. Происходит это потому, что напряжение смещения  $U_c$  подбирается с расчетом установки

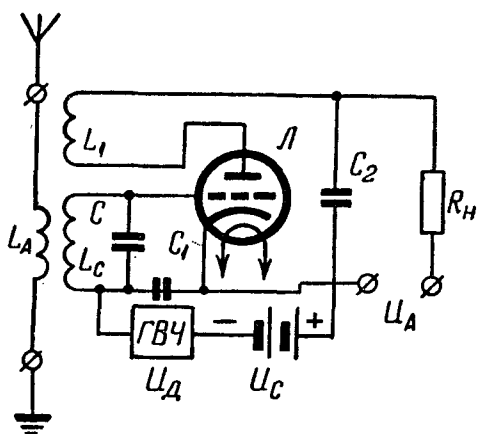


Рис. 39. Ламповый сверхрегенератор

В схеме, приведенной на рис. 39, обратная связь регулируется так, что при отсутствии на управляющей сетке лампы  $\mathcal{L}_1$  напряжения от вспомогательного высокочастотного генератора (ГВЧ) обязательно возникает генерация. При подключении ГВЧ режим непрерывной генерации нарушается. Происходит это потому, что напряжение смещения  $U_c$  подбирается с расчетом установки

В схеме, приведенной на рис. 39, обратная связь регулируется так, что при отсутствии на управляющей сетке лампы  $\mathcal{L}_1$  напряжения от вспомогательного высокочастотного генератора (ГВЧ) обязательно возникает генерация. При подключении ГВЧ режим непрерывной генерации нарушается. Происходит это потому, что напряжение смещения  $U_c$  подбирается с расчетом установки

рабочей точки в самом начале прямолинейного участка анодной характеристики лампы  $L_1$ .

Таким образом, генерация сможет возникать только при положительных значениях  $U_d$ . При отрицательных значениях  $U_d$  колебания срываются, так как результирующее отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы  $L_1$  достаточно велико, чтобы ее запереть. Иными словами, вспомогательный ГВЧ как бы включает и выключает возбуждение регенеративного каскада со скоростью, равной частоте собственных колебаний. Чтобы не вносить искажений и не мешать приему, частота вспомогательного генератора должна лежать выше звукового диапазона. Обычно ее называют гасящей или дробящей частотой. Выбирается она в пределах от 20 до 200 кГц.

**Схемы сверхрегенеративных каскадов.** Схемы сверхрегенераторов можно подразделить на две основные группы:

- схемы с самогашением, где источником гасящего напряжения служит та же лампа, которая используется для детектирования и усиления колебаний;

- схемы с независимым генератором гасящей частоты.

Несмотря на некоторые недостатки, схемы с самогашением получили наибольшее распространение из-за своей простоты и экономичности. Одна из них приведена на рис. 40. Обратная связь в ней осуществляется через межуэлектродные емкости лампы  $L_1$ . При возникновении в контуре  $L_1 C_1$  колебаний происходит постепенный заряд конденсатора  $C_2$  за счет сеточного тока лампы  $L_1$ . Через некоторое время отрицательное напряжение на сетке лампы  $L_1$  возрастет настолько, что анодный ток у нее падает до нуля и колебания в контуре  $L_1 C_1$  срываются, а конденсатор  $C_2$  начинает разряжаться через резистор  $R_1$ . Отрицательное напряжение на сетке лампы  $L_1$  вновь снижается, и в контуре  $L_1 C_1$  возникают колебания, и т. д.

Гасящая частота (частота, с которой прерывается генерация в контуре  $L_1 C_1$ ) определяется параметрами конденсатора  $C_2$  и резистора  $R_1$ . Чтобы она не прослушивалась после детектирования, ее не следует устанавливать ниже 16 кГц. Все же без принимаемого сигнала работа сверхрегенеративного каскада будет сопровождаться значительным шумом из-за его высокой чувствительности.



Для получения наиболее оптимального режима в ряде схем сверхрегенераторов практикуется подача на сетку  $\Pi_1$  некоторого постоянного положительного напряжения. Резистор  $R_1$  заменяют другим (величиной 5,0—10,0 Мом), причем один конец его подключают к движку переменного резистора  $R_3$ , а другой — через ВЧ дроссель к сетке лампы  $\Pi_1$ . Сеточная связь в этом случае получается максимальной. Наивыгоднейший режим сверхрегенерации

устанавливается подбором величины конденсатора  $C_2$  и резистора утечки сетки.

Две, несколько более сложных схемы сверхрегенераторов с самогашением частоты приведены на рис. 41 а, б. Они отличаются от рассмотренных ранее схем с самогашением использованием гасящего напряжения синусоидальной формы.

В схеме рис. 41, а колебательный контур  $LC_1$  настроен на частоту принимаемого сигнала, а контур  $L_2C_4$  — на желательную частоту гашения. Генерируемые в этой схеме колебания гасящей частоты отличаются от схем  $RC$  не только синусоидальной формой, но и тем, что амплитуда этих колеба-

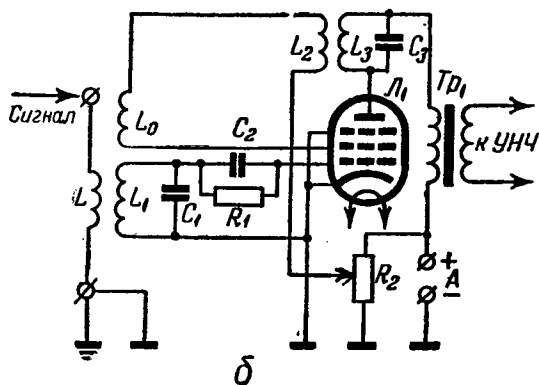
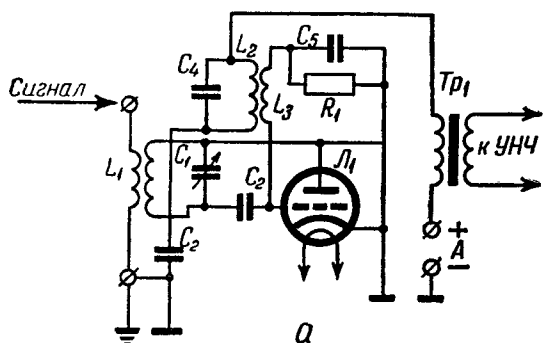


Рис. 41. Сверхрегенераторы с синусоидальным гасящим напряжением:

а — на триоде; б — на пентоде

ний значительно больше, чем у ранее рассмотренных сверхрегенераторов.

Точно так же, как и в схеме рис. 40, собственные колебания в контуре  $L_1C_1$  возникают только при появлении в контуре  $L_2C_4$  положительных амплитуд гасящего напряжения (имеющего теперь синусоидальную форму) и срываются во время его отрицательных значений. Кон-





денсатора  $C_3$ . Налаживание схем сверхрегенераторов с посторонним генератором гасящего напряжения мало чем отличается от схем с самогашением. При отсутствии колебаний в анодной цепи лампы  $\Lambda_2$  следует поменять местами концы одной из катушек ( $L_2$  или  $L_3$ ). Подобные схемы особенно рекомендуется использовать в приемных устройствах дециметрового и сантиметрового диапазонов.

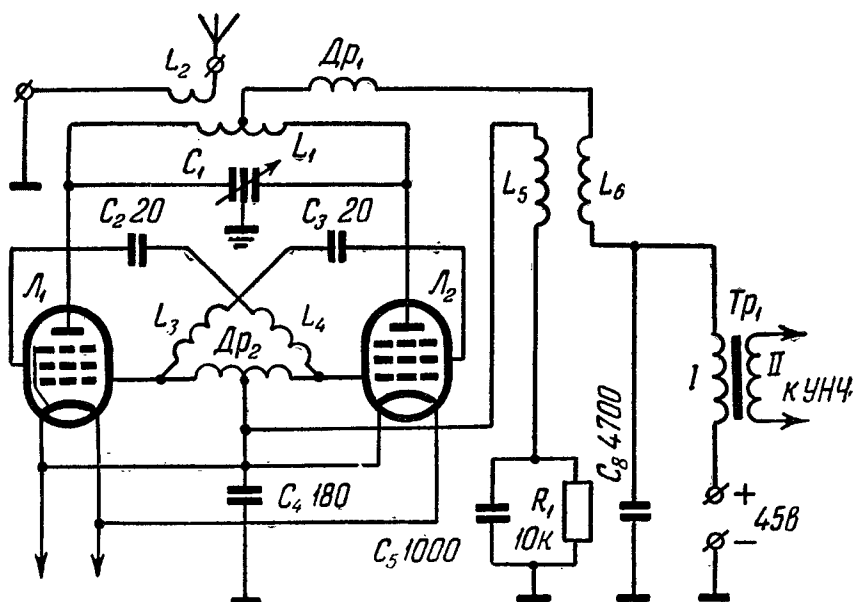


Рис. 43. Двухтактный сверхрегенеративный каскад

Очень хорошо себя зарекомендовали устойчивые в работе и несложные в наладивании двухтактные сверхрегенеративные каскады. На рис. 43 изображен один из вариантов подобных сверхрегенераторов. Как и обычный двухтактный ламповый генератор с самовозбуждением, такой детекторный каскад представляет собой совмещение двух схем сверхрегенераторов с колебательным контуром в анодной цепи. Подобно схеме рис. 41 лампы здесь также используются для получения гасящего напряжения с частотой 150 кГц. Двухтактный каскад (два сверхминиатюрных пентода прямого накала, работающих в триодном включении) рассчитан на работу в диапазоне 144—146 МГц. Его очень выгодно применять в трансиверах (приемопередатчиках), так как для перевода такого каскада в автогенераторный режим достаточно отключить цепь катушки обратной связи  $L_6$  генератора гасящей

частоты и, заменить резистор  $R_1$  другим порядка 5 ком, чтобы уменьшить отрицательное смещение в цепях сеток ламп  $L_1$ — $L_2$ .

Данные основных деталей этой схемы следующие: катушки  $L_1$  и  $L_2$  изготовляют из медного посеребренного провода диаметром 1 мм. Катушка  $L_1$  имеет 4 витка, внутренний диаметр намотки 9,5 мм, длина намотки 17 мм. Катушка связи с антенной  $L_2$  содержит один виток с внутренним диаметром 8 мм. Для сохранения симметрии каскада катушку  $L_2$  располагают между средними витками —  $L_1$ . ВЧ дроссель  $Dr_1$  содержит 35 витков, а  $Dr_2$  — 40+40 витков провода ПЭЛШО 0,1. В качестве каркаса для  $Dr_1$  используются резисторы ВС-0,25, а для  $Dr_2$  — ВС-0,5. Проводящий слой у них следует удалить. Для отвода от середины обмотки  $Dr_2$  необходимо перед намоткой закрепить колечко на каркасе из медного провода, к которому припаять конец первой половины обмотки и начало второй половины обмотки этого дросселя. Фазирующие катушки  $L_3$  и  $L_4$  содержат по 4 витка с внутренним диаметром 2 мм. Для их изготовления можно использовать проводнички гибких выводов керамических конденсаторов  $C_2$  и  $C_3$ . Катушка  $L_5$  содержит 400, а  $L_6$  — 100 витков провода ПЭЛ 0,06. Обмотки размещаются на трехсекционном каркасе броневого карбонильного сердечника СБ-1а. Затем сердечники устанавливают один над другим и закрепляют на шасси общим латунным винтом. Низкочастотный трансформатор  $Tr_1$  собирается на сердечнике из пластин Ш-10 (толщина набора 12 мм). Его обмотки I и II содержат по 2000 витков провода ПЭЛ 0,06. В качестве конденсатора переменной емкости  $C_1$  используется обычный трехпластинчатый подстроечный конденсатор. Ротор у него заземляется, а две статорные неподвижные пластины изолируются друг от друга. Это достигается с помощью пропила в одной из точек крепления статорных пластин, которые после этого оказываются закрепленными только в одной точке \*.

Заканчивая обзор принципиальных электрических схем сверхрегенератора, укажем, что в настоящее время требования, предъявляемые к радиолубительской аппа-

---

\* Подробное описание радиостанции с двухтактным сверхрегенератором дано Б. Елизаровым в журнале «Радио» № 12 за 1956 г., стр. 25—27.

ратуре, чрезвычайно возросли. Категорически запрещается использовать свёрхрегенеративные каскады, имеющие непосредственную связь с антенной. В современных приемных устройствах для ограничения паразитного излучения обязательно применяют дополнительные высокочастотные усилительные каскады, включаемые между антенной и свёрхрегенератором. На некоторых особенностях наладки и конструирования таких свёрхрегенеративных приемников мы остановимся ниже.

**Свёрхрегенеративные каскады в любительских приемниках.** Рассмотрим теперь общую методику налаживания свёрхрегенеративных схем и разберем возможность устранения или ослабления присущих им недостатков: плохой избирательности, излучения энергии в антенную цепь и значительных собственных шумов при отсутствии сигнала.

Плохая избирательность обычного свёрхрегенеративного каскада объясняется тем, что он имеет только один колебательный контур, настроенный на частоту принимаемого сигнала. В ряде случаев для повышения избирательности такого приемника вполне достаточно включить перед свёрхрегенеративным детектором высокочастотный усилительный каскад. Этот каскад обычно настраивается на среднюю частоту рабочего диапазона, если он не очень велик, и в процессе работы не перестраивается. С введением в схему такого каскада стабильность работы приемника значительно повышается. Одновременно устраняется влияние антенной цепи на детекторный каскад и в значительной мере предотвращается паразитное излучение в антенну.

Избирательность свёрхрегенеративного приемника в очень большой степени зависит от добротности колебательного контура в детекторном каскаде. Поэтому желательно в этих каскадах использовать только высокодобротные колебательные контуры. Рекомендуются применять в контурах конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком, выполненные на керамическом основании. Катушки индуктивности для УКВ диапазона могут быть бескаркасными или же на керамических основаниях. Из пластмасс для изготовления каркасов подходят: полистирол, полиэтилен и фторопласт-4. Плексиглас, фторопласт-3 и винипласт обладают значительно большими диэлектрическими потерями, чем радиотехническая

керамика, и поэтому от их применения лучше воздержаться. Для изготовления катушек наиболее подходит медный посеребренный провод диаметром 1,0—2,5 мм. Диаметр намотки выбирается в пределах 8—20 мм (в зависимости от рабочего диапазона и назначения приемного устройства).

Еще лучших результатов можно достигнуть при комбинировании методов сверхрегенеративного и супергетеродинного приема. В суперсверхрегенеративных приемни-

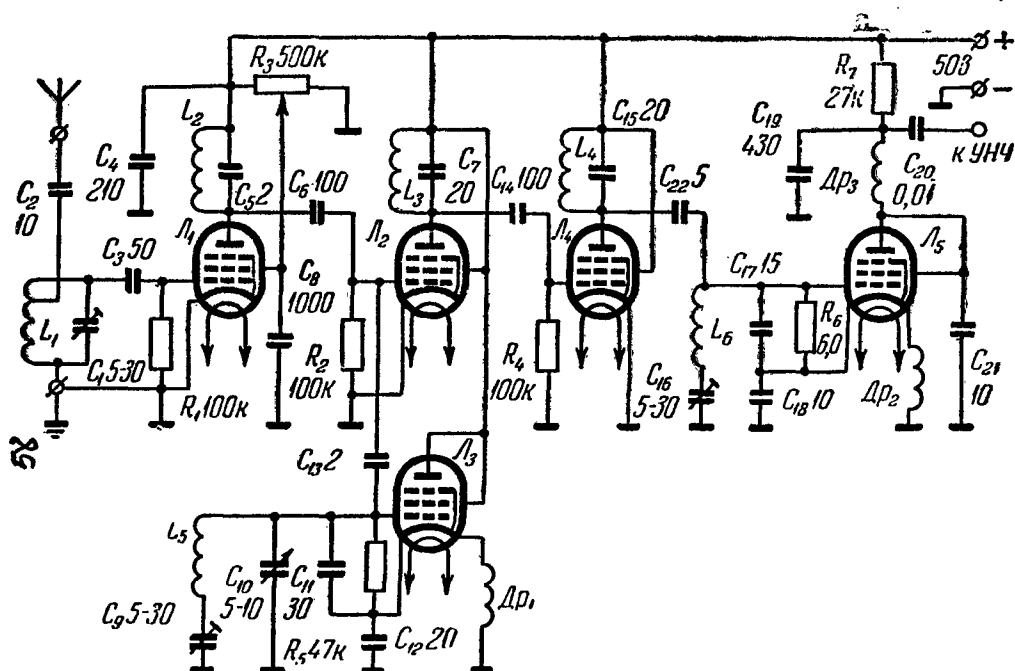


Рис. 44. Суперсверхрегенеративный приемник

ках удачно сочетаются основные достоинства приемников супергетеродинного типа — их высокая избирательность и стабильность работы, с присущей сверхрегенератору высокой чувствительностью и автоматической регулировкой усиления. Стабильность работы сверхрегенеративного детектора в этих приемниках значительно выше, так как он все время работает на фиксированной частоте и в процессе приема не перестраивается.

На рис. 44 приведена схема высокочастотного блока суперсверхрегенератора, собранного на пяти пентодах типа 6Ж1П и предназначенного для работы на диапазоне 144—146 Мгц. Он имеет каскад усиления высокой частоты, собранной по обычной схеме с резонансными кон-

турами в анодной и сеточной цепях лампы  $L_1$ . Поступающий из антенной цепи через конденсатор  $C_2$  сигнал подается на контур  $L_1C_1$ , настроенный на частоту 144,5 Мгц. Контур  $L_2C_5$  в анодной цепи этой лампы настраивается на частоту 145,5 Мгц. Настройка контуров производится только во время наладки. В процессе работы перестройка приемника в пределах рабочего диапазона осуществляется за счет изменения частоты гетеродина, работающего на лампе  $L_3$ , с помощью конденсатора переменной емкости  $C_{10}$ . Преобразовательный каскад приемника выполнен на лампе  $L_2$ . Промежуточная частота выбрана равной 30,1 Мгц. Для получения большей стабильности работы приемника его гетеродин настроен на более низкую частоту, чем принимаемый сигнал (он работает в пределах от 113,9 до 115,9 Мгц). Контур  $L_3C_7$  и  $L_4C_{15}$  в анодных цепях ламп преобразователя  $L_2$  и УПЧ  $L_4$  настроены на частоту 30,1 Мгц. Контур  $L_6C_{16}$  сверхрегенеративного каскада, выполненного на лампе  $L_5$ , настраивается на эту же частоту или на 15,05 Мгц (в два раза меньше чем УПЧ) \*.

Существует также несколько методов подавления неприятного шипения у сверхрегенеративных приемников. Один из них состоит в том, что при отсутствии сигнала автоматически отключаются телефоны или же настолько уменьшается усиление по низкой частоте, что шума практически не слышно. При начале работы принимаемой радиостанции автоматически выключается устройство, снижающее усиление, или включаются телефоны. Второй способ, предложенный автором, состоит в следующем: при отсутствии в эфире несущей частоты принимаемой радиостанции включается местный генератор, частота которого близка по величине к частоте принимаемого сигнала. Частота местного генератора подается на вход приемника, чем значительно снижается уровень «примусного» шума. Это равносильно тому, что происходит во время приема немодулированной несущей, подавляющей шум на выходе приемника. Некоторое снижение чувствительности приемника здесь не играет роли, так как обычно сигналы принимаемых радиостанций достаточно силь-

---

\* Полная схема подобного приемника и методика его налаживания описаны в журнале «Радио» № 6 за 1957 г., стр. 33—35.

ны, чтобы быть обнаруженными. При включенном местном генераторе наблюдается некоторое искажение принимаемого сигнала. Последнее можно избежать, отключая местный генератор в момент начала работы принимаемой радиостанции.

На рис. 45 приведена схема высокочастотной части подобного приемника с «бесшумным» сверхрегенератив-

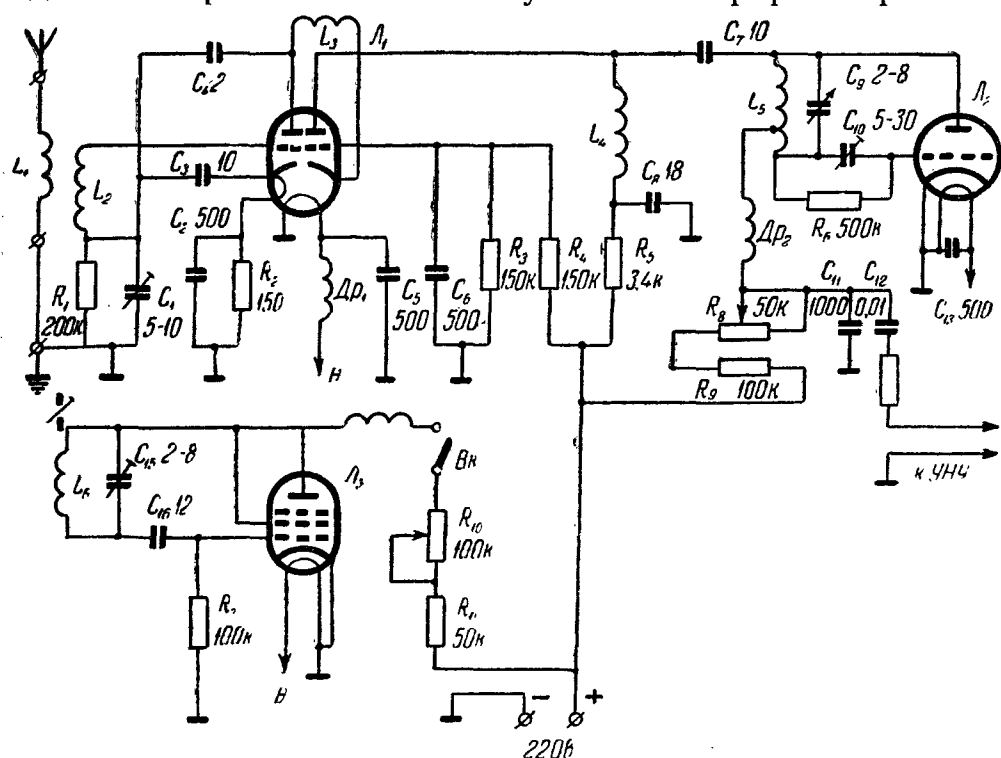


Рис. 45. «Бесшумный» сверхрегенеративный приемник

ным детектором. Он предназначен для работы на двухметровом любительском диапазоне (144—146 Мгц). Приемник имеет два каскада усиления высокой частоты, включенные по каскадной схеме, выполненные на двойном триоде 6Н14П ( $L_1$ ), специально разработанной для подобных усилителей. У них две лампы включаются так, что через обе протекает одна и та же переменная составляющая анодных токов. Первый триод лампы включен по схеме с заземленным катодом, второй — по схеме с заземленной сеткой. Таким образом обеспечивается получение высокого и очень устойчивого усиления при малом уровне собственных шумов.

Сигнал из антенны с помощью катушки связи  $L_1$  подается на контур с катушкой индуктивности  $L_2$ , где емко-

стями являются конденсатор  $C_1$  и междуэлектродная емкость сетка — катод первого (левого по схеме) триода лампы  $L_1$ . Этот контур настраивается на среднюю частоту диапазона 145 Мгц. Конденсаторы  $C_3$  и  $C_4$  вместе с междуэлектродными емкостями анод—сетка и сетка—катод первого триода лампы  $L_1$  образуют нейтрализующий мост между анодной и сеточной цепями первого триода лампы  $L_1$ . Такой мост при хорошей балансировке устраняет возможность самовозбуждения каскада, повышает усиление и устраняет паразитное излучение свержегенеративного детектора в антенную цепь. Необходимое напряжение смещения на управляющую сетку первого триода лампы  $L_1$  задается через резистор  $R_1$  за счет падения напряжения на резисторе  $R_2$ , включенном в катодную цепь этого триода.

Второй резонансный контур, образуемый катушкой индуктивности  $L_3$  совместно с распределенными емкостями, также настраивается на частоту 145 Мгц. На управляющую сетку второго триода  $L_1$  (правого по схеме) через делитель напряжения, образуемый резисторами  $R_3$  и  $R_4$ , подается положительное напряжение несколько меньшей величины, чем на катоде, с тем чтобы между сеткой и катодом у этого триода также получить отрицательную разность потенциалов. Конденсатор  $C_6$  заземляет управляющую сетку второго триода по высокой частоте.

Катушка индуктивности  $L_4$ , включенная в анодную цепь второго триода  $L_1$ , совместно с конденсатором  $C_8$  и распределенными емкостями образует выходной контур второго каскада усиления высокой частоты, также настроенный на частоту 145 Мгц.

Усиленный высокочастотный сигнал через конденсатор  $C_7$  подается на контур свержегенеративного детектора, собранного по схеме с самогашением частоты на высокочастотном триоде типа 6СЗП ( $L_2$ ), обладающим большой крутизной характеристики. Наивыгоднейший режим свержегенерации устанавливается с помощью переменного резистора  $R_8$ , подключенного через ВЧ дроссель  $Dr_2$  к контуру  $L_5C_9$ . Величина гасящей частоты определяется параметрами цепочки  $R_6C_{10}$  и устанавливается обычно в пределах 20—50 кгц. Плавная настройка приемника в пределах 144—146 Мгц осуществляется с помощью конденсатора переменной емкости  $C_9$ .

Каскад шумоподавления выполнен на лампе типа 6ЖЗП ( $L_3$ ) в триодном включении. Это обычный гетеродин, собранный по схеме с емкостной обратной связью. Он используется как местный генератор, частота которого близка к частоте принимаемого полезного сигнала.

После обнаружения радиостанции и установления с ней связи местный генератор можно отключить с помощью выключателя  $B_k$ . Колебательный контур  $L_6C_{15}$  настраивается во время налаживания приемника с помощью подстроечного конденсатора  $C_{15}$ . Точно настраивать этот контур можно также во время приема с помощью латунного подстроечного сердечника катушки  $L_6$ . Для этого его шлиц выводится на переднюю панель приемника. Регулировка величины напряжения ВЧ, поступающего от генератора на вход приемника, осуществляется переменным резистором  $R_{10}$ , включенным в анодную цепь лампы  $L_3$ .

При полном подавлении шума сверхрегенератора чувствительность приемника достигает 30—40  $мкв$  и в зависимости от степени шумоподавления возрастает до 3—10  $мкв$ . \*

**Сверхрегенератор на транзисторах.** Выпускаемые отечественной промышленностью высокочастотные транзисторы П403, П410, П414, П420, ГТ308 и др., хорошо работающие в различных генераторных и усилительных схемах, с успехом можно использовать в сверхрегенеративных каскадах.

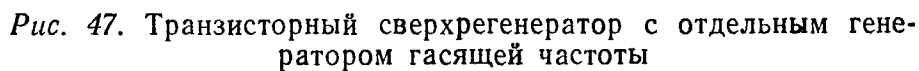
На рис. 46 приведена схема простого транзисторного сверхрегенератора с самогашением, работающего на 10- и 20-метровом любительских диапазонах (28,0—29,7 и 14,0—14,35  $Мгц$ ). Такой каскад вместе с УНЧ, собранным на двух транзисторах типа П13, дает возможность приема радиотелефонных станций, работающих на этих диапазонах. Чувствительность приемника на 10-метровом диапазоне не хуже 40  $мкв$ , а на 20-метровом — 70  $мкв$ .

На рис. 47 приведена еще одна схема сверхрегенератора, выполненная на транзисторах. В ней на транзисторе  $T_1$  собран сверхрегенеративный детектор, кон-

---

\* Подробное конструктивное описание указанного приемника помещено в сборнике «В помощь радиолюбителю» (выпуск 20), Изд-во ДОСААФ, 1964 г. Упрощенный вариант описан в журнале «Радио» № 9 за 1959 г., стр. 51—53.





тур которого  $L_2C_2$  настраивается на частоту принимаемого сигнала, а транзистор  $T_2$  выполняет роль генератора вспомогательной частоты. Частота колебаний этого генератора устанавливается в пределах 10—20 кГц. Работу его можно проконтролировать с помощью телефонов, которые во время наладки подключают к обмотке II трансформатора  $Tr_1$ . Для улучшения работы генератора гасящей частоты подбирают наилучшую величину емкости конденсатора  $C_7$  в пределах от 500 до 2000 пф. При отсутствии колебаний необходимо поменять местами концы одной из обмоток трансформатора  $Tr_1$  \*.

**Настройка и регулировка сверхрегенераторов.** Разберем теперь на примерах рассмотренных нами схем особенности и общую методику, применяемую при налаживании сверхрегенеративных каскадов в приемных устройствах. Основной целью при этом будет стремление получить возможно большую чувствительность и остроту настройки, а также минимальное паразитное излучение в антенную цепь. В ряде случаев, даже после тщательной сборки сверхрегенератора, все же приходится сталкиваться с отсутствием генерации или же, наоборот, с чрезвычайно бурным ее возникновением и срывом на отдельных участках рабочего диапазона приемника. Кроме неисправности отдельных деталей, причиной этого может быть неудачное расположение самих деталей приемника. Сверхгенераторы, как правило, используются на УКВ диапазоне, где требования, предъявляемые к качеству деталей и рациональному их расположению, при монтаже особенно высоки.

В УКВ аппаратуре взаимное расположение деталей и монтаж их должны исключать необходимость применения длинных соединительных проводников. Монтаж должен быть более компактным и жестким. Поэтому ламповые панельки устанавливают так, чтобы расстояние между анодным выводом предыдущего и се-

---

\* Конструкция приемника, собранного по схеме рис. 46, подробно описана в «Книге сельского радиолюбителя». Изд-во ДОСААФ, 1961 г., стр. 339—344.

Описания приемника, собранного по схеме рис. 47, а также нескольких других ламповых и транзисторных сверхрегенеративных приемников помещены в брошюре Л. Куприяновича «Карманные радиостанции», Госэнергоиздат, Массовая радиобиблиотека, 1960 г.

точным выводом последующего каскадов было минимальным. Контурные конденсаторы надо размещать симметрично, в непосредственной близости у соответствующих выводов ламповых панелек. Катушки индуктивности лучше всего припаивать прямо к выводам конденсаторов переменной емкости. Для монтажа ВЧ цепей не следует применять провод диаметром меньше 1,5—1,0 мм. Значительно упрощает монтаж сложных схем панель из листовой латуни или красной меди, так как отпадает необходимость в целом ряде вспомогательных цепей. Все подлежащие заземлению выводы на ламповых панельках и концы деталей припаивают непосредственно к монтажной панели. При таком монтаже значительно снижается возможность возникновения всяких паразитных связей, возбуждения и т. п.

Иногда отсутствие сверхрегенерации наблюдается при правильном монтаже и наличии напряжений на электродах ламп. Причиной этого может быть слишком большая связь с антенной в простейших схемах (например, между катушками  $L_1$  и  $L_2$  в схеме рис. 40) или же неисправность в цепях блокировки: ВЧ дроссель  $Dr$  и конденсатор  $C_3$  на том же рисунке.

Регулировку режима сверхрегенерации производят путем подбора величины конденсатора и сопротивления в цепи управляющей сетки и анодной нагрузки лампы детекторного каскада (например,  $R_1$ ,  $C_2$  и  $R_3$  на схеме рис. 40). В схемах, подобных приведенным на рис. 41, а, б, 42, наивыгоднейшая величина гасящей частоты устанавливается изменением параметров цепей вспомогательной частоты (например, подбором величины емкости конденсатора  $C_3$  в схеме рис. 42). Производя такую регулировку, следует всегда помнить, что гасящая частота должна не менее чем в 4—5 раз превышать наибольшую частоту модуляции принимаемого сигнала и быть не менее 15—20 кГц во время приема речи и в то же время быть в 50—100 раз меньше несущей частоты. Оба эти условия наиболее легко соблюдаются лишь на УКВ диапазоне. Поэтому теперь на КВ диапазонах сверхрегенераторы используются очень редко. В диапазонах же средних и длинных волн их вообще нет смысла применять. Там они не смогут создать ни достаточного усиления, ни необходимой избирательности. Именно резкое падение избирательности

сверхрегенератора с ростом вспомогательной частоты ограничивает возможность его применения на волнах длиннее 10—15 м. Установлено, что лучше выбирать вспомогательные частоты в пределах от 20 до 100 кГц.

Сверхрегенератор можно считать налаженным, когда генерация плавно возникает и прекращается при изменении величины резистора анодной нагрузки, который в ряде схем делается переменным (например, резистор  $R_3$  на схеме рис. 40). Обычно, ручка управления этого резистора выводится на переднюю панель приемника, что дает возможность производить регулировку режима сверхрегенерации во время приема сигналов разной силы на всех точках рабочего диапазона. Поэтому при налаживании приемника необходимо проверить работоспособность каскада во всех положениях ручки настройки приемника. Если, несмотря на регулировку резистора анодной нагрузки, генерация в части диапазона все же будет срываться, следует подобрать наивыгоднейшую точку присоединения ВЧ дросселя к контурной катушке (дроссель  $Dr$  и катушка  $L_1$  на схеме рис. 40) или конденсатора связи с предыдущим каскадом (конденсатор  $C_7$  с контуром  $L_5C_9$  на схеме рис. 46).

Далее производят подгонку диапазона сверхрегенератора. Лучше всего это сделать с помощью УКВ сигнал-генератора. Если имеется гетеродинный индикатор резонанса (ГИР), то вся предварительная настройка высокочастотных контуров приемника, включая каскад сверхрегенеративного детектора, производится заранее (до подключения к схеме источников питания). Можно для настройки воспользоваться другим, уже проградуированным сверхрегенератором, используя его излучение. Возможна также настройка приемника с помощью двухпроводной измерительной линии. Во всех перечисленных случаях необходимо добиться, чтобы в среднем положении ротора конденсатора переменной емкости (конденсатора настройки) сверхрегенератор был настроен на среднюю частоту своего рабочего диапазона (например, на 145 МГц, если приемник рассчитан на диапазон 144—146 МГц). Обычно это достигается подбором величины индуктивности контурной катушки, для чего сдвигают и раздвигают ее витки. Если, помимо сверхрегенеративного каскада, приемник имеет предва-

ительный УВЧ, то производят также и его настройку. Обычно это сводится к подстройке колебательного контура УВЧ на среднюю частоту диапазона, так как чаще всего такие усилители в процессе работы не перестраиваются. После этого УВЧ проверяют на отсутствие самовозбуждения, в чем убеждаются с помощью ГИРа. Наличие возбуждения характеризуется также очень расплывчатой резонансной настройкой контура УВЧ. В случае обнаружения возбуждения УВЧ необходимо по возможности уменьшить связь между анодной и сеточными цепями его лампы. Это достигается сокращением длины монтажных проводников и улучшением экранировки каскада. В некоторых случаях приходится также снижать напряжение на аноде и экранной сетке у лампы этого каскада.

Окончательную настройку сверхрегенератора и определение чувствительности производят вместе с подключенным к нему УНЧ, с которым в дальнейшем он будет эксплуатироваться. К входу приемника подключают измерительный генератор, а к выходной цепи — измеритель выхода. Измерительный генератор обычно подключается через эквивалент антенны. В простейшем случае таким эквивалентом может служить обычный резистор, величина которого вместе с выходным сопротивлением используемого генератора должна быть равна волновому сопротивлению антенны, предназначенной для работы с приемником. Но необходимость в добавочном резисторе отпадает, когда используется один из измерительных генераторов, имеющих коаксиальный выход с волновым сопротивлением  $75\text{ ом}$ . Такое сопротивление имеет ряд распространенных антенн, например четвертьволновой линейный вибратор, согласованный с коаксиальным кабелем РК-1.

Иногда генераторы к приемникам подключают через специальные согласующие ячейки (рис. 48). Это делается в тех случаях, когда необходимо согласовать асимметричный выход генератора с приемником, имеющим симметричный вход. Например в приемниках, рассчитанных на работу с такими антеннами, как петлевой вибратор, согласованный с ленточным кабелем типа КВТ, волновое сопротивление которого равно  $300\text{ ом}$ . Сопротивление в  $75\text{ ом}$ , стоящее на конце выходного кабеля генератора, в этом случае отключают.

На рис. 49 приведена общая схема подключения приборов для определения чувствительности сверхрегенеративного приемника. Измерение выходного напряжения производится прибором ВЗ-10 (ИВП-3) или другим выпрямительным вольтметром. Параллельно с вольтметром к выходу приемника подключают телефоны, а регулятор громкости устанавливают в положение максимальной громкости. Регулировку начинают с установки аттенуатором выходного напряжения измерительного генератора в пределах 50—100 мкв с таким расчетом, чтобы напряжение на выходе приемника было равно 2—3 в при глубине модуляции 30%. Одновременно с этим убеждаются в отсутствии «пролезания» из сверхрегенеративного каскада в низкочастотный тракт приемника напряжения гасящей частоты. Когда даже значительное изменение входного напряжения не сказывается на показаниях измерителя

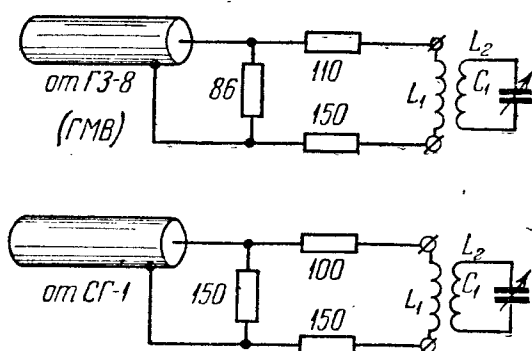


Рис. 48. Согласующие ячейки для настройки сверхрегенеративных приемников

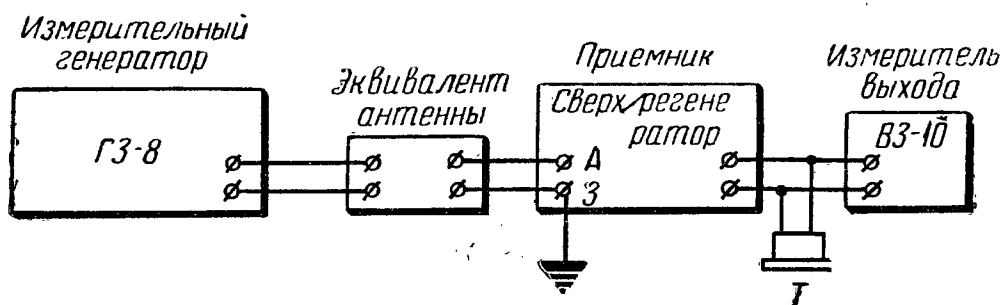


Рис. 49. Схема измерения чувствительности сверхрегенеративных приемников

выхода очевидно, величина напряжения гасящей частоты на выходе приемника значительно превышает напряжение детектированного сигнала. Для устранения этого явления следует убедиться в исправности фильтрующей цепочки и блокировочного конденсатора на выходе каскада ( $C_4$ — $R_4$  и  $R_5$  на схеме рис. 40).

Далее, отключив модулятор, устанавливают на шкале измерительного генератора заданную частоту. Подстроив в резонанс с ней приемник по минимальным показаниям измерителя выхода, постепенно уменьшают напряжение на входе приемника до 10—20 мкв. Записав показания прибора измерителя выхода, вновь включают модулятор при глубине модуляции 30% и отмечают, на сколько увеличилось напряжение на выходе. Соотношение этих двух напряжений должно быть не ниже 1:3, так как в противном случае разбираемость сигналов будет недостаточной. Наилучшие результаты получаются при соотношении этих напряжений, как 1:5, и дальнейшее увеличение отношения напряжений на разбираемости почти не сказывается. Таким образом, максимальная реальная чувствительность приемника определяется путем постепенного снижения входного сигнала, с одновременной проверкой соотношения выходных напряжений при модулированном и немодулированном сигналах. Оно ни в коем случае не должно снижаться более, как 1:2, иначе сигнал будет заглушен собственными шумами сверхрегенератора. Иногда при оценке чувствительности сверхрегенератора пользуются определением: «Сигнал, при котором происходит полное подавление шумов сверхрегенерации».

Общую оценку величины напряжения, действующего на входе приемника  $U_{вх}$ , следует производить с учетом коэффициента его передачи  $K$  от измерительного генератора к приемнику. Таким образом  $U_{вх} = KU_{ген}$

При согласовании выходного сопротивления измерительного генератора с выходом приемника  $K=1$  (например, генератора типа ГЗ-8 с входом 75 ом). В случае использования генератора типа СТ-1 коэффициент передачи будет равен 0,5, а при использовании согласующей ячейки (рис. 48)  $K = \frac{1}{6}$  (для ГЗ-8 в том же случае  $K = \frac{1}{3}$ ).

Если в процессе налаживания приемника выяснится, что он имеет несколько настроек на принимаемый сигнал, необходимо изменить режим сверхрегенерации, несколько повысив гасящую частоту. Величину гасящей частоты можно измерить конденсаторным частотометром, например ЧЗ-1 (ИЧ-6) или с помощью осцилло-

графа и генератора звуковой частоты. Производя регулировку режима свержегенерации, следует помнить, что с повышением гасящей частоты падают избирательность и чувствительность приемника. Поэтому во всех случаях нужно знать перед регулировкой, какова у него величина гасящей частоты и затем уж производить подгонку ее так, чтобы получить наилучший для данного случая режим свержегенерации.

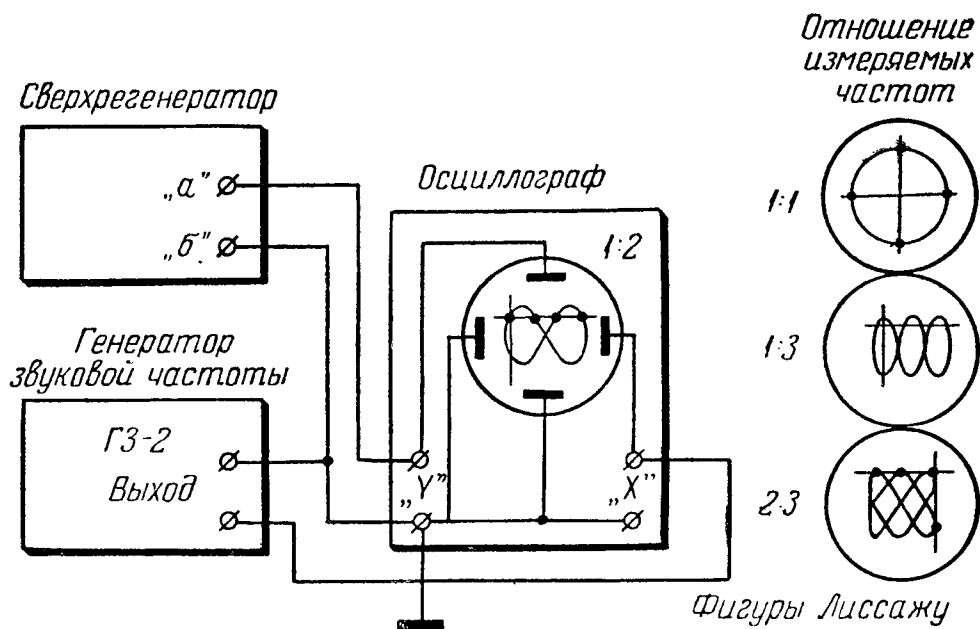


Рис. 50. Определение гасящей частоты визуальным методом по фигурам Лиссажу

Вход частотомера для измерения гасящей частоты можно подключить непосредственно к сверхрегенератору (к точкам *а* и *б* на схеме рис. 50). Частота в этом случае определяется непосредственно по шкале прибора. В случае использования электронного осциллографа напряжение со сверхрегенератора подается на его вертикальный вход, а к горизонтальным пластинам осциллографа подключают генератор звуковой частоты ГЗ-2 или ГЗ-3 так, как это показано на рис. 50. Затем частоту генератора изменяют до тех пор, пока на экране осциллографа не будет получена одна из фигур Лиссажу (круг, восьмерка и т. п.). При этом следует стремиться получить по возможности наиболее простую и неподвижную фигуру Лиссажу. Это возможно только при целночисленном отношении частоты гашения и ча-



стоты образцового генератора. Величину гасящей частоты можно определить по соотношению точек пересечения фигуры Лиссажу горизонтальной линией и к числу точек пересечения фигуры вертикальной линией (см. рис. 50). Например, получена восьмерка при частоте звукового генератора 15,0 *кГц*. Это означает, что мы имеем отношение частот 2 : 1, т. е. гасящая частота равна 30,0 *кГц*. Если в результате измерения выявится, что гасящая частота излишне велика (например, 200,0 *кГц*), можно ее снизить до 20—50 *кГц*, изменив данные резистора в цепи утечки сетки или конденсатора гридлика. Последний для удобства подбора наилучшего режима свержегенерации временно можно заменить небольшим подстроечным конденсатором. Меняя его емкость, очень легко установить оптимальный режим работы каскада, а в дальнейшем, после окончания наладки приемника, заменить подстроечный конденсатор соответствующим конденсатором постоянной емкости.

Приемник можно считать налаженным, когда достигнута чувствительность не ниже 3—5 *мкВ* при соотношении выходных напряжений 1 : 3. Если это условие не соблюдается, следует еще раз проверить режим свержегенерации и попытаться снизить гасящую частоту до 20 *кГц*. Можно рекомендовать также увеличить до 200—300 *ком* сопротивление анодной нагрузки и сделать большей связь с антенной. В том случае, когда эти мероприятия существенного повышения чувствительности у приемника не дают, увеличивают добротность колебательного контура. Для этого заменяют в нем катушку индуктивности другой, имеющей больший диаметр намотки и выполненной из медного посеребренного провода ( $d=1,5—2,5$  *мм*). Хорошие результаты дает также некоторое изменение соотношения  $L$  и  $C$  резонансного контура за счет увеличения его индуктивности.

Аппериодические УВЧ, используемые в простейших свержегенеративных приемниках, как правило, дополнительного налаживания не требуют. Следует только проверить у них коэффициент усиления. Если окажется, что он ниже 1,5, необходимо повысить сопротивление анодной нагрузки. В случае использования в усилителе резонансных контуров дополнительно производят проверку правильности настройки этих контуров и отсутствия самовозбуждения усилителя.

## СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЕ ПРИЕМНИКИ

подавляющее большинство современных ламповых супергетеродинных приемников, в особенности радиовещательных, строится по блок-схеме, приведенной на рис. 51.

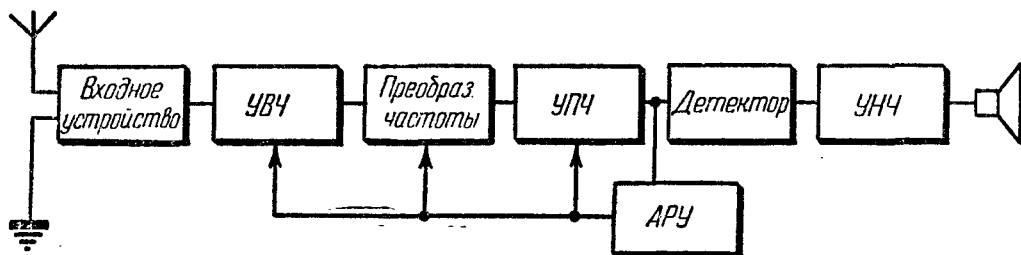


Рис. 51. Блок-схема супергетеродинного приемника с однократным преобразованием частоты

Радиочастотный тракт, усиливающий напряжение несущей частоты принимаемого сигнала, состоит из входного устройства и усилителя высокой частоты, однако наличие УВЧ необязательно.

Тракт промежуточной частоты, усиливающий напряжение промежуточной частоты, состоит из преобразователя частоты и усилителя промежуточной частоты (УПЧ).

Низкочастотный тракт, усиливающий напряжение звуковой частоты, состоит из детектора и усилителя низкой частоты (УНЧ).

Супергетеродинные любительские приемники иногда строятся по схеме с двойным преобразованием частоты, т. е. они имеют две промежуточные частоты: первую высокую (порядка 1600 кГц и выше), которая создает хорошую избирательность по зеркальному каналу, и вторую «обычную» промежуточную частоту (465 кГц и ниже), обеспечивающую необходимую избирательность по соседнему каналу.

Заметим, что существует две блок-схемы супергетеродинного приемника с двойным преобразованием.

В первой (рис. 52, а), рассчитанной на прием в широком диапазоне частот, настройка первого гетеродина сопряжена с настройкой радиочастотных контуров. В результате на выходе первого преобразователя образуется фиксированная первая промежуточная частота, а частота второго гетеродина фиксирована, поэтому

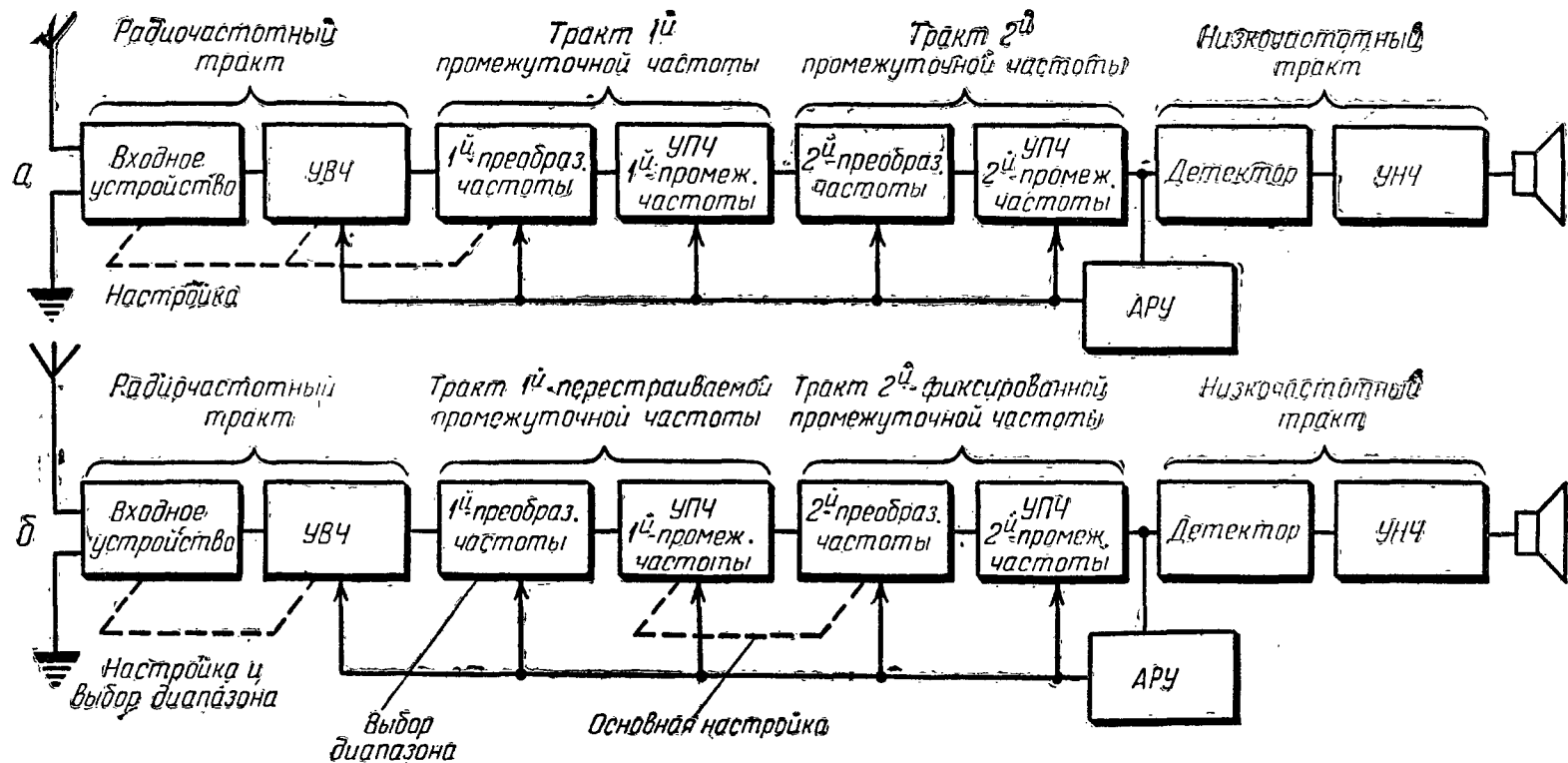


Рис. 52. Блок-схема супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты:

**а** — блок-схема с настройкой первым гетеродином и фиксированной настройкой второго гетеродина; **б** — блок-схема с кварцевой стабилизацией частоты первого гетеродина и настройкой вторым гетеродином

вторая промежуточная частота остается неизменной. Эта схема предъявляет очень жесткие требования к стабильности частоты первого гетеродина, в то же время выполнить это требование для перестраивающегося генератора трудно.

Другая схема (рис. 52, б) супергетеродина с двойным преобразованием, рассчитанная на работу в узком диапазоне частот (ширина диапазона до 1000 кГц, но количество диапазонов может быть любым), имеет только одну фиксированную промежуточную частоту. Приемник, собранный по такой схеме, работает следующим образом. Радиочастотные контуры настраиваются на частоту принимаемого сигнала. Частота первого гетеродина фиксирована и жестко стабилизирована кварцем. В результате при перестройке радиочастотных контуров в пределах 1000 кГц первая промежуточная частота изменяется в этих же пределах, например от 2000 до 3000 кГц. Поэтому контуры фильтра первой промежуточной частоты снабжены элементами настройки в виде блока конденсаторов переменной емкости. В соответствии с изменением первой промежуточной частоты второй гетеродин также перестраивается в пределах от 2465 до 3465 кГц. В результате на выходе второго преобразователя появляется вторая уже фиксированная промежуточная частота 465 кГц, и усиление ее происходит обычным образом.

Подобная схема обеспечивает более стабильный прием, так как частота первого гетеродина стабилизирована кварцем. В процессе приема в выбранном диапазоне шириной 1 МГц настройку в основном ведут ручкой регулировки частоты второго гетеродина, сблокированной с ручкой настройки фильтров первой промежуточной частоты; разумеется, в схеме должно быть обеспечено сопряжение настройки контуров второго гетеродина с контурами первой промежуточной частоты. Настройку радиочастотных контуров в пределах диапазона шириной 1 МГц практически не приходится производить, так как полоса пропускания этих контуров достаточно широка.

Транзисторные супергетеродинные приемники в основном строятся по тем же блок-схемам, что и ламповые. Но надо отметить, что для транзисторных приемников схема с двойным преобразованием — не ред-

кость, причем двойное преобразование применяется только при работе на растянутых диапазонах коротких волн, а во время приема на средневолновом и длинноволновом диапазонах приемник работает по обычной схеме однократного преобразования частоты. Наиболее часто используется вторая схема двукратного преобразования частоты, т. е. схема с фиксированной частотой первого гетеродина, причем первая промежуточная частота выбирается в пределах частот средневолнового диапазона. Таким образом, в роли фильтров первой промежуточной частоты выступают радиочастотные контуры средневолнового диапазона со своими элементами настройки.

Рассмотрим настройку основных блоков супергетеродинного приемника, собранного по блок-схеме с одинарным преобразованием частоты. Налаживание начинают, как обычно, с усилителя низкой частоты (см. гл. III). Затем налаживают детектор.

**Детектор.** Диодный детектор практически не требует налаживания. Все неполадки могут произойти только из-за неправильного монтажа, пришедшей в негодность лампы или неисправного полупроводникового диода, а также испорченных резисторов и конденсаторов (о налаживании ЧМ детектора будет рассказано на стр. 207).

Проверить работу диодного детектора можно при помощи сигнал-генератора. Для этого его настраивают на промежуточную частоту приемника (обычно 465 кГц), включают модуляцию и через конденсатор емкостью 200 пф подают напряжение сигнал-генератора на последний контур промежуточной частоты, подключенный к детектору. При нормальной работе детектора в громкоговорителе приемника будет слышен тон модуляции сигнал-генератора. Выходное напряжение сигнал-генератора при этом должно быть порядка 1 в.

**Усилитель промежуточной частоты.** Вначале подгоняют режим ламп и транзисторов. Этот процесс ничем не отличается от аналогичного при налаживании усилителя высокой частоты приемника прямого усиления. Встречающиеся при этом неисправности примерно те же. Так отсутствие анодного напряжения на лампе может явиться результатом обрыва в анодной цепи, например в катушке  $L_3$  фильтра промежуточной частоты (рис. 53), замыкания конденсатора  $C_5$  и т. п.

Затем проверяют, не самовозбуждается ли усилитель. Для этого на выход УНЧ приемника включают вольтметр переменного тока со шкалой 1—3 в, регулятор громкости устанавливают на максимум и наблюдают за положением стрелки. Если УПЧ самовозбуждается, то стрелка колеблется. Колебания стрелки могут сопровождаться свистами меняющегося тона (при подключении антенны к управляющей сетке смесительной

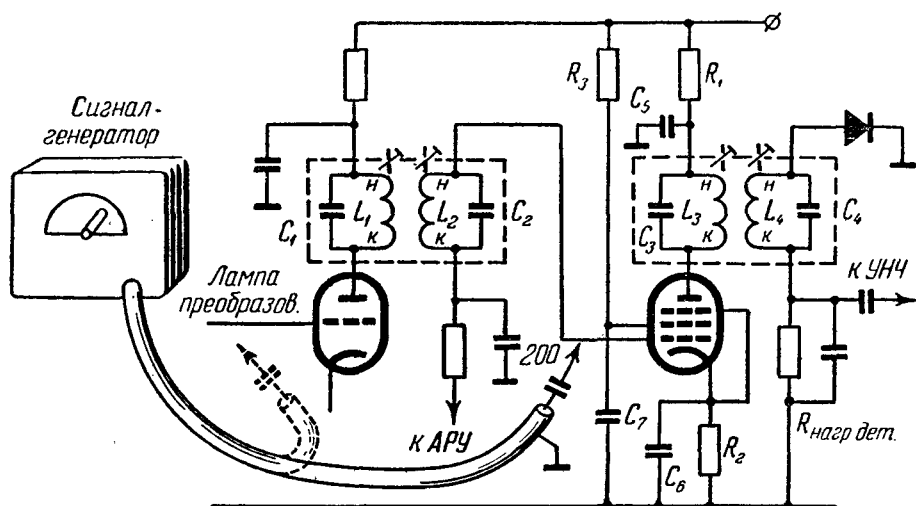


Рис. 53. Схема усилителя промежуточной частоты

лампы преобразователя) или сильным шипением. Конечно, при такой проверке должна быть полная уверенность в нормальной работе УНЧ. Чтобы убедиться, что самовозбуждается именно УПЧ, надо отключить от него детектор — колебания стрелки при этом должны прекратиться.

Другим индикатором наличия самовозбуждения УПЧ может служить миллиамперметр, включенный между сопротивлением анодной нагрузки лампы этого усилителя и плюсом анодного питания. Миллиамперметр надо шунтировать на «землю» конденсатором емкостью 0,1 мкф, включив его между шасси и выводом миллиамперметра, присоединенным к сопротивлению нагрузки. Признаком самовозбуждения усилителя будет изменение показаний миллиамперметра при замыкании накоротко контура промежуточной частоты в цепи управляющей сетки лампы усилителя. Если усилитель многокаскадный, то эту операцию надо произве-

сти последовательно в каждом каскаде. В транзисторном радиоприемнике индикатором наличия самовозбуждения УПЧ может служить милливольтметр, подключенный параллельно выходу этого усилителя: при отсутствии самовозбуждения выходное напряжение усилителя будет в пределах 2—5 мв, а при наличии самовозбуждения — много больше, и стрелка прибора будет колебаться.

Причины самовозбуждения УПЧ те же, что и самовозбуждения УВЧ приемника прямого усиления. Аналогичны и меры борьбы. В основном они сводятся к такому изменению монтажа, при котором будут устроены паразитные связи между цепями. Для этого надо разнести подальше друг от друга проводники различных цепей, в особенности анодной и сеточной, и сделать их минимальной длины. Фильтры промежуточной частоты должны быть заключены в хорошо «заземленные» экраны. Кроме того, надо попробовать увеличить емкости конденсаторов развязывающих фильтров, сменить лампу усилителя или транзисторы, поменять местами концы обмоток контуров промежуточной частоты, уменьшить напряжение на экранирующей сетке лампы усилителя. Наконец, можно попробовать несколько увеличить отрицательное смещение на управляющей сетке этой лампы. Однако это — крайнее средство; самовозбуждение при этом почти наверняка исчезнет, но уменьшится и усиление по промежуточной частоте.

Выявить цепь, виновную в возникновении самовозбуждения, можно, прикоснувшись к этой цепи: при этом показания индикатора должны измениться. Кроме того, рекомендуется палочкой из изоляционного материала слегка изменить положение сеточных и анодных цепей, отодвигая их друг от друга и т. п., наблюдая при этом за показаниями индикатора. Если показания изменяются, это — признак того, что данная деталь или провод участвуют в цепи паразитной связи, способствующей возникновению самовозбуждения.

В возникновении самовозбуждения может играть роль обратная связь через источник анодного питания. Для устранения этой связи в анодную цепь УПЧ включают фильтр, состоящий из сопротивления 2—5 ком и емкости до 0,1 мкф. Если усилитель многокаскадный,

то такие фильтры необходимо включать в анодные цепи всех каскадов. Если это не дает желаемого результата, то для устранения самовозбуждения в сеточную или анодную цепь лампы следует включить антипаразитное сопротивление величиной  $100\text{—}500\text{ ом}$  и  $0,5\text{—}2,5\text{ ком}$  соответственно. Наконец, можно в цепь катода лампы включить резистор сопротивлением  $20\text{—}70\text{ ом}$  и не шунтировать его емкостью. Возникающая при этом отрицательная обратная связь по току уменьшает усилие каскада и увеличивает устойчивость его работы.

Иногда самовозбуждение возникает только при максимальном усилении низкочастотного усилителя. Это говорит о недостаточности фильтрации напряжения промежуточной частоты в детекторе, т. е. напряжение этой частоты проходит в первый каскад УНЧ. В этом случае на выходе детектора надо включить фильтр (рис. 54), а анод лампы первого каскада УНЧ шунтировать на «землю» конденсатором емкостью  $200\text{—}2000\text{ пф}$ .

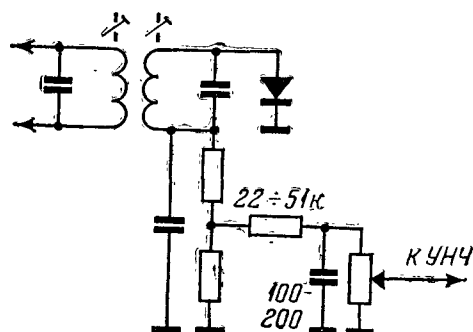


Рис. 54. Схема фильтра, предотвращающего проникновение напряжения промежуточной частоты в УНЧ

В некоторых случаях самовозбуждение возникает только при работе приемника на частотах, близких к промежуточной частоте — высшей частоте длинноволнового и низшей частоте средневолнового диапазонов. Это означает, что частоты входных контуров или контуров УВЧ близки к резонансной частоте контура в анодной цепи преобразовательной лампы. В результате возникает положительная обратная связь через междуэлектродную емкость преобразовательной лампы или через емкость монтажа. Устранить такую связь трудно, для этого приходится разносить на возможно большее расстояние детали входных контуров или контуров УВЧ от контуров промежуточной частоты. Можно также рекомендовать включение в цепь управляющей сетки лампы преобразователя фильтра-пробки, настроенного на промежуточную частоту. Но можно включить контур,



настроенный на промежуточную частоту, и параллельно входу преобразователя (рис. 55).

Когда усилитель начнет работать без самовозбуждения, можно начинать его настройку. Однако предупредим, что ниже будет рассказано о настройке супергетеродинного приемника с помощью сигнал-генератора.

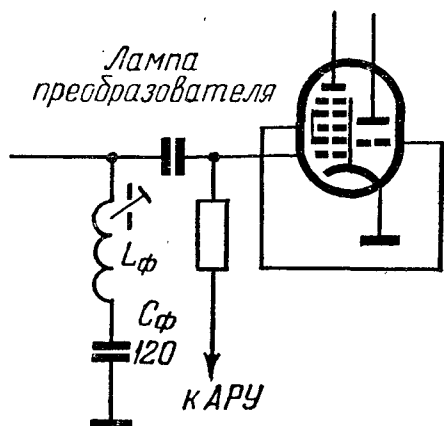


Рис. 55. Схема включения фильтра, настроенного на промежуточную частоту, во входную цепь преобразователя

Но подобная же методика настройки приемника приемлема и при работе с другими приборами, например с генератором качающейся частоты, о чем подробно рассказано в гл. II и V.

Итак, переходим к настройке УПЧ. Перед началом настройки для большей точности надо прекратить работу гетеродина приемника. Для этого достаточно шунтировать контур гетеродина конденсатором большой емкости. Можно также настроить приемник на мини-

мальную частоту длинноволнового диапазона — «подалее» от промежуточной частоты.

Как известно, при амплитудной модуляции радиостанция занимает в эфире полосу частот, равную  $2F_v$ , где  $F_v$  — высшая частота модуляции. Приемник должен принимать всю эту полосу частот, иначе высшие частоты модулирующего сигнала срезаются, и передача будет искажена. Таким образом полоса пропускания его усилителя высокой частоты ( $P_{в.ч}$ ), полоса пропускания усилителя промежуточной частоты ( $P_{п.ч}$ ) и полоса пропускания усилителя низкой частоты ( $P_{н.ч}$ ) должны быть больше или равны полосе радиостанции  $2F_v$ .

Однако от ширины полосы пропускания УПЧ зависит избирательность приемника по соседнему каналу, и чем уже полоса пропускания, тем лучше избирательность. Таким образом, настройка УПЧ заключается не только в настройке его контуров на промежуточную частоту, но также в получении необходимой полосы пропускания, что зависит от формы резонансной кривой этого усилителя.

Настройку усилителя начинают с последнего каскада. Выход сигнал-генератора через конденсатор емкостью 200 *пф* подключают к управляющей сетке лампы последнего каскада. Если на выходе усилителя включен трансформатор промежуточной частоты, то контур в анодной цепи лампы шунтируют резистором с сопротивлением 30—50 *ком*. Делают это из следующих соображений.

При связи между контурами трансформатора промежуточной частоты меньше критической общая резонансная кривая будет одnogорбой, и настройку можно вести по максимуму выходного напряжения и без шунтирования контуров. При связи между контурами больше критической резонансная кривая становится двугорбой с провалом на резонансной частоте; такой трансформатор промежуточной частоты нельзя настраивать по максимуму выходного напряжения. В этом случае при настройке одного из контуров другой контур трансформатора шунтируют резистором. В результате резонансные свойства этого контура притупляются, и двугорбая резонансная кривая превращается в одnogорбую, что позволяет настраивать трансформатор по максимуму выходного напряжения. Именно поэтому мы рекомендовали при настройке последнего контура промежуточной частоты контур в анодной цепи лампы усилителя шунтировать резистором. Вообще, если величина связи заранее неизвестна, то трансформаторы промежуточной частоты лучше настраивать с шунтированием контуров.

Настройку контуров производят следующим образом. Сигнал-генератор, подключенный, как было сказано выше, к управляющей сетке лампы последнего каскада усилителя, настраивают на промежуточную частоту и увеличивают его выходное напряжение до тех пор, пока в громкоговорителе приемника не будет услышан тон модуляции сигнал-генератора, или вольтметр переменного тока на выходе УНЧ даст хорошо заметные отклонения (регулятор громкости при этом должен быть в положении максимальной громкости). В качестве индикатора может также служить вольтметр постоянного тока, включенный параллельно нагрузке детектора; в этом случае частота сигнал-генератора может быть не модулирована.

Если полоса пропускания УПЧ переменная, то на-

стройку надо вести при узкой полосе. Автоматическую регулировку усиления (АРУ) следует отключить, так как она, притупляя настройку, затрудняет определение резонанса. Для этого замыкают конденсаторы в цепи АРУ, но если АРУ с задержкой, то этого можно не делать, а вести настройку при малом уровне сигнала, при котором действие АРУ еще не сказывается.

Почти все современные трансформаторы промежуточной частоты настраиваются высокочастотными магнитными сердечниками. Поэтому вращают сердечник катушки контура  $L_4C_4$  и следят за показаниями индикатора. Если, например, вращение сердечника вызывает уменьшение громкости, то его надо вращать в другую сторону. Правильной настройка контура будет в том случае, когда вращение сердечника в обе стороны от некоторого положения будет вызывать уменьшение показаний индикатора (или уменьшение громкости тона модуляции).

В процессе настройки можно столкнуться с таким явлением, когда громкость тона модуляции будет продолжать увеличиваться до полного, например, вывертывания сердечника. Это означает, что велика индуктивность катушки  $L_4$ . В этом случае надо уменьшить емкость конденсатора  $C_4$ , включенного параллельно катушке. Но уменьшение емкости конденсатора  $C_4$  должно быть не более, чем на 10—20  $n\phi$ , так как от величины емкости этого конденсатора во многом зависит устойчивость работы усилителя. Поэтому, если незначительное уменьшение емкости конденсатора не позволило настроить контур на промежуточную частоту, то надо отмотать некоторое количество витков катушки. И, наоборот, если громкость тона модуляции продолжает увеличиваться до полного ввертывания сердечника, то надо либо увеличить емкость конденсатора  $C_4$ , либо добавить витки в катушке  $L_4$ .

При сильной расстройке контура или при коротком замыкании витков в катушке уровень сигнала на выходе приемника не зависит от регулировки сердечника. В этом случае все контуры промежуточной частоты шунтируют сопротивлениями 30—50  $ком$ , оставляя незашунтированным только проверяемый контур, и, изменяя частоту сигнал-генератора, находят по индикатору выхода его резонансную частоту. Если она окажется

выше промежуточной, то увеличивают число витков катушки и наоборот. Если резонанс будет выражен очень слабо, то это свидетельствует о замыкании витков катушки; такую катушку надо обязательно заменить.

После настройки детекторный контур шунтируют резистором, отключают шунт от контура в цепи анода и по максимальному показанию индикатора настраивают анодный контур на промежуточную частоту. Затем таким же образом настраивают контуры остальных каскадов УПЧ. Последним настраивают контур в анодной цепи лампы смесителя. При этом напряжение сигнал-генератора через конденсатор емкостью 200  $n\phi$  подают на управляющую сетку смесительной лампы.

В современных радиовещательных и связных приемниках для обеспечения хорошей избирательности по соседнему каналу и в то же время заданной полосы пропускания применяют фильтры сосредоточенной селекции (ФСС). Такой фильтр состоит из цепочки связанных контуров, число которых в зависимости от заданных требований по избирательности может быть в пределах от трех до девяти. Фильтр устанавливают на входе УПЧ, и он отвечает за избирательность радиоприемника по соседнему каналу. При этом сам УПЧ выполняет только усилительные функции и может быть аperiodическим или из резонансных каскадов, а также представлять собой комбинацию тех и других. Заметим, что в обычном УПЧ с распределенными элементами селекции первый каскад усиливает не только полезные сигналы, но и сигналы других станций соседних каналов. В результате взаимодействия сигналов разных частот возникают перекрестные искажения. При использовании же ФСС мешающие сигналы попадают на вход УПЧ резко ослабленными, и перекрестные искажения значительно уменьшаются.

Наиболее часто ФСС применяют в транзисторных супергетеродинах. Это связано с тем, что применение в транзисторной аппаратуре обычных схем с распределенными по каскадам элементами селекции затруднительно из-за сильных внутренних связей транзисторов. Например, в такой аппаратуре имеет место резкое влияние друг на друга настроек контуров разных каскадов. Для устранения этого влияния в схему вводят нейтрализующие цепи, которые требуют индивидуаль-

ной подгонки емкостей. При изменении температуры и напряжения питания настройка каскадов с нейтрализующими цепями нарушается, что приводит к дополнительным трудностям. Поэтому указанное «разделение обязанностей», когда избирательность обеспечивается ФСС, а остальные каскады участвуют лишь в усилении сигналов, для транзисторных усилителей весьма желательно.

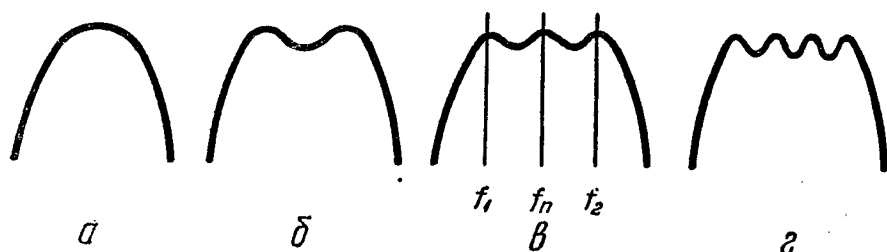


Рис. 56. Резонансные характеристики фильтров:  
а — с одним контуром; б — с двумя контурами; в — с тремя контурами; г — с четырьмя контурами

Настраивают ФСС следующим образом. На рис. 56 приведены характеристики фильтров с одним а, двумя б, тремя в и четырьмя г контурами. Впадина на характеристике (см. 56, б) возникает в результате того, что на этой частоте в первый контур со стороны настроенного второго контура вносится наибольшее активное сопротивление. При настройке же трехконтурной системы во второй контур из третьего на частоте его настройки вносится большое активное сопротивление, в результате чего добротность второго контура понижается. Поэтому вносимое им в первый контур активное сопротивление уменьшается. Это приводит к тому, что в середине входной характеристики трехконтурного фильтра появляется пик (рис. 56, в).

Таким образом можно прийти к выводу, что количество пиков на характеристике равно числу контуров. Однако заметим, что пики и впадины хорошо выражены на характеристике лишь в случае высокой добротности контура и достаточно большом рассогласовании фильтра с нагрузкой.

Настройка фильтра должна производиться таким образом, чтобы частота среднего пика (при нечетном числе контуров) или средней впадины (при четном числе

контуров) соответствовала определенной величине  $f_n$ , которая равна резонансной частоте первого контура при параллельном подключении к нему емкости связи. Частоту  $f_n$  можно определить по формуле:

$$f_n = f_1 f_2 \sqrt{\frac{2}{f_1^2 + f_2^2}},$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — см. рис. 56, в.

Настройку фильтра производят в следующей последовательности. На вход каскада, в котором включен фильтр, подают сигнал от высокочастотного генератора с частотой  $f_n$ . Параллельно первому контуру через конденсатор с емкостью, не превышающей 5% от емкости контурного конденсатора, подключают ламповый вольтметр. Шунтирующие сопротивления, если они имеются, отключают. Далее замыкают накоротко перемычкой второй контур и настраивают первый по максимуму показаний вольтметра. Затем замыкают накоротко третий контур, удаляют перемычку со второго и настраивают его по минимуму показаний вольтметра. Таким образом, каждый нечетный контур настраивается по максимуму, а четный — по минимуму показаний вольтметра. При настройке последнего контура перемычкой не пользуются.

После настройки контуров снимают резонансную характеристику УПЧ. Резонансная характеристика может быть одногорбая, двугорбая или трехгорбая (последняя форма частотной характеристики в усилителе с трансформаторами промежуточной частоты — наилучшая форма характеристики). Впадина между горбами не должна быть ниже уровня 0,7. Если глубина впадины большая, то это означает, что связь между контурами в трансформаторах промежуточной частоты значительно больше оптимальной и ее следует уменьшить. Величина связи в трансформаторах определяется расстоянием между катушками: если это расстояние увеличить, то связь уменьшится, и наоборот. Меняя расстояния между катушками, можно добиться требуемой формы частотной характеристики и нужной полосы пропускания. Однако на ширину полосы пропускания влияет также добротность контуров: чем выше добротность, тем уже полоса. Если необходимо расширить по-

лосу и это не удастся достигнуть соответствующей расстройкой контуров, то надо снизить добротность контуров, шунтировав катушки индуктивности резисторами с сопротивлением 30—100 *ком*.

При настройке усилителя надо обратить внимание на симметричность его частотной характеристики. Горбы на характеристике должны располагаться симметрично относительно номинальной (465 *кГц*) промежуточной частоты, а спады иметь одинаковую крутизну. Асимметрия характеристики может возникнуть в результате неправильной настройки, неодинаковой добротности контура, а также паразитных обратных связей, вызывающих самовозбуждение усилителя. Поэтому при настройке надо проверить, влияют ли паразитные связи на форму частотной характеристики усилителя, например, сняв частотные характеристики при различных напряжениях на экранирующих сетках ламп. Если характеристики усилителя при нормальном и пониженном напряжении одинаковы, то паразитные емкости не оказывают существенного влияния на работу усилителя и асимметрия частотной характеристики вызвана другими причинами. В противном случае необходимо улучшить экранировку усилителя. Контур УПЧ должны быть экранированы со всех сторон. В некоторых случаях требуется экранировать лампы УПЧ. Кроме того, желательно установить экраны между сеточными и анодными лепестками ламповых панелек. Иногда приходится увеличивать емкости контура промежуточной частоты до 500—600 *пф* (при соответствующем уменьшении индуктивности катушки). В трансформаторах промежуточной частоты следует попробовать поменять местами выводы сеточной или анодной катушки. Надо улучшить развязки в цепях питания, т. е. увеличить емкость конденсаторов.

При подключении цепей АРУ резонансные свойства усилителя несколько притупляются, но симметрия характеристики должна сохраниться; в противном случае необходимо улучшить развязки в схеме АРУ.

**Преобразователь и усилитель высокой частоты.** Преобразователь супергетеродинного приемника может работать либо на одной, либо на двух лампах или транзисторах. В первом случае одна и та же лампа (или транзистор) работают в схеме смесителя и гетеродина,

во втором эти функции выполняют отдельные лампы или транзисторы. Методика налаживания преобразователя в обоих случаях одинакова.

Налаживание преобразователя начинают с гетеродина. В ламповых радиоприемниках применяют схему гетеродина с индуктивной обратной связью (рис. 57, а) и трехточечную схему (рис. 57, б).

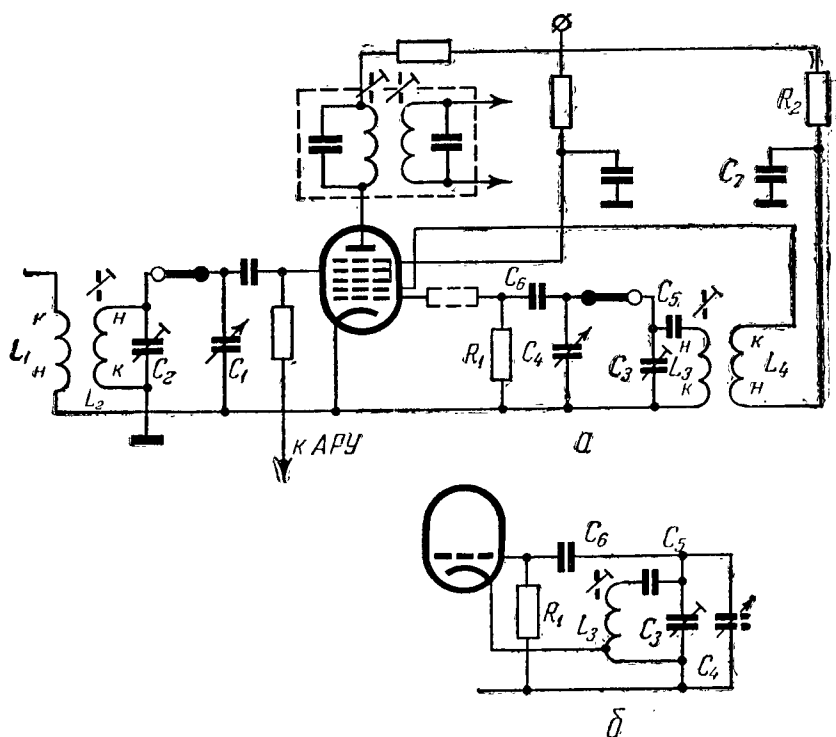


Рис. 57. Схемы преобразователей частоты на электронных лампах:

а — гетеродина с индуктивной связью; б — трехточечная

Начнем с первой схемы. Прежде всего надо подобрать режим лампы преобразователя (или гетеродина, если он собран на отдельной лампе) и проверить наличие генерации. В качестве индикатора генерации используют миллиамперметр со шкалой 5—10 *ма*, включая его между сопротивлением анодной нагрузки гетеродина  $R_2$  и плюсом анодного напряжения. Если гетеродин генерирует, то прикосание металлической отвертки к управляющей сетке гетеродинной части лампы или к конденсатору  $C_6$  приведет к резкому изменению показаний миллиамперметра. При отсутствии генерации



надо тщательно проверить правильность монтажа, убедиться в отсутствии обрывов и замыканий в катушках и проверить конденсаторы. Особое внимание надо обратить на включение катушки обратной связи: если катушки  $L_3$  и  $L_4$  намотаны в одну сторону, то к управляющей сетке лампы и к аноду гетеродинной части лампы должны подключаться разные концы. Если схема гетеродина собрана правильно, а лампа гетеродина заведомо исправна и режим ее нормальный, но генерации все же нет, то надо несколько повысить напряжение на аноде гетеродина, т. е. уменьшить сопротивление резистора  $R_2$ . Если это не даст результата, надо увеличить обратную связь, приблизив катушку  $L_4$  к катушке  $L_3$ , или даже увеличить число витков катушки  $L_4$ . Однако это надо делать осторожно, так как сильная обратная связь приводит к увеличению гармоник гетеродина приемника и к появлению дополнительных свистов и ложных настроек.

Когда генерация гетеродина получена, проверяют ее устойчивость в пределах диапазонов. Для этого вращают конденсатор настройки и следят за показаниями миллиамперметра: они должны изменяться плавно и в небольших пределах, никогда не доходя до срыва — резкого изменения показаний. Если срывы существуют, их устраняют незначительным увеличением анодного напряжения гетеродина или очень незначительным увеличением обратной связи. При возникновении на высокочастотных концах диапазонов прерывистой генерации («капания»), ее устраняют уменьшением сопротивления резистора  $R_1$  или конденсатора  $C_6$ . При слишком большой и бурно возникающей генерации, выражающейся в резком изменении показаний миллиамперметра, надо уменьшить обратную связь, а также уменьшить сопротивление резистора  $R_1$  и подобрать значение емкости конденсатора  $C_6$ .

В гетеродине может возникнуть и паразитная генерация, т. е. колебания на частоте, отличной от основной частоты гетеродина. Признаком такой генерации являются резкие изменения показаний миллиамперметра на небольшом участке диапазона. Чтобы устранить такую генерацию, включают в цепь управляющей сетки лампы гетеродина небольшой проволочный резистор, причем подбирают наименьшую его величину, необходи-

мую для срыва паразитной генерации. Во всяком случае величина его не должна быть больше 500—600 ом, иначе амплитуда колебаний гетеродина сильно уменьшится. Если потребуется большая величина сопротивления, то лучше подобрать другую лампу или перемонтировать блок преобразователя.

В трехточечной схеме гетеродина для получения устойчивой генерации требуется очень тщательный подбор числа витков отвода катушки контура — величины обратной связи. Ориентировочно это число должно составлять 8—10% числа витков, считая от заземленного конца катушки. Окончательно подбирать число витков отвода надо уже на работающем приемнике — до получения наибольшей чувствительности.

Проверить исправность гетеродина в транзисторном приемнике сложнее, чем в ламповом, так как амплитуда колебаний транзисторного гетеродина очень невелика. Измерить напряжение генерации можно ламповым вольтметром на эмиттере транзистора смесительного каскада. Напряжение генерации по отношению к общему напряжению составляет 0,05—0,1 в в диапазоне длинных и средних волн. Поэтому, если в распоряжении радиолюбителя нет достаточно чувствительного измерительного прибора, то нужно попытаться принять сигнал гетеродина на радиовещательный приемник. Если это не удастся, то следует предположить, что гетеродин не генерирует, и надо перепробовать все меры, которые рекомендовались для лампового гетеродина: перемена местами концов катушки обратной связи, увеличение числа витков этой катушки и пр. Заметим, что если гетеродин работает нормально, то его сигнал, принятый на радиовещательный приемник, не должен иметь паразитной модуляции: при расстройке вспомогательного приемника в обе стороны от частоты гетеродина не должны прослушиваться свисты и дополнительные сигналы.

Следует обратить особое внимание на подбор режима транзисторов, работающих в преобразователе.

В преобразователях частоты, работающих с отдельным гетеродином, налаживание гетеродина обычно не вызывает особых затруднений. Но надо иметь в виду, что одним из условий нормальной работы гетеродина является степень его нагрузки преобразовательным

каскадом. Степень этой нагрузки регулируется подбором количества витков катушки связи преобразователя с контуром гетеродина и подбором режима преобразовательного и гетеродинного транзисторов по постоянному току. Например, токи транзисторов  $T_1$  и  $T_2$  в схеме на рис. 58 выбирают в пределах 0,5—1 ма для транзистора  $T_2$  по наличию устойчивых колебаний во всех

диапазонах и 0,3—0,7 ма для транзистора  $T_1$  по отсутствию генерации на частотах, близких к промежуточной, и максимальному усилению в режиме преобразования.

Несколько сложнее налаживание преобразователей, работающих на одном транзисторе. При отсутствии генерации на высокочастотном конце какого-либо из диапазонов следует несколько увеличить ко-

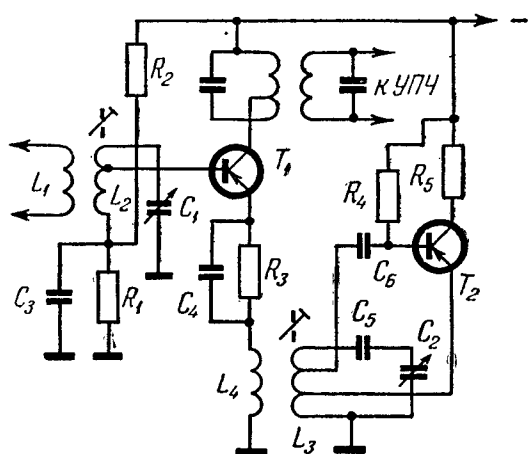


Рис. 58. Схема преобразователя частоты на двух транзисторах

личество витков катушки обратной связи с контуром гетеродина в цепи базы транзистора  $T_1$  в схеме на рис. 59 а и в цепи коллектора транзистора  $T_1$  в схеме на рис. 59, б. В случае возникновения генерации на частотах, близких к промежуточной, надо постепенно уменьшать ток коллектора транзистора преобразовательного каскада до исчезновения самовозбуждения. При прерывистой генерации на низкочастотном конце какого-либо диапазона следует уменьшить число витков катушки обратной связи с контуром гетеродина. Если указанные меры окажутся недостаточными, можно последовательно с катушкой связи в цепь эмиттера включить резистор с сопротивлением 20—50 ом. Заметим также, что надо правильно включить катушку связи с входным контуром: при намотке катушки связи в одном направлении с катушкой входного контура они должны быть включены так, как указано в схеме на рис. 59.

Правильность работы преобразователя можно проверить сравнением чувствительности приемника по про-

межуточной частоте и на частоте принимаемого сигнала: чувствительность по промежуточной частоте должна быть выше не более, чем на 30—35%.

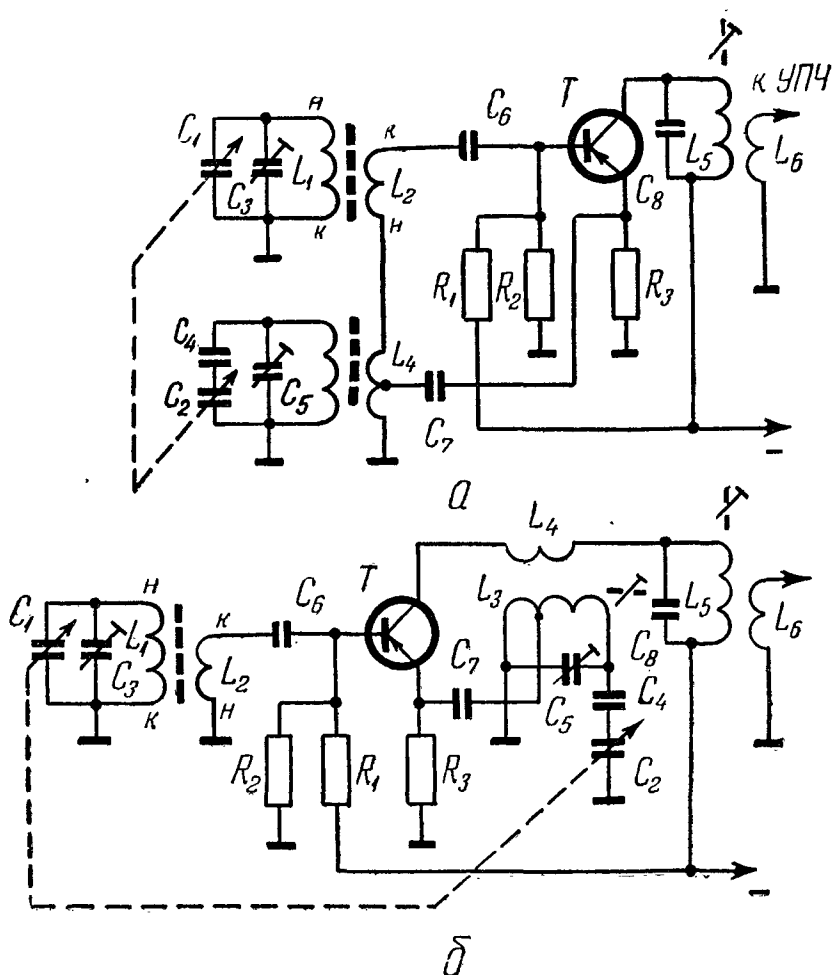


Рис. 59. Схемы преобразователей частоты на одном транзисторе

При сильных шумах преобразователя надо установить, шумы ли это транзистора или паразитная генерация на промежуточной частоте или релаксационные колебания, аналогичные возникающим при работе транзистора в сверхрегенеративном режиме. Шумящий транзистор следует заменить. При релаксационных колебаниях нужно увеличить емкость конденсатора и сопротивление резистора в цепи фильтра развязки, а при отсутствии фильтра — установить его в схему. Низкое качество фильтра в цепи питания преобразователя на

коротковолновом диапазоне может привести к генерации, похожей на микрофонный эффект; для устранения такой генерации следует разорвать акустическую связь между монтажной платой приемника и громкоговорятелем.

Все монтажные соединения в преобразовательном каскаде, особенно в цепях эмиттера и базы транзистора, должны быть как можно более короткими.

Когда гетеродин налажен, т. е. получена устойчивая генерация на всех диапазонах, переходят к налаживанию смесительной части преобразователя. Практически налаживание смесителя сводится к проверке монтажа и устранению изредка возникающей паразитной генерации, причем методы борьбы с нею те же, что и в УПЧ.

Иногда паразитная генерация в начале средневолнового или в конце длинноволнового диапазона вызывается тем, что входные контуры этих диапазонов из-за неправильной настройки оказываются настроенными слишком близко к промежуточной частоте.

Далее переходят к настройке контуров гетеродина. Чтобы приемник принимал заданную радиостанцию, частота его гетеродина должна на значение промежуточной частоты превышать частоту этой радиостанции (например, на 465 кГц). Только в этом случае частота радиостанции будет образовывать с частотой гетеродина приемника биения, частота которых равна промежуточной частоте приемника, и эти биения смогут пройти через УПЧ. Поэтому между частотами настройки гетеродинных и входных контуров должно выполняться соотношение:

$$f_{\Gamma} - f_{\text{вх}} = f_{\text{п}},$$

где  $f_{\Gamma}$  — частота гетеродина;  
 $f_{\text{вх}}$  — резонансная частота входного контура, в данном случае равная частоте сигнала радиостанции  $f_{\text{р-с}}$ ;  
 $f_{\text{п}}$  — промежуточная частота.

Это равенство — необходимое условие точного сопряжения. Если входные контуры окажутся настроенными на какую-либо другую частоту, то полезный сигнал будет ослаблен входными контурами, а помехи приему возрастут.

На рис. 60 показаны кривые сопряжения. Здесь по горизонтальной оси отложен угол поворота подвижных пластин блока конденсаторов настройки, а по вертикальной — разность резонансных частот гетеродинных и входных контуров. В идеальном случае при любом

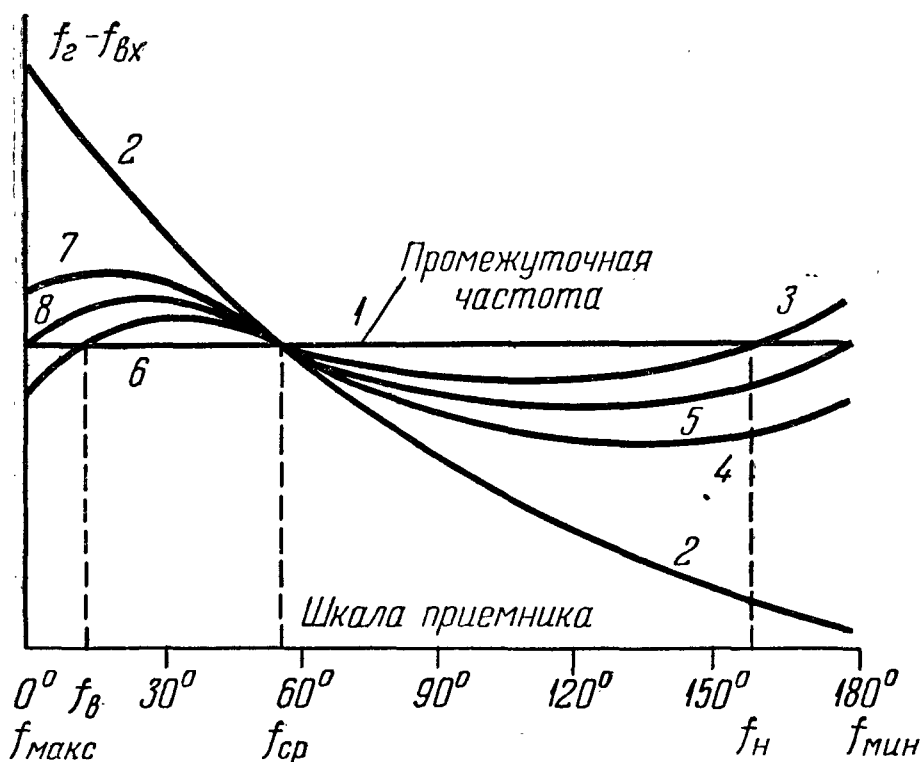


Рис. 60. Кривые сопряжения

угле поворота подвижных пластин эта разность должна равняться промежуточной частоте. Однако осуществить на практике такое идеальное сопряжение во всех точках диапазона нельзя. В самом деле, идеальное сопряжение будет иметь место только в том случае, если перекрытие по частоте у входных и гетеродинных контуров будет одинаковое. Но на практике получается иное. Например, на средневолновом диапазоне входные контуры перестраиваются от 500 кГц до 1500 кГц, т. е. перекрытие по частоте  $n = 1500 : 500 = 3$ . Гетеродинные же контуры перестраиваются от частоты 1000 кГц (для простоты будем считать, что  $f_n = 500$  кГц) до частоты 2000 кГц, т. е. перекрытие по частоте равно только 2. Таким образом приходится принимать специальные меры, чтобы уменьшить перекрытие емкости гете-

родинного конденсатора настройки; для этого в гетеродинный контур включают специальные сопрягающие конденсаторы. Однако таким путем, как будет показано ниже, невозможно получить такой же закон изменения частоты гетеродинного контура, как во входном контуре.

Заметим, что в некоторых приемниках, предназначенных для работы в одном диапазоне, применяют блок конденсаторов настройки со специальной формой

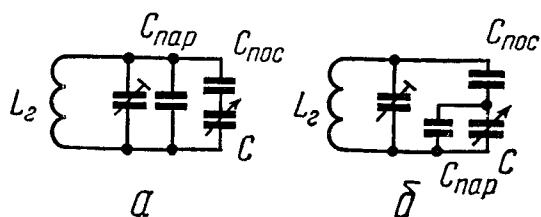


Рис. 61. Схемы включения сопрягающих конденсаторов в контур гетеродина

пластин гетеродинного конденсатора. Такие схемы, естественно, не требуют сопрягающих конденсаторов. Но всеволновый приемник таким образом создать нельзя, так как для других диапазонов этот блок конденсаторов настройки окажется не-

пригоден. Действительно, если проанализировать разницу, в коэффициентах перекрытия по частоте входных и гетеродинных контуров на различных диапазонах, то на средневолновом диапазоне эта разница, как мы выяснили, равна 1 ( $3-2=1$ ), на коротковолновом диапазоне она несколько меньше, а на длинноволновом — еще больше.

Рассмотрим действие сопрягающих конденсаторов. Сопрягающий конденсатор  $C_{\text{пар}}$  может подключаться параллельно катушке  $L_r$  (рис. 61, а) или параллельно конденсатору настройки  $C$  (рис. 61, б). Принцип действия обеих схем одинаков, но конструктивно схема, показанная на рис. 61, а, проще, так как не требует для переключения конденсаторов  $C_{\text{пар}}$  специальной платы переключателя. В то же время эта схема менее выгодна с точки зрения наилучших условий для возбуждения колебаний гетеродина. Емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$  значительно больше начальной емкости конденсатора  $C$ , поэтому на высокочастотном конце диапазона их общая емкость близка к начальной емкости конденсатора настройки, т. е. в таком положении конденсатора настройки конденсатор  $C_{\text{пос}}$  почти не оказывает влияния на общую емкость конту-

ра. Но при полностью введенных пластинах конденсатора настройки общая емкость  $C + C_{\text{пос}}$  окажется заметно ниже максимальной емкости конденсатора настройки  $C$ . Таким образом, чем меньше емкость конденсатора  $C_{\text{пос}}$ , тем сильнее его влияние.

Теперь рассмотрим действие конденсатора  $C_{\text{пар}}$ . Когда пластины конденсатора  $C$  выведены, конденсатор  $C_{\text{пар}}$  оказывается подключенным параллельно небольшой общей емкости конденсаторов  $C$  и  $C_{\text{пос}}$ . Начальная емкость контура в этом случае определяется в основном емкостью конденсатора  $C_{\text{пар}}$  (на высокочастотном конце диапазона). Но на низкочастотном конце диапазона, когда емкость конденсатора  $C$  близка к максимальной, общая емкость конденсаторов  $C_{\text{пос}}$  и  $C$  оказывается значительно больше емкости конденсатора  $C_{\text{пар}}$  и он не влияет существенно на величину их общей емкости. Таким образом, сопрягающий конденсатор  $C_{\text{пар}}$ , почти не влияя на конечную (максимальную) емкость контура, заметно увеличивает его начальную емкость; при этом чем больше емкость конденсатора  $C_{\text{пар}}$ , тем сильнее его влияние. Соответствующим подбором емкостей сопрягающих конденсаторов  $C_{\text{пос}}$  и  $C_{\text{пар}}$  можно уменьшить конечную емкость контура и одновременно увеличить его начальную емкость, добившись тем самым необходимого перекрытия по частоте.

Однако это не означает, что во всех точках диапазона соотношение  $f_{\text{г}} - f_{\text{вх}} = f_{\text{п}}$  будет выдержано. Абсолютно точное сопряжение можно получить в лучшем случае только в трех точках диапазона, например на концах диапазона  $f_{\text{макс}}$  и  $f_{\text{мин}}$  и на средней частоте  $f_{\text{ср}} = \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2}$ . Точное сопряжение возможно и на других частотах. Так на рис. 60 показаны различные варианты сопряжения. Если бы не было сопрягающих конденсаторов, то ход кривой сопряжения, т. е. кривой, показывающей изменение разности  $f_{\text{г}} - f_{\text{вх}}$  в зависимости от изменения резонансной частоты входного контура, соответствовал бы кривой 2. Сопрягающие конденсаторы меняют ход кривой на концах диапазона. Подбирая емкость сопрягающих конденсаторов, можно добиться точного сопряжения в трех точках диапазона, например на концах диапазона и в середине (кривая 5—8) или на частотах  $f_{\text{в}}$ ,  $f_{\text{ср}}$  и  $f_{\text{н}}$  (кривая 3—6). То



обстоятельство, что сопрягающий конденсатор  $C_{\text{пос}}$  мало влияет на высокочастотный конец кривой сопряжения, а конденсатор  $C_{\text{пар}}$  на низкочастотный конец, облегчает подбор конденсаторов и позволяет подбирать их независимо друг от друга. Таким образом, изменяя емкость сопрягающих конденсаторов и индуктивность гетеродинного контура, можно изменять форму кривой сопряжения.

Как уже было сказано, при амплитудной модуляции, помимо основной частоты, радиосигнал содержит еще ряд боковых частот, расположенных симметрично относительно основной частоты и занимающих полосу частот  $P_{p-c} = 2F_v$ . Обычно при амплитудной модуляции  $P_{p-c} = 10-12$  кГц. Но при отклонении кривой сопряжения от промежуточной частоты резонансная частота входных контуров не совпадает с частотой принимаемого сигнала, и боковые составляющие сигнала могут оказаться за пределами полосы пропускания этих контуров. Чтобы этого не случилось, полоса пропускания высокочастотных входных контуров должна быть шире полосы  $P_{p-c}$ , а именно:

$$P_{\text{в-ч. н}} \geq P_{p-c} + 2\Delta f_{\phi},$$

где  $P_{\text{в-ч. н}}$  — необходимая полоса пропускания высокочастотных входных контуров;

$\Delta f_{\phi}$  — фактическая погрешность сопряжения.

Если полоса пропускания задана из соображений необходимой избирательности, то можно подсчитать величину допустимой погрешности сопряжения:

$$\Delta f_d \leq \frac{1}{2} P_{\text{в-ч. ф}} - P_{p-c},$$

где  $\Delta f_d$  — допустимая погрешность сопряжения;

$P_{\text{в-ч. ф}}$  — фактическая полоса пропускания высокочастотных контуров.

Полоса пропускания контура на уровне 0,7:

$$P = \frac{f_{\text{рез}}}{Q},$$

где  $f_{\text{рез}}$  — резонансная частота контура;  
 $Q$  — добротность контура на этой частоте.

Из формулы следует, что полоса пропускания зависит от резонансной частоты. В пределах одного диапазона резонансная частота контура изменяется в  $n$  раз ( $n$  — перекрытие по частоте); добротность же контура в пределах одного диапазона меняется незначительно. Поэтому на высокочастотном конце диапазона полоса пропускания примерно в  $n$  раз шире, чем на низкочастотном.

В табл. 6 указана фактическая полоса пропускания  $P_{в-ч.ф}$  для одиночного контура на уровне 0,7 и соответствующая этой полосе допустимая погрешность  $\Delta f_d$ . Из таблицы видно, что допустимая погрешность изменяется по диапазону больше, чем полоса пропускания высокочастотных контуров: если полоса пропускания изменяется в 3 раза, то допустимая погрешность на длинноволновом диапазоне изменяется в 8 раз, на средневолновом — в 5 раз, на коротковолновом — в 4 раза. Таким образом, на высокочастотном конце диапазона погрешность может быть гораздо больше, но благодаря этому можно уменьшить погрешность на низкочастотном конце диапазона, соответствующим образом выбрав частоты точного сопряжения.

Таблица 6

Диапазон	Участок диапазона	Добротность катушки, $Q$	Фактическая полоса пропускания, $P_{в-ч. ф}$ кгц	Допустимая погрешность сопряжения, $\Delta f_d$ кгц
ДВ	ВЧ конец	12	42	16
	середина		28	9
	НЧ конец		14	2
СВ	ВЧ конец	25	60	25
	середина		40	15
	НЧ конец		20	5
КВ	ВЧ конец	100	120	55
	середина		80	35
	НЧ конец		40	15

На рис. 62 приведены кривые сопряжения, границы полосы пропускания и границы допустимой погрешности для стандартных радиовещательных диапазонов и различных частот точного сопряжения. Эти частоты условно обозначаются индексами А, Б, В и Г:

$$\left. \begin{aligned} f_{\text{в}} (A) &= f_{\text{макс}} \\ f_{\text{ср}} (A) &= \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2} \\ f_{\text{н}} (A) &= f_{\text{мин}} \end{aligned} \right\} A$$

$$\left. \begin{aligned} f_{\text{в}} (Б) &= \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}) \\ f_{\text{ср}} (Б) &= \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2} \\ f_{\text{н}} (Б) &= \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}) \end{aligned} \right\} Б$$

$$\left. \begin{aligned} f_{\text{в}} (В) &= f_{\text{макс}} \\ f_{\text{ср}} (В) &= \sqrt{f_{\text{макс}} f_{\text{мин}}} \\ f_{\text{н}} (В) &= f_{\text{мин}} \end{aligned} \right\} В$$

$$\left. \begin{aligned} f_{\text{в}} (Г) &= \frac{f_{\text{макс}}}{\kappa} \\ f_{\text{ср}} (Г) &= \sqrt{f_{\text{макс}} f_{\text{мин}}} \\ f_{\text{н}} (Г) &= \frac{f_{\text{мин}}}{\kappa} \end{aligned} \right\} Г$$

Во всех формулах:

$f_{\text{макс}}$  — максимальная частота диапазона;

$f_{\text{мин}}$  — минимальная частота диапазона;

$\kappa$  — коэффициент, зависящий от коэффициента перекрытия по частоте и определяемый по номограмме на рис. 63.

Вычисленные по этим формулам частоты точного сопряжения для стандартных радиовещательных диапазонов (длинноволновый диапазон 150—415 кГц, средневолновый 520—1600 кГц, коротковолновый 3,95—12,1 МГц) приведены в табл. 7.

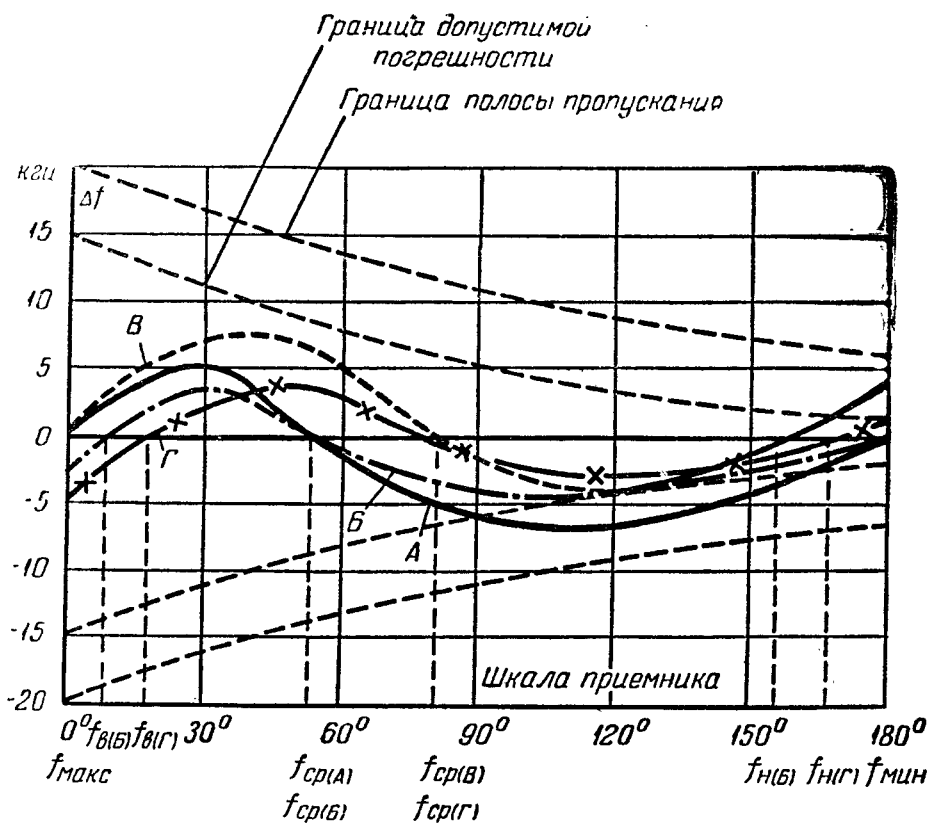
Таблица 7.

Диапа- зон	Частота, кГц											
	$f_{н(А)}$	$f_{ср(А)}$	$f_{в(А)}$	$f_{н(Б)}$	$f_{ср(Б)}$	$f_{в(Б)}$	$f_{н(В)}$	$f_{ср(В)}$	$f_{в(В)}$	$f_{н(Г)}$	$f_{ср(Г)}$	$f_{в(Г)}$
ДВ	150	282	415	167	282	397	150	249	415	161	249	386
СВ	520	1060	1600	529	1060	1528	520	912	1600	562	912	1480
КВ	3950	8025	12100	4065	8025	11985	3950	6910	12100	4260	6910	11220

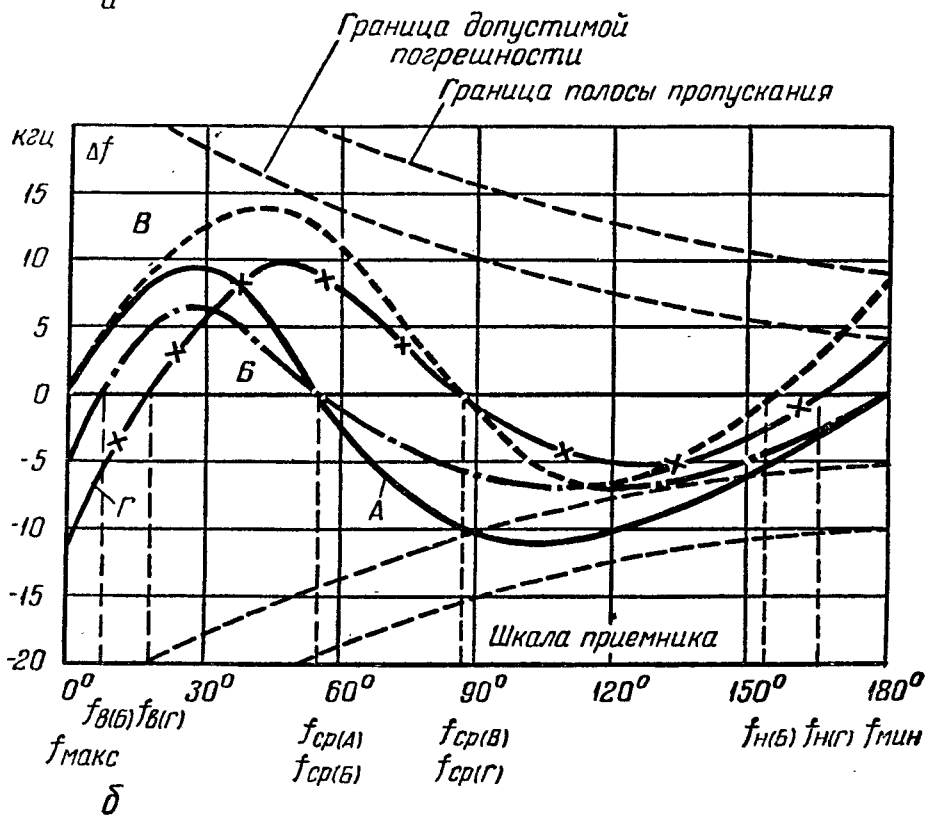
Как видно из графиков на рис. 62, на длинноволновом и средневолновом диапазонах могут применяться только сопряжения типа *Б*, *В* и *Г*, причем выбор того или иного типа сопряжения определяется характером изменения полосы пропускания высокочастотных контуров. Например, если полоса пропускания расширяется к высокочастотному концу диапазона, то в простых конструкциях можно применить сопряжение типа *В* как наиболее простое. В сложных приемниках с несколькими высокочастотными контурами или с обратной связью по высокой частоте лучше всего применять сопряжение типа *Г*. Наконец, в тех случаях, когда характер изменения полосы пропускания по диапазону неизвестен, лучше всего применить сопряжение типа *Б* как обеспечивающее минимальную погрешность, одинаковую по всему диапазону.

При настройке контура конденсатором с твердым диэлектриком возможно уменьшение добротности контура в низкочастотной части диапазона из-за роста потерь в диэлектрике конденсатора и в результате полоса пропускания такого контура изменяется не так сильно по диапазону. Поэтому в транзисторных приемниках, в которых для настройки контуров обычно применяют блок конденсаторов с твердым диэлектриком, лучше всего применить сопряжение типа *Б*.

На коротковолновом диапазоне полоса пропускания высокочастотных контуров широка и, следовательно, условия сопряжения гораздо легче. Поэтому на этом диапазоне можно применять простое сопряжение типа *А*. В высококачественных же приемниках на коротковолновом диапазоне желательно применять сопряжение типа *Б*, так как добротность высокочастотных контуров



а



б

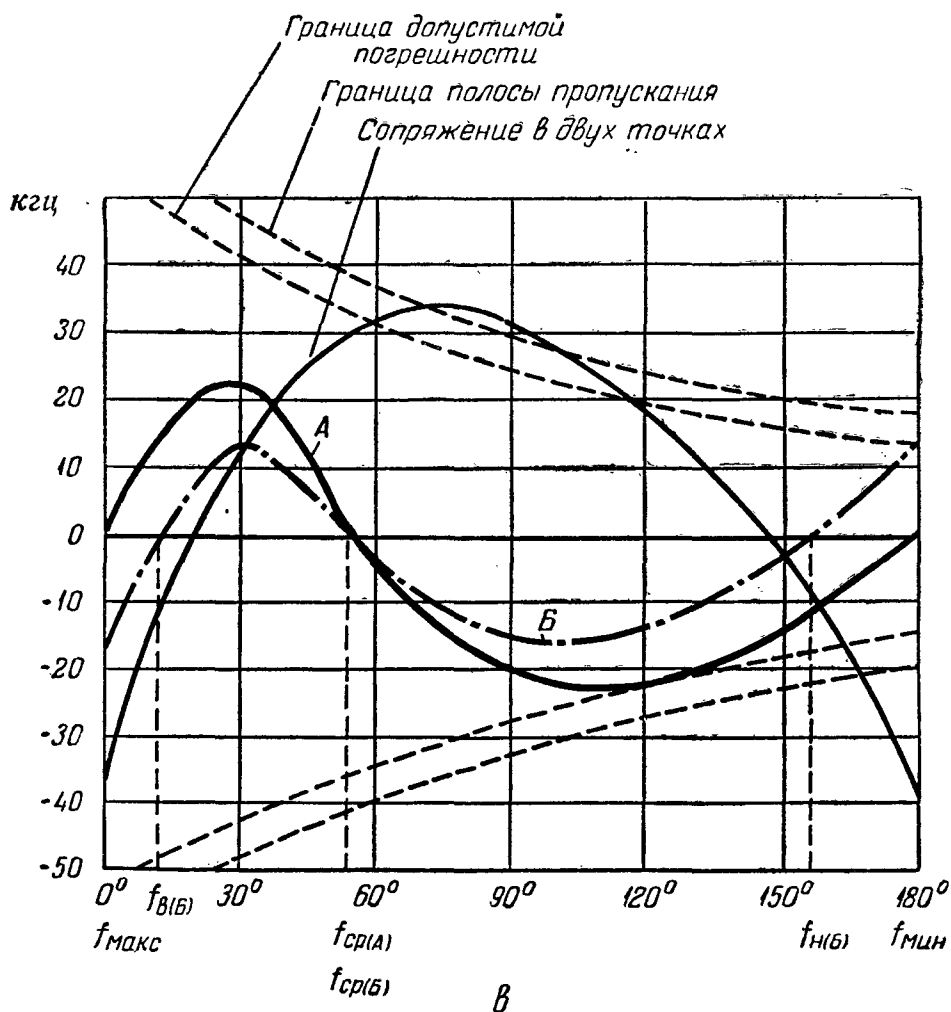


Рис. 62. Кривые сопряжения для стандартных радиовещательных диапазонов:

а — длинноволновый диапазон; б — средневолновый диапазон; в — коротковолновый диапазон

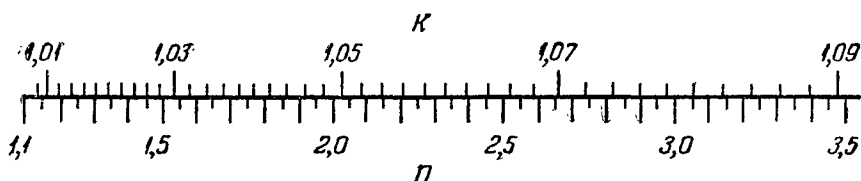


Рис. 63. Номограмма для определения коэффициента  $k$

обычно уменьшается к низкочастотному концу даже при настройке контура конденсатором с воздушным диэлектриком вследствие увеличения емкости контура. Однако следует иметь в виду, что на коротковолновом диапазоне характер изменения добротности высокочастотных контуров, а следовательно, и полосы пропускания зависит от материала сердечника и каркаса катушки. При плохом качестве сердечника или каркаса добротность контура может снижаться к высокочастотному концу диапазона вследствие увеличения потерь в сердечнике и каркасе, что особенно заметно на частотах более 12—15 Мгц.

На полурастянутых коротковолновых диапазонах при  $n < 2$  обычно применяют сопряжение в двух точках с помощью одного сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пар}}$ . Частоты точного сопряжения на таких диапазонах можно подсчитать по следующим формулам:

$$f_{\text{в}} = f_{\text{макс}} - \frac{1}{6} (f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}});$$

$$f_{\text{н}} = f_{\text{мин}} + \frac{1}{6} (f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}).$$

На растянутых коротковолновых диапазонах при  $n < 1,2$  можно применять сопряжение только в середине диапазона и обойтись вообще без сопрягающих конденсаторов. Например, погрешность сопряжения на концах диапазона при  $n = 1,1$  и  $f_{\text{п}} = 465$  кгц составляет около 20 кгц и не превосходит допустимой. При еще меньшем перекрытии по частоте входной контур может иметь фиксированную настройку на среднюю частоту растянутого диапазона.

Перейдем теперь к практическим методам сопряжения настроек гетеродинных и высокочастотных (входных) контуров. Существует два метода.

При настройке по методу трех частот за основу берутся частоты точного сопряжения  $f_{\text{н}}$ ,  $f_{\text{ср}}$  и  $f_{\text{в}}$ . Остальные параметры контура гетеродина (емкости  $C_{\text{пар}}$ ,  $C_{\text{пос}}$  и индуктивность гетеродинного контура  $L_{\text{г}}$ ) подбираются методом последовательного приближения. Эта методика получения сопряжения удобна тем, что не требует предварительного точного знания и измерения параметров гетеродинного контура. Однако при

этом необходима предварительная точная настройка входных высокочастотных контуров.

Другой метод сопряжения принимает за основу емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$  и две частоты точного сопряжения  $f_{\text{в}}$  и  $f_{\text{н}}$ . При этом методе последовательным приближением подбирают емкость конденсатора  $C_{\text{пар}}$  и индуктивность катушки  $L_{\text{г}}$ . Сопряжение на частоте  $f_{\text{ср}}$  при этом получается «автоматически». Таким образом, при подобном методе сопряжения не требуется предварительная настройка входных контуров, ибо настройку их можно осуществить после настройки гетеродинного контура и даже принимая радиостанции, но необходимо точно знать емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$ , причем допуск разброса емкости этого конденсатора, установленного в схему гетеродина, не должен превышать 3—5%, иначе сопряжения на частоте  $f_{\text{ср}}$  не получится. Поэтому сопряжение по методу двух частот можно рекомендовать только при настройке ранее хорошо настроенного приемника и при настройке заводского приемника или приемника, собранного по хорошо разработанной и проверенной конструкции. Следует помнить, что емкость сопрягающих конденсаторов зависит от схемы их включения в контур гетеродина, от значения промежуточной частоты, границ диапазона, типа сопряжения, данных конденсаторов настройки, емкости монтажа, собственной емкости катушек и входной емкости лампы гетеродина. Если хоть один из этих параметров изменился или в повторяемой конструкции сделаны отступления от описания или монтажной схемы образца, то рекомендуемая емкость конденсатора  $C_{\text{пос}}$  уже должна быть другой, и, следовательно, нельзя применять сопряжение по методу двух частот, а надо настроить преобразователь по методу трех частот.

*Метод трех частот.* Итак, за основу принимают частоты точного сопряжения  $f_{\text{н}}$ ,  $f_{\text{ср}}$  и  $f_{\text{в}}$ , а параметры контура гетеродина  $C_{\text{пос}}$ ,  $C_{\text{пар}}$  и  $L_{\text{г}}$  подбирают последовательным приближением. «Распределение обязанностей» в контуре гетеродина следующее. Сопрягающий конденсатор  $C_{\text{пар}}$  оказывает наибольшее влияние на высокочастотном конце диапазона, поэтому с его помощью настраивают этот конец диапазона. При помощи конденсатора  $C_{\text{пос}}$  настраивают низкочастотный



конец диапазона. Наконец, изменяя индуктивность гетеродинного контура при помощи подстроечного сердечника, добиваются точного сопряжения в середине диапазона.

Так как параметры всех трех элементов подстройки гетеродинного контура неизвестны, то необходимо вначале уложить в диапазон высокочастотные контуры, настраиваемые на частоту принимаемого сигнала, и про-

градуировать шкалу приемника. Только после этого можно будет найти на шкале приемника места расположения частот точного сопряжения.

Настройку начинают с высокочастотных контуров в цепи сетки смесительной лампы преобразователя (контур  $L_2C_2$  в схеме на рис. 57). В качестве индикатора настройки можно использовать высокочастотный ламповый вольтметр, присоединив

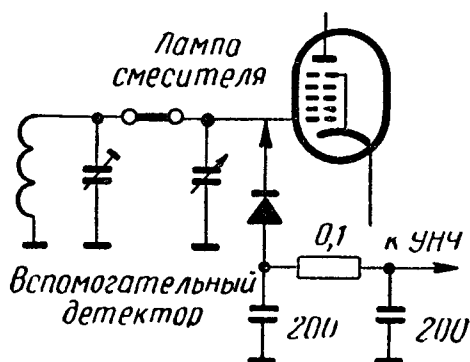


Рис. 64. Схема включения вспомогательного детектора.

его к аноду лампы смесителя. Если такого прибора у радиолюбителя нет, можно к цепи управляющей сетки лампы смесителя подключить полупроводниковый детектор, соединив его с входом УНЧ настраиваемого приемника (рис. 64). Заметим, что такой детектор вносит в высокочастотный контур дополнительную емкость порядка 5—15 пф. Поэтому настройку высокочастотного контура после отключения детектора придется корректировать.

Если в приемнике нет УВЧ, то сигнал-генератор через эквивалент антенны подключают непосредственно к входу приемника. При наличии УВЧ сигнал-генератор через емкость 200—500 пф подключают к управляющей сетке лампы последнего каскада этого усилителя.

Вначале блок конденсаторов настройки устанавливают в положение максимальной емкости. Частота сигнал-генератора при этом должна соответствовать минимальной частоте диапазона  $f_{\text{мин}}$ . Подстроечным сердечником по индикатору выхода настраивают на эту частоту контур в цепи управляющей сетки смесительной

лампы (в дальнейшем этот контур будем называть высокочастотным). После этого блок конденсаторов настройки переводят в положение минимальной емкости, а частоту сигнал-генератора устанавливают равной максимальной частоте диапазона  $f_{\text{макс}}$ . Подстроечным конденсатором настраивают высокочастотный контур на эту частоту.

Настройку высокочастотного контура на крайние частоты диапазона повторяют несколько раз. Затем таким же способом настраивают высокочастотные контуры остальных диапазонов приемника.

Теперь переходят к настройке контуров гетеродина. По формулам сопряжения рассчитывают частоты точного сопряжения  $f_{\text{в}}$ ,  $f_{\text{ср}}$  и  $f_{\text{н}}$ . Если емкости сопрягающих конденсаторов приблизительно известны \*, то эти конденсаторы следует поставить в контур гетеродина;

---

\* Ориентировочно емкость сопрягающих конденсаторов для различных типов сопряжения можно определить по табл. 8. Однако надо помнить, что в этой таблице емкости сопрягающих конденсаторов указаны для стандартных радиовещательных диапазонов, промежуточной частоты 465 кГц и стандартного блока конденсаторов переменной емкости (15—500 пф). Кроме того, табл. 8 предполагает схему включения конденсаторов, показанную на рис. 61, а. Емкость подстроечного конденсатора, включенного параллельно  $C_{\text{пар}}$ , изменяется в пределах 5—25 пф.

Таблица 8

Диапазоны	Емкость сопрягающего конденсатора $C_{\text{пар}}$ , пф при сопряжении типа			Емкость сопрягающего конденсатора $C_{\text{пос}}$ , пф при сопряжении типа		
	Б	В	Г	Б	В	Г
ДВ	40	35	68	200	260	240
СВ	15	10	20	500	600	560
КВ	—	—	—	4000	4500	4300

процесс настройки гетеродинного контура при этом несколько упрощается. Если емкость сопрягающих конденсаторов неизвестна, то настройку контура гетеродина начинают без этих конденсаторов.

Вначале контур гетеродина настраивают на среднюю частоту диапазона. Для этого на сигнал-генераторе устанавливают частоту точного сопряжения  $f_{\text{ср}}$  и, вращая ручку настройки приемника, по индикатору, подключенному к аноду смесительной лампы, настраивают высокочастотный контур на эту частоту. Затем индикатор настройки подключают к нагрузке детектора приемника (или к выходу УНЧ) и, вращая подстроечный сердечник катушки гетеродинного контура, настраивают этот контур по максимальным показаниям индикатора выхода. Иными словами, добиваются настройки гетеродинного контура на частоту  $f_r = f_{\text{ср}} + f_{\text{п}}$ .

Настройку радиочастотного контура на низкочастотном конце диапазона производят аналогичным способом. Настройку же гетеродинного контура на этом конце диапазона осуществляют подбором сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$  до получения максимального показания индикатора выхода.

Так же поступают и при настройке высокочастотного контура на высокочастотном конце диапазона, а настройку гетеродинного контура производят подбором емкости конденсатора  $C_{\text{пар}}$ , причем подстроечный конденсатор гетеродинного контура должен находиться в среднем положении.

Таким методом уже при первой настройке будет найдена приблизительно нужная емкость сопрягающих конденсаторов и индуктивность катушки гетеродинного контура. Уточняют настройку этих элементов в том же порядке: сначала на частоте  $f_{\text{ср}}$  подстраивают индуктивность катушки, затем на частоте  $f_{\text{н}}$  подбирают емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$ , а на частоте  $f_{\text{в}}$  — емкость конденсатора  $C_{\text{пар}}$  (подстроечным конденсатором). Настройку уточняют несколько раз, пока не перестанет изменяться емкость сопрягающих конденсаторов и индуктивность катушки. Чем ближе первоначальная емкость сопрягающих конденсаторов к необходимой, тем скорее будет закончен процесс уточнения настройки.

Когда сопряжение настройки гетеродинного контура

с контуром в цепи сетки смесительной лампы получено, приступают к настройке остальных высокочастотных контуров данного диапазона: входного контура и контура УВЧ. Для этого сигнал-генератор через эквивалент антенны подключают к входу приемника. На сигнал-генераторе устанавливают частоту точного сопряжения в низкочастотном конце диапазона. Приемник настраивают на эту частоту ручкой настройки. Затем подстроечным сердечником настраивают на нее входной контур и другие ненастроенные высокочастотные контуры данного диапазона. После этого сигнал-генератор и приемник перестраивают на частоту точного сопряжения в высокочастотном конце диапазона и настраивают на эту частоту контуры подстроечным конденсатором. Настройку контуров в концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение сердечников и подстроечных конденсаторов.

При многокаскадном УВЧ и очень расстроенных высокочастотных контурах настройку удобнее производить, подавая сигнал от высокочастотного генератора последовательно на управляющие сетки ламп усилителя, начиная с лампы последнего каскада и заканчивая входным контуром.

Перейдем теперь к сопряжению *по методу двух частот*. При этом методе, как уже говорилось, за основу берется частота точного сопряжения  $f_{\text{в}}$  и по ней подбирается емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{спр}}$ , а также частота точного сопряжения  $f_{\text{н}}$ , на которую гетеродинный контур настраивают подстроечным сердечником катушки индуктивности. Если емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пос}}$  выбрана правильно, то в середине диапазона сопряжение получается «автоматически». Возможны два варианта сопряжения по методу двух частот.

Первый применяется, когда известно положение частот точного сопряжения  $f_{\text{н}}$  и  $f_{\text{в}}$  на шкале приемника. Это может быть при настройке приемников заводского изготовления, на шкале которых отмечено положение частот точного сопряжения, а также при подстройке приемников, ранее настроенных по методу трех частот. Наконец, этот же метод можно применять при сопряжении типа В, так как положение частот точного сопряжения в этом случае совпадает с граничными

частотами диапазона  $f_{\text{мин}}$  и  $f_{\text{макс}}$ . При настройке по этому варианту сначала производят сопряжение на низкочастотном конце диапазона. Для этого на вход смесителя от сигнал-генератора подают частоту точного сопряжения на низкочастотном конце диапазона. Указатель настройки устанавливают на соответствующую риску шкалы, отмечающую частоту точного сопряжения, и регулировкой положения подстроечного сердечника катушки гетеродинного контура добиваются максимальных показаний индикатора выхода приемника. Затем сигнал-генератор подключают к входу приемника и подстроечными сердечниками по максимальному показанию индикатора выхода подстраивают высокочастотные контуры, уменьшая по мере надобности напряжение на выходе сигнал-генератора.

Теперь переходим к сопряжению на высокочастотном конце диапазона. Указатель настройки приемника совмещают с соответствующей риску шкалы, указывающей частоту точного сопряжения  $f_{\text{в}}$ , сигнал-генератор подключают к входу смесителя и настраивают его также на частоту  $f_{\text{в}}$ . Затем регулировкой подстроечного конденсатора гетеродина добиваются максимальных показаний на выходе приемника.

После этого сигнал-генератор подключают к входу приемника и подстроечными конденсаторами по индикатору выхода настраивают высокочастотные контуры.

Настройку контуров на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных конденсаторов и сердечников, причем настройку ведут со входа приемника, т. е. для настройки гетеродинных контуров сигнал-генератор оставляют включенным на входе приемника.

Если положение частот точного сопряжения на шкале приемника неизвестно, то настройку ведут несколько в иной последовательности. Начинают с установки границ диапазона. Для этого на вход смесителя от сигнал-генератора подают минимальную частоту диапазонов. Конденсаторы блока настройки приемника устанавливают в положение максимальной емкости и регулировкой положения сердечника катушки гетеродинного контура добиваются максимальных показаний индикатора настройки на выходе приемника. Затем конденсаторы

блока настройки переводят в положение минимальной емкости, а сигнал-генератор перестраивают на максимальную частоту диапазона и настраивают гетеродинный контур регулировкой подстроечного конденсатора по максимальным показаниям индикатора выхода.

Настройку гетеродинного контура на крайние частоты диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечного конденсатора и сердечника гетеродинного контура.

Когда диапазон гетеродинного контура уложен, можно переходить к сопряжению его с настройкой высокочастотных контуров. Последовательность сопряжения такая же, как при настройке по первому варианту метода двух частот, только вначале устанавливают частоту точного сопряжения на сигнал-генераторе и на эту частоту приемник настраивают по максимальным показаниям индикатора выхода. Вначале добиваются сопряжения на низкочастотном конце диапазона, а затем на высокочастотном.

После настройки контуров по методу двух частот надо проверить качество сопряжения, т. е. убедиться, что третья точка точного сопряжения (в середине диапазона) получилась на нужной частоте и в нужном месте шкалы приемника. Для такой проверки на вход приемника от сигнал-генератора подают частоту точного сопряжения  $f_{\text{ср}}$ . Затем на эту частоту настраивают приемник по максимальным показаниям индикатора выхода. Далее надо выяснить, настроены ли входные контуры на эту частоту или имеется расстройка входных контуров относительно частоты точного сопряжения (и как следствие — потеря чувствительности приемника). Чтобы определить расстройку, к катушке высокочастотного контура поочередно подносят медный и ферритовый стержни так, как было уже описано (см. стр. 139). Это делается в данном случае только для диагностики. Если громкость сигнала или отклонение индикатора выхода в обоих случаях уменьшается, то на данной частоте имеется точное сопряжение.

Если же при поднесении, например, ферритового стержня показания индикатора выхода приемника увеличились, то это означает, что разность  $f_{\text{г}} - f_{\text{вх}}$  приблизилась к промежуточной частоте. Но при поднесении ферритового стержня частота катушки уменьшает-

ся, а разность  $f_r - f_{вх}$  увеличивается. Следовательно, кривая сопряжения располагается в данной точке шкалы ниже линии промежуточной частоты и частота точного сопряжения расположена от этой точки ближе к высокочастотному концу диапазона. И наоборот, если показания индикатора выхода увеличиваются при поднесении к входному контуру медного стержня, то частота точного сопряжения расположена от данной точки шкалы ближе к низкочастотному концу диапазона.

Наконец, если при проверке сопряжения в середине диапазона окажется, что на одной частоте показания индикатора выхода увеличиваются при поднесении к входному контуру медного стержня, а на другой частоте — ферритового, то частота точного сопряжения находится между этими частотами.

Отклонение частоты точного сопряжения от расчетной означает, что при сопряжении была допущена ошибка: неправильно выбрана емкость сопрягающего конденсатора  $C_{псс}$  или неправильно выбраны частоты точного сопряжения.

О том, что делать с сопрягающим конденсатором  $C_{псс}$  можно судить по тому, в какую сторону сдвинута частота точного сопряжения от расчетной частоты. Если при проверке сопряжения в середине диапазона окажется, что точка точного сопряжения сдвинута к низкочастотному концу диапазона, то емкость конденсатора  $C_{псс}$  надо уменьшить. Если же частота точного сопряжения окажется сдвинутой к высокочастотному концу диапазона, то емкость этого конденсатора надо увеличить.

Однако прежде чем изменять емкость сопрягающего конденсатора, надо убедиться, правильно ли выбраны частоты точного сопряжения. Для этого надо снять кривую сопряжения. Кстати, снятие и анализ этой кривой является заключительным этапом при настройке приемника и в методе сопряжения по трем частотам.

Снимают кривую сопряжения следующим образом. Находят отклонение кривой сопряжения от промежуточной частоты для 15—20 точек данного диапазона (например, через каждые  $10^\circ$  шкалы приемника) и строят по этим точкам кривую сопряжения. По горизонтальной оси откладывают градусы шкалы и соответствующие им частоты, а по вертикальной оси откладывают разность между настройкой приемника (т. е. ча-

стотой, определяемой настройкой гетеродинных контуров) и настройкой высокочастотных контуров для данной точки шкалы. Делается это так. Сигнал-генератор включают на вход приемника через эквивалент антенны. Вращая ручку настройки приемника, устанавливают указатель настройки на определенное деление шкалы и сигнал-генератор настраивают на эту частоту по максимальному отклонению стрелки индикатора выхода приемника. Затем по шкале сигнал-генератора определяют частоту  $f_0$ , на которую настроен приемник, и отмечают ее на горизонтальной оси графика против соответствующего градуса шкалы приемника.

После этого УНЧ через вспомогательный детектор (см. стр. 194) подключают к сеточной цепи смесительной лампы или в анодную цепь этой лампы включают высокочастотный индикатор. Изменяя частоту сигнал-генератора, по индикатору находят резонансную частоту высокочастотных контуров  $f_{вх}$  для данной точки шкалы, т. е. не изменяя настройки приемника. Разность между найденными частотами  $f_0 - f_{вх}$  откладывают в зависимости от ее знака вверх или вниз от линии промежуточной частоты. Полученные точки соединяют плавной кривой. Заметим, что разность  $f_0 - f_{вх}$  невелика, поэтому ее надо отсчитывать по нониусу ручки настройки сигнал-генератора, предварительно определив цену его делений при данной настройке.

Далее на этот же график наносят границы допустимой погрешности сопряжения. Для этого через каждые  $25-30^\circ$  шкалы приемника определяют полосу пропускания высокочастотных контуров на уровне 0,5. Определить эту полосу можно следующим образом. Сигнал-генератор настраивают на резонансную частоту входных контуров по индикатору в анодной цепи смесительной лампы. Увеличивают выходное напряжение сигнал-генератора в 2 раза и изменяют его частоту (сначала в одну, а потом в другую сторону) таким образом, чтобы показания индикатора настройки приемника уменьшились до прежнего уровня. Разность между полученной частотой и резонансной частотой высокочастотных контуров при расстройке сигнал-генератора в одну сторону от резонансной частоты входных контуров плюс разность между полученной частотой и резонансной частотой высокочастотных контуров при расстройке сиг-



нал-генератора в другую сторону равна полосе пропускания высокочастотных контуров  $\Pi_{\text{вч}}$ . При амплитудной модуляции передается полоса частот около 10 кГц, поэтому, отложив на графике от промежуточной частоты величину допустимой погрешности для измеренных точек шкалы приемника, соответственно вверх  $\Delta f_{\text{д}} = f_{\text{с-г}} - f_{\text{вх}} - 5 \text{ кГц}$  (при расстройке сигнал-генератора выше резонансной частоты высокочастотных контуров) и вниз  $\Delta f_{\text{д}} = f_{\text{вх}} - f_{\text{с-г}} - 5 \text{ кГц}$  (при расстройке сигнал-генератора ниже резонансной частоты высокочастотных контуров) и соединив полученные точки плавной кривой, получим границы допустимой погрешности сопряжения.

Если кривая сопряжения не выходит за пределы допустимой погрешности, то сопряжение хорошее. При плохом сопряжении возможны следующие случаи.

На одном конце диапазона погрешность сопряжения выходит за допустимые границы, а погрешность в середине диапазона не доходит до них. Тогда частоту точного сопряжения на данном конце диапазона ( $f_{\text{н}}$  или  $f_{\text{в}}$ ) следует изменить, передвинув ближе к концу диапазона.

Наоборот, если погрешность в середине диапазона выходит за допустимые границы, а на концах диапазона не доходит до них, то частоты точного сопряжения на концах диапазона надо передвинуть дальше от концов, т. е. ближе к середине диапазона.

Может случиться, что погрешность на конце и в середине одной половины диапазона выходит за допустимые границы, а на другой половине не доходит до них. В этом случае частоту точного сопряжения в середине диапазона следует передвинуть ближе к той части диапазона, на которой погрешность выходит за допустимые границы.

Наконец, если погрешность сопряжения на обеих частях диапазона выходит за допустимые границы, то необходимо расширить полосу пропускания высокочастотных контуров. Для этого надо уменьшить их добротность путем шунтирования резисторами с сопротивлением 20—100 ком.

*Сопряжение на полурастянутых диапазонах.* Итак, мы рассмотрели различные методы настройки контуров при сопряжении на трех частотах. Однако получать

точное сопряжение в трех точках диапазона не всегда обязательно. На полурастянутых диапазонах часто применяют сопряжение в двух точках при помощи только одного сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пар}}$ . Дело в том, что полоса пропускания высокочастотных контуров на коротковолновом диапазоне достаточно широка, и, хотя при сопряжении в двух точках отклонение кривой сопряжения от промежуточной частоты больше, чем при сопряжении в трех точках, результаты получаются удовлетворительными.

При таком сопряжении за основу берутся частоты точного сопряжения, рассчитанные по формуле на стр. 192. Емкость сопрягающего конденсатора  $C_{\text{пар}}$  и индуктивность гетеродинного контура  $L$ , подбирают при настройке.

Методика сопряжения такая же, как при сопряжении по методу двух частот. Рассмотрим сначала случай, когда известно положение частот точного сопряжения на шкале приемника. Вначале указатель настройки приемника совмещают с риской на шкале, соответствующей частоте  $f_n$ . На вход приемника подают от сигнал-генератора соответствующую частоту и настраивают гетеродинный контур подстроечным сердечником по максимальному показанию индикатора выхода приемника. Подстроечным сердечником на эту же частоту настраивают входной контур. Указатель настройки приемника переводят на отметку частоты точного сопряжения на высокочастотном конце диапазона  $f_v$ . На вход приемника от сигнал-генератора подают соответствующую частоту и по максимальному показанию индикатора выхода приемника настраивают гетеродинный контур подстроечным конденсатором. После этого подстроечным конденсатором настраивают по индикатору выхода высокочастотный контур. Сопряжение контуров на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных конденсаторов и сердечников.

Если положение частот точного сопряжения неизвестно на шкале приемника, то вначале надо установить границы диапазона. Для этого на вход приемника подают от сигнал-генератора минимальную частоту диапазона  $f_{\text{мин}}$ , конденсаторы блока настройки уста-

навливают в положение максимальной емкости и настраивают гетеродинный контур подстроечным сердечником по максимальному показанию индикатора выхода приемника. Затем таким же способом настраивают гетеродинный контур на максимальную частоту диапазона, но уже при помощи подстроечного конденсатора. Настройку на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона повторяют несколько раз.

Теперь на вход приемника от сигнал-генератора подают частоту точного сопряжения на низкочастотном конце диапазона и настраивают на эту частоту приемник ручкой блока конденсаторов переменной емкости. Затем подстроечным сердечником подстраивают на эту частоту высокочастотный контур по максимальным показаниям индикатора выхода приемника. После этого перестраивают сигнал-генератор на частоту точного сопряжения на высокочастотном конце диапазона, настраивают на эту частоту приемник и подстраивают входной контур подстроечным конденсатором. Указанную настройку на частоты точного сопряжения на высокочастотном и низкочастотном концах диапазона производят несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечного конденсатора и сердечника входного контура.

На растянутых коротковолновых диапазонах применяют сопряжение только в середине диапазона без сопрягающих конденсаторов. Настройку производят следующим образом. На вход приемника от сигнал-генератора подают среднюю частоту диапазона, а указатель настройки приемника устанавливают на середину шкалы. Гетеродинный контур настраивают по индикатору выхода приемника с подстроечным сердечником катушки индуктивности или подстроечным конденсатором. Затем на эту же среднюю частоту диапазона по максимальным показаниям индикатора выхода настраивают высокочастотные контуры.

В заключение заметим, что на входе транзисторных, а также переносных ламповых приемников обычно включена магнитная антенна, причем катушки индуктивности входных контуров помещены непосредственно на ферритовом стержне антенны. При настройке таких входных контуров сигнал-генератор связывают с входом приемника либо с помощью витка связи, либо

с помощью специальной рамки, которая позволяет одновременно измерить чувствительность приемника по полю, выраженную в  $\text{мкВ/м}$  (см. стр. 90).

**Антенный фильтр.** На входе супергетеродинного приемника часто включают специальный фильтр, предназначенный для защиты от сигналов с частотой, равной промежуточной частоте приемника. Такой фильтр можно собрать по одной из схем, приведенных на рис. 65. В схеме на рис. 65, а контур  $LC$ , настроенный на промежуточную частоту. Он имеет на этой частоте наибольшее сопротивление и поэтому сигналы с промежуточной частотой поступают на вход приемника значительно ослабленными.

В схеме, показанной на рис. 65, б, наоборот, контур  $LC$

на промежуточной частоте имеет наименьшее сопротивление и поэтому блокирует вход приемника по промежуточной частоте.

Оба фильтра настраиваются одинаковым способом. Сигнал-генератор, настроенный на промежуточную частоту, через эквивалент антенны подключают к входу приемника. Вращая подстроечный сердечник катушки индуктивности антенного фильтра и увеличивая по мере надобности выходное напряжение сигнал-генератора, добиваются минимальных показаний индикатора выхода приемника.

Значительно лучшие результаты дает фильтр, схема которого показана на рис. 65, в. Напряжение промежуточной частоты, действующее в этой схеме на входе приемника, равно сумме напряжений на конденсаторе  $C_2$  и резисторе  $R$ . На резонансной частоте контура фильтра, которая равна промежуточной частоте, эти напряжения противоположны по фазе. Соответствующим подбором сопротивления резистора  $R$  можно до-

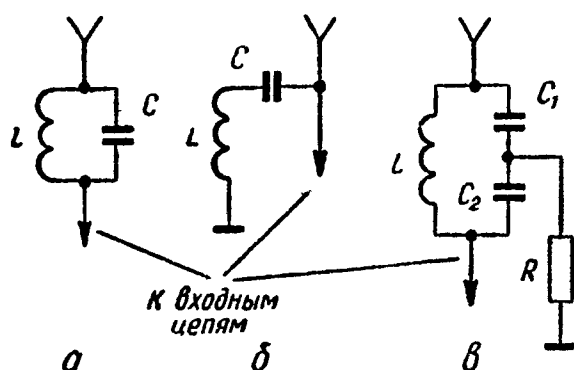


Рис. 65. Схемы антенных фильтров: а — простой заграждающий; б — отсасывающий; в — сложный заграждающий.

биться равенства этих напряжений по абсолютной величине и тем самым полностью подавить помеху на промежуточной частоте. На частотах же, отличных от промежуточных, взаимной компенсации напряжения не происходит, и эти частоты проходят через фильтр почти без ослабления.

Настройку такого фильтра на промежуточную частоту вначале производят без резистора  $R$  по минимуму показаний индикатора выхода приемника. Затем вместо резистора  $R$  включают переменный резистор и, регулируя его сопротивление, добиваются исчезновения сигнала промежуточной частоты, т. е. минимальных показаний индикатора выхода. Измерив полученное сопротивление переменного резистора, устанавливают в схему постоянный резистор с нужным сопротивлением и еще раз подстраивают контур фильтра сердечником катушки индуктивности.

Следует учесть, что сопротивление резистора  $R$  зависит от добротности контура фильтра, причем чем выше добротность, тем больше должна быть величина сопротивления. Кроме того, если в фильтрах, собранных по схемам, изображенным на рис. 65, *а* и *б*, выгодно применять контуры как можно более высокой добротности, то в фильтре, работающем по схеме рис. 65, *в*, существует оптимальная величина добротности. При добротности, большей этой оптимальной величины, полоса заграждения фильтра получается уже полосы пропускания УПЧ, и помехи через такой фильтр будут проходить.

**ЧМ тракт.** Большинство современных радиовещательных супергетеродинных приемников содержит ультракоротковолновый тракт, рассчитанный на прием радиостанций с частотной модуляцией. Детектирование сигналов таких радиостанций производится специальным ЧМ детектором. Для усиления промежуточных частот сигналов с амплитудной и частотной модуляцией в таких приемниках используются одни и те же лампы, причем фильтры разных промежуточных частот включаются последовательно. Благодаря большому различию промежуточных частот (промежуточная частота ЧМ тракта обычно равна 8,4 Мгц) при работе с той или иной промежуточной частотой работает лишь соответствующий фильтр, тогда как другой оказывается

сильно расстроенным и практически не влияет на работу схемы.

Входная цепь, УВЧ и преобразователь частоты для приема сигналов ультракоротковолновых радиостанций выполняются в виде отдельного УКВ блока.

Начнем с *ЧМ детектора*. Наиболее часто он выполняется по схеме детектора отношений или по схеме дискриминатора. Для настройки детектора отношений (рис. 66) на управляющую сетку последней лампы УПЧ через конденсатор емкостью 200 пф включают сигнал-генератор, который настраивают на частоту 8,4 МГц, а его выходное напряжение устанавливают таким, чтобы напряжение на выходе детектора было равно 0,5—1 в. Индикатор выхода (вольтметр постоянного тока) при этом подключают к точкам 1—1.

Вначале надо расстроить вторичный контур трансформатора детектора отношений  $L_2C_2$ , например, вывинтив сердечник из катушки  $L_2$ . Затем с помощью подстроечного сердечника настраивают контур  $L_1C_1$  на частоту 8,4 МГц (т. е. на номинальное значение промежуточной частоты) по максимальным показаниям индикатора выхода. Заметим, что цепь нагрузки детектора обладает определенной инерцией, поэтому подстроечный сердечник катушки  $L_1$  надо вращать медленно. Далее переходят к настройке на частоту 8,4 МГц контуров УПЧ ЧМ тракта. Настройка этих контуров ничем не отличается от настройки контуров на частоту

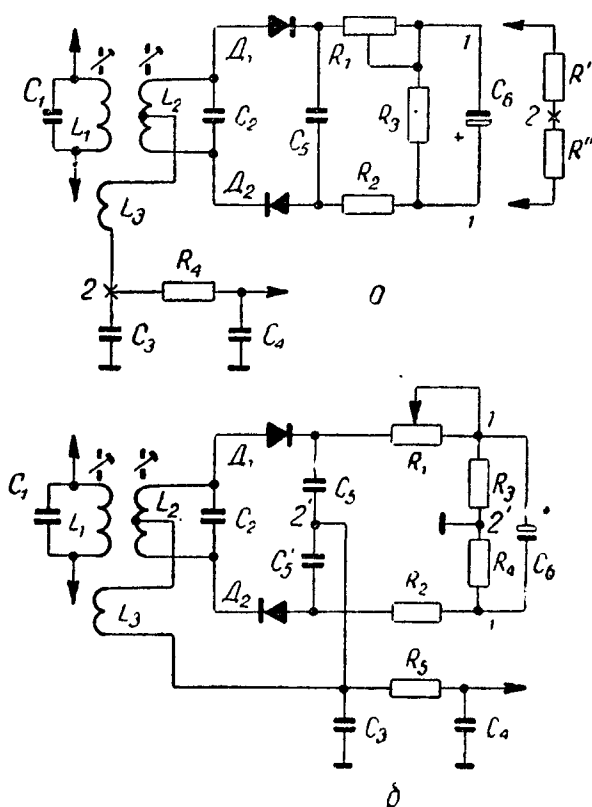


Рис. 66. Схемы детектора отношений.

465 кГц. Сигнал-генератор через конденсатор емкостью 200 пф подключают к управляющей сетке преобразовательной лампы и производят настройку. После настройки всех контуров определяют полосу пропускания УПЧ, которая должна быть не менее 200 кГц на уровне 0,5. При более узкой полосе пропускания ее надо расширить путем шунтирования одного или двух контуров резисторами с сопротивлением 10—25 ом. После этого надо окончательно настроить детектор отношений.

Для этого вольтметр подключают к точкам 2—2 (рис. 66, а) или точкам 2'—2' (рис. 66, б). В первой схеме резисторы  $R'$  и  $R''$  припаивают только для настройки контура  $L_2C_2$ . Сопротивления их должны быть в пределах 50—100 ком и совершенно одинаковы. Сигнал-генератор подключают к управляющей сетке последней лампы УПЧ и настраивают его на частоту 8,4 МГц. Вращая подстроечный сердечник катушки  $L_2$ , добиваются, чтобы стрелка вольтметра установилась на нуль шкалы. Затем, не изменяя точек подключения сигнал-генератора и вольтметра, изменяют частоту сигнал-генератора относительно номинальной промежуточной частоты 8,4 МГц в пределах  $\pm 100$ —150 кГц и записывают показания вольтметра через каждые 20 кГц. По полученным данным строят характеристику детектора отношений (см. рис. 22). Настройку можно считать законченной, если характеристика имеет симметричный вид, прямолинейный участок 150—200 кГц и при расстройке сигнал-генератора на  $\pm 100$  кГц постоянное напряжение на выходе детектора не менее 0,5 в. Неправильная форма характеристики детектора может быть вследствие несимметрии контура  $L_1C_1$  по отношению к средней точке катушки  $L_2$ .

При сужении прямолинейного участка надо уменьшить связь между катушками  $L_1$  и  $L_2$ , увеличив расстояние между ними и наоборот. На линейность характеристики и ее симметричность большое влияние оказывает регулировка резистора  $R_1$ .

При несимметрии характеристики надо проверить, равны ли между собой напряжения на половинах катушки  $L_2$ . Для этого ламповым вольтметром переменного тока измеряют напряжения между средней точкой катушки  $L_2$  и ее концами; при этом катушку  $L_3$  надо

временно отключить. Если эти напряжения окажутся неодинаковыми, их следует уравнивать, уменьшив количество витков той половины катушки  $L_2$ , напряжение на которой больше. Заметим, что если характеристика детектора линейна в интервале более чем  $\pm 150$  кГц, то коэффициент передачи детектора падает и ухудшается подавление паразитной амплитудной модуляции. В этом случае необходимо подобрать величину связи между контурами  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$ . Для правильного выбора величины связи нужно подключить ламповый вольтметр через конденсатор емкостью 2—3 пф параллельно контуру  $L_1C_1$  и настроить этот контур на частоту 8,4 МГц (при этом контур  $L_2C_2$  нужно расстроить, подключив параллельно ему конденсатор емкостью 50—100 пф). Заметив показания вольтметра и поддерживая уровень выходного напряжения сигнал-генератора постоянным, настраивают контур  $L_2C_2$  в резонанс по наибольшему показанию вольтметра, временно отключив подключенный параллельно ему конденсатор. При правильном коэффициенте связи между контурами показание вольтметра должно уменьшиться на 25%. Если это уменьшение больше, то, следовательно, связь между катушками  $L_1$  и  $L_2$  велика и расстояние между ними следует несколько увеличить. Если же показание вольтметра изменится меньше, чем на 25%, то это означает, что связь между катушками мала и расстояние между ними следует уменьшить.

После этого надо проверить, как в детекторе подавляется паразитная амплитудная модуляция. Включение сигнал-генератора остается прежним — он подключен к управляющей сетке последней лампы УПЧ. Выходной сигнал высокочастотного генератора должен быть модулирован частотой 1000 Гц (глубина модуляции 30%). Регуляторы громкости приемника устанавливают на максимум и регулировкой резистора  $R_1$  добиваются минимальной громкости частоты модуляции сигнал-генератора. Регулировку следует произвести как на номинальной промежуточной частоте 8,4 МГц, так и при расстройке на  $\pm 50$  кГц. Если окажется, что минимумы громкости получаются при различных значениях сопротивления резистора  $R_1$ , то надо предпочесть минимум громкости при расстройке, а не на промежуточной частоте.



Если в приемнике в качестве ЧМ детектора использован дискриминатор (рис. 67), то настройку производят следующим образом. Вольтметр постоянного тока подключают к  $R_4$  или  $R_5$ . На сетку последней лампы УПЧ подают высокочастотное напряжение от сигнал-генератора, настроенного на частоту 8,4 Мгц. Контур  $L_2C_4$  настраивают по максимуму показаний вольтметра.

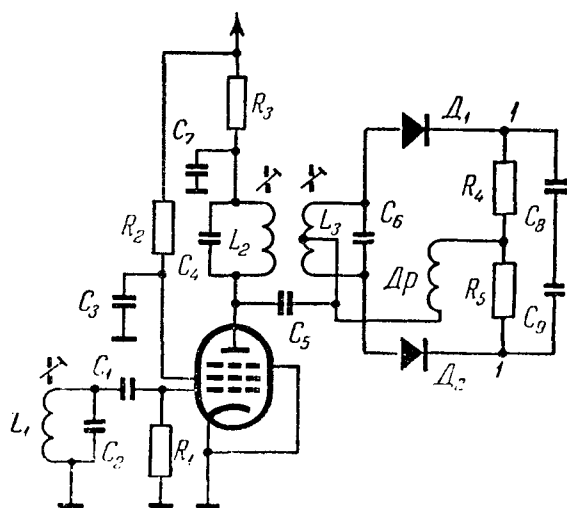


Рис. 67. Схема дискриминатора

Затем вольтметр подключают к точкам 1—1 и регулировкой сердечника катушки  $L_3$  добиваются минимальных показаний вольтметра. Изменяя частоту сигнал-генератора в обе стороны от частоты 8,4 Мгц, снимают, как это было рассказано выше, частотную характеристику дискриминатора.

Для настройки контуров УПЧ в качестве индикатора может служить вольтметр, подключенный к резистору  $R_1$  в цепи управляющей сетки последней лампы.

Когда детектор и УПЧ настроены, приступают к *налаживанию УКВ блока*. В радиоприемниках в основном применяют два типа УКВ блока: с емкостной и индуктивной настройкой. Такие блоки состоят из УВЧ и преобразователя. Возникающие на входе блока колебания промежуточной частоты 8,4 Мгц поступают на управляющую сетку смесительной лампы АМ тракта приемника, которая в этом случае является первой лампой УПЧ, работающего на частоте 8,4 Мгц.

Налаживание УКВ блока с емкостной настройкой начинают с гетеродина. Убедиться в нормальной работе гетеродина можно, включив в разрыв анодной цепи лампы  $L_2$  (рис. 68) миллиамперметр со шкалой 15—20 ма. Миллиамперметр следует зашунтировать конденсатором емкостью 0,01 мкф. Признаком нормальной работы гетеродина является резкое увеличение на 5—10 ма показаний миллиамперметра при замыкании ка-

тушки гетеродина  $L_5$ . При малой амплитуде колебаний гетеродина показания изменяются незначительно — на 2—3 *ма*. Надо также убедиться, что при изменении частоты настройки гетеродина он устойчиво генерирует во всем диапазоне, т. е. нет срывов генерации, заметных по резкому увеличению анодного тока на некоторых участках диапазона.

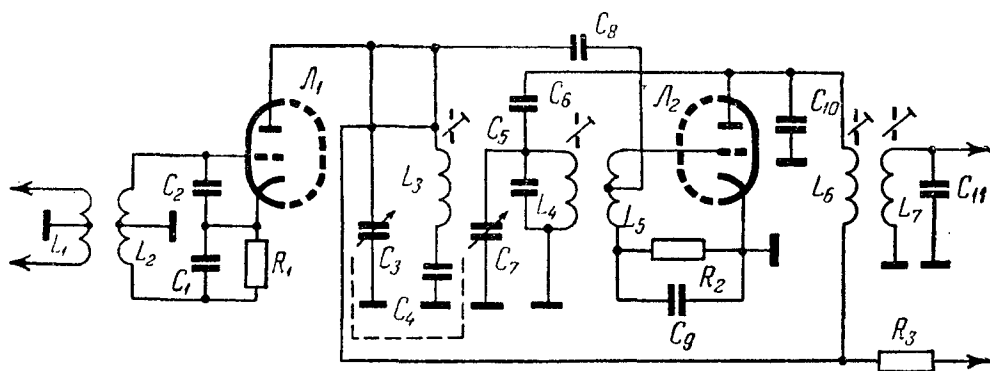


Рис. 68. Схема УКВ блока с емкостной настройкой

В качестве индикатора работы гетеродина можно использовать также ламповый вольтметр постоянного или переменного тока, который подключают параллельно сопротивлению утечки гетеродина  $R_2$ . При нормальной работе гетеродина показания вольтметра постоянного тока должны быть в пределах 2—5 *в*, а показания вольтметра переменного тока — в пределах 1,5—4,5 *в*. Повышенные показания указывают на наличие релаксационных колебаний. В этом случае надо уменьшить сопротивление резистора  $R_2$  или емкость конденсатора  $C_9$  (увеличив емкость конденсатора  $C_{10}$  на величину уменьшения емкости конденсатора  $C_9$ ). Если блок самовозбуждается на высокой частоте, то параллельно анодному контуру УВЧ подключают ламповый высокочастотный вольтметр и регулируют емкость конденсатора  $C_9$  таким образом, чтобы добиться минимального показания вольтметра — не более 0,2 *в*.

Затем приступают к настройке фильтра промежуточной частоты  $L_6C_6C_{10}$  и  $L_7C_{11}$ . Параллельно контуру  $L_7C_{11}$  подключают ламповый вольтметр переменного тока, а к аноду лампы  $L_2$  через конденсатор емкостью 1—2 *пф* от сигнал-генератора, настроенного на частоту

ту 8,4 Мгц, подводят сигнал с амплитудой 1 в. Выключив питание блока, вращением сердечников катушек  $L_6$  и  $L_7$  добиваются максимальных показаний вольтметра (0,6—0,8 в), т. е. настраивают контуры в резонанс с частотой 8,4 Мгц. Затем включают питание УКВ блока. Показания вольтметра при этом должны уменьшиться на 10—15%. Если показания уменьшаются более значительно, то следует подобрать связь между катушками  $L_6$  и  $L_7$ . Если же показания вольтметра наоборот увеличатся, то это сигнализирует о самовозбуждении преобразователя на промежуточной частоте, и надо увеличивать емкость конденсатора  $C_4$  до тех пор, пока самовозбуждение не прекратится.

Далее приступают к укладке диапазона. В качестве индикатора настройки служит вольтметр, включенный на выход ЧМ детектора. К входу УКВ блока подключают сигнал-генератор, настроенный на частоту 73 Мгц, а конденсатор настройки блока устанавливают в положение минимальной емкости. Настройку приемника на частоту 73 Мгц производят подбором емкости конденсатора  $C_5$ , а также изменением шага витков катушки  $L_4$ . Затем сигнал-генератор перестраивают на частоту около 64,5 Мгц и проверяют настройку приемника на низкочастотном конце диапазона УКВ: принимаемые им частоты должны быть в пределах 64—65 Мгц.

После укладки диапазона гетеродина можно приступить к настройке анодного контура и сопряжению его настройки с настройкой контуров гетеродина. Начинают с низкочастотного конца диапазона. Сигнал-генератор настраивают на частоту 64,5 Мгц, затем на эту частоту настраивают приемник по максимальным показаниям индикатора выхода и подстраивают анодный контур с помощью подстроечного сердечника катушки  $L_3$ . Перестраиваются на частоту 73 Мгц и подстраивают анодный контур отгибанием пластин конденсатора настройки  $C_3$ .

Входной контур настраивают на средней частоте диапазона 70 Мгц подбором индуктивности катушки  $L_2$ , путем регулировки подстроечного сердечника.

Рассмотрим теперь налаживание УКВ блока с индуктивной настройкой (рис. 69). Самовозбуждение на высокой частоте устраняют подбором емкости конденсатора  $C_7$  по минимуму напряжения, измеряемого в

точках 1—2. Это напряжение не должно превышать 0,1—0,2 в в любой точке диапазона частот гетеродина. Подбор емкости конденсатора  $C_7$  производят при среднем положении агрегата индуктивной настройки.

Контур промежуточной частоты в анодной цепи лампы  $\Lambda_2$  настраивают таким же способом, как и в схеме блока с емкостной настройкой.

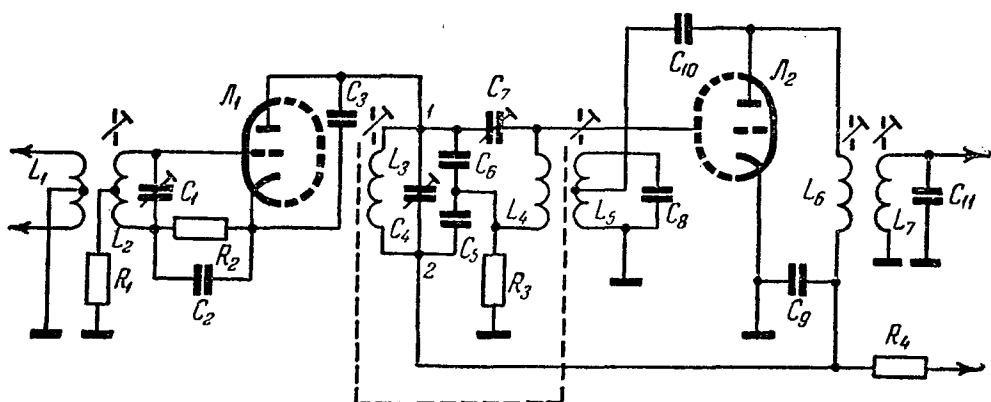


Рис. 69. Схема УКВ блока с индуктивной настройкой

В блоке с индуктивной настройкой настройку контуров на низкочастотном конце диапазона производят изменением не индуктивности, а емкости. Подвижные сердечники катушек при этом должны находиться в положении максимальной индуктивности, т. е. полностью введенными. На высокочастотном конце диапазона, когда сердечники катушек выведены, укладку диапазона и сопряжение производят небольшим смещением каркаса катушки вдоль оси. Настройку на крайние частоты диапазона производят несколько раз, пока не перестанут изменяться положения подстроечных элементов контуров.

В остальном настройка этого блока не отличается от настройки УКВ блока с емкостной настройкой.

**Настройка супергетеродинного приемника без сигнал-генератора.** Принципиально настройка супергетеродинного приемника без помощи сигнал-генератора не отличается от метода описанного выше. Порядок налаживания, приемы настройки контуров остаются прежними.

При отсутствии сигнал-генератора у радиолюбителя нет градуированного источника частоты. Поэтому на-

стройку приемника приходится вести во время приема радиостанций. Это очень затрудняет настройку, удлиняет ее и редко позволяет настроить приемник так же хорошо, как с помощью сигнал-генератора. Но все же настроить приемник можно, а если не торопиться и тщательно соблюдать рекомендуемые правила налаживания, то можно получить и неплохие результаты.

Как обычно, настройку начинают с контуров промежуточной частоты. Настройка этих контуров значительно облегчится, если в приемнике применены заводские трансформаторы промежуточной частоты.

Так как отсутствует источник промежуточной частоты, то надо получить ее в самом приемнике. Для этого надо принять какую-либо радиостанцию. Ее частота образует биения с частотой гетеродина, и если частота этих биений будет близка к промежуточной, то они пройдут через УПЧ и радиостанция будет услышана в громкоговорителе приемника. Но для приема радиостанции должны работать все каскады приемника, включая гетеродин и смеситель. Поэтому перед настройкой контуров промежуточной частоты надо добиться устойчивой работы гетеродина, как об этом было рассказано выше.

Принять радиостанцию чаще всего удастся на коротковолновом поддиапазоне, так как на нем меньше всего сказывается расстройка входных контуров по отношению к контурам гетеродина. Подстроечные сердечники контуров промежуточной частоты при этом должны быть установлены в среднее положение.

Когда радиостанция принята, вращением сердечника последнего контура промежуточной частоты  $L_4C_4$  (см. рис. 53) добиваются максимальной громкости приема, причем процесс настройки ничем не отличается от процесса настройки этого же контура с применением сигнал-генератора. По мере настройки надо уменьшать усиления УНЧ, а также амплитуду сигнала на входе приемника, для чего антенну присоединяют к входу приемника через конденсатор емкостью 20—50  $n\phi$ , которую по мере надобности уменьшают.

После настройки контура  $L_4C_4$  переходят к настройке контура  $L_2C_2$  в цепи управляющей сетки лампы УПЧ, а затем к настройке контура  $L_1C_1$  в анодной цепи лампы преобразователя. После этого настройку

УПЧ можно считать законченной. При очень сильной расстройке контуров промежуточной частоты прием радиостанции может не получиться. В этом случае надо исключить УПЧ, включив контур  $L_3C_3$  в анодную цепь лампы преобразователя вместо контура  $L_1C_1$ . Если это даст возможность принять радиостанцию, то надо настроить на максимальную громкость приема  $L_4C_4$  в цепи детектора (не трогая анодного контура  $L_3C_3$ ), а затем, восстановив схему, подстроить контур  $L_4C_4$ , после чего настроить сначала контур  $L_2C_2$ , а затем контур  $L_1C_1$ .

Очень большую помощь может оказать обычный супергетеродинный приемник с точно градуированной шкалой. Он не только облегчит настройку, но и даст возможность настроить контур промежуточной частоты именно на 465 кГц. В самом деле, при настройке контуров промежуточной частоты и приеме радиостанции мы настраиваем контуры не на частоту 465 кГц, а на ту частоту, на которую был случайно настроен контур  $L_3C_3$  в анодной цепи лампы УПЧ. На этой частоте могут оказаться помехи от близкой по частоте радиостанции; кроме того, переход на другую промежуточную частоту может вызвать изменение и других параметров приемника (например, потребуется другая емкость сопрягающих конденсаторов).

Настройка контуров промежуточной частоты при помощи другого радиоприемника с той же промежуточной частотой производится следующим образом. К приемнику-эталону подключают антенну и принимают на нем какую-либо хорошо слышимую радиостанцию, но желательно не местную, так как во время приема близко расположенной мощной радиостанции настройка приемника не будет острой и он перегружается.

Напряжение промежуточной частоты с выхода УПЧ приемника-эталона подают на управляющую сетку УПЧ настраиваемого приемника. Таким образом, приемник-эталон используется при этом как источник промежуточной частоты. Далее настраивают трансформатор промежуточной частоты: сначала контур  $L_4C_4$  (рис. 53), потом контур  $L_3C_3$ . После этого сигнал промежуточной частоты от приемника-эталона подают на управляющую сетку смесительной части лампы преобразователя и настраивают контуры  $L_2C_2$  и  $L_1C_1$ .

После настройки контуров промежуточной частоты переходят к укладке частот гетеродина. Для этого присоединяют антенну к управляющей сетке смесительной части лампы преобразователя (чтобы исключить влияние ненастроенных входных контуров) и стараются принять радиостанции, расположенные на краях поддиапазонов, частоты которых известны. Сравнивая положение этих радиостанций на шкале приемника с тем положением, в котором они должны находиться при нужном перекрытии частот гетеродина, производят соответствующую регулировку контуров гетеродина, как об этом было рассказано выше. Эти операции значительно облегчаются, если имеется приемник-эталон. В этом случае нет необходимости знать частоты радиостанций: достаточно сравнить положение их на шкале приемника-эталоны с положением на шкале настраиваемого приемника, чтобы сделать заключение, как надо регулировать контур гетеродина.

После укладки частот гетеродина приступают к сопряжению входных контуров с контурами гетеродина. Присоединяют антенну к входу приемника и принимают радиостанции, расположенные ближе к краям диапазона. Процесс сопряжения ничем не отличается от описанного выше.

Настроить антенный фильтр супергетеродинного приемника без применения сигнал-генератора трудно. Можно попытаться это сделать таким образом: смонтировать антенный фильтр на небольшой панельке и включить его между выходом УПЧ приемника-эталоны и управляющей сеткой смесительной части лампы преобразователя настраиваемого приемника. Приняв на приемник-эталон хорошо слышимую радиостанцию, надо так настроить фильтр вращением сердечника его катушки, чтобы слышимость этой радиостанции в громкоговорителе настраиваемого приемника была минимальна. После этого антенный фильтр укрепляют на шасси приемника в предназначенном для него месте.

Настройку ЧМ тракта начинают с проверки гетеродина УКВ блока. Когда гетеродин станет работать нормально, к выходу приемника подключают телевизионную антенну, рассчитанную на работу в I—III телевизионных каналах. Затем стараются принять сигналы УКВ радиостанции.

Приняв сигналы, настраивают УПЧ ЧМ тракта. Когда УПЧ настроен, вращением сердечника катушки вторичного контура ЧМ детектора добиваются минимума нелинейных искажений во время приема радиостанции или минимального шума на выходе приемника в паузах между передачами, т. е. в момент наличия только несущей частоты передатчика. Однако настройку ЧМ детектора можно производить только в том случае, если после настройки УПЧ принимаемая станция слышна достаточно громко. Если же громкость сигналов недостаточна, то регулировку контура частотного детектора производят после сопряжения контуров в УКВ блоке.

Для укладки контура гетеродина в заданный диапазон надо знать частоту принятой радиостанции. Регулируя соответствующим образом подстроечные элементы контура гетеродина, укладывают радиостанцию на нужное деление шкалы и подстраивают контуры УВЧ по максимуму сигнала на выходе приемника. Принимая сигналы других УКВ радиостанций, проверяют, имеет ли УКВ блок нужное перекрытие по диапазону.

## Глава V.

### НАЛАЖИВАНИЕ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Современный телевизор, рассчитанный на прием черно-белого изображения, состоит из следующих основных блоков:

— *высокочастотного*, который служит для настройки на требуемый телевизионный канал, усиления принятых сигналов и преобразования их в сигналы промежуточной частоты;

— *канала изображения*, предназначенного для усиления промежуточной частоты сигналов изображения, для выделения видеосигналов и усиления их до величины, необходимой для модуляции тока луча кинескопа;

— *канала звукового сопряжения*, усиливающего промежуточную частоту звукового сопряжения, преобразующего частотно-модулированные колебания в напря-



жение низкой частоты. Здесь же происходит усиление колебаний низкой частоты;

— *развертки*, создающей растр на экране кинескопа. В этот блок входят: отклоняющая система и каскады для отклонения луча по горизонтали (строчная развертка), каскады для отклонения луча по вертикали (кадровая развертка);

— *синхронизации*, отделяющей импульсы кадровой и строчной синхронизации от полного телевизионного сигнала;

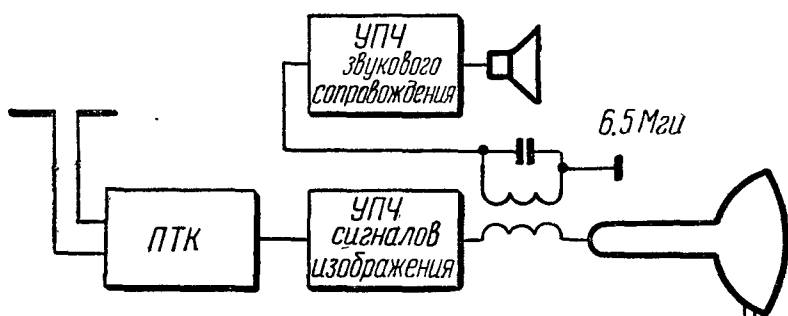


Рис. 70. Блок-схема телевизора, работающего по одноканальной схеме

— *высоковольтного выпрямителя*, преобразующего импульсы, которые возникают в повышающей обмотке строчного трансформатора при обратном ходе луча, в постоянное высоковольтное напряжение, необходимое для питания анода кинескопа;

— *питания*, представляющего собой выпрямитель сетевого напряжения для питания анодов, экранирующих сеток ламп и других участков схемы телевизора.

В последние годы получила распространение так называемая одноканальная схема (рис. 70) приема сигналов изображения и звукового сопровождения. У телевизоров этой схемы для приема звукового сопровождения используется разнос между несущими сигналами изображения и звука. Сигналы промежуточных частот изображения  $34,25 \text{ МГц}$  и звука  $27,75 \text{ МГц}$  \* усиливают-

\* В новых телевизионных приемниках, например в унифицированных телевизорах УНТ-35, УНТ-47 и УНТ-59, применяются новые значения промежуточных частот: промежуточная несущая изображения —  $38,0 \text{ МГц}$ , промежуточная несущая звукового сопровождения —  $31,5 \text{ МГц}$ .

ся общим УПЧ вплоть до детектора канала изображения. После детектирования эти частоты образуют напряжение разностной частоты  $6,5 \text{ Мгц}$ , которое является второй промежуточной частотой звукового сопровождения. Продетектированный видеосигнал и вторая промежуточная частота звукового сопровождения усиливаются видеоусилителем и разделяются в его анодной нагрузке. Видеосигнал подается на кинескоп, а разностная частота  $6,5 \text{ Мгц}$  — на УПЧ канала звукового сопровождения.

Однако раньше, примерно до 1952 г., телевизоры строились в основном по двухканальной схеме, в которой усиление сигналов промежуточных частот изображения и звукового сопровождения после смесителя производилось отдельно. К таким телевизорам относятся, например, «Т-2 Ленинград», «Луч», «Зенит», «Старт». По такой же схеме собирались в то время и многие любительские телевизоры.

Одноканальная схема имеет перед двухканальной целый ряд преимуществ, особенно в отношении стабильности работы телевизора на пятом и более высокочастотном каналах. Дело в том, что с увеличением частот несущих изображения и звука, т. е. при переходе на более высокочастотные каналы увеличивается и частота гетеродина, а значит увеличивается нестабильность частоты гетеродина. Например на первом канале, когда частота гетеродина равна  $84 \text{ Мгц}$ , ее уход составляет не более  $\pm 50 \text{ кгц}$ , в то время как на 12-м канале при частоте гетеродина  $257,5 \text{ Мгц}$  и при той же относительной стабильности частоты ее уход будет уже  $\pm 250 \text{ кгц}$ . При двухканальной схеме приема изображения и звука такой уход частоты гетеродина вызовет сильное искажение или полное пропадание звука в телевизоре, так как вся полоса пропускания УПЧ звука составляет всего  $250 \text{ кгц}$ .

В одноканальной же схеме, в которой вторая промежуточная частота несущей звукового сопровождения получается в результате биений двух высокостабильных частот несущих передатчиков изображения и звука, она равна их разности и не зависит от ухода частоты гетеродина. Одновременно в одноканальной схеме телевизора УПЧ канала изображения, а часто и видеоусилитель, ранее использовавшиеся только для усиления

сигналов изображения, применяется и для усиления сигналов звукового сопровождения, что позволяет уменьшить число ламп в телевизоре.

Высокочастотные блоки телевизора — это широкополосные устройства. Поэтому для их настройки широко применяют осциллографический метод в сочетании с генератором качающейся частоты (или ЧМ генератором — см. гл. 2). Наша промышленность выпускает специализированные приборы для настройки телевизоров этим методом: приборы типа ПНТ, ПНТ-1, ПНТ-2, XI-3А (ПНТ-3М), XI-7 (ПНТ-59), XI-1 (102-И), XI-2 (ИЧХ-57) и другие. Переход телевизионного вещания на 12 каналов потребовал значительного улучшения избирательности телевизоров, а это повлекло за собой применения в их узлах большого числа полосовых фильтров, режекторных контуров, контуров Т, П и М типа. Настроить такие схемы без приборов, позволяющих непрерывно наблюдать форму частотной характеристики в процессе регулировки, очень трудно и требуется много времени. Однако надо предупредить, что применение осциллографического метода настройки не исключает использование сигнал-генератора, с помощью которого вполне возможно наладить любой телевизор. В ряде же случаев, например при настройке режекторных контуров, применение сигнал-генератора необходимо.

Налаживание телевизора производят по блокам. Налаживание блока питания, а также УНЧ в канале звукового сопровождения не имеет каких-либо отличий по сравнению с наладиванием аналогичных блоков радиоприемника. Поэтому мы не будем на этом останавливаться. Это же относится и к наладиванию ЧМ детектора, однако будет рассказано о его настройке осциллографическим методом.

Налаживание телевизора начинают с блока питания. Когда на электроды ламп подано нормальное напряжение, приступают к наладиванию основных блоков телевизора. Обычно вначале налаживают и настраивают канал изображения, потом канал звукового сопровождения, затем канал высокой частоты (блок ПТК) и, наконец, канал синхронизации. Блок разверток обычно налаживают до настройки высокочастотной части телевизора.

## КАНАЛ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В этот канал входит УПЧ, видеодетектор и видеоусилитель.

**Усилитель промежуточной частоты.** Основное усиление принимаемого сигнала изображения происходит в УПЧ канала. От работы этого усилителя во многом зависит качество изображения, а также избирательные свойства телевизора.

Рассмотрим форму частотной характеристики УПЧ канала изображения, которой должен обладать этот усилитель. Для получения высококачественного изображения при выбранном в СССР телевизионном стандарте в

625 строк разложения канал изображения должен пропускать полосу частот около 6 Мгц. Естественно, что такую полосу частот должен пропускать и УПЧ. Идеализированная форма его частотной характеристики при одноканальной схеме приема изображена на рис. 71. Из графика видно, что в районе промежуточной частоты несущей изображения характеристика имеет пологий склон, а противоположный крутой склон расположен возможно ближе к промежуточной частоте несущей звукового сопровождения.

Отметим, что несущую изображения располагают в середине склона частотной характеристики УПЧ (точка А на рис. 71). Если положение несущей сместить по склону частотной характеристики вправо от точки А, т. е. ниже уровня 0,5 характеристики, то происходит ослабление усиления низкочастотных составляющих сигнала изображения и повышается усиление высокочастотных составляющих. В результате на экране телевизора появляются серые полосы вправо от неподвижных темных предметов, увеличивается резкость перехода между темными и светлыми частями изображения, нарушается контрастность изображения. При смещении несущей

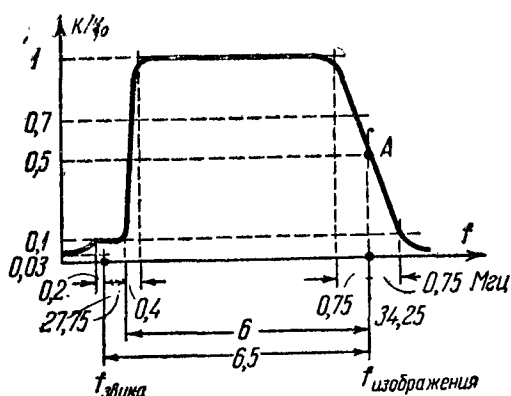


Рис. 71. Идеализированная форма частотной характеристики УПЧ канала изображения при одноканальной схеме приема

изображения по склону частотной характеристики влево от точки А, наоборот, возрастает усиление низкочастотных составляющих видеосигнала и ослабляется усиление высокочастотных составляющих. Это приводит к нарушению воспроизведения оттенков и к потере четкости мелких деталей.

Перейдем к левому склону частотной характеристики. От него зависит ширина полосы пропускания усилителя, т. е. четкость принимаемого изображения. Однако большая крутизна этого склона, необходимая для получения возможно большей ширины полосы пропусканий усилителя при обеспечении необходимой избирательности его, связана с большими фазовыми искажениями в области высоких частот видеосигнала. Такие искажения сказываются на изображении в виде так называемого «звона» — многочисленных белых окантовок изображения.

Неравномерность частотной характеристики УПЧ в полосе пропускания по отношению к уровню на частоте, отстоящей на 1 Мгц от промежуточной частоты несущей изображения, не должна превышать 30%. Провал характеристики на средних частотах приводит к плохой передаче полутонных средних по размерам деталей изображения, появлению серых линий и белых «хвостов» около вертикальных черных линий.

Мы рассмотрели влияние формы частотной характеристики на четкость и качество изображения. Что же касается *избирательных свойств УПЧ*, то они определяются формой частотной характеристики вне полосы пропускания, т. е. способностью усилителя отсеять частоты, лежащие вне полосы пропускания.

Более всего сигналам изображения мешает сигнал звукового сопровождения этого же канала, расположенный на 6,5 Мгц выше частоты несущей изображения. При одноканальной схеме телевизора сигнал изображения и сигнал звукового сопровождения усиливаются УПЧ канала изображения. После видеодетектора (при большом уровне сигнала звукового сопровождения по сравнению с сигналом изображения) образуется помеха в виде сигнала разностной частоты их несущих, которая вызывает на экране мелкую сетку. Но эта помеха, которая присутствует практически всегда, незаметна на экране, если напряжение сигнала звукового сопровож-

дения на выходе видеодетектора по уровню не превышает 5—10% величины напряжения сигналов изображения. Для этого участок частотной характеристики УПЧ, в середине которого расположена промежуточная частота звукового сопровождения, должен располагаться на уровне 0,1—0,05 от уровня характеристики в полосе пропускания и иметь вид ступеньки с шириной 0,5 Мгц. Ровная вершина этой ступеньки необходима для того, чтобы избежать детектирования частотно-модулированных сигналов звукового сопровождения в канале изображения. Ширина ступеньки выбирается несколько шире полосы частот, занимаемой сигналом звукового сопровождения. Это необходимо для того, чтобы при уходе частоты гетеродина сигнал звукового сопровождения не оказался бы на склоне частотной характеристики УПЧ. Если это произойдет, то в такт с звуковым сопровождением на экране телевизора появятся темные горизонтальные полосы. Заметим, что соотношение между уровнями промежуточных частот несущих сигналов изображения и звука на входе видеодетектора выбирается с учетом возможности подавления фона кадровой частоты в канале звукового сопровождения.

В приемниках, где сигналы звукового сопровождения снимаются сразу после смесителя либо после одного-двух каскадов УПЧ, промежуточная частота звука должна подавляться на выходе УПЧ канала изображения. Степень подавления промежуточной частоты звукового сопровождения регулируется режекторными контурами, настроенными на частоту 27,75 Мгц. Кстати, от настройки этих контуров зависит крутизна спада частотной характеристики слева.

Другими мешающими сигналами являются несущие частоты звука и изображения соседних каналов, которые в УПЧ расположены на +1,5 и —8 Мгц от промежуточной частоты несущей изображения принимаемого канала. Сигналы этих частот должны быть ослаблены на видеодетекторе по отношению к напряжению сигнала изображения не менее, чем в 30—100 раз.

Перейдем теперь к методике налаживания УПЧ канала изображения. Как обычно, вначале устанавливают режим ламп, проверяют, нет ли в усилителе самовозбуждения, которое проявляется в виде вертикальных

светлых полос, волнистости, засветок и различной формы сеток на экране кинескопа. В результате самовозбуждения может возникнуть негативное изображение, так как черные части в принимаемом сигнале (максимум напряжения сигнала) могут уменьшать амплитуду паразитной генерации, а светлые части изображения, представляющие минимум напряжения в телевизионном сигнале, — увеличивать амплитуду генерации.

Самовозбуждение усилителя можно обнаружить ламповым вольтметром, подключив его к нагрузке детектора. В нормальных условиях напряжение на нагрузке детектора составляет 2—2,5 в, а при наличии самовозбуждения оно может достигать 30—40 в даже при отсутствии сигнала на входе усилителя.

Следует заметить, что усилитель может самовозбуждаться из-за неправильной настройки контуров, когда два или несколько контуров, между которыми существует паразитная связь (например, через внутриламповую емкость), оказываются настроенными на одну и ту же частоту. Чтобы устранить самовозбуждение, один из контуров настраивают на высшую частоту, другой — на низшую, а третий — на среднюю частоту. В результате получается очень широкая полоса пропускания усилителя и подавляется самовозбуждение. Затем производят настройку контуров на нужные частоты. Если при этом самовозбуждение вновь возникнет, то остается предположить, что ее источником являются дефектные детали в каком-либо из каскадов.

Для отыскания каскада, в котором возникает самовозбуждение, поступают следующим образом. Управляющие сетки всех ламп усилителя шунтируют на корпус конденсаторами по 1000 пф; самовозбуждение при этом обязательно прекратится. Затем, начиная с последнего каскада, начинают убирать эти конденсаторы, наблюдая за показаниями прибора, подключенного к нагрузке детектора. Когда отсоединяют конденсатор в том каскаде, который является источником самовозбуждения, показания прибора резко увеличиваются.

Причиной самовозбуждения может быть понижение сопротивления изоляции в переходном конденсаторе, изменение величины резисторов в анодной и сеточной цепях, обрыв в цепи блокировочных конденсаторов. Так понижение сопротивления изоляции переходного кон-

денсатора приводит к появлению положительного потенциала на сетке лампы следующего каскада. Это положительное напряжение уменьшает нормальное смещение на лампе, усиление каскада возрастает и возникает генерация. То же происходит при увеличении сопротивления резисторов в анодной и сеточной цепях. Отключение, внутренние обрывы или потеря емкости блокировочными конденсаторами приводит к появлению паразитных связей между каскадами через источники питания и цепи АРУ. Чтобы выявить неисправный конденсатор, берут другой конденсатор емкостью  $0,1 \text{ мкф}$  и подсоединяют его параллельно каждой из развязывающих емкостей в анодной, экранной или накальных цепях, а также в цепи управляющей сетки. Если какая-либо из этих емкостей неисправна, то подключение к ней конденсатора срывает паразитную генерацию. Утечку в переходном конденсаторе можно обнаружить измерением напряжения в сеточной цепи ламповым вольтметром. Когда этот конденсатор исправен, напряжение между началом сеточного резистора и корпусом телевизора, а также между концом этого резистора и корпусом одинаково. Если же эти напряжения различны, то вольтметр следует подсоединить к сеточному контакту ламповой панели и вынуть лампу. Останутся показания вольтметра неизменными — неисправен конденсатор; в противном случае надо заменить лампу.

Наконец, следует указать на необходимость заземлять все точки каскада в одном и определенном месте шасси, которое приходится отыскивать опытным путем. При монтаже в качестве заземляющего провода лучше использовать плетенку, применяемую для экранирования проводов. Такая плетенка обладает значительно меньшим сопротивлением для токов высокой частоты, чем обычный провод.

Когда получена устойчивая работа усилителя, начинают его настройку. Необходимо отметить, что схемы УПЧ канала изображения современных телевизоров отличаются большим разнообразием. В них применяются самые различные типы фильтров, способы включения контуров и т. п. Поэтому невозможно рекомендовать один метод, пригодный для настройки УПЧ любого телевизора. Мы рассмотрим настройку нескольких УПЧ с различными типами фильтров.



Обычно настройку УПЧ начинают с настройки режекторных контуров. От качества их настройки зависит форма частотной характеристики усилителя и ширина полосы пропускания. Когда резонансная частота режекторного фильтра оказывается в полосе пропускания усилителя, на этом участке частотной характеристики появляется резкий провал. Поэтому режекторные контуры следует регулировать в самом начале настройки усилителя, а не откладывать до настройки основных контуров.

Работающий гетеродин может оказаться источником множества ошибок, поэтому блок ПТК отключают. На вход УПЧ, т. е. к управляющей сетке первой лампы усилителя через конденсатор емкостью  $1000\text{ нф}$ , подключают сигнал-генератор. В качестве индикатора настройки можно использовать высокоомный вольтметр постоянного тока со шкалой  $3\text{ в}$  или вольтметр переменного тока со шкалой  $10\text{ в}$ . Первый подключают к нагрузке детектора, а второй — через конденсатор емкостью  $1000\text{ нф}$  к аноду лампы видеоусилителя. Ручка регулировки контрастности должна быть установлена в положение наибольшего усиления.

Затем сигнал-генератор настраивают на частоту режекторных контуров и вращением сердечников настраивают эти контуры, добиваясь минимальных показаний индикатора. Если режекторные контуры должны настраиваться на разные частоты, то на сигнал-генераторе последовательно устанавливают эти частоты, на которые и настраивают соответствующие контуры.

*Общая методика настройки УПЧ* заключается в следующем. Настройку начинают с последнего каскада. Предположим, что настройку ведут с помощью сигнал-генератора и индикатора выхода. Тогда этот индикатор присоединяют так, как это было указано для настройки режекторных контуров, а выход сигнал-генератора через конденсатор емкостью  $1000\text{ нф}$  подключают к управляющей сетке последней лампы усилителя. На сигнал-генераторе устанавливают частоту, на которую должен быть настроен контур в цепи видеоусилителя, и регулировкой сердечника настраивают этот контур по максимальным показаниям индикатора. Затем этот контур шунтируют резистором с сопротивлением поряд-

ка 300 ом, а выход сигнал-генератора переносят на управляющую сетку лампы предыдущего каскада. На сигнал-генераторе устанавливается соответствующая частота и т. д.

Когда выход сигнал-генератора оказывается подключенным к управляющей сетке лампы первого каскада, т. е. к входу усилителя, и настроен последний из оставшихся контуров, его также шунтируют сопротивлением и производят снятие по точкам частотной характеристики всего усилителя (как это сделать подробно рассказано в гл. II). Анализируя полученную характеристику, производят регулировку контуров и подбор шунтирующих их сопротивлений до получения результирующей частотной характеристики необходимой формы. Правда, этот процесс при работе с сигнал-генератором требует много времени, ибо после каждого изменения положения сердечника приходится по точкам снимать частотную характеристику усилителя. Поэтому значительно удобнее воспользоваться для этой цели генератором качающейся частоты (ГКЧ).

Кстати, осуществить предварительную *настройку контуров можно и с помощью ГКЧ*. Для этого вход осциллографа через резистор с сопротивлением 40—50 ком подключают к нагрузке видеодетектора. Выход ГКЧ через конденсатор емкостью 1000 пф присоединяют к управляющим сеткам ламп усилителя в той же последовательности, что и при настройке с помощью сигнал-генератора. Вращая ручки «Средняя частота» и «Масштаб» и выбрав соответствующий диапазон частот ГКЧ, можно получить на экране осциллографа изображение частотной характеристики данного контура, а при подаче сигнала на вход усилителя — результирующую частотную характеристику всего УПЧ. Частотные координаты характеристики определяются по частотным меткам на экране.

При отыскании неисправностей в усилителе также очень удобно пользоваться ГКЧ. Например, можно быстро проверить УПЧ на прохождение сигнала и отыскать в нем неисправный каскад. Для этого выходной кабель ГКЧ подсоединяют к управляющей сетке лампы первого каскада усилителя, а вход осциллографа — к нагрузке видеодетектора. Если нет уверенности в исправности видеодетектора, то вход осциллографа под-

ключают до него с помощью выносной детекторной головки.

Если сигнал не проходит (изображение частотной кривой на экране отсутствует), то выход генератора переносят на управляющую сетку лампы последнего каскада. При исправности этого каскада на экране появится изображение его резонансной характеристики. Затем выходной кабель подключают к управляющей сетке лампы предпоследнего каскада; на экране при этом возникнет изображение результирующей частотной характеристики уже двух каскадов. Отсутствие же изображения укажет на неисправность предпоследнего каскада.

Заметим, что во многих моделях заводских телевизоров предусмотрены для такой проверки специальные отводы от схемы — «контрольные точки».

При искажении изображения на экране телевизора подобное исследование частотных характеристик всего усилителя и отдельных каскадов позволит определить причину искажения изображения. При этом на цепь АРУ надо подать исходное отрицательное смещение. Однако, если частотная характеристика УПЧ не удовлетворяет требованиям, т. е. недостаточна полоса пропускания, имеются чрезмерные провалы или подъемы и т. п., то не следует сразу же перестраивать контуры УПЧ: надо установить в каком каскаде произошла разрегулировка, ибо остальные каскады могут быть правильно настроены. Кроме расстройки контуров, искажение изображения может возникнуть в результате уменьшения тока эмиссии лампы, изменения напряжения на электродах или обрыва шунтирующих контур резисторов или конденсаторов.

При ремонте телевизора очень полезно знать правильную форму частотной характеристики УПЧ с управляющей сетки каждой его лампы. Рассмотрим для примера настройку УПЧ, схема которого показана на рис. 72, а. Как обычно, в начале настраивают режекторные контуры  $L_3C_2$ ,  $L_4C_3$  и  $L_7C_4$ . Затем вход осциллографа через резистор с сопротивлением 47 ком подключают к нагрузочному сопротивлению видеодетектора, а выход генератора ЧМ-колебаний — к управляющей сетке лампы  $L_3$  (выходной делитель ГКЧ надо устано-

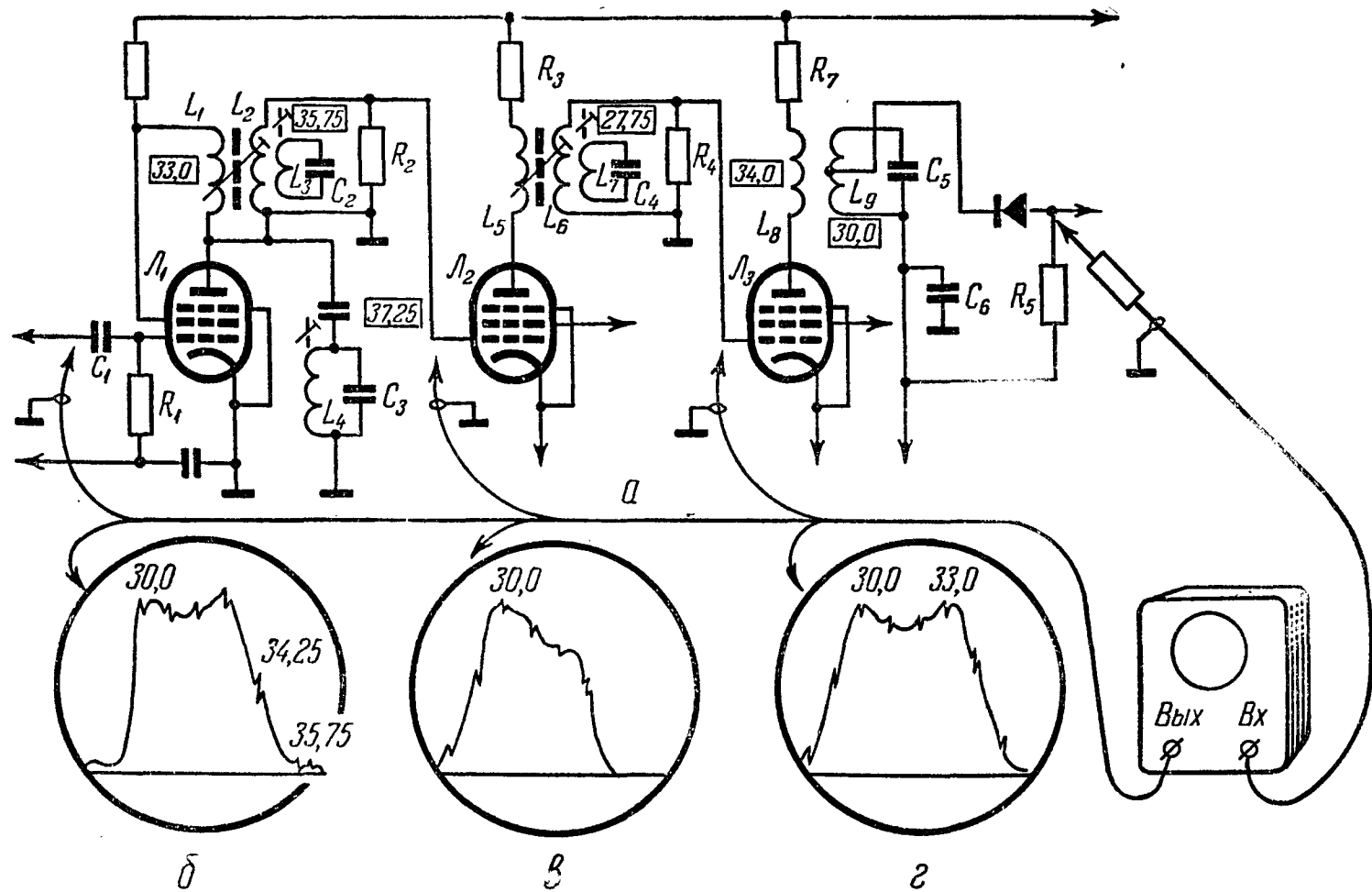


Рис. 72. Пример настройки УПЧ канала изображения с двухконтурными фильтрами

вить в положение 1 : 1). Ручку регулировки контрастности при этом надо перевести в положение максимального усиления, а блок ПТК отключить. Регулируя положение сердечников катушек  $L_8$  и  $L_9$ , добиваются максимумов характеристики на частотах 30 и 33 Мгц (рис. 72, *г*). После этого выход ГКЧ переключают на управляющую сетку лампы второго каскада. Так как теперь сигнал ГКЧ усиливается уже двумя каскадами УПЧ, то во избежание перегрузки уровень подаваемого сигнала необходимо уменьшить, т. е. выходной делитель ГКЧ установить в положение 1 : 10. Регулировкой положения сердечников катушек  $L_5$  и  $L_6$  добиваются максимума частотной характеристики на частоте 30 Мгц, т. е. превращают результирующую характеристику двух каскадов в одногорбую (рис. 72, *в*). Одновременно изменяя положение сердечника режекторного контура, добиваются минимума на частоте 27,75 Мгц.

Наконец выход ГКЧ подключают к управляющей сетке лампы  $L_1$  первого каскада. Вращением сердечника катушек  $L_1$  и  $L_2$  устанавливают несущую промежуточную частоту 34,25 Мгц на середину спада результирующей частотной характеристики УПЧ. Сердечниками катушек  $L_3$  и  $L_4$  окончательно подстраивают фильтры по минимуму на частотах 35,75 и 37,25 Мгц. Если положение горбов результирующей характеристики несимметрично, то это исправляется поворотом сердечника катушки  $L_9$ , чтобы получить форму частотной характеристики, соответствующую показанной на рис. 72, *б*.

До сих пор мы рассматривали настройку УПЧ с трансформаторными или одиночными фильтрами. Но в современных телевизорах часто применяются контуры с двойной намоткой. В таких контурах каждый виток первичной обмотки располагается между витками вторичной. Отличие таких контуров от обычных индуктивно связанных контуров, частотная характеристика которых при связи выше критической имеет вид двугорбой кривой, заключается в том, что здесь в резонанс настраивают одну из обмоток, в то время как собственная частота другой оказывается далеко за пределами полосы пропускания контура. В результате частотная характеристика каждого каскада имеет вид одногорбой кривой.

Перейдем теперь к настройке УПЧ с фильтрами более сложного типа.

УПЧ с Т-контуром. Применение Т-контура в одном из каскадов (рис. 73) УПЧ позволяет значительно по-

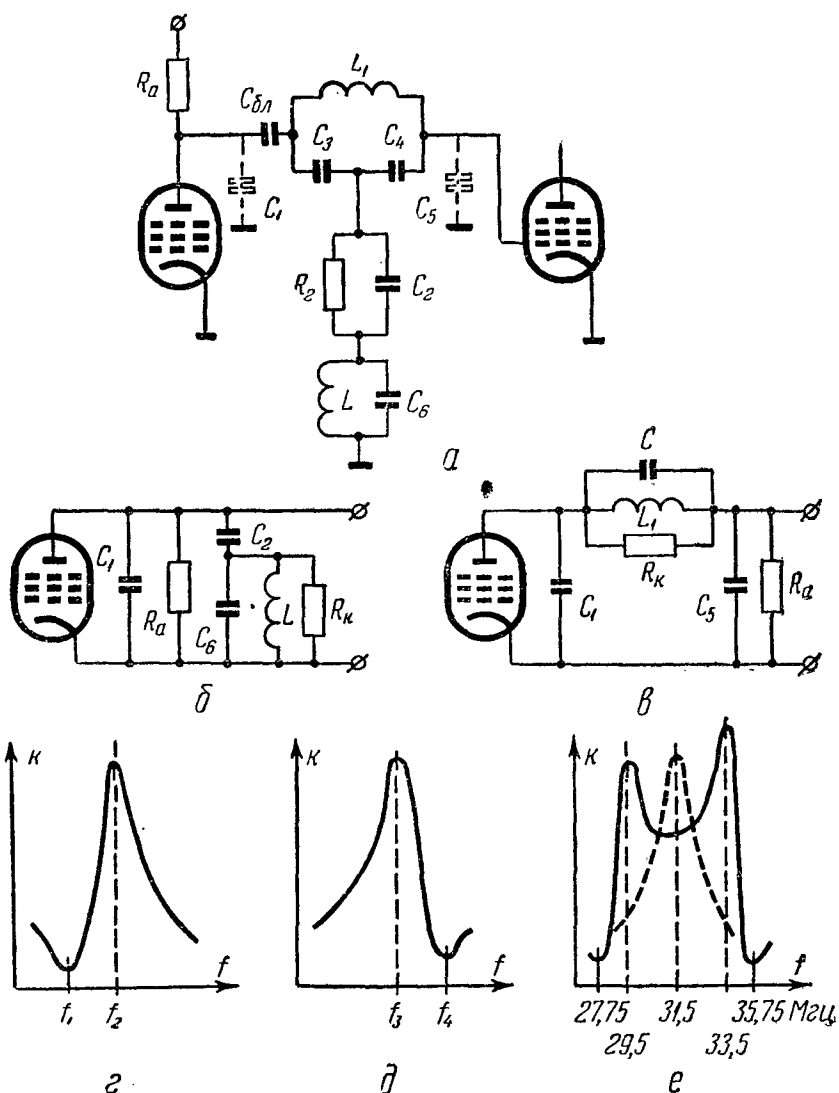


Рис. 73. Каскад усилителя промежуточной частоты с Т-контуром

высить избирательность. Анодная нагрузка такого каскада состоит из двух резонансных систем, эквивалентные схемы которых изображены на рис. 73, б и в. Первую систему можно назвать фильтром верхних частот; ее частотная характеристика показана на рис. 73, г. Такой фильтр обладает двумя резонансами: резонансом

напряжений на частоте  $f_1$  ветви, содержащей конденсатор  $C_2$  и контур  $LC_6$ , но являющейся в данном случае индуктивностью (при этом резонансе усиление каскада минимально), и резонансом токов на частоте  $f_2$  анодной цепи в целом, при котором усиление максимально (в этом случае индуктивностью является индуктивное сопротивление контура  $LC_6$ ). Частота  $f_1$  меньше частоты  $f_2$ , ибо в первом случае емкость  $C_2$  можно считать подключенной параллельно контуру, а во втором случае параллельно контуру подсоединяются две емкости  $C_1$  и  $C_2$ , соединенные последовательно. Элементы схемы подобраны так, что частота  $f_1$  соответствует несущей частоте звука, поэтому фильтр ослабляет сигнал звукового сопровождения.

Однако частотная характеристика такого фильтра несимметрична. В сочетании с другими каскадами результирующая частотная характеристика УПЧ получается перекошенной. Чтобы устранить это, в Т-каскад включают и другой фильтр, условно называемый фильтром нижних частот. Эквивалентная схема такого фильтра показана на рис. 73, в. Он также обладает двумя резонансами: резонансом токов контура  $L_1C$ , при котором усиление каскада минимально, и резонансом токов катушки  $L_1$  с емкостями  $C$ ,  $C_1$  и  $C_5$ , при котором коэффициент усиления максимален. Частотная характеристика этого фильтра показана на рис. 73, д. Частота  $f_3$  меньше частоты  $f_4$ , так как емкость контура  $L_1CC_1C_5$  больше емкости контура  $L_1C$ .

Сочетание обоих фильтров позволяет получить частотную характеристику с крутыми склонами (рис. 73, е). Провал характеристики в средней части компенсируется другими каскадами УПЧ с одиночными контурами, настроенными на частоту провала.

Таким образом Т-каскад имеет четыре основные частоты: две резонансные частоты фильтров верхних и нижних частот — 29,5 и 33,5 Мгц и две частоты режекции — 27,75 и 35,75 Мгц.

Настраивают Т-контур следующим образом. К входу усилителя подключают ГКЧ, а к нагрузке видеодетектора — вход осциллографа. Получив на экране частотную характеристику усилителя, вращением сердечника катушки  $L_1$  Т-контура калибрационную метку 34 Мгц устанавливают на уровне 0,8—0,9 характери-

стики. Далее к входу усилителя вместо ГКЧ подключают сигнал-генератор, настраивают его на частоту  $27,75 \text{ Мгц}$ , включают модуляцию и устанавливают ее глубину 50%. На экране осциллографа при этом возникает синусоида (переключатель развертки прибора ПНТ в положении  $25 \text{ гц}$ ), соответствующая частоте модуляции сигнал-генератора. Регулируя положение сердечника катушки  $L$ , добиваются минимальной амплитуды синусоиды на экране. Это будет свидетельствовать о настройке контура на частоту  $27,75 \text{ Мгц}$ . Вместо осциллографа настройку можно вести и по другому индикатору, например вольтметру переменного тока.

Можно рекомендовать и другой способ настройки — при помощи ГКЧ. Выход генератора подключают к управляющей сетке лампы, в анодную цепь которой включен Т-контур. Вначале конденсатор  $C_2$  соединяют с шасси. При этом на экране осциллографа возникает изображение резонансной характеристики контура  $L_1C_3C_4$ . Вращая сердечник катушки, добиваются получения максимума на частоте  $33,75 \text{ Мгц}$ . Затем восстанавливают схему и получают на экране характеристику обоих контуров. Регулируя положение сердечника катушки  $L$ , получают минимум характеристики на частоте  $27,75 \text{ Мгц}$ .

**УПЧ с М-контуром.** Такой контур позволяет получить по сравнению с Т-контуром большее усиление и лучшую форму фазовой характеристики. М-контур представляет собой (рис. 74) сложный двухконтурный фильтр с двумя связями: внешней — активной (резистор  $R_2$ ) и внутренней — частотно-избирательной. Оба резонансных контура  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$  настроены на среднюю частоту полосы пропускания усилителя, причем индуктивности  $L_1L_3$  и  $L_2L_4$  экранированы друг от друга.

Эквивалентная схема М-контура (рис. 74, б) отличается от схемы обычного полосового фильтра той особенностью, что в этом М-фильтре внутренняя связь между контурами  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$  избирательная. Избирательными элементами являются два последовательных контура  $L_3C_3$  и  $L_4C_4$ . На частотах последовательного резонанса  $f_1$  и  $f_2$  их сопротивление мало, и усиление каскада на этих частотах резко падает (рис. 74, в). Резистор  $R_2$ , который ухудшает добротность фильтра, включен для выравнивания неравномерности частотной



характеристики. Поэтому для получения оптимальной частотной характеристики, необходимо подобрать величину сопротивления этого резистора.

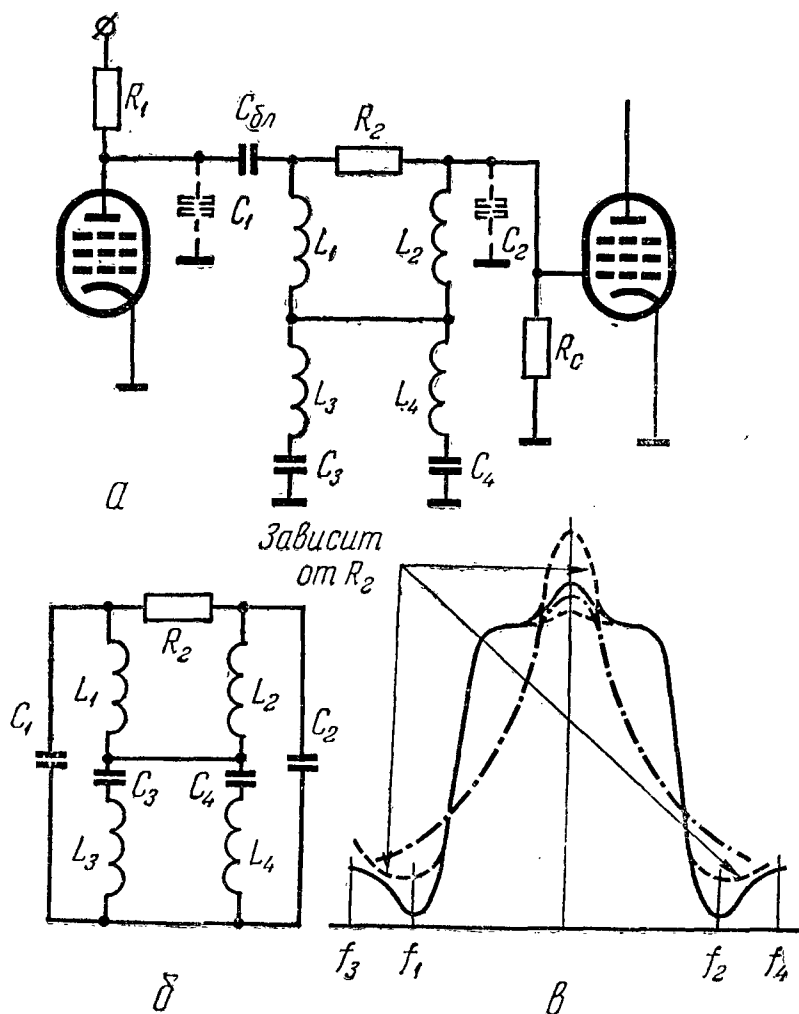


Рис. 74. Каскад усилителя промежуточной частоты с М-контуром

Режекторные контуры  $L_3C_3$  и  $L_4C_4$  настраивают на промежуточные частоты несущих звука собственного и соседнего каналов. Величина режекции зависит, кроме величины сопротивления  $R_2$ , от емкости конденсаторов  $C_3$  и  $C_4$ . При малых величинах емкостей возрастает добротность последовательных контуров, и режекция получается в очень узкой полосе частот, что затрудняет настройку фильтра. Однако значительно увеличивать эти емкости нельзя, так как с ухудшением добротности

уменьшается величина связи между контурами  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$ , что приводит к уменьшению полосы пропускания фильтра. Обычно величина емкостей  $C_3$  и  $C_4$  равна 10—18 пф.

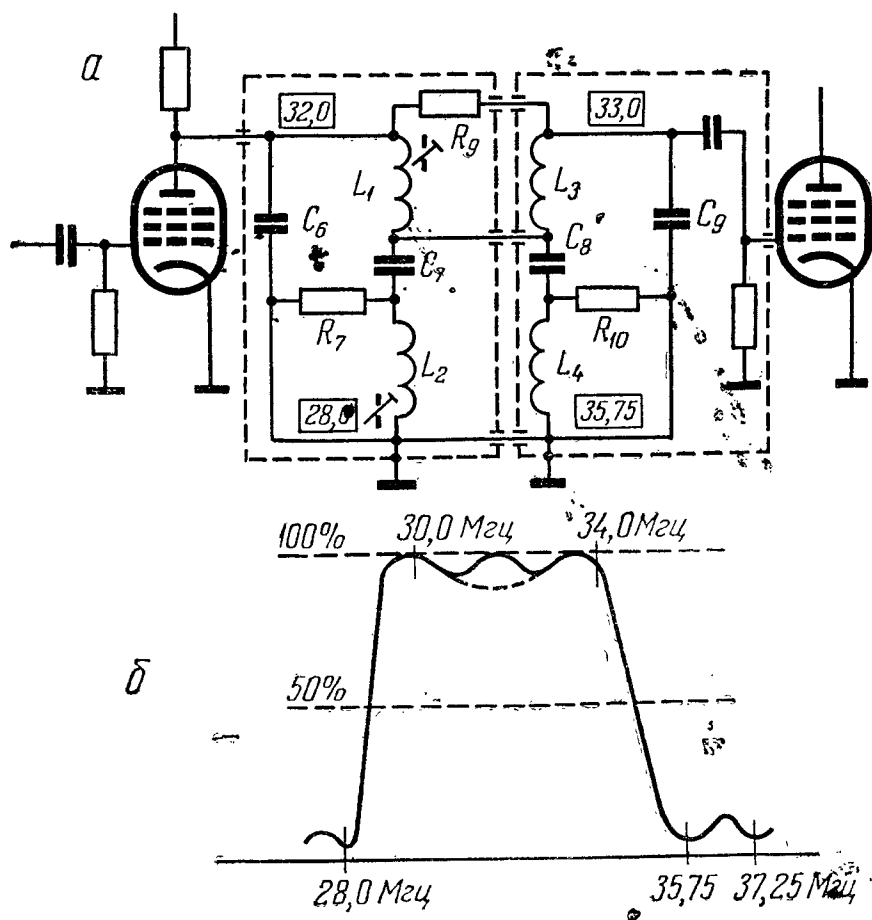


Рис. 75. Пример настройки каскада УПЧ с М-контуром:

а — принципиальная схема каскада; б — частотная характеристика

Настройку М-фильтра рассмотрим на примере каскада УПЧ телевизоров «Сигнал» и «Волна» (рис. 75, а). Частотная характеристика каскада с М-фильтром показана на рис. 75, б. Подъем на частоте 30 МГц зависит от индуктивности катушки  $L_1$ , на частоте 34 МГц — от индуктивности катушки  $L_3$ , на частотах 31—32 МГц — от суммарной индуктивности этих катушек. Режекция на частотах 27,75 и 35,75 МГц определяется настройкой контуров  $L_2C_7$  и  $L_4C_8$ . Резистор  $R_9$ , шунтирующий индуктивности  $L_1$  и  $L_3$ , определяет вы-

соту подъема частотной характеристики на частотах 32—33 Мгц.

Перед началом настройки надо отключить блок ПТК, а ручку регулировки контрастности установить в положение максимального усиления. Вход осциллографа через резистор 47 ком подсоединяют к нагрузке детектора, а выход ГКЧ через емкость 1000 пф к управляющей сетке лампы каскада с М-фильтром. Если в

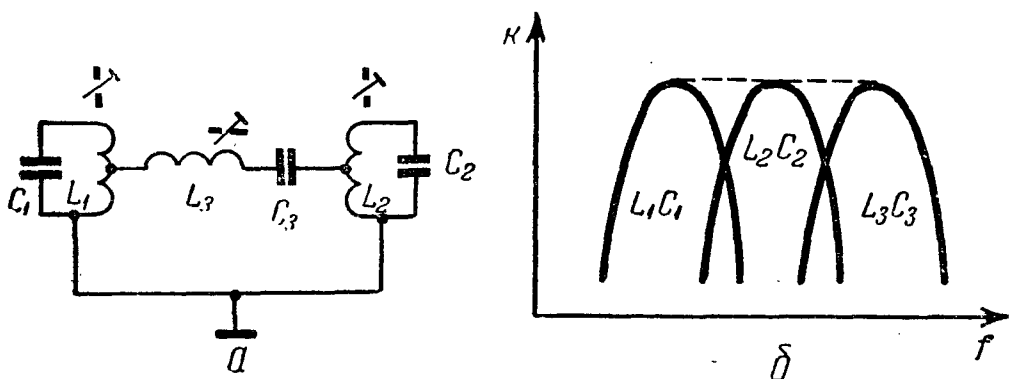


Рис. 76. Схема полосового П-контура *а* и его частотная характеристика *б*

телевизоре имеется регулятор четкости, то его регулируют таким образом, чтобы несущая промежуточной частоты 34,25 Мгц разместилась на середине правого склона характеристики. Далее вращением сердечников катушек  $L_1$  и  $L_3$  добиваются подъема усиления на частотах 32—33 Мгц, а регулировкой сердечников катушек  $L_4$  и  $L_2$  обеспечивают провал частотной характеристики на частотах 35,75 и 28 Мгц. Заметим, что настройка этих катушек сказывается на форме всей частотной характеристики фильтра.

**УПЧ с П-контуром.** Полосовой П-фильтр представляет собой трехконтурную резонансную систему взаимно расстроенных контуров (рис. 76): два параллельных контура  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$  и один последовательный контур  $L_3C_3$ , осуществляющий связь между ними. Контуры настраиваются таким образом, чтобы первый  $L_1C_1$  формировал левый склон частотной характеристики, а третий  $L_3C_3$  — правый склон, на котором расположена промежуточная частота несущей изображения. Второй контур компенсирует завал частотной характеристики (рис. 76, б), образованный частотными характеристиками первого и третьего контуров.

Перейдем к настройке этого фильтра. На рис. 77 показана схема УПЧ телевизора «Енисей-3», в котором нагрузкой первого и третьего каскадов служат П-фильтры. Второй каскад УПЧ является резонансным усилителем, настроенным на среднюю частоту полосы пропускания.

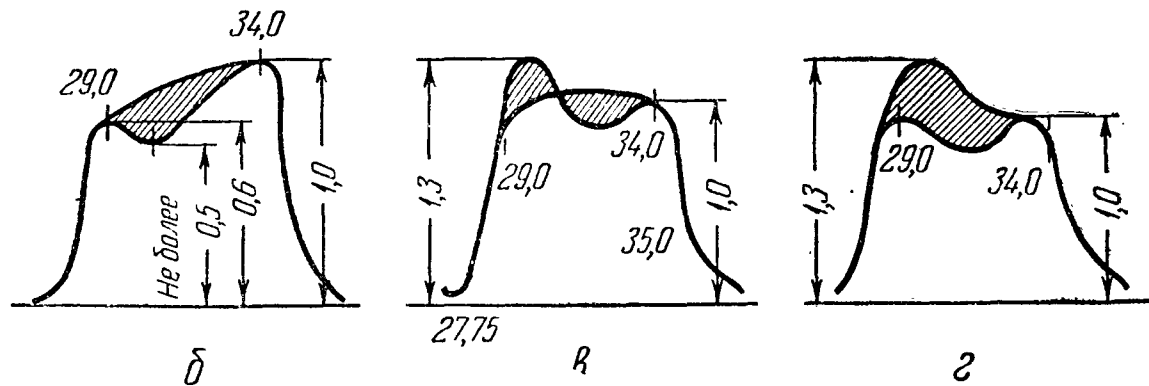
Перед началом настройки надо отключить блок ПТК, а к цепи АРУ подключить источник отрицательного смещения — 2,5 в. Настройку начинают с третьего каскада — лампа  $L_3$ , контуры К-4 и К-5. Вход осциллографа через резистор с сопротивлением 40—50 ком соединяют с нагрузкой детектора, а выход ГКЧ подключают к сетке лампы. По изображению частотной характеристики на экране осциллографа настраивают катушки  $L_7L_8$  и  $L_9$  таким образом, чтобы форма характеристики совпала с показанной на рис. 77, б. Сердечником катушки  $L_9$  формируют правый склон характеристики, сердечником катушки  $L_7$  — левый склон, а сердечником катушки  $L_8$  выравнивают кривую в центре.

Затем выход ГКЧ подключают к управляющей сетке лампы  $L_2$ , переведя выходной делитель генератора в положение 1 : 10. При этом на экране появится суммарная частотная характеристика второго и третьего каскадов усилителя. Сердечником катушек  $L_4$  и  $L_5$  формируют характеристику на частотах 31—33 МГц, а сердечником катушки  $L_6$  добиваются провала характеристики на частоте 27,75 МГц (рис. 77, в).

Далее выход ГКЧ подключают к ножке 8 разъема ПТК. На экране появится суммарная частотная характеристика УПЧ, форма которой должна соответствовать кривой, показанной на рис. 77, г. Правый склон характеристики подстраивают сердечником катушки  $L_3$ , левый склон — сердечником катушки  $L_1$ , а форму кривой в центре выравнивают сердечником катушки  $L_2$ .

**Видеоусилитель.** Видеоусилитель предназначен для усиления видеосигналов, снимаемых с детектора, до величины 30—40 в, которая необходима для управления лучом кинескопа. Видеоусилитель должен работать в диапазоне частот от десятков герц до частот около 6 МГц, что необходимо для передачи изменений фона изображения (очень низкие частоты) и мельчайших деталей изображения (очень высокие частоты).

Типовая частотная характеристика видеоусилителя

$a$ 

**Рис 77.** Пример настройки усилителя промежуточной частоты с П-контуром

показана на рис. 78. В диапазоне частот от десятков герц до 2,5—3 МГц неравномерность характеристики не должна превышать 20% относительно уровня на частоте 1 МГц. На более высоких частотах для лучшего воспроизведения мелких деталей изображения на характеристике должен быть подъем с максимумом на частоте 5,5 МГц. На частоте 6,5 МГц на характеристике должен быть хорошо выраженный провал, что исключает попадание на кинескоп сигналов звукового сопровождения.

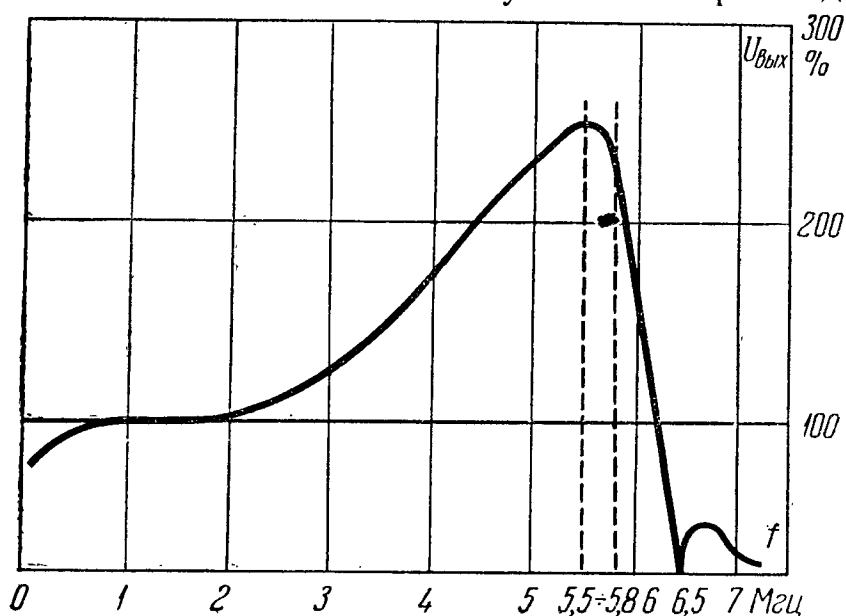


Рис. 78. Типовая частотная характеристика видеосу-лителя

Обычно видеосулититель работает по реостатной схе-ме. Такая схема способна обеспечить равномерное уси-ление в полосе частот не выше 1 МГц. Поэтому в схему вводят различные элементы частотной коррекции.

На рис. 79, а показана схема обычного усилителя с реостатно-емкостной связью между каскадами, а на рис. 79, б — его эквивалентная схема. Из эквивалент-ной схемы видно, что цепь  $R_c C_c$  представляет собой делитель напряжения. Выходное напряжение каскада  $U_{\text{вых}}$  снимается с сопротивления  $R_c$ . Чтобы не было бесполезного падения напряжения на переходном кон-денсаторе  $C_c$ , емкость его должна быть значительной. Тогда постоянная времени цепи  $R_c C_c$  будет достаточно велика, и напряжение сигнала почти не будет затрачи-ваться на заряд конденсатора. Сопротивление конден-

сатора (а именно оно определяет величину падения напряжения на конденсаторе) зависит от частоты проходящего через него тока. Поэтому на низких частотах заметная часть напряжения упадет на конденсаторе, и падение напряжения  $U_{\text{вых}}$  на резисторе  $R_c$  составит лишь часть общего падения напряжения в цепи, т. е.

усиление каскада по сравнению с усилением на более высоких частотах, для которых постоянная времени цепи  $R_c C_c$  очень велика, уменьшится. Таким образом, при подаче на управляющую сетку лампы прямоугольного импульса (перепадания напряжений) начинает протекать ток  $SU_{\text{вх}}$  ( $S$  — крутизна характеристики лампы), создающий падение напряжения  $SU_{\text{вх}} R$ , где  $R$  — анодная нагрузка. Это напряжение и является источником для заряда конденсатора  $C_c$ . Напряжение же на резисторе  $R_c$  будет определяться разно-

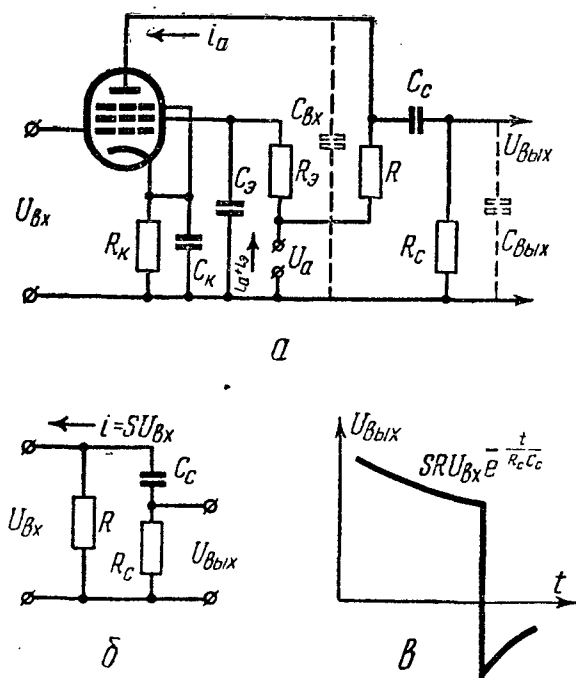


Рис. 79. Принципиальная схема усилителя с реостатно-емкостной связью между каскадами *а* и его эквивалентная схема на низких частотах *б*, а также низкочастотные искажения прямоугольного импульса в этом усилителе *в*

стью между напряжениями  $SRU_{\text{вх}}$  и напряжением на конденсаторе  $C_c$ , т. е. зависеть от постоянной времени цепи  $R_c C_c$ . Таким образом, после появления напряжения  $SRU_{\text{вх}}$  напряжение на конденсаторе  $C_c$  постепенно нарастает, а напряжение на управляющей сетке лампы последующего каскада уменьшается, в результате чего уменьшается усиление этого каскада. В этом и заключаюся низкочастотные искажения импульса, выражающиеся в наклоне и вогнутости «плоской» вершины импульса.

После прохождения импульса напряжение на сетке лампы падает не мгновенно, так как для разряда конденсатора  $C_c$  требуется время, которое зависит от постоянной времени цепи разряда. Разряд конденсатора  $C_c$  происходит через резистор  $R_c$ , резистор  $R$  и через внутреннее сопротивление источника анодного питания, которое обычно мало. Направление тока разряда конденсатора обратное по отношению к току заряда. Это означает, что после окончания входного импульса напряжение на выходе усилителя не исчезнет, а изменит знак и начнет постепенно спадать (рис. 79, в). Кстати, угол сдвига фаз возрастает с уменьшением частоты.

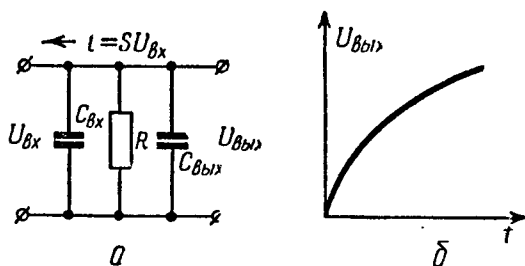


Рис. 80. Эквивалентная схема усилителя с реостатно-емкостной связью на высоких частотах *a* и высокочастотные искажения прямоугольного импульса *б*

На высоких частотах постоянная времени цепи  $R_c C_c$  по сравнению с длительностью периода колебаний или длительностью входного импульса настолько велика, что влияние конденсатора  $C_c$  будет незначительным и его можно не учитывать. Резистор  $R_c$  велик по сравнению с резистором  $R$ , и его можно тоже исключить из эквивалентной схемы (рис. 80, *a*). Основную роль в возникновении искажений на высоких частотах играют входные и выходные емкости ламп и монтажа, обозначенные на эквивалентной схеме  $C_{вых}$  и  $C_{вх}$ . По мере увеличения частоты сопротивление этих емкостей уменьшается, и они все больше шунтируют сопротивление нагрузки  $R$ . Общее сопротивление параллельно соединенных резисторов  $R$  и емкостей  $C_{вых} + C_{вх}$  по мере увеличения частоты уменьшается, поэтому уменьшается и падение напряжения на этой цепочке, а следовательно, и коэффициент усиления каскада. Правда, можно несколько ограничить это явление путем уменьшения величины сопротивления  $R$ . Тогда шунтирующее действие емкостей будет сказываться не так резко. Однако уменьшение величины сопротивления нагрузки ведет к уменьшению коэффициента усиления вообще на всех частотах.



Такое влияние емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  на форме импульса сказывается следующим образом. Возникший в анодной цепи ток в момент появления фронта импульса вначале не создаст в резисторе  $R$  нагрузки никакого падения напряжения, ибо в первое мгновение сопротивление емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$ , шунтирующих это сопротивление, равно нулю. Весь ток потечет через эти емкости, заряжая их. По мере заряда распределение токов между емкостями и резисторами  $R$  меняется. Все большая часть тока начинает протекать по сопротивлению, и падение напряжения на нем увеличивается. По истечению некоторого промежутка времени заряд емкости заканчивается, и весь ток  $SU_{\text{вх}}$  будет протекать через резистор  $R$ , создавая выходное напряжение  $SU_{\text{вх}} R$ . Быстрота установления напряжения на емкостях  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  зависит от постоянной времени цепи  $R (C_{\text{вых}} + C_{\text{вх}})$ . Таким образом, вместо крутого фронта входного сигнала напряжение на выходе усилителя не сразу достигнет максимального значения (рис. 80, б). Чем меньше постоянная времени этой цепи, тем быстрее напряжение достигнет максимальной величины.

Величина фазового сдвига на высоких частотах тем больше, чем выше частота, но угол сдвига отрицателен по отношению к углу фазового сдвига на низких частотах.

Чтобы избавиться от искажений, *их надо компенсировать*. На рис. 81, а приведена схема усилителя с параллельной компенсацией на высоких частотах, а на рис. 81, б — его эквивалентная схема. На низких и средних частотах сопротивление шунтирующих емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  велико, сопротивление индуктивности  $L$  в последовательной цепи мало, поэтому ими можно пренебречь и считать, что нагрузкой является только резистор  $R$ . При увеличении частоты сопротивление емкостей сильно уменьшается, и частотная характеристика при отсутствии индуктивности должна была бы спадать. Однако в области частот, усиление на которых начинает спадать, проявляются резонансные свойства колебательного контура, образованного  $L$ ,  $C$  и  $R$ . Сопротивление этого контура вблизи резонансной частоты наибольшее, а усиление каскада прямо пропорционально сопротивлению нагрузки. Увеличение сопротивления контура по мере приближения к резонансной частоте

компенсирует шунтирующее действие емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  на высоких частотах. Таким образом, общая величина сопротивления нагрузки остается неизменной (или, даже наоборот, повышается, если необходим подъем усиления на высоких частотах), и полоса частот, пропускаемых усилителем, расширяется.

Резонансная частота контура выбирается близкой к частоте, на которой в обычных условиях (при отсутствии компенсации) усиление начинает заметно падать. Понижение резонансной частоты вызывает ненужный подъем частотной характеристики в области высоких частот. Если же собственная частота контура выбрана выше этой граничной частоты, то между частотами равномерного усиления и частотой, при которой начинается компенсация, появится провал характеристики.

На частотах, превышающих резонансную, усиление снова спадает, так как сопротивление контура на этих частотах уменьшается.

На рис. 82 приведена схема другой высокочастотной компенсации. Индуктивность  $L_1$  включается последовательно, поэтому и компенсация называется последовательной. В этой схеме использованы те же элементы, что и в схеме на рис. 81, однако принцип действия ее иной. В области низких и средних частот сопротивление индуктивности  $L_1$  очень мало, а сопротивление емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  очень велико, и усиление на этих частотах определяется только величиной сопротивления нагрузки  $R$ . По мере повышения частоты емкостное сопротивление  $C_{\text{вх}}$  (входная емкость лампы + емкость монтажа левее индуктивности) уменьшается и начинает сказываться ее шунтирующее действие. Но при этом емкость  $C_{\text{вх}}$  как бы отделена от емкости  $C_{\text{вых}}$  индуктивностью  $L_1$ , сопротивление которой при повышении частоты возрастает (так как частота приближается к резонансной частоте колебательного контура, образованного индуктивностью  $L_1$  и емкостью  $C_{\text{вых}}$ ). Емкость  $C_{\text{вх}}$  меньше суммарной емкости  $C_{\text{вых}} + C_{\text{вх}}$ , поэтому частоты, на которых сопротивление емкости  $C_{\text{вх}}$  значительно уменьшается, несколько выше, чем при шунтировании нагрузки  $R$  суммарной емкостью.

Вернемся к телевизионным видеоусилителям. Обычно в них используются схемы высокочастотной коррекции, в которых реализуются обе рассмотренные выше

компенсирует шунтирующее действие емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  на высоких частотах. Таким образом, общая величина сопротивления нагрузки остается неизменной (или, даже наоборот, повышается, если необходим подъем усиления на высоких частотах), и полоса частот, пропускаемых усилителем, расширяется.

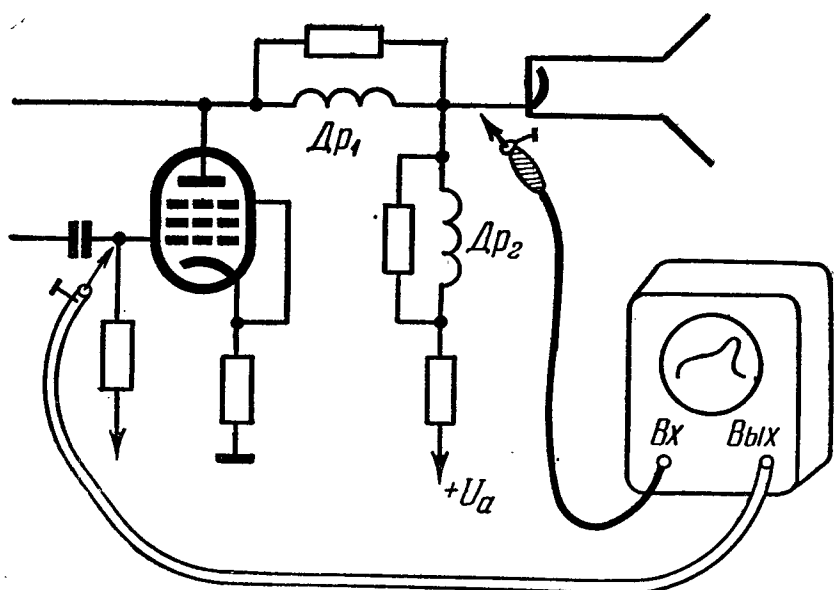
Резонансная частота контура выбирается близкой к частоте, на которой в обычных условиях (при отсутствии компенсации) усиление начинает заметно падать. Понижение резонансной частоты вызывает ненужный подъем частотной характеристики в области высоких частот. Если же собственная частота контура выбрана выше этой граничной частоты, то между частотами равномерного усиления и частотой, при которой начинается компенсация, появится провал характеристики.

На частотах, превышающих резонансную, усиление снова спадает, так как сопротивление контура на этих частотах уменьшается.

На рис. 82 приведена схема другой высокочастотной компенсации. Индуктивность  $L_1$  включается последовательно, поэтому и компенсация называется последовательной. В этой схеме использованы те же элементы, что и в схеме на рис. 81, однако принцип действия ее иной. В области низких и средних частот сопротивление индуктивности  $L_1$  очень мало, а сопротивление емкостей  $C_{\text{вых}}$  и  $C_{\text{вх}}$  очень велико, и усиление на этих частотах определяется только величиной сопротивления нагрузки  $R$ . По мере повышения частоты емкостное сопротивление  $C_{\text{вх}}$  (входная емкость лампы + емкость монтажа левее индуктивности) уменьшается и начинает сказываться ее шунтирующее действие. Но при этом емкость  $C_{\text{вх}}$  как бы отделена от емкости  $C_{\text{вых}}$  индуктивностью  $L_1$ , сопротивление которой при повышении частоты возрастает (так как частота приближается к резонансной частоте колебательного контура, образованного индуктивностью  $L_1$  и емкостью  $C_{\text{вых}}$ ). Емкость  $C_{\text{вх}}$  меньше суммарной емкости  $C_{\text{вых}} + C_{\text{вх}}$ , поэтому частоты, на которых сопротивление емкости  $C_{\text{вх}}$  значительно уменьшается, несколько выше, чем при шунтировании нагрузки  $R$  суммарной емкостью.

Вернемся к телевизионным видеоусилителям. Обычно в них используются схемы высокочастотной коррекции, в которых реализуются обе рассмотренные выше

схемы. Таким образом, регулировка видеоусилителя (помимо установки режима ламп и т. п.) сводится к подбору индуктивностей корректирующих дросселей, количество которых может доходить до пяти.



*а*

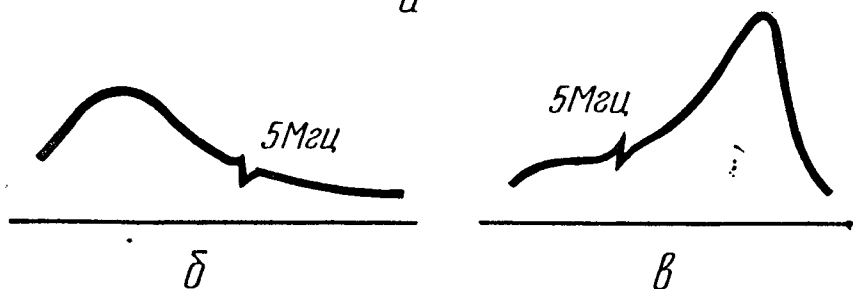


Рис. 83. Схема видеоусилителя с последовательно-параллельной компенсацией высокочастотных искажений *а*. Частотные характеристики видеоусилителя при замкнутом дросселе  $Др_1$  *б* и замкнутом дросселе  $Др_2$  *в*

Рассмотрим настройку видеоусилителя, схема которого представлена на рис. 83. Выход ГКЧ соединяют с входом видеоусилителя, а детекторную головку осциллографа — с гнездом ламповой панельки кинескопа, предварительно сняв панельку с цоколя трубки. На экране осциллографа при этом появится частотная характеристика видеоусилителя.

В последовательно-параллельной схеме коррекции наблюдаются два резонанса: один в области средних частот, создаваемый дросселем  $Dr_2$  с большей индуктивностью, и второй в области высоких частот, создаваемый дросселем  $Dr_1$  с меньшей индуктивностью. Изменяя частоты этих резонансов, можно получить нужную форму частотной характеристики видеоусилителя. Определяют частоты, на которых возникают резонансы, следующим образом. Вначале замыкают один из дросселей, например,  $Dr_1$ . Полученная в этом случае частотная характеристика видеоусилителя (рис. 83, б) будет свидетельствовать о том, что индуктивность дросселя  $Dr_2$  выбрана очень большой, так как он создает резонанс на частоте порядка 1,5 Мгц, где характеристика еще достаточно прямолинейна. Поэтому надо сдвинуть резонанс в сторону более высоких частот, для чего необходимо несколько уменьшить индуктивность дросселя. После этого замыкают дроссель  $Dr_2$  и размыкают  $Dr_1$ . На экране возникнет резонансная характеристика усилителя с дросселем  $Dr_1$  (рис. 83, б). Из характеристики видно, что индуктивность этого дросселя очень мала, ибо он создает резонанс за пределами полосы пропускания. Поэтому индуктивность этого дросселя следует увеличить.

### КАНАЛ ЗВУКА

Канал звукового сопровождения состоит из усилителя промежуточной частоты, частотного детектора и усилителя низкой частоты. Как уже говорилось, большинство современных телевизоров работает по одноканальной схеме. В таких телевизорах промежуточная частота, на которую настроен УПЧ канала звукового сопровождения, равна 6,5 Мгц; в двухканальной схеме промежуточная частота сигнала звукового сопровождения обычно равна 27,75 Мгц.

Настройку канала звукового сопровождения начинают с ЧМ детектора. О настройке этого детектора подробно рассказано в гл. IV, поэтому здесь рассмотрим только особенности настройки ЧМ детектора с помощью генератора качающейся частоты.

Для настройки дискриминатора (рис. 84), работающего на частоте 6,5 Мгц, выход ГКЧ через конденсатор

емкостью  $0,1—0,05$  мкф или резистор сопротивлением  $30—40$  ком подключают к сетке лампы ограничителя, а вход осциллографа — к выходу дискриминатора. Вращением ручек генератора качающейся частоты добиваются получения изображения частотной характеристики. Регулировку обычно начинают со вторичной обмотки. Поворачивая сердечник или подстроечный конденсатор,

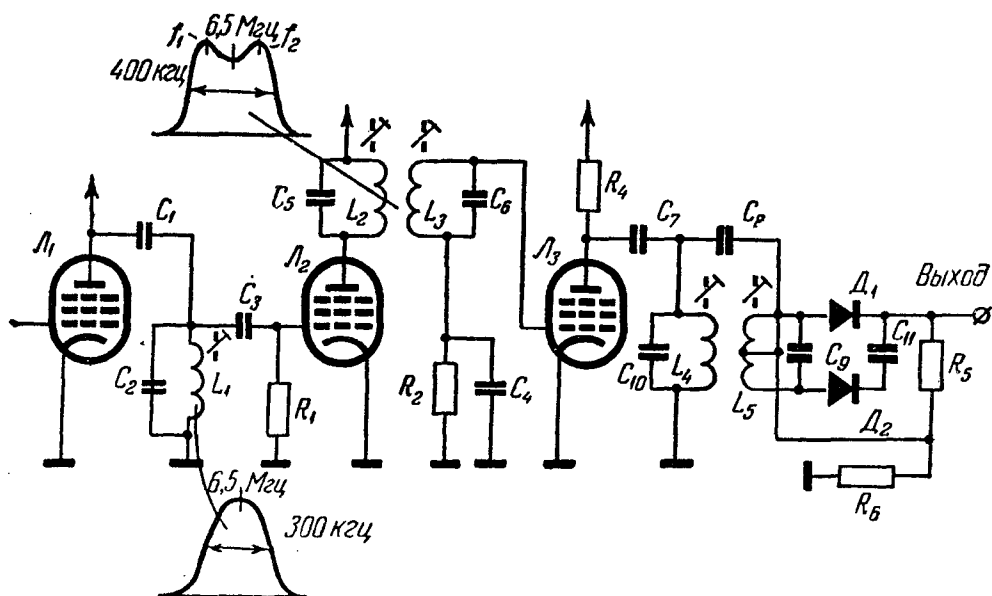


Рис. 84. Настройка дискриминатора, работающего на частоте  $6,5$  Мгц

добиваются совпадения нулевой точки кривой частотного детектора, т. е. места ее пересечения с горизонтальной осью с частотной меткой, соответствующей промежуточной частоте звукового сопровождения. Затем регулируют симметричность плеч кривой относительно этой точки настройкой первичной обмотки, причем одновременно стараются получить наибольший размах прямолинейного рабочего участка. На симметричность кривой надо обратить особое внимание. Асимметрия может возникнуть, кроме всего прочего, из-за различия характеристик полупроводниковых диодов — величины их обратных сопротивлений не должны различаться более, чем на  $30\%$ .

Если в телевизоре используется детектор отношений, то сигнал от ГКЧ подводят к управляющей сетке лампы УПЧ, а вход осциллографа подключают к выходу

детектора, либо к управляющей сетке лампы первого каскада УНЧ. На время настройки электролитический конденсатор на выходе детектора отношений отключается. В остальном настройка детектора отношений не отличается от настройки дискриминатора.

Далее переходят к настройке УПЧ канала звукового сопровождения. Сигнал от ГКЧ через конденсатор емкостью  $0,1\text{--}0,05\text{ мкф}$  подают на управляющую сетку лампы  $L_1$  выходного каскада видеоусилителя (см. рис. 84). Вход осциллографа через резистор с сопротивлением  $40\text{--}50\text{ ком}$  подключают к сопротивлению в сеточной цепи ограничителя — к резистору  $R_2$ . Вращая сердечники, настраивают контуры  $L_2$  и  $L_3$  в резонанс таким образом, чтобы характеристика была симметричной, с небольшим провалом на частоте  $6,5\text{ Мгц}$ . Затем, вращая сердечник катушки  $L_1$ , добиваются наибольшей высоты этой характеристики по вертикали. Заметим, что полоса пропускания результирующей частотной характеристики на уровне  $0,5$  должна быть не менее  $300\text{ кгц}$ . Если полоса пропускания получилась узкой, ее можно расширить, увеличив связь между катушками  $L_2$  и  $L_3$ , шунтируя контуры резисторами или несколько расстроив относительно друг друга контуры  $L_2C_5$  и  $L_3C_6$ .

Настройка УПЧ и ЧМ детектора, работающих на частоте  $27,75\text{ Мгц}$ , принципиально не отличается от только что рассмотренной. Для примера расскажем о настройке схемы, показанной на рис. 85. Начинают со второго каскада. Выход ГКЧ через конденсатор емкостью  $0,1\text{--}0,05\text{ мкф}$  подключают к управляющей сетке лампы  $L_3$ , а вход осциллографа через сопротивление  $40\text{--}50\text{ ком}$  — к резистору в сеточной цепи ограничителя. Настройкой полосового фильтра  $L_5L_6$  частотную кривую располагают симметрично относительно частоты  $27,75\text{ Мгц}$ .

Кстати, метку на частоте  $27,75\text{ Мгц}$  удобно получить с помощью сигнал-генератора, причем им же можно проверить расстояние между частотами  $f_1$  и  $f_2$ , изменяя частоту сигнал-генератора и наблюдая «переползание» метки от одной частоты к другой (значение частоты прочитывается на шкале сигнал-генератора). Если высота горбов резонансной кривой на этих частотах окажется неодинаковой, надо подобрать величины шунтирующих резисторов  $R_3$  и  $R_4$ .

Далее выходное напряжение ГКЧ подают на управляющую сетку лампы  $\Lambda_2$  и настраивают первый каскад усилителя на максимум частотной характеристики на экране осциллографа. При этом выходное напряжение ГКЧ должно быть небольшим, иначе в каскадах усилителя произойдет ограничение и настройка окажется невозможной.

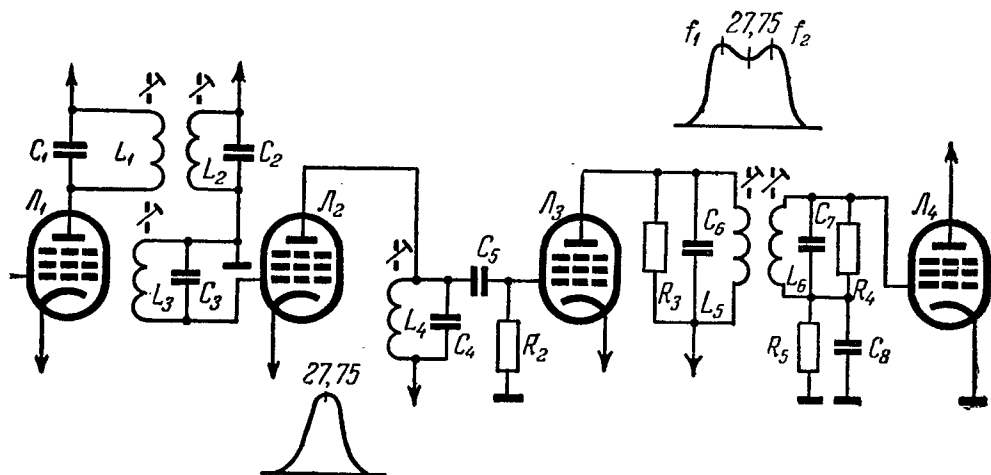


Рис. 85. Настройка ЧМ детектора, работающего на частоте 27,75 Мгц

Для настройки контура  $L_3C_3$  выход генератора качающейся частоты соединяют с управляющей сеткой лампы смесителя. При этом контур в цепи ее управляющей сетки отсоединяют и сетку соединяют с шасси через сопротивление 1 ком. Контур  $L_3C_3$  настраивают по максимуму резонансной кривой на частоте 27,75 Мгц.

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК

Все современные телевизоры в качестве УВЧ, смесителя и гетеродина используют унифицированный высокочастотный блок ПТК, упрощенная схема которого показана на рис. 86. Можно встретить несколько разновидностей блока ПТК: ПТК-38, ПТК-46, ПТК-54, ПТК-74, ПТК-87 (цифры обозначают длину оси переключателя), а также блоки ПТК-4 и ПТК-7, причем у последнего блока частоты промежуточных несущих изображения и звука соответствуют новому ГОСТу и равны 31,5 и 38,0 Мгц. Помимо этих блоков, в телевизорах ранних выпусков установлены блоки ПТП-1,



ПТП-2, ПТП-Старт, ПТП-Заря, ПТП-56 принципиальные схемы которых несколько отличаются от схемы унифицированного блока ПТК. Поэтому мы рассмотрим типовую настройку блока ПТК, как наиболее распро-

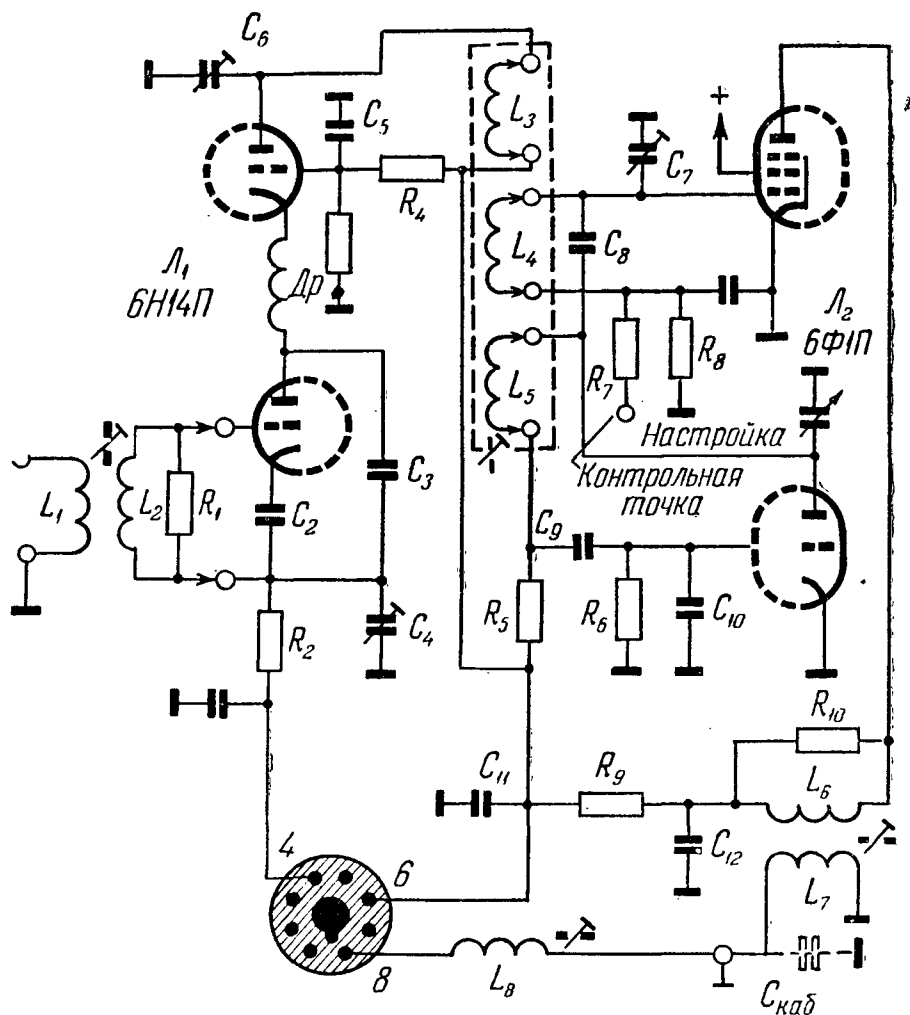


Рис. 86. Упрощенная принципиальная схема высокочастотного блока типа ПТК

страненного. Эту же методику можно применить и для настройки любого другого блока, конечно, с учетом схемных особенностей данного блока. Надо заметить, что настройка высокочастотного блока — дело нелегкое и кропотливое, и надо стараться по возможности не нарушать его заводской настройки.

Рассмотрим коротко принципиальную схему блока ПТК. Усилитель высокой частоты собран по каскодной

схеме на двойном триоде 6Н14П. Контур, образованный дросселем  $Dr$  и межэлектродными емкостями ламп, имеет полосу пропускания, охватывающую все телевизионные каналы. Резонансная частота этого контура около 170 Мгц. В односеточном смесителе работает пентодная часть лампы 6Ф1П, а в гетеродине — ее триодная часть. Нагрузка смесителя выполнена в виде пары взаимно расстроенных контуров. Анодный контур  $L_6$  вместе с катушкой связи  $L_7$  расположен непосредственно у панельки лампы  $L_2$ , а сеточный контур  $L_8$  находится у конца выходного кабеля внутри восьмиштырькового октального разъема, используемого для подключения блока к приемнику.

Сквозная частотная характеристика блока ПТК показана на рис. 87. Из характеристики видно, что блок с значительным запасом пропускает несущие частоты сигналов изображения и звука. Однако, чтобы на каждом телевизионном канале получить требуемую сквозную частотную характеристику, нужно прежде всего обеспечить требуемую форму частотной характеристики УВЧ. Форма этой характеристики определяется настройкой входного контура и полосового фильтра в аноде лампы второй ступени УВЧ. Контур в аноде лампы первой ступени усилителя, состоящий из дросселя  $Dr$  и межэлектродных емкостей, имеет тупую частотную характеристику, поэтому частотная характеристика УВЧ определяется полосовым фильтром.

Кроме УВЧ, на форму сквозной частотной характеристики блока большое влияние оказывает настройка контуров промежуточной частоты. Эти контуры настраиваются при помощи сердечников. В блоках ПТП-1, ПТП-56 и ПТП-Старт катушка одного из контуров промежуточной частоты намотана на манжетке и может перемещаться относительно неподвижной катушки второго контура; требуемая форма кривой достигается подбором связи между контурами.

Настройка полосового фильтра усилителя высокой частоты и входного контура более сложна. Дело в том, что при переходе с канала на канал барабанный переключатель подключает новый комплект катушек полосового фильтра и входного контура. Таким образом, контуры полосового фильтра состоят из 24 катушек индуктивности, подключаемых к общим для контуров всех

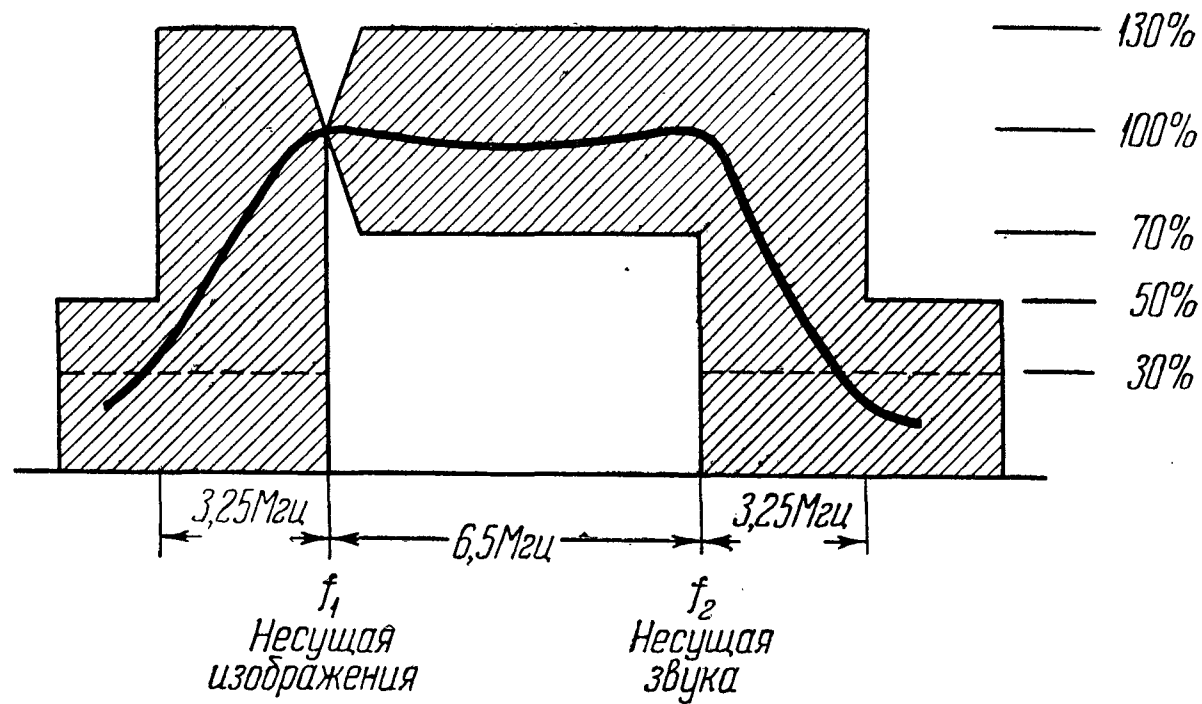


Рис. 87. Типовая сквозная частотная характеристика блока ПТК

каналов емкостям — полупеременным конденсаторам  $C_6$  и  $C_7$ , а также емкости монтажа и межэлектродным емкостям ламп. Конденсаторами  $C_6$  и  $C_7$  можно настроить контуры только одного канала, настраивать же контуры других каналов приходится перемещением витков катушек (при этом изменяется шаг намотки, а следовательно, и индуктивность), так как никаких других элементов настройки контуры полосового фильтра УВЧ не имеют. Связь между контурами фильтра регулируется сближением или удалением крайних — ближайших к соседней катушке фильтра — витков катушек.

Надо отметить, что наличие конденсаторов  $C_6$  и  $C_7$  создает известные удобства при ремонте блока ПТК. Например, если расстройка полосового фильтра произошла из-за смены ламп, имеющих определенный разброс по междуэлектродным емкостям, или из-за изменения емкости монтажа в результате смещения проводников и других мелких деталей с прежних мест, то фильтры легко подстраиваются при помощи этих полупеременных конденсаторов, причем такую подстройку достаточно произвести на одном из каналов.

Входные контуры блока ПТК настраиваются при помощи латунного сердечника, а также перемещением витков антенной и сеточной катушек. На настройку этого контура оказывает влияние и конденсатор  $C_4$ .

Наконец, контуры гетеродина настраивают сердечниками катушек индуктивности  $L_5$ . Необходимого перекрытия частоты гетеродина добиваются регулировкой зазора между ротором и статором переменного конденсатора настройки.

Настраивать высокочастотный блок ПТК надо в определенной последовательности: прежде всего настраивают контуры промежуточной частоты, потом гетеродин, затем полосовой фильтр УВЧ и, наконец, входной контур. Настройку контуров гетеродина, фильтра УВЧ и входного контура производят в указанной последовательности сначала на одном канале, затем в той же последовательности на другом и т. д., либо вначале настраивают контуры гетеродина всех каналов, затем полосовые фильтры опять-таки всех каналов и, наконец, входные контуры. При этом в любительских условиях можно не настраивать все каналы, а только те, на ко-

торых ведется передача, но настройку надо начинать с наиболее высокочастотного канала, ибо если начать настройку, например, с третьего канала, то весьма вероятно, что настроить восьмой канал не удастся.

Итак, *начнем с настройки контуров промежуточной частоты.* Сигнал от ГКЧ подают на управляющую сетку смесительной лампы блока. Сеточный контур смеси-

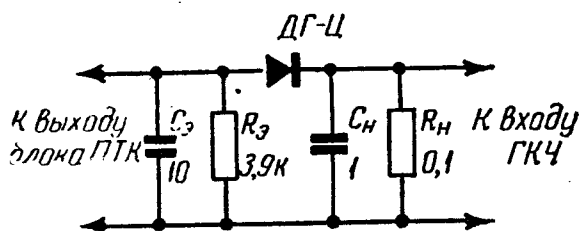


Рис. 88. Эквивалент нагрузки блока ПТК с детектором

теля нужно отключить от управляющей сетки. Для этого в блоке ПТК придется вынуть один из гетеродинных секторов, поставив барабан в положение, при котором включен этот сектор. Вход осциллографа подключается

к выводу блока ПТК через специальный эквивалент нагрузки, заменяющий отключенный УПЧ телевизора; схема эквивалента, а также детектор сигнала промежуточной частоты показаны на рис. 88. Следует помнить, что правильно настроить высокочастотный блок можно только в том случае, если параметры эквивалента нагрузки точно соответствуют значениям, указанным в схеме. Изменение емкости конденсатора  $C_3$  всего на  $1 \text{ нф}$  приводит к значительному искажению формы частотной характеристики, так как частота настройки контура  $L_8 C_{\text{каб}} C_3$  определяется главным образом емкостью  $C_3$ , так как емкости соединены последовательно и емкость кабеля  $C_{\text{каб}}$  во много раз превышает емкость  $C_3$ . Резистор  $R_3$  является шунтом этого контура и тем самым определяет полосу пропускания. Что касается других типов блоков, то полная емкость эквивалента нагрузки блоков ПТП-56 и ПТП-«Старт» равна  $10 \text{ нф}$ , активное сопротивление  $1 \text{ ком}$ . Активное сопротивление эквивалента нагрузки блока ПТП-1 равно  $300 \text{ ом}$ , а сосредоточенная емкость без учета емкости монтажа и емкости, вносимой детектором, принимается равной  $15 \text{ нф}$ . Блоки типа ПТП-2, ПТП-2А, ПТП-3 и ПТП-А нагружают на П-контур (рис. 89), настроенный на частоту  $30 \text{ Мгц}$ . Эквивалент нагрузки блока ПТП-«Заря» состоит из сопротивления  $10 \text{ ком}$  и емкости  $8 \text{ нф}$ .

Когда блок присоединен к приборам и на экране осциллографа получена частотная характеристика, приступают к настройке контуров промежуточной частоты  $L_6$ ,  $L_7$  и  $L_8$ . Эти контуры настраивают при помощи сердечников. При этом стремятся получить двугорбую кривую с крутыми склонами, одинаковыми по высоте горбами и минимальным провалом между ними. Вращением сердечника катушки  $L_6$  левый горб характеристики устанавливают на частоту 27,75 Мгц, вращением сердечника катушки  $L_8$ , смонтированной на фишке включения блока, правый горб устанавливают на частоту 34,25 Мгц. Характеристику можно считать удовлетворительной, если правый горб отличается от левого не более чем на  $\pm 10\%$ .

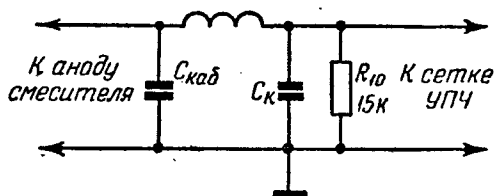


Рис. 89. Схема П-образного фильтра

Далее переходят к настройке контуров гетеродина и полосового фильтра усилителя высокой частоты, т. е. к настройке гетеродинных секторов барабанного переключателя, на которых смонтированы катушки гетеродина и полосового фильтра УВЧ.

Начинают с подстройки контуров гетеродина таким образом, чтобы на каждом канале прием программы осуществлялся при среднем положении ротора переменного конденсатора настройки. Чтобы правильно установить частоту гетеродина, нужно ее каким-то образом измерить. Однако практически проще измерить не частоту гетеродина, а частоту, которая получается в результате преобразования несущей частоты изображения (или звука) в промежуточную. Например, если на вход блока подать сигнал с частотой, равной несущей частоте звукового сопровождения настраиваемого канала (56,25 Мгц) и настроить гетеродин так, чтобы промежуточная частота на выходе блока была равна номинальному значению промежуточной частоты звука (27,75 Мгц), то частота гетеродина при этом будет иметь значение  $f_{\text{гет}} = 56,25 + 27,75 = 84 \text{ Мгц}$ .

Метод настройки гетеродина следующий. Осциллограф подключают к выходу частотного детектора канала

звукового сопровождения телевизора (блок ПТК должен быть нормально включен в телевизор). Если на вход настраиваемого блока подать от ГКЧ сигнал, частота которого качается в диапазоне частот данного канала, то на экране осциллографа появится частотная характеристика детектора (*S*-образная кривая). Правильная настройка гетеродина соответствует такому по-

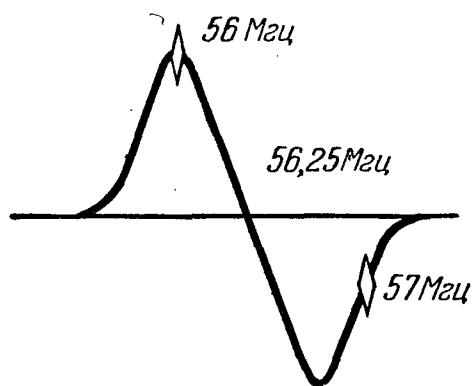


Рис. 90. *S*-образная кривая для первого телевизионного канала

ложению *S*-образной кривой, при котором точка пересечения кривой с нулевой линией совпадает с несущей частотой звукового сопровождения. Для первого телевизионного канала такое положение показано на рис. 90.

Настройку гетеродинных секторов следует начинать с самого высокочастотного канала и далее производить в порядке

убывания номеров каналов. Если блок имеет диапазоны УКВ ЧМ, то их гетеродинные секторы настраивают в такой же последовательности после настройки телевизионных каналов. Барабан переключателя устанавливают в положение выбранного канала и, чтобы обеспечить доступ к катушкам настраиваемого сектора, два следующих за ним против часовой стрелки гетеродинных сектора вынимают (на барабан смотрят со стороны длинного конца оси).

Сначала настраивают контур гетеродина. Ротор конденсатора настройки устанавливают в положение, соответствующее средней частоте гетеродина, и замечают это положение, проводя карандашом две риски. Вращая сердечник гетеродинного сектора, устанавливают номинальное значение частоты гетеродина для данного канала. При этом сердечник не должен находиться в крайних положениях. Если сердечник приходится ввертывать слишком глубоко, то нужно раздвинуть витки катушки; если сердечник выступает из каркаса — сдвинуть витки. Когда контур настроен, витки катушки нужно закрепить тонким слоем полистиролового клея, проверить настройку и, если необходимо, подстроить контур сердечником.

Затем переходят к настройке полосового фильтра УВЧ. Вход осциллографа присоединяют к контрольной точке блока (см. рис. 86). Необходимая форма частотной характеристики полосового фильтра УВЧ показана на рис. 91. Провал между горбами должен быть в пределах 30—50% от высоты левого горба. Характеристика входного контура блока несимметрична, поэтому правый горб характеристики полосового фильтра может быть на 10—30% меньше левого. Значения  $f_1$  и  $f_2$ , на которых должны располагаться горбы частотной характеристики полосового фильтра, приведены в табл. 9. Контур настраивают перемещением витков катушек.

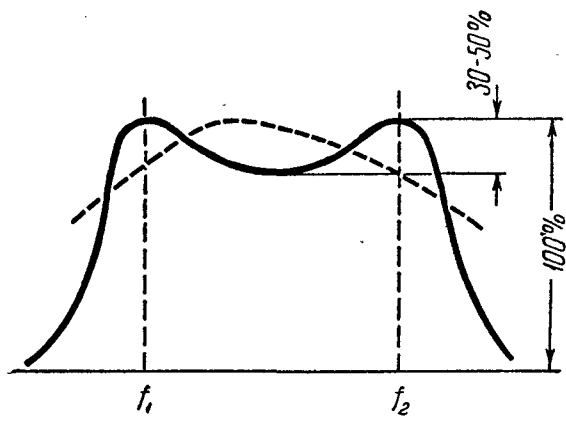


Рис. 91. Частотная характеристика полосового фильтра усилителя высокой частоты

Чтобы расширить полосу пропускания фильтра, надо

Таблица 9

Номер канала	Частота, Мгц	
	1	2
1	49,0	57,0
2	58,5	66,5
3	76,5	84,5
4	84,5	92,5
5	94,5	100,5
6	174,5	182,5
7	182,5	190,5
8	190,5	198,5
9	198,5	206,5
10	206,5	214,5
11	214,5	222,5
12	222,5	230,5

сдвинуть катушки, а для сужения — раздвинуть. Выравнить горбы характеристики можно перемещением внешних витков катушек. Если вся кривая смещена в сторону более низких частот, то нужно отодвигать крайние витки сеточной и анодной катушек фильтра. При невозможности добиться таким путем желаемого результата надо перестроить фильтр с помощью полупеременных конденсаторов  $C_6$  и  $C_7$ .

Когда настройка по-



лосового фильтра закончена и витки катушек закреплены полистирольным клеем (можно использовать и клей БФ-4), переходят к настройке антенного сектора барабанного переключателя. Заметим, что остальные гетеродинные секторы (на других каналах) настраивают аналогичным образом, с той лишь разницей, что вращать полупеременные конденсаторы при этом нельзя.

Для настройки входных контуров вход осциллографа подключают через эквивалент нагрузки и детектор к выходу настраиваемого блока, а выход ГКЧ — к входу блока через специальное согласующее устройство. Такое устройство желательно даже в том случае, если входное сопротивление телевизора и выходное сопротивление ГКЧ одинаковы. Практика показывает, что непосредственное соединение выходного кабеля генератора со входом блока приводит к неустойчивости кривой на экране осциллографа, особенно на каналах выше

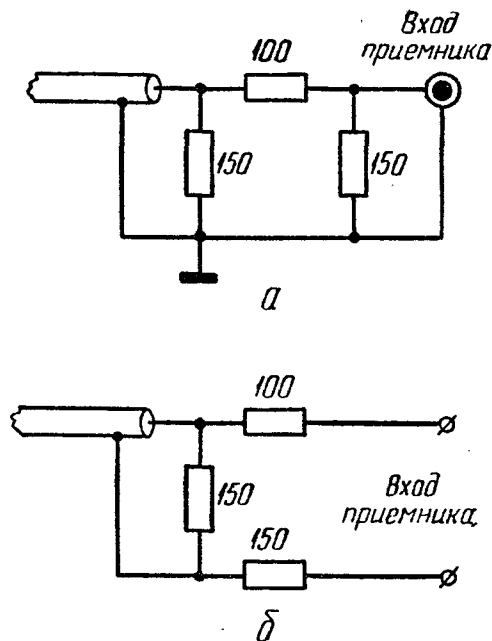


Рис. 92. Схемы согласующих устройств:

- а* — делитель напряжения;  
*б* — согласующее и симметрирующее устройство

пятого. Достаточно поднести руку к выходному кабелю ГКЧ, как форма кривой заметно меняется. Кроме того, форма кривой зависит от длины кабеля и его расположения. Причина всех этих явлений — несогласованность выхода генератора с входом блока, в результате чего в выходном кабеле появляются стоячие волны. Величина входного сопротивления блока может значительно отличаться от номинального значения 75 ом. Поэтому и желательно применять согласующее устройство — делитель напряжения, схема которого показана на рис. 92, *а*. Заметим также, что аналогичная неустойчивость кривой на экране осциллографа наблюдается при плохих контактах в кабельных разъемах, а также при значительной, т. е. поряд-

ка нескольких сантиметров, длине проводов, соединяющих выходной кабель генератора с входом блока, причем особенно сильно влияет «земляной» провод.

Согласующее устройство следует располагать непосредственно на конце выходного кабеля ГКЧ. Заземляющие концы проводников надо делать возможно более короткими и соединять в одной точке у оплетки выходного кабеля генератора. Резистор  $R_1$  следует впаивать между внутренней жилой и оплеткой кабеля непосредственно у места его зачистки. Делитель монтируют на пластинке из изоляционного материала, на которой установлены небольшие зажимы для подключения концов входного кабеля настраиваемого блока. Снаружи согласующее устройство желательно экранировать.

На рис. 92, б показана схема согласующего и симметрирующего устройства, используемого для подключения выхода ГКЧ к блокам, имеющим симметричный вход с сопротивлением 300 ом.

Настройку антенных секторов блока производят в той же последовательности, как и гетеродинные, т. е. начиная с наиболее высокочастотного канала. Напряжение отрицательного смещения должно быть равным — 1,5 в, а ротор конденсатора настройки гетеродина необходимо установить в то же положение, при котором производилась настройка гетеродинных контуров (в положение, соответствующее средней частоте гетеродина).

При настройке входных контуров стремятся получить такую форму сквозной характеристики, которая показана на рис. 87. Горбы характеристики должны располагаться на частотах  $f_1$  и  $f_2$ , значения которых приведены в табл. 10. Контур можно считать настроенным удовлетворительно, если общая неравномерность кривой, т. е. разница в высотах горбов или величина провала (подъема) на средней частоте, отнесенная к величине левого горба, не превышает 15—20% (на первых пяти каналах) и 25—30% (на 6—12 каналах). Надо следить, чтобы частоты, на которых расположились горбы кривой, не отличались от значений, указанных в табл. 10, более, чем на 0,5 Мгц в сторону сужения полосы пропускания и не более 1 Мгц в сторону ее расширения.

Настройку входного контура производят следующим образом. Если правый горб частотной характеристики выше левого, то витки сеточной катушки нужно сдвинуть

к середине; если выше левый горб,— раздвинуть их к краям каркаса. Если частотная характеристика имеет горб в средней части, витки антенной катушки раздвигают вдоль катушки сеточного контура, а поднявшийся после этого левый горб убирают, раздвигая витки этой катушки. Если характеристика в средней части имеет слишком большой провал, то надо раздвинуть витки сеточной катушки с середины на

Таблица 10

Номер канала	Частота, Мгц	
	$f_1$	$f_2$
1	49,75	56,25
2	59,25	65,75
3	77,25	83,75
4	85,25	91,75
5	93,25	99,75
6	175,25	181,75
7	183,25	189,75
8	191,25	197,75
9	199,25	205,75
10	207,25	213,75
11	215,25	221,75
12	223,25	229,75

две секции, а витки антенной катушки соединить вместе.

Если перемещением витков катушки сеточного контура не удастся выравнять высоту горбов характеристики, то это можно сделать при помощи сердечника антенного сектора: для увеличения правого горба его нужно ввертывать в каркас катушки, а для увеличения левого горба — вывертывать из него.

В заключение настройки проверяют форму результирующей частотной характеристики со входа телеви-

зора. Для этого выход ГКЧ включают на вход высокочастотного блока через согласующее устройство, а вход осциллографа через резистор сопротивлением 40—50 ком подключают к выходу видеодетектора. Ручку регулировки контрастности телевизора устанавливают в положение максимального усиления. В среднем положении ручки настройки несущая изображения  $f_{\text{нес}}$  должна находиться на уровне 0,5 характеристики, считая за единицу высоту кривой на частоте  $f_{\text{нес}} + 1$  Мгц. Ширина полосы пропускания канала изображения, отсчитываемая от положения несущей изображения на уровне 0,5 до точки, на которой завал характеристики составляет 30% уровня  $f_{\text{нес}} + 1$  Мгц, должна быть не менее 5 Мгц.

В некоторых телевизорах имеется так называемый *корректор четкости*. Принцип его работы заключается в следующем. Наилучшая четкость изображения получается тогда, когда частота несущей изображения располагается на склоне характеристики в пределах от 0,2 до 0,8. При этом происходит подъем или ослабление уровня высокочастотных составляющих видеосигнала, определяющих четкость принимаемого изображения. Такая ре-

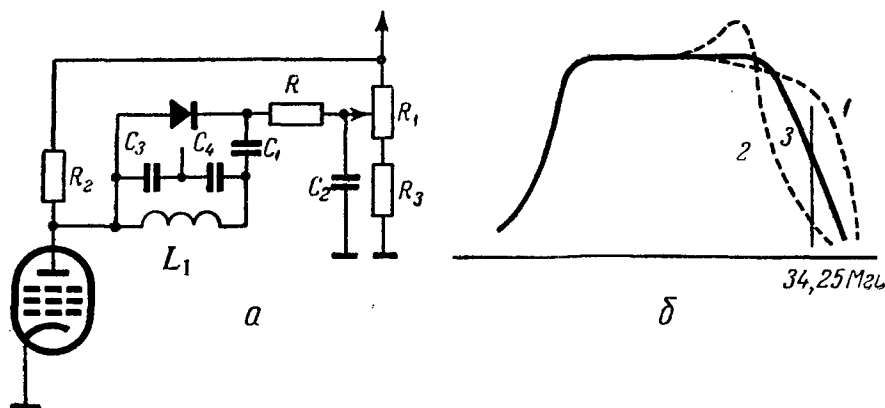


Рис. 93. Корректор четкости:

*а* — принципиальная схема; *б* — форма частотной характеристики УПЧ

гулировка четкости осуществляется перемещением по частоте пологого склона частотной характеристики, расположенного в районе несущей изображения. Для этого перестраивают контур, который формирует склон частотной характеристики УПЧ в районе частоты несущей изображения, путем изменения емкости контура  $L_1 C_1 C_3 C_4$ . Регулировку производят потенциометром  $R_1$  (рис. 93). В зависимости от величины положительного напряжения, снимаемого с движка потенциометра, меняется величина сопротивления диода, через который конденсатор  $C_1$  подключается к контуру, а следовательно, меняется настройка контура. На рис. 93, б показаны частотные характеристики УПЧ при различных положениях потенциометра: когда диод заперт — кривая 1, когда отперт — кривая 2 и при некотором среднем положении — кривая 3.

### БЛОК РАЗВЕРТКИ

Этот блок телевизора состоит из горизонтальной и вертикальной разверток, а также высоковольтного выпрямителя, конструктивно объединенного со схемой горизон-

тальной развертки. Обычно к блоку развертки относят и кинескоп.

Налаживать блок развертки можно до настройки канала изображения и звукового сопровождения, а можно и после. Однако окончательно настроить блок разверток удастся только во время приема телевизионной испытательной таблицы. Эта таблица состоит из квадратов, окружностей, ряда штрихов и цифр (рис. 94). Отношение

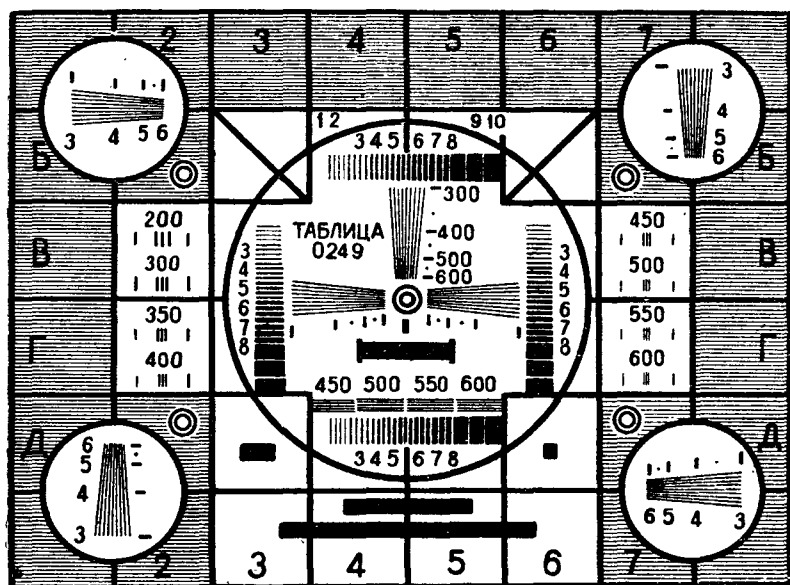


Рис. 94. Телевизионная испытательная таблица

ширины таблицы к ее высоте равно 4 : 3. Буквенные и цифровые обозначения, расположенные по краям таблицы, позволяют определить положение любого квадрата.

Большая окружность в центре таблицы и малые окружности по углам позволяют проверить линейность развертывающих устройств и правильность соотношения сторон кадра. При хорошо отрегулированных развертывающих устройствах искажения формы окружностей и квадратов должны быть едва заметны. Концентрические окружности в квадратах Б-2, Б-7, Д-2 и Д-7 позволяют проверить качество фокусировки. В центре этих окружностей при хорошей фокусировке будут видны черные точки.

Наклонные линии (диагонали) в квадратах Б-3 и Б-6 служат для проверки чересстрочной развертки. При

устойчивой синхронизации, обеспечивающей нормальную чересстрочную развертку, эти линии не имеют изломов. Если же линии получаются с изломами (рубчиками), то это означает, что имеет место некоторое спаривание строк. При полном спаривании строк, когда четная строка точно попадает на соседнюю нечетную, изломов не наблюдается, но при этом диагонали становятся шире. При спаривании строк уменьшается число отчетливо различимых линий в центральных горизонтальных клиньях, а сами линии расходятся веерообразно в направлении к центру таблицы.

Геометрические искажения раstra — искривление прямых вертикальных и горизонтальных линий — вызваны неисправностями отклоняющей системы или кинескопа. Эти искажения имеются всегда, но не должны превышать 2—3% (об определении величины геометрических искажений, см. гл. II). При большей величине геометрических искажений необходимо заменить отклоняющую систему.

Нелинейные искажения изображения вызываются нелинейностью отклоняющих токов. Из-за изменения скорости движения луча по горизонтали или по вертикали окружности становятся яйцеобразными, а квадраты превращаются в прямоугольники. Максимально допустимые нелинейные искажения по горизонтали не должны превышать 15%, а по вертикали 12%. Но прежде чем определять линейность развертки, нужно установить правильный формат изображения, иначе даже при строго линейной развертке окружности и квадраты будут искажены: вытянуты или сжаты по вертикали или по горизонтали.

Одним из важных параметров развертывающих устройств является время обратного хода, которое для развертки по вертикали должно быть не более 6% от времени одного поля, а для развертки по горизонтали не более 15% от длительности одной строки. Определить длительность обратного хода можно визуально при приеме телевизионной таблицы с уменьшенной контрастностью и увеличенной яркостью. Наличие темной полосы (гасящий импульс) или отсутствие засветки (полоски с увеличенной яркостью) в верхней части изображения показывает, что время обратного хода развертки по вертикали не превышает 6%. Наличие темной полосы или отсутствие засветки в левой части изображения показывает, что

время обратного хода развертки по горизонтали не превышает 15%.

Рассмотрим теперь неисправности, с которыми можно встретиться при налаживании блока развертки.

**Неисправности горизонтальной развертки\*.** В большинстве современных телевизоров применяется типовая экономичная схема горизонтальной развертки с обратной связью по питанию (рис. 95). В качестве задающего кас-

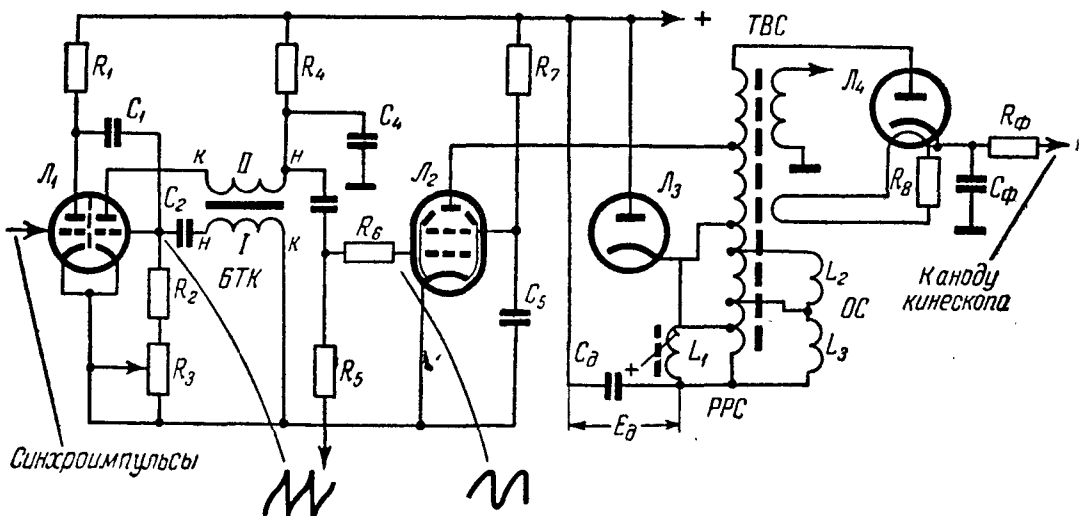


Рис. 95. Схема блока горизонтальной развертки

када работает блокинг-генератор на лампе  $\mathcal{L}_1$  с формирующей цепью  $R_4 C_4$ . Частоту колебаний блокинг-генератора определяют значения сопротивлений резисторов  $R_2$  и  $R_3$  и емкость конденсатора  $C_2$ . Напряжение пилообразной формы, снимаемое с зарядного конденсатора  $C_3$ , через переходной конденсатор  $C_4$  подается на сетку выходной лампы  $\mathcal{L}_2$ . Начальное смещение на управляющей сетке этой лампы служит для ограничения анодного тока лампы в случае выхода из строя задающего генератора; величину его подбирают такой, чтобы при отсутствии управляющего напряжения обеспечивалась допустимая мощность рассеяния на аноде. Напряжение смещения выходной лампы в рабочем режиме создается автоматически на элементах схемы за счет сеточного тока,

\* Условимся, что в неисправности этой развертки входят неисправности кинескопа и высоковольтного выпрямителя.

вызываемого приложенным управляющим напряжением.

Резистор  $R_6$  включен в схему для предотвращения паразитных высокочастотных колебаний, которые ухудшают линейность отклоняющего тока. Резистор  $R_7$  и конденсатор  $C_5$  образуют развязывающий фильтр в цепи экранирующей сетки выходной лампы.

Назначение остальных элементов схемы следующее: лампа  $L_2$  — демпфирующий диод;  $L_3$  — высоковольтный кенотрон;  $L_1$  — катушка регулятора размера строк (РРС);  $L_2L_3$  — строчные отклоняющие катушки. Конденсатор «вольтодобавки»  $C_d$  включен между автотрансформатором и анодом демпфирующей лампы.

При работе с блоком горизонтальной развертки надо помнить, что анод кинескопа и цепи высоковольтного выпрямителя находятся под очень значительным напряжением (12—16 кВ), а напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» достигает 600 В. Поэтому необходимо соблюдать определенную осторожность, в частности, замену деталей производить только при выключенном телевизоре и сняв заряд с анода кинескопа.

Итак, обратимся к неисправностям горизонтальной развертки.

*Не светится экран.* Это может быть вызвано неисправностью схемы горизонтальной развертки или неисправностью кинескопа, или неправильной установкой магнитной ловушки.

В первую очередь надо выявить источник неисправности. Если на аноде кинескопа отсутствует высокое напряжение или его величина недостаточна, то это указывает на неисправность схемы строчной развертки. Поэтому, проверив свечение нити накала, надежность контактов в анодном выводе и панельке кинескопа, надо измерить величину высокого напряжения. Однако киловольтметр не всегда имеется в распоряжении радиолюбителя; в этом случае величину высокого напряжения можно ориентировочно определить по длине искры. Для этого, надев резиновые перчатки, берут отвертку с длинным жалом и хорошо изолированной ручкой и осторожно приближают ее к выводу анода стеклянного кинескопа или конусу металло-стеклянного до появления искры. Нормальная длина искры — 15—20 мм.

Но предположим, что высокое напряжение на аноде кинескопа нормальное. Тогда надо измерить напряжения



на остальных электродах кинескопа и, если на каком-либо из них напряжение отсутствует или недостаточно, устранить причину ненормальности. Затем необходимо отрегулировать положение магнита ионной ловушки, проверить его исправность (т. е. установить, притягивает ли магнит стальные предметы) и проверить кинескоп на потерю эмиссии, для чего управляющую сетку кинескопа надо соединить с катодом и еще раз отрегулировать положение корректирующего магнита ионной ловушки: если при этом экран не засветится, то катод кинескопа потерял эмиссию.

Разберем теперь случай, когда на аноде кинескопа отсутствует высокое напряжение или величина его недостаточна. Этот симптом указывает, что неисправность следует искать в блоке строчной развертки. В схемах экономичной строчной развертки (рис. 95) очень показательной является величина постоянного напряжения (относительно шасси) на конденсаторе «вольтодобавки».

Если напряжение на этом конденсаторе близко к значению, указанному на заводской схеме, то каскады строчной развертки исправны, и неисправность следует искать в цепях высоковольтного выпрямителя: нарушение контактов, потеря эмиссии или перегорание нити накала высоковольтного кенотрона, обрыв высоковольтной обмотки строчного трансформатора, выход из строя гасящего сопротивления в цепи накала высоковольтного кенотрона, неисправность высоковольтного фильтра. Если же напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» понижено, но при отключении высоковольтного выпрямителя увеличивается до нормального, то это наверняка свидетельствует о неисправности высоковольтного выпрямителя: нарушении изоляции высоковольтного провода и связанной с этим значительной утечкой, наличии газа в кенотроне, пробоя или утечки в конденсаторах высоковольтного фильтра, утечки напряжения с анода на катод или на шасси в металло-стеклянном кинескопе. Чтобы определить последнюю неисправность, надо снять панельку с цоколя кинескопа.

Иногда понижение напряжения на конденсаторе «вольтодобавки» или даже отсутствие его сопровождается накаливанием анода демпферной лампы. Это свидетельствует об утечке или пробое в катодной цепи этой лампы. Кроме того, возможен пробой или утечка с анод-

ной обмотки автотрансформатора на дополнительную (в том случае, когда последняя соединена с шасси), а также пробой или утечка со строчных отклоняющих катушек на кадровые. Для проверки отклоняющей системы ее отключают от схемы, а для проверки строчного автотрансформатора дополнительную обмотку отключают от шасси — при этом накаливание анода демпферной лампы должно прекратиться. Заметим, что если демпферная лампа вообще неисправна (обрыв катодного вывода, нарушены контакты, потеря эмиссии или наличие газа в лампе), то напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» отсутствует и накаливание анода этой лампы не происходит.

Разберем теперь случай, когда напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» равно напряжению анодного питания ламп телевизора. Кроме того, при этом отсутствует свист строчного автотрансформатора при вращении ручки «Частота строк». Прежде всего необходимо определить, в каком каскаде строчной развертки имеется неисправность — задающем или выходном. Для этого надо проверить, есть ли напряжение (пилообразное или пилообразно-импульсное) на управляющей сетке выходной лампы. Если нет осциллографа, то можно воспользоваться тестером типа ТТ-1, Ц-315 и им подобными, подключая прибор к схеме через конденсатор емкостью 0,1—0,05 мкф. Затем проверяют наличие переменного напряжения в точке соединения переходного конденсатора с зарядным сопротивлением. Когда на управляющей сетке выходной лампы напряжение отсутствует, а на зарядном сопротивлении имеется, то это говорит о неисправности переходного конденсатора. Но если переменное напряжение отсутствует и на зарядном сопротивлении, то неисправен задающий каскад.

Если подозрение пало на задающий каскад, то надо проверить, имеется ли генерация. Для этого измеряют постоянное напряжение на аноде и сетке лампы блокинг-генератора или втором триоде мультивибратора. При нормальной работе задающего генератора постоянное напряжение на сетке лампы имеет отрицательное значение, напряжение на аноде равно или близко к указанному на принципиальной схеме телевизора. Когда генерации нет, то напряжение на сетке равно нулю, а на аноде — значительно ниже нормального. Кроме того, при генерации на аноде лампы должно присутствовать пере-

менное напряжение. Срыв колебаний блокинг-генератора может произойти: из-за выхода из строя зарядного сопротивления, конденсатора или одного из резисторов, включенных в цепи сетки; утечки или пробоя зарядного конденсатора или конденсатора, через который строчные синхронизирующие импульсы подаются на блокинг-генератор; обрыва или короткого замыкания в одной из обмоток трансформатора блокинг-генератора; пробоя или утечки с анодной обмотки трансформатора на строчную.

Кстати, при первом включении собранной схемы задающего каскада надо обратить внимание на соединение концов трансформатора блокинг-генератора — при неправильном включении концов блокинг-генератор работать не будет. В мультивибраторе генерация может отсутствовать по следующим причинам: выход из строя сопротивления анодной нагрузки одного из триодов или одного из резисторов в цепи сетки второго триода; выход из строя резисторов цепи катодов ламп; утечка в зарядном конденсаторе; утечка или обрыв переходного конденсатора.

Перейдем теперь к неисправностям выходного каскада. Прежде всего надо проверить выходную лампу и измерить напряжение на ее электродах. Если на каком-либо из электродов отсутствует напряжение или оно недостаточно, надо проверить соответствующие цепи и детали. Заметим, что если в автотрансформаторе строчной развертки имеется замыкание между витками, то при вращении ручки «Частота строк» всегда прослушивается свист.

Наконец, рассмотрим случай, когда напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» ниже нормального и не увеличивается при снятии панельки с ножек высоковольтного кенотрона, а при вращении ручки «Частота строк» прослушивается свист строчной развертки. Такой случай может быть вызван понижением напряжения питающей сети или недостаточным напряжением в цепях анодного питания (из-за потери эмиссии кенотрона, уменьшения емкости электролитического конденсатора фильтра, включенного после дросселя), неисправностью лампы задающего каскада, изменением величины зарядного сопротивления, утечкой в переходном конденсаторе, уменьшением тока эмиссии демпферной и выходной ламп, изменением режима выходной лампы, утечкой в конденса-

ре «вольтодобавки», межвитковым замыканием в обмотках строчного автотрансформатора, строчных отклоняющих катушках или в катушке регулятора размера строк (РРС).

Таким образом, причин, вызывающих указанный дефект, достаточно много, поэтому неисправность следует искать в определенном порядке. Прежде всего надо проверить напряжение анодного питания, заменить лампы строчной развертки и измерить переменное напряжение на управляющей сетке выходной лампы. Когда напряжение значительно меньше нормы, то следует проверить зарядное сопротивление и переходной конденсатор. Если же напряжение на управляющей сетке выходной лампы нормальной величины, то надо проверить режим этой лампы и исправность конденсатора «вольтодобавки». Но предположим, что все перечисленные детали исправны и режим нормальный. Тогда неисправность следует искать в точных деталях выходного каскада.

Вначале отключают катушку РРС. Если при этом экран не светится, то значит где-то накоротко замкнулись витки: либо в отклоняющей системе, либо в строчном автотрансформаторе. Отсоединяют отклоняющую систему от схемы. Может случиться, что при этом на экране появится светящееся пятно. Если при регулировке ручкой «Яркость» интенсивность свечения пятна увеличится, то это означает, что короткозамкнутые витки находятся в отклоняющих катушках; если же пятно при регулировке ручки «Яркость» будет расплываться и пропадет, то короткозамкнутые витки следует искать в автотрансформаторе.

Но может случиться, что при отключении отклоняющей системы светящегося пятна на экране телевизора не появится. В этом случае очень трудно определить, где находятся короткозамкнутые витки, и надо попробовать заменить отклоняющую систему или строчный автотрансформатор.

*Экран светится, но недостаточно ярко.* При этом надо обратить внимание на то, как изменяется экран при регулировке ручки «Яркость». Если растр имеет нормальный размер, не изменяющийся при вращении ручки «Яркость», то причинами недостаточной яркости свечения могут быть: частичная потеря эмиссии катодом кинескопа, нарушение режима кинескопа, неисправность магнита

нонной лозушки или неправильная его установка. Однако, если при вращении ручки «Яркость» свечение экрана вначале возрастает, а затем изображение расплывается, и экран гаснет, то это свидетельствует о недостаточной величине напряжения на аноде кинескопа, т. е. надо проверить высоковольтный кенотрон, высоковольтный выпрямитель и строчный автотрансформатор.

*Размер изображения по горизонтали недостаточен.* Основная причина недостаточного размера по горизонтали — малый размах отклоняющего тока, в связи с чем уменьшается напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» и на аноде кинескопа. Поэтому в первую очередь следует проверить все цепи и детали, которые могут вызвать уменьшение напряжения на этом конденсаторе. Затем надо проверить электролитические конденсаторы в цепи катода и экранирующей сетки выходной лампы, а также резисторы делителя напряжения, с которых снимается начальное смещение на управляющую сетку этой лампы.

*Нелинейность горизонтальной развертки* (отдельные участки изображения сжаты или растянуты в горизонтальном направлении). Сжатие изображения обычно происходит в правой части раstra и вызывается уменьшением скорости нарастания отклоняющего тока в конце прямого хода луча. Это может быть вызвано уменьшением тока эмиссии выходной лампы или искажением формы пилообразного напряжения. Последнее может произойти в результате: уменьшения постоянной времени зарядной цепи (уменьшение емкости конденсатора или величины сопротивления); неисправности электролитического конденсатора, включенного после дросселя фильтра выпрямителя; утечки в переходном конденсаторе, включенном между задающим и выходным каскадом (при этом напряжение смещения на управляющей сетке выходной лампы уменьшается, форма пилообразного напряжения искажается за счет сеточного тока выходной лампы, и последняя работает в области загиба анодно-сеточной характеристики); недостаточной величины сопротивления утечки сетки выходной лампы; неисправности конденсаторов в цепях катода и экранирующей сетки выходной лампы.

В левой части раstra иногда наблюдается заворот изображения. Это означает, что длительность обратного

хода строчной развертки велика и строчный гасящий импульс заканчивается раньше, чем обратный ход луча по горизонтали. Такое увеличение длительности обратного хода может произойти при слишком больших межвитковых емкостях у строчного автотрансформатора и отклоняющей системы. Надо также проверить емкости, включенные параллельно дополнительной обмотке автотрансформатора или строчным отклоняющим катушкам.

Наконец, если изображение сжато слева, то нужно заменить лампу демпфера и уменьшить зарядное сопротивление.

*На экране видны несколько изображений одного кадра или они наложены друг на друга.* Такое искажение появляется при работе строчной развертки на частоте, большей чем номинальная. На частоту задающего каскада, собранного по схеме блокинг-генератора, влияют: изменение величины сопротивлений и емкости конденсатора, включенных в цепь сетки лампы генератора; неисправность лампы и обрыв в зарядном конденсаторе; утечка в конденсаторе, через который подаются синхронизирующие импульсы, короткое замыкание или утечка с анодной обмотки на сеточную в трансформаторе. Частота колебаний мультивибратора может измениться: при изменении сопротивления или емкости цепи сетки второго триода; неисправности лампы; утечки в зарядном конденсаторе; изменении величины резистора, включенного в цепь катода.

Если частота колебаний задающего каскада незначительно отличается от номинальной, то поступают следующим образом: замыкают резистор, включенный последовательно с переменным в цепи сетки лампы блокинг-генератора или второго триода мультивибратора. Если регулировкой переменного резистора не удастся установить номинальную частоту строчной развертки, то подбирают такой постоянный резистор вместо замкнутого, при котором частота генерации будет равна номинальной.

*На изображении видны светлые вертикальные полосы.* Возможны несколько видов полос. Если светлая вертикальная полоса появилась в левой части экрана и перемещается при вращении ручки индуктивного регулятора размера строк и при этом не происходит изменения ширины раstra, то это указывает на короткое замыкание в катушке РРС.

Если светлая полоса или даже складка появилась посередине экрана, то это — следствие увеличения постоянной времени зарядной цепи и необходимо подобрать величину зарядного сопротивления.

Однако возможно искажение совсем другого вида: светлые вертикальные полосы, интенсивность которых убывает по мере приближения к середине экрана; часто это сопровождается волнистостью строк в левой части экрана. Все это указывает на наличие паразитных колебаний в выходном каскаде строчной развертки. Для устранения этих колебаний в схеме унифицированной развертки средний вывод строчных отклоняющих катушек надо соединить со средней точкой участка обмотки строчного автотрансформатора, к которому подключены отклоняющие катушки: в схемах для 70-градусного отклонения луча — это третий отвод обмотки, в схемах для 110-градусного отклонения луча — четвертый отвод. В развертках, собранных не по унифицированной схеме, подавление паразитных колебаний достигается подключением параллельно одной из строчных отклоняющих катушек демпфирующей цепочки RC. Но иногда приходится заменять отклоняющую систему или строчный автотрансформатор.

*Растр имеет рваные края.* Обычно такой дефект сопровождается появлением на экране светлых черточек и точек, потрескиванием. Все это результат утечки высокого напряжения или кратковременных замыканий в схеме. Обнаружить место стекания высокого напряжения иногда удастся в темноте. Следует также проверить контакты, особенно в панельках кинескопа, высоковольтного кенотрона, выходной и демпферной ламп. Надо удалить пыль с проводов высокого напряжения и изменить их расположение, проверить изоляцию накального витка высоковольтного кенотрона. Если при отсоединении высоковольтного провода от анода кинескопа потрескивание прекратится, то значит неисправен кинескоп.

*Геометрические искажения растра.* Трапеция — подобное искажение появляется в том случае, когда магнитное поле, создаваемое одной из катушек, больше магнитного поля другой катушки, и луч в одной части экрана отклоняется больше, чем в другой. Обычно это происходит при обрыве или замыкании части витков в одной из отклоняющих катушек, но возможны обрывы и в обмотке авто-

трансформатора экономичной строчной развертки. Рассмотрим различные виды трапецеидальных искажений и причин, их вызывающие.

Если яркость свечения экрана не изменяется, основание трапеции имеет нормальный размер и ясно видны светлые вертикальные полосы, то имеет место обрыв одной из строчных отклоняющих катушек. При коротком замыкании витков в одной из строчных отклоняющих катушек яркость свечения экрана значительно уменьшается, экран сужается, вертикальные полосы незаметны. Если изображение в левой части экрана сильно растянута или даже завернуто, то следует предположить обрыв обмотки строчного автотрансформатора. Заметим, что при неравенстве числа витков обеих секций обмотки строчного автотрансформатора, к которым подключены отклоняющие катушки, трапецеидальные искажения исчезают при отключении среднего вывода катушек от строчного автотрансформатора.

Параллелограмм — искажения такого типа возникают в том случае, когда ось, проходящая через центр строчных отклоняющих катушек, не перпендикулярна оси, проходящей через центр кадровых отклоняющих катушек, т. е. это дефект сборки отклоняющей системы. Однако прежде чем разбирать и ремонтировать отклоняющую систему, надо проверить правильность установки на горловине кинескопа магнита центровки.

Подушка — такое искажение обычно возникает у телевизоров с кинескопом с углом отклонения  $110^\circ$ . Для компенсации подушкообразных искажений у отклоняющей системы ОС-110 в передней части имеются специальные корректирующие магниты; кроме того, надо проверить исправность конденсаторов, включенных последовательно со строчными отклоняющими катушками. Кстати, при неправильной установке корректирующих магнитов у отклоняющей системы ОС-110 могут возникнуть искажения типа бачка (о геометрических искажениях раstra см. стр. 106).

**Неисправности вертикальной развертки.** Задающий каскад вертикальной развертки в принципе такой же, как и в схеме горизонтальной развертки — блокинг-генератор с формирующей цепью или несимметричный мультиви-



братор; отличаются эти каскады лишь некоторыми элементами схемы.

Схема вертикальной развертки показана на рис. 96. пилообразное напряжение с зарядного конденсатора  $C_2$  подается через конденсатор  $C_3$  на потенциометр для регулировки амплитуды в цепи сетки оконечного каскада. Постоянная времени зарядной цепи  $C_2 R_4$  выбирается

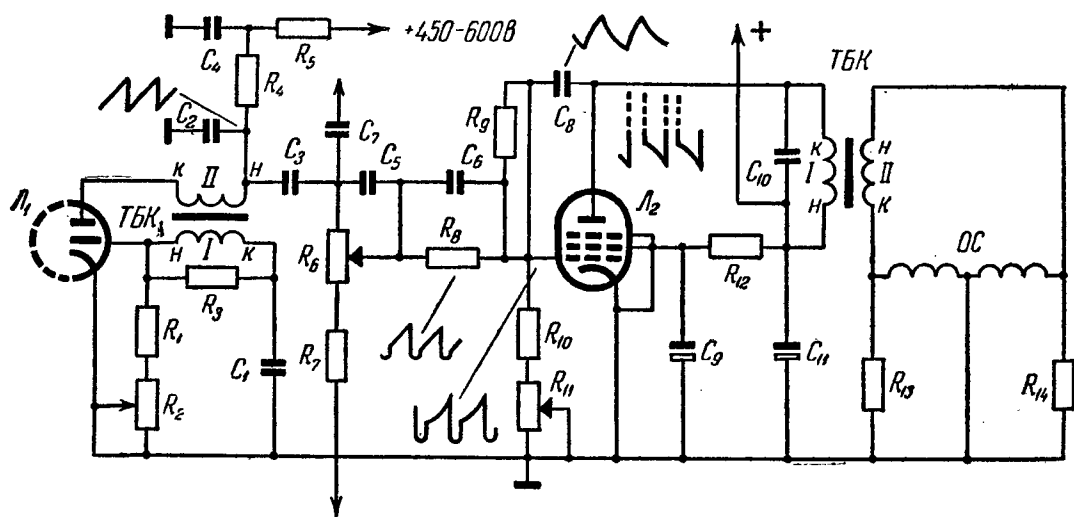


Рис. 96. Схема блока вертикальной развертки

такой, чтобы заряд конденсатора начинался и заканчивался в начальной, еще линейной, части зарядной кривой. На анод лампы блокинг-генератора через фильтр  $C_3 R_5$  подается повышенное напряжение с конденсатора «вольтодобавки» строчной развертки: это увеличивает амплитуду пилообразного напряжения.

Назначение конденсаторов и резисторов в цепи управляющей сетки лампы  $Л_2$  следующее. Конденсатор  $C_3$ , нейтрализуя шунтирующее действие паразитных емкостей, облегчает прохождение высокочастотных составляющих пилообразного напряжения на управляющую сетку выходной лампы. Реостатно-емкостный фильтр, образованный резистором  $R_8$  и конденсатором  $C_6$ , компенсирует завал частотной характеристики и тем самым улучшает линейность пилообразной кривой. Помимо этого, конденсатор  $C_6$  вместе с резистором, подключенным к цепи сетки лампы, образует дифференцирующую цепочку с малой постоянной времени. Поступающее на вход этой цепочки пилообразное напряжение после дифференци-

рования превращается в напряжение пилообразно-импульсной формы. Отрицательные импульсы этого напряжения запирают лампу выходного каскада во время обратного хода развертки. В анодной цепи лампы  $L_2$  это напряжение переворачивается по фазе и приобретает большие положительные выбросы, возникающие во время обратного хода развертки, т. е. когда лампа заперта. Через дифференцирующую цепочку  $C_8 R_{10} R_{11}$  и через резистор отрицательной обратной связи  $R_9$  это напряжение поступает в цепь сетки лампы  $L_2$  и складывается с напряжением, поступающим после фильтра  $C_6 R_8$ , в результате чего на управляющей сетке выходной лампы образуется напряжение параболически импульсной формы, при котором в отклоняющих катушках протекает линейно возрастающий ток. Провал в наклонной части этого напряжения зависит от величины сопротивлений резисторов дифференцирующей цепочки ( $R_9$ ,  $R_{10}$  и  $R_{11}$ ), поэтому потенциометром  $R_{11}$  можно регулировать линейность развертки по вертикали.

Линейность в нижней части раstra во многом зависит от выбора рабочей точки на характеристике лампы, что, в свою очередь, зависит от величины отрицательного напряжения, подаваемого на сетку лампы из цепи общего минуса.

Конденсатор  $C_{10}$  шунтирует первичную обмотку выходного трансформатора и служит для уменьшения бросков напряжения, возникающих во время обратного хода развертки, предохраняя тем самым обмотку от пробоя.

Резисторы  $R_{13}$  и  $R_{14}$  включены для предотвращения «волнистости строк». Они предназначены для демпфирования колебаний, возникающих в обмотках выходного трансформатора во время обратного хода луча.

Перейдем к неисправностям вертикальной развертки.

*На экране светлая горизонтальная полоса.* Это указывает на отсутствие вертикальной развертки и, видимо, нормальную работу горизонтальной развертки и высоковольтного выпрямителя. Чтобы выяснить, какой из каскадов вертикальной развертки не работает, на управляющую сетку выходной лампы через конденсатор емкостью 0,1 мкф подают напряжение накала. Если выходной каскад исправен, на экране кинескопа появится растр (конечно, искаженный, поскольку развертка осуществляется синусоидальным напряжением). Если же растр не появится

ся, то это означает, что неисправен именно выходной каскад. В этом случае после проверки напряжений на электродах ламп и замены лампы надо попробовать подключить к кадровым отклоняющим катушкам напряжение накала. Если катушки исправны, то на экране появится растр. Затем надо проверить выходной трансформатор, отключив его первичную обмотку от схемы и подав на нее переменное напряжение сети порядка 120 в.

При исправном выходном каскаде надо проверить задающий каскад, причем проверка его аналогична проверке этого же каскада в горизонтальной развертке.

*Мал или очень велик вертикальный размер кадра.* Если растр меньше нормального, то причина этого, возможно, в потере эмиссии лампы выходного или задающего каскада, уменьшении емкости электролитических конденсаторов в цепях оконечного каскада, замыкании витков в обмотках выходного трансформатора и в отклоняющей системе. Кроме того, такой дефект может быть вызван наличием зазора в стыке ферритового кольца отклоняющей системы или неправильным расположением стыка.

Причиной уменьшения размера кадра по вертикали может быть изменение номинала резистора корректирующей цепи —  $R_8C_6$ . Наконец, надо проверить, правильно ли включены обмотки трансформатора блокинг-генератора: не включена ли анодная обмотка вместо сеточной.

Заметим, что если изображение на экране линейно по вертикали, но добиться нужного размера не удастся, то надо повысить анодное напряжение на выходной лампе.

Причиной чрезмерно большого растра по вертикали может явиться неисправность в цепочке отрицательной обратной связи в выходном каскаде из-за отключения резистора  $R_9$ .

*Нарушение линейности по вертикали.* Известно, что развертка будет линейной в том случае, если форма тока в кадровых отклоняющих катушках пилообразна и нарастание тока во времени происходит строго равномерно. Если же крутизна нарастания тока во время прямого хода неодинакова, то строки на экране кинескопа распределяются неравномерно, т. е. линейность изображения нарушается. Рассмотрим наиболее характерные случаи.

Если верх растра растянут, а низ сжат или даже за-

вернут, то это может произойти, например, из-за уменьшения постоянной времени зарядной цепи, в результате чего размах пилообразно-импульсного напряжения увеличивается, и верхняя часть изображения растягивается. Поэтому следует увеличить либо емкость зарядного конденсатора, либо сопротивление резистора. Такое же нарушение линейности возможно и при уменьшении тока эмиссии лампы оконечного каскада, а также уменьшении напряжения смещения на сетке этой лампы. Последнее может быть вызвано замыканием электролитического конденсатора или резистора в катодной цепи оконечной лампы, обрывом потенциометра, с которого снимается напряжение смещения, неисправностью выпрямителя, током утечки в каком-либо из конденсаторов, соединяющих сетку выходной лампы с задающим каскадом.

Заворот изображения в нижней части раstra происходит при высыхании электролитических конденсаторов в анодной цепи или в цепи экранирующей сетки выходной лампы. При короткозамкнутых витках в первичной обмотке выходного трансформатора наблюдается значительное заворачивание изображения снизу, несколько меньшее сверху и уменьшение размера раstra по вертикали.

Причиной сгущения и заворачивания строк в верхней части раstra может явиться обрыв или неправильные величины конденсаторов и резисторов в цепях обратной связи, корректирующих форму напряжения на управляющей сетке лампы оконечного каскада, а также уменьшение напряжения на экранирующей сетке этой лампы.

Если растр завернут сверху и снизу, то причину этого следует искать в неисправности конденсатора, шунтирующего резистор  $R_6$ .

### БЛОК СИНХРОНИЗАЦИИ

Блок синхронизации состоит из селектора, в котором происходит отделение импульсов синхронизации от телевизионного сигнала, и цепей разделения синхронизирующих импульсов на кадровые и строчные.

Нормальная работа блока синхронизации во многом зависит от правильной настройки канала изображения. При неправильной настройке импульсы синхронизации ограничиваются в каскадах усиления высокой и промежуточной частоты и в усилителе видеосигналов.

Визуально наблюдать импульсы синхронизации, гасящие импульсы и соотношение их уровней можно на экране кинескопа во время приема изображения. Для этого уменьшают контрастность и увеличивают яркость. Для наблюдения вертикального гасящего и синхронизирующего импульсов ручку «Частота кадров» устанавливают так, чтобы изображение медленно двигалось вверх или вниз или установилось так, как показано на рис. 97. При

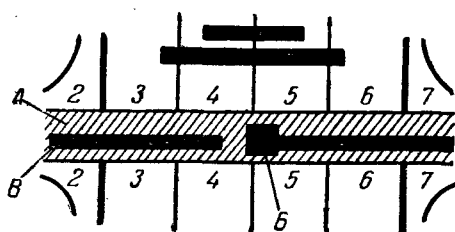


Рис. 97. Вертикальные гасящие импульсы *A*, уравнивающие импульсы *B* и синхронизирующие импульсы *B*

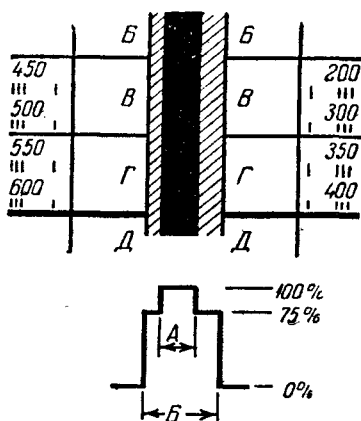


Рис. 98. Синхронизирующие *A* и гасящие *B* горизонтальные импульсы

этом на экране будет видна серая горизонтальная полоса (гасящий импульс) и в середине ее черная полоса (вертикальный синхронизирующий импульс), а в центре экрана — черный прямоугольник (уравнивающий импульс). Изображение, соответствующее черному, при этом будет светлее, чем серая полоса. Это соответствует правильному соотношению уровней импульсов.

При полном ограничении синхронизирующих импульсов в канале изображения черной полоски видно не будет, а только сплошная серая полоса. При частичном ограничении полоска, соответствующая синхронизирующему импульсу, будет незначительно темнее серой полосы, соответствующей гасящему импульсу.

Для наблюдения горизонтального синхронизирующего и гасящего импульсов ручку «Частота строк» нужно установить таким образом, чтобы на экране были видны широкая серая вертикальная полоса (рис. 98), соответствующая горизонтальному гасящему импульсу, и черная

полоска, соответствующая синхронизирующему импульсу. При правильном соотношении уровней гасящий импульс должен быть несколько темнее, чем черные элементы изображения, а синхронизирующий импульс — значительно темнее гасящего.

Рассмотрим наиболее характерные случаи нарушения синхронизации и причины, их вызывающие.

*Общее нарушение синхронизации по вертикали и горизонтали.* Причиной этого может быть неисправность в селекторе или ограничителе, недостаточный уровень телевизионного сигнала на сетке селектора, а также уменьшение амплитуды синхроимпульса на выходе видеоусилителя. Прежде всего необходимо проверить схему селектора. Далее надо убедиться, что телевизионный сигнал поступает на вход селектора, а также доходят ли импульсы синхронизации до генераторов развертки. Для этого удобно использовать осциллограф. Если его нет, то проверить наличие сигнала можно с помощью УНЧ, присоединяя его через конденсатор емкостью 0,1 мкф к выходу видеоусилителя, к сетке лампы селектора, к аноду этой лампы и т. д. Сигнал обнаруживается, когда в громкоговорителе будет слышен рокот низкого тона (полукадровые синхроимпульсы). Заметим, что частота импульсов строчной синхронизации 15 625 гц и поэтому таким методом можно проверить канал синхронизации только до точки отделения полукадровых синхроимпульсов от строчных.

Об исправности селекторной лампы можно судить по величине отрицательного напряжения на ее сетке, которое при наличии сигнала может достигать 25—30 в. По этому же признаку можно установить, доходят ли сигналы до селектора.

Если устойчивая синхронизация возможна лишь при определенном положении ручки регулировки контрастности, то нарушение синхронизации происходит из-за понижения сопротивления изоляции переходного конденсатора в цепи сетки лампы селектора или ограничителя и изменения сопротивления резисторов или емкости конденсаторов в этих цепях. Когда эти изменения происходят в сторону уменьшения постоянной времени сеточной цепи, уменьшается напряжение смещения. При этом в канал синхронизации проникают сигналы изображения, помехи и гасящие импульсы, нарушающие синхронизацию. При

возрастании же величины сопротивлений и емкостей постоянная времени сеточной цепи и смещение на сетке лампы селектора увеличиваются. Это приводит к уменьшению амплитуды синхроимпульсов или полному их исчезновению в анодной цепи лампы.

Наконец, полное нарушение синхронизации может произойти вследствие ограничения синхроимпульсов в канале изображения. Выше уже было сказано, как увидеть их на экране телевизора. Если синхроимпульс по контрастности незначительно превышает гасящий или полностью стерт, то это указывает на ограничение приходящих сигналов в канале изображения. Такое явление наблюдается при старении ламп последнего каскада УПЧ канала изображения и видеоусилителя, понижении анодного напряжения на лампах этих каскадов или напряжения на их экранирующих сетках, при изменении напряжения смещения и, наконец, при чрезмерно большом сигнале на входе. Такая неисправность бывает при ухудшении пропускания нижних частот из-за нарушения формы частотной характеристики в каскадах УПЧ и видеоусилителя. Она возникает также из-за неисправности или отключения электролитических конденсаторов в цепях смещения, в катоде, анодных развязках, на экранирующих сетках ламп, на выходе фильтра выпрямителя и при обрыве или уменьшении емкости переходных конденсаторов, включенных после детектора.

*Изображение неустойчиво по горизонтали.* Следует подчеркнуть, что здесь мы будем говорить именно о неустойчивости изображения. Это прежде всего предполагает, что задающий генератор строчной развертки исправен и работает с нужной частотой. В этом можно убедиться, попробовав хоть на мгновение «остановить» изображение по горизонтали. Если это удастся, то генератор работает нормально, а причина неустойчивости в том, что синхроимпульсы не доходят до генератора. В этом случае необходимо проверить всю цепь прохождения импульсов строчной синхронизации, начиная с нагрузки селектора, откуда эти импульсы снимаются.

Отсутствие синхронизации может явиться результатом значительного уменьшения амплитуды синхроимпульса. Это может произойти, например, при отключении конденсатора в дифференцирующем фильтре или значительном уменьшении его емкости.

Другая причина неустойчивости изображения по горизонтали — проникновение в канал синхронизации сигналов изображения, которые, создавая ложные импульсы, заставляют задающий генератор срабатывать раньше времени. Вертикальные линии изображения при этом будут иметь волнистый или зубчатый край. Кроме того, строки могут как бы смещаться одна относительно другой по горизонтали. Причину проникновения видеосигналов в канал синхронизации следует искать прежде всего в цепях сетки лампы селектора и в изменении величины его анодного напряжения. Утечка в переходном конденсаторе селектора или ограничителя нарушает величину смещения на сеточном сопротивлении.

Наблюдаются иногда разрывы строк, сопровождающиеся яркими вспышками на экране и потрескиваниями в громкоговорителе. Они могут появиться в результате импульсных помех, плохих контактов, короны в цепях высокого напряжения, нарушения контактов между выводом анода и внутренней проводящей поверхностью кинескопа.

Наконец, часто наблюдается излом вертикальных линий в верхней части изображения, причем направление излома обычно изменяется с регулировкой частоты и контрастности. Причина этого — ненормальная амплитуда синхроимпульсов. Излом линий направлен вправо, если амплитуда строчных синхроимпульсов чрезмерно большая. В тех же случаях, когда эта амплитуда оказывается недостаточной, вертикальные линии в верхней части раstra изгибаются влево. В первом случае нарушение синхронизации происходит из-за преждевременного запуска задающего генератора уравнивающими импульсами. Чтобы устранить такое нарушение синхронизации, надо уменьшить амплитуду сигнала синхронизации либо путем уменьшения величины нагрузочного резистора в аноде или катоде лампы, с которого импульсы снимаются, либо путем уменьшения величины емкости конденсатора или сопротивления дифференцирующего фильтра.

При малой амплитуде синхроимпульсов или изменения их амплитуды в течение кадрового гасящего импульса из-за плохого пропускания видеоусилителем нижних частот генератор строчной развертки в начале полукадра неуправляем.



Следует отметить, что указанный излом вертикальных линий в верхней части растра иногда наблюдается в телевизорах, имеющих в цепи сетки лампы задающего генератора стабилизирующий контур. Такой дефект синхронизации означает, что синхронизирующий контур расстроен относительно частоты 15 625 гц.

*Неустойчивость изображения по вертикали.* Заметим, что нормальная синхронизация по горизонтали не является достаточно убедительным свидетельством исправности селектора, ибо частота строчных синхронизирующих импульсов почти в 30 раз выше частоты кадровых, и они проникают в анодную цепь селектора даже при неисправной сеточной цепи. Поэтому, если синхронизация по вертикали отсутствует, то селектор надо проверить даже при наличии синхронизации по строкам.

Как и при налаживании синхронизации по горизонтали, надо прежде всего попытаться остановить движение изображения по кадрам вращением ручки регулятора частоты кадров. Если изображение удастся остановить хоть ненадолго, то это означает, что задающий генератор кадровой развертки исправен, но импульсы синхронизации до него не доходят. Следует проверить цепи отделения и формирования кадровых синхронизирующих импульсов: лампы, конденсаторы, резисторы, а также напряжения в различных точках схемы.

Можно столкнуться с таким положением, когда изображение синхронизируется по вертикали, но синхронизация неустойчива и часто нарушается. Причина этого — недостаточная амплитуда синхроимпульса, поступающего на задающий генератор кадровой развертки. Уменьшение амплитуды синхроимпульса может произойти в результате плохого прохождения низких частот через видеоусилитель, из-за отключения или обрыва переходных конденсаторов или электролитических конденсаторов в катодах ламп. Надо проверить также конденсаторы в цепях экранирующих сеток и в анодных развязках. Наконец, амплитуда синхроимпульса может уменьшиться из-за неисправностей в интегрирующей цепочке: изменилась величина сопротивления или емкости, обрыв в схеме.

Другое распространенное нарушение синхронизации по вертикали — спаривание строк или нарушение черестрочной развертки. При этом линии горизонтального клина телевизионной таблицы расходятся веерообразно

в сторону сужения клина. Причина такого искажения — чрезмерно большая амплитуда синхрои импульсов или искажение их формы. Амплитуда импульсов может увеличиваться из-за неправильной установки ручки регулировки контрастности, нарушения режима работы лампы селектора и ограничителя, изменения емкостей и сопротивлений в их анодных и сеточных цепях. Искажение же формы синхрои импульсов может произойти в результате попадания в канал кадровой синхронизации импульсных помех, сигналов изображения, пилообразного напряжения строчной развертки или строчных синхрои импульсов. В этом случае надо проверить исправность элементов схемы каскадов селектора и ограничителя, а также общих цепей, связывающих интегрирующую цепочку, выход селектора и цепей строчной развертки. Надо продумать расположение цепей синхронизации и блока строчной развертки, экранировать блок строчной развертки и проверить исправность развязок в цепях питания.

## Глава VI

### ПЕРЕДАТЧИКИ И ИХ НАЛАЖИВАНИЕ

Любой КВ или УКВ передатчик представляет собой лишь часть передающего устройства любительской радиостанции, в которое, помимо него, обязательно входит манипуляционный блок (или модулятор) для управления колебаниями высокой частоты, генерируемой передатчиком, источники питания и антенна.

Рассмотрим процесс наладки любительских передатчиков и их манипуляционных устройств.

Электрическая энергия постоянного тока в передатчике радиостанции преобразуется в высокочастотную энергию той или иной частоты и мощности при помощи электронных ламп, транзисторов и колебательных контуров. При передаче телеграфных сигналов для управления колебаниями высокой частоты используется обычный телеграфный ключ или соответствующие электронно-механические устройства (полуавтоматические ключи).

Передача речи осуществляется с помощью модулятора, изменяющего амплитуду или частоту высокочастотных колебаний в такт с колебаниями звуковой частоты.

## ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КВ ПЕРЕДАТЧИКИ

Передатчик третьей категории можно построить с одним электронным прибором (лампой или транзистором). Но достаточную стабильность частоты у него можно получить только при использовании кварцевой стабилизации.

Для повышения устойчивости работы и стабильности частоты коротковолновых передатчиков между задающим генератором и другими его каскадами обычно устанавливают еще один дополнительный (буферный) каскад, работающий без токов сетки. Вследствие очень большого его входного сопротивления обеспечивается постоянство нагрузки задающего генератора; независимо от изменения режимов последующих каскадов передатчика.

На рис. 99 приведена принципиальная схема трехкаскадного коротковолнового передатчика III категории. Задающий генератор в нем собран на лампе 6С1П ( $L_1$ ) по схеме с емкостной обратной связью, с колебательным контуром в цепи управляющей сетки. В этом варианте схемы с заземленным по высокой частоте анодом используется обычный подстроечный конденсатор  $C_1$ . Изолировать его фторот от шасси нет необходимости. Контурные конденсаторы  $C_2, C_3, C_4$  имеют достаточно большую емкость, что позволяет получить высокую стабильность генерируемых колебаний. Кроме того, для предотвращения ухода частоты передатчика после прогрева, предусмотрена термокомпенсация — входящий в колебательный контур задающего генератора конденсатор  $C_3$  имеет отрицательный ТКЕ (температурный коэффициент емкости). Задающий генератор передатчика работает на частотах от 3500 до 3650 кГц. Плавная настройка его в пределах указанного диапазона осуществляется с помощью конденсатора переменной емкости  $C_1$ . Второй буферный усилительно-удвоительный каскад передатчика собран по схеме с настроенным анодом на лампе 6Ж1П ( $L_2$ ). Колебательный контур  $L_2 C_{12} C_{13}$  в анодной цепи лампы  $L_2$  с помощью выключателя  $BK_2$ , отключающего конденсатор  $C_{13}$ , может перестраиваться с частоты 3575 кГц (средняя частота 80-метрового диапазона) на частоту 7050 кГц — среднюю частоту 40-метрового диапазона.

Для предотвращения влияния буферного каскада пе-

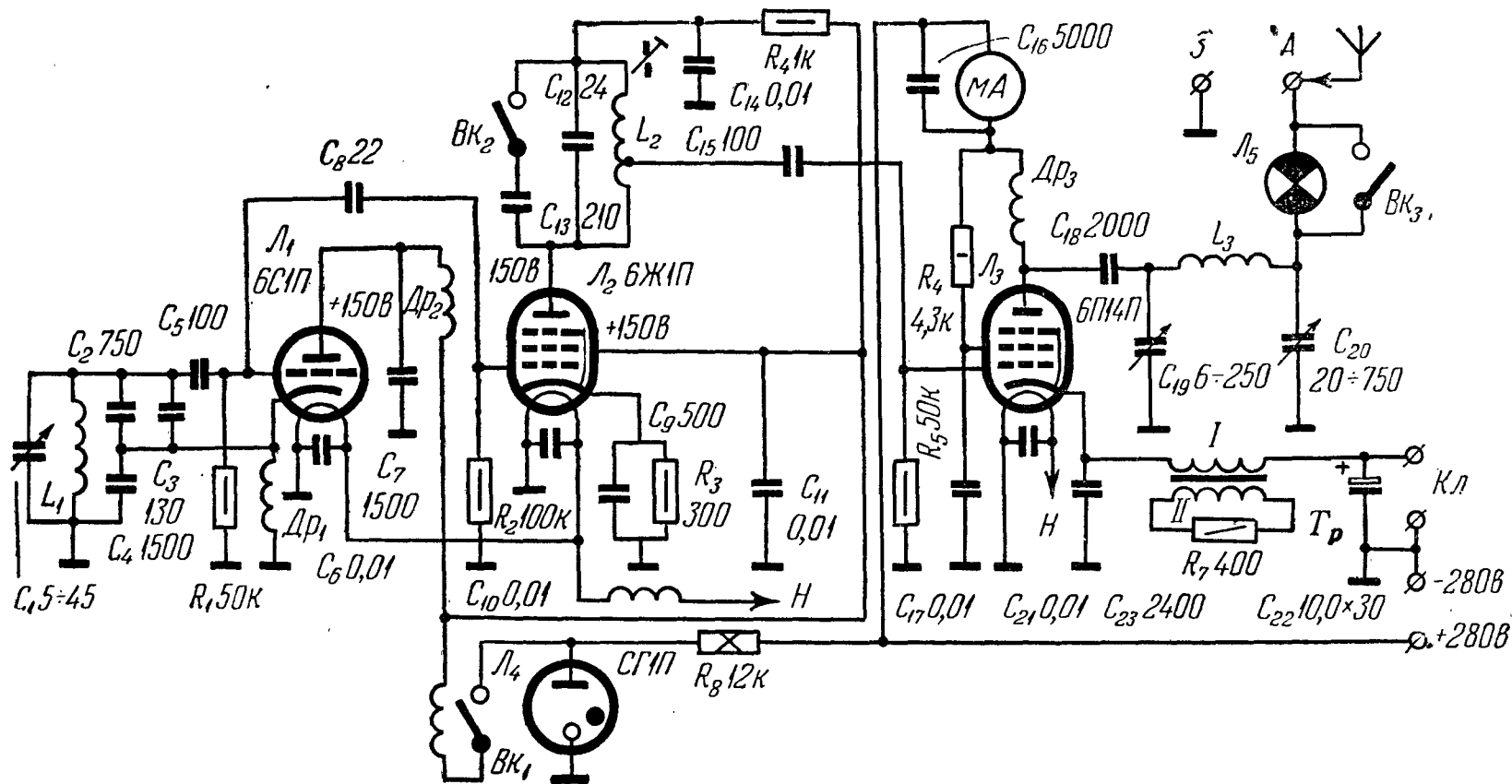


Рис. 99. Принципиальная схема трехкаскадного коротковолнового передатчика

передатчика на задающий генератор связь между ними выбрана минимальной. Конденсатор связи  $C_8$  обладает емкостью всего в 22 пф. Кроме того, между каскадами устанавливается электростатический экран.

Стабилитрон СГП ( $L_4$ ) служит для поддержания пространства напряжения на аноде лампы  $L_1$  и в анодно-экранных цепях лампы  $L_2$ . Это способствует получению высокой стабильности частоты передатчика и хорошего тона при телеграфной манипуляции. Оконечный каскад передатчика — усилитель мощности — собран на пентоде 6П14П ( $L_3$ ). Напряжение высокой частоты, снимаемое с контура  $L_2C_{12}C_{13}$ , на обоих диапазонах имеет вполне достаточную величину, чтобы обеспечивать нормальную раскачку окончного каскада передатчика даже при слабой связи между вторым и третьим каскадами.

В окончном каскаде передатчика применена схема параллельного питания. Колебательный контур, состоящий из конденсаторов  $C_{19}$  и  $C_{20}$  и катушки индуктивности  $L_3$ , позволяет перекрыть оба диапазона передатчика без каких-либо переключений. Благодаря применению на выходе такого П-контура передатчик может хорошо работать с различными антенными устройствами. Кроме того, П-контур хорошо фильтрует гармоники, способствуя уменьшению помех, создаваемых передатчиком.

Миллиамперметр постоянного тока, включенный в анодную цепь лампы  $L_3$ , используют в качестве индикатора настройки окончного каскада передатчика. Лампочка накаливания  $L_5$ , включенная последовательно с антенной, служит индикатором настройки антенны. С помощью выключателя  $Bk_3$  она после окончания настройки закорачивается. Во время приема напряжение в анодно-экранных цепях ламп первых двух каскадов передатчика отключается выключателем  $Bk_1$ . Телеграфная манипуляция производится в цепи катода лампы  $L_3$ . В цепь ключа введен низкочастотный фильтр  $Tr_1-C_{22}$ , обеспечивающий получение выгодного во время приема достаточно «мягкого» сигнала. Вторичная обмотка трансформатора  $Tr_1$  шунтируется резистором  $R_7$ , величина которого определяется при налаживании передатчика. Путем изменения величины этого резистора имеется возможность регулировать величину индуктивности первичной обмотки трансформатора  $Tr_1$  в пределах от 0,3 до 1,2 гн, производя таким образом настройку

низкочастотного фильтра в манипуляционной цепи передатчика. При уменьшении индуктивности первичной обмотки трансформатора  $Tr_1$  форма телеграфных импульсов становится более прямоугольной и сигнал будет «жестким».

Общее потребление тока в цепи высокого напряжения у передатчика 65 *ма* при нажатом ключе и 26 *ма* при от-

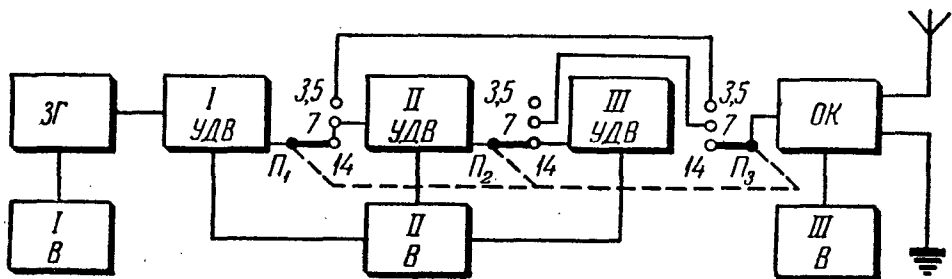


Рис. 100. Блок-схема пятикаскадного коротковолнового передатчика

жатом. Подводимая к оконечному каскаду передатчика мощность равна 9,2 *вт*.

На рис. 100 приведена блок-схема более сложного пятикаскадного коротковолнового передатчика второй категории.

Задающий генератор этого передатчика генерирует колебания в диапазоне 1750—1825 *кГц*. В удвоительных каскадах IУДВ, IIУДВ и IIIУДВ частота колебаний подвергается удвоению один, два и три раза (для 80-, 40- и 20-метрового диапазона). Далее, колебания поступают на усилитель мощности — оконечный каскад передатчика. Обратное воздействие усилителя мощности на задающий генератор в таком передатчике еще меньше, чем в двухкаскадных и трехкаскадных передатчиках. Кроме того, подобные передатчики значительно менее склонны к паразитному возбуждению, так как сеточные и анодные цепи их каскадов настроены на разные частоты. Питание его производится от трех отдельных выпрямителей (В1, В2 и В3), что в значительной мере способствует как стабильности частоты, так и улучшению тона.

**Налаживание и градуировка.** В более сложных передатчиках I категории, работающих на всех коротковолновых диапазонах, применяются дополнительные каскады удвоения или утроения частоты. Обычно, в схему их

включается также модулятор для радиотелефонной работы. Усилитель мощности у этих передатчиков выполняется на более мощных лампах, чем у II и III категории. Постройка и налаживание подобных передатчиков возможны только при довольно большом опыте и соответствующем разрешении на постройку, которое выдается лишь высококвалифицированным радиолюбителям. Поэтому мы не будем подробно останавливаться на методике налаживания коротковолновых передатчиков I категории, а ограничимся разбором основных особенностей настройки и регулировки маломощных передатчиков. Воспользуемся для этого уже рассмотренной нами принципиальной схемой трехкаскадного передатчика III категории (см. рис. 99).

Убедившись в исправности всех деталей и полном соответствии монтажа с принципиальной схемой передатчика, на него подают питание. Проверив исправность всех цепей питания и напряжений на электродах ламп, приступают к налаживанию передатчика.

Настройку начинают с задающего генератора. Лампы  $L_2$  и  $L_3$  временно удаляются из своих панелек. Прежде всего следует убедиться в наличии высокочастотных колебаний на контуре  $L_1C_1C_2C_3$ . Для этого лучше всего воспользоваться электронным вольтметром, подключив его к управляющей сетке лампы  $L_1$ . При нормальной работе каскада величина напряжения высокой частоты в этой точке должна составлять 5—6 в. В наличии генерации можно также убедиться с помощью миллиамперметра постоянного тока, включив его последовательно в анодную цепь лампы  $L_1$ . О нормальной работе задающего генератора судят по резкому увеличению анодного тока лампы  $L_1$  при срыве высокочастотных колебаний (например, при закорачивании конденсатора  $C_1$ ).

Установив наличие колебаний высокой частоты в контуре задающего генератора, определяют их частоту с помощью резонансного волномера или градуированного коротковолнового приемника. После этого производят грубую подгонку диапазона задающего генератора с таким расчетом, чтобы в среднем положении ротора переменного конденсатора  $C_1$  частота колебаний была равна 3575 кГц. На этом предварительная настройка задающего генератора заканчивается. Затем, установив в свою па-

нельку лампу  $\mathcal{L}_2$ , настраивают контур  $L_2C_{12}$  на частоту 7050 кГц.

Задающий генератор при этом должен быть настроен на частоту 3525 кГц. Настройку контура  $L_2C_{12}$  производят с помощью подстроечного карбонильного сердечника катушки  $L_2$ . Конденсатор  $C_{13}$  в это время должен быть отключен. В качестве индикатора настройки контура  $L_2C_{12}$  может служить электронный вольтметр (он подключается к точке соединения конденсатора  $C_{17}$  с резистором  $R_5$ ) или простейший высокочастотный пробник, составленный из одного-двух витков провода, замкнутых на лампочку накаливания 2,5 в  $\times$  0,075 а. Величина высокочастотного напряжения, поступающего на сетку лампы  $\mathcal{L}_3$  в момент резонансной настройки контура  $L_2C_{12}$  на вторую гармонику частоты задающего генератора (7050 кГц при настройке задающего генератора на 3525 кГц), должна быть равной 20—25 в. Если настройка анодного контура лампы  $\mathcal{L}_2$  с помощью подстроечного сердечника катушки  $L_2$  на вышеуказанную частоту не удастся, следует несколько увеличить (или уменьшить) емкость конденсатора  $C_{12}$  или подогнать величину индуктивности катушки  $L_2$ , отмотав или домотав один-два витка.

Далее производят настройку анодного контура  $\mathcal{L}_2$  на 3575 кГц. Для этого, перестроив контур задающего генератора на частоту 3575 кГц, к контуру  $L_2C_{12}$  подключают выключателем  $Bk_2$  добавочный конденсатор постоянной емкости  $C_{13}$ . Его величину, обеспечивающую перестройку анодного контура лампы  $\mathcal{L}_2$  на частоту 3575 кГц, проще всего определить соответствующим конденсатором переменной емкости. Например, временно подключить к контуру  $L_2C_{12}$  конденсатор  $C_{19}$  или  $C_{20}$  (предварительно отключив их от П-фильтра). Вращая ротор переменного конденсатора, добиваются резонансной настройки анодного контура лампы  $\mathcal{L}_2$  на частоту 3575 кГц. Затем, отключив переменный конденсатор, не меняя положения ротора, заменяют его емкость. После этого он заменяется соответствующим конденсатором постоянной емкости. При необходимости такой конденсатор можно составить из двух-трех параллельно соединенных, чтобы общая их емкость перестроила анодный контур лампы  $\mathcal{L}_2$  с 7050 кГц на 3575 кГц.

Налаживание окончного каскада передатчика обыч-



но сводится к определению положения ручек настройки конденсаторов переменной емкости  $C_{19}$  и  $C_{20}$ , соответствующих настройке контура  $L_3C_{19}C_{20}$  на 80- и 40-метровые любительские диапазоны. Настройку колебательного контура на 80-метровом диапазоне производят без антенны. Для этого конденсатор  $C_{20}$  устанавливается в положение, соответствующее его максимальной емкости. Цепь телеграфного ключа замыкается. Вращая ручку настройки конденсатора  $C_{19}$ , добиваются резонансной настройки оконечного каскада передатчика. Момент такой настройки определяют по минимальным показаниям анодного миллиамперметра. Для контроля можно также воспользоваться неоновой лампочкой, которая при прикосновении к зажиму «А» передатчика должна светиться значительно ярче, чем в анодной цепи лампы  $L_2$ .

Настройка контура оконечного каскада на частоты 40-метрового диапазона должна осуществляться при возможно меньшей емкости конденсаторов  $C_{19}$  и  $C_{20}$ . Если же емкость этих конденсаторов оказывается большой, то следует подогнать величину индуктивности катушки  $L_3$ , отмотав или домотав один-два витка. Затем производят проверку оконечного каскада, нет ли у него самовозбуждения. Признаком самовозбуждения бывает нечеткий минимум анодного тока лампы в момент резонансной настройки колебательного контура  $L_3C_{19}C_{20}$  с основной частотой задающего генератора, или ее второй гармоникой, а также наличие в этом контуре высокочастотного напряжения при выключении первых двух каскадов передатчика. В нормально работающем передатчике, при выключении тумблера  $BK_1$ , ток в анодной цепи лампы  $L_3$  должен резко возрастать, а неоновая лампочка не будет светиться, если ею прикоснуться к анодной цепи этой лампы. Для устранения самовозбуждения оконечного каскада передатчика необходимо уменьшить связь сеточной цепи лампы  $L_3$  с контуром  $L_2C_{12}C_{13}$ , переключив конденсатор связи  $C_{15}$  на один-два витка ближе к «холодному» концу катушки  $L_2$ . Обычно точка его присоединения выбирается в пределах от 7-го до 9-го витка со стороны анода лампы  $L_2$ .

Ток в антенне хорошо налаженного передатчика в зависимости от ее типа может достигать 0,12—0,18 а на 40-метровом и 0,15—0,22 а на 80-метровом диапазоне.

Далее следует произвести окончательную градуиров-

ку передатчика и проверить стабильность частоты. Поворот ротора конденсатора переменной емкости  $C_1$  от 0 до  $180^\circ$  должен вызывать изменение частоты генерируемых задающим генератором колебаний от 3500 до 3650 кГц. Чтобы обеспечить такое перекрытие и «растяжку» указанного диапазона полностью на всю шкалу настройки конденсатора  $C_1$ , следует подогнать величину его емкости.

Если используется переменный воздушный конденсатор, то у него постепенно удаляют лишние пластины. Если же пользуются полупеременным подстроечным керамическим конденсатором (например, типа КПК-1), то подключают последовательно, или параллельно с ним, постоянные керамические конденсаторы. Величину их емкости подбирают практическим путем, добиваясь указанного выше перекрытия частотного диапазона.

Проверку стабильности частоты генерируемых колебаний производят с помощью кварцевого калибратора или градуированного коротковолнового приемника. Если после 10-минутного прогрева передатчика будет наблюдаться дальнейший уход частоты, следует заменить конденсатор  $C_3$  другим, имеющим большой отрицательный ТКЕ, так как обычно после прогрева частота генерируемых колебаний несколько снижается. Отрицательный ТКЕ имеют керамические трубчатые (КТ) или дисковые (КД) конденсаторы группы М47 и М75. Корпус их окрашен в голубой цвет. На конденсаторах группы М75 в отличие от группы М47 дополнительно нанесена маркировочная точка красного цвета, которая помещается со стороны вывода внешнего электрода. Еще большим отрицательным ТКЕ обладают конденсаторы группы М700 с красной окраской корпуса и конденсаторы группы М1300, имеющие зеленую окраску. Чаще всего в подобных случаях приходится применять конденсаторы первых двух групп и лишь изредка конденсаторы третьей группы. Емкость конденсатора с отрицательным ТКЕ подбирается опытным путем. В некоторых случаях конденсатор  $C_3$  заменяется двумя-тремя параллельно включенными конденсаторами такой же общей емкости. Один или два из них имеют отрицательный ТКЕ. Между отдельными проверками стабильности частоты нужно делать перерывы при выключенном передатчике не менее 30—40 мин.,

причем кварцевый калибратор или контрольный приемник должен оставаться все время включенным.

Одновременно с проверкой стабильности частоты производится проверка устойчивости генерируемых колебаний по сохранению постоянства тона передатчика. Тон должен быть совершенно чистым. Если же наблюдаются небольшие хаотические изменения тона, вызываемые «мерцанием» емкости керамических конденсаторов, то следует поочередно заменить все керамические конденсаторы, входящие в высокочастотные цепи задающего генератора, другими равноценной емкости.

Следует также проверить работу стабилитрона СГ1П ( $L_4$ ). Напряжение на анодах ламп  $L_1$  и  $L_2$  должно оставаться неизменным при замыкании и размыкании телеграфного ключа. Ток, текущий через стабилитрон, не должен превышать 30 *ма*, а при нажатом ключе 8—10 *ма*. Если ток превосходит 30 *ма* или не достигает 5—6 *ма*, то нужно соответственно изменить величину резистора  $R_8$ . Вместо пальчикового стабилитрона можно использовать СГ4С с обычным октальным цоколем.

В качестве лампы  $L_1$  при отсутствии триода типа 6С1П используют пентод 6Ж1П в триодном включении. Можно собирать передатчик целиком на металлических и стеклянных лампах косвенного накала с октальным цоколем. Тогда в качестве лампы  $L_1$  рекомендуется применить триод типа 6С2С,  $L_2$  — пентод типа 6Ж4 и  $L_3$  — пентод 6П9 или лучевой тетрод типа 6П6С.

Заканчивая налаживание передатчика, добиваются наиболее благоприятной формы сигнала при манипуляции путем подбора деталей НЧ и ВЧ фильтров, стоящих в цепи телеграфного ключа. Контроль формы сигнала легче всего вести с помощью электронного осциллографа при выключенном усилителе, подавая через конденсатор емкостью 10—12 *нф* на пластины вертикального отклонения (вход «У») высокочастотный сигнал с антенного выхода передатчика. При отсутствии осциллографа можно ограничиться одним прослушиванием на приемнике. Желательная форма сигнала достигается подбором величины индуктивности и емкости в цепях фильтров.

«Жесткий» сигнал (рис. 101, *а*) характерен тем, что при нажатии ключа ток мгновенно достигает максимального значения и также мгновенно падает до нуля при отжатии ключа. «Мягкий» сигнал (рис. 101, *б*) достигает

максимального значения и падает до нуля по истечении какого-то отрезка времени. Недостаток «жесткого» сигнала — наличие в его импульсе большого числа гармоник. Передатчик при такой манипуляции на значительном расстоянии создает сильные помехи, в виде щелчков, которые прослушиваются на очень широком диапазоне

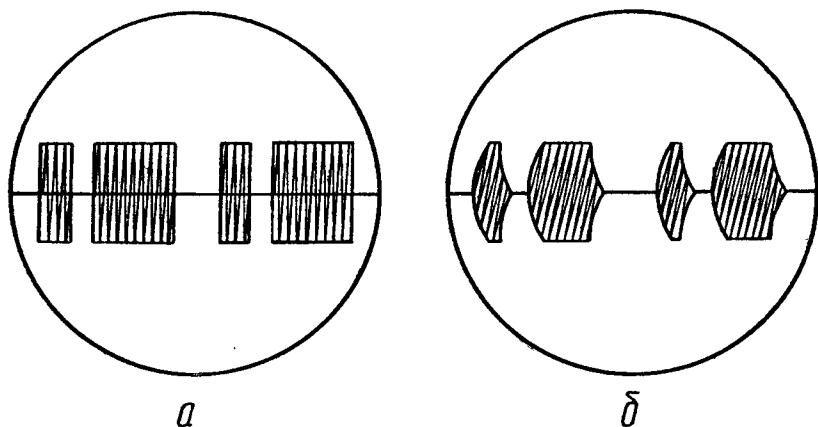


Рис. 101. Форма телеграфного сигнала на экране осциллографа: *а* — «жесткий» сигнал; *б* — «мягкий» сигнал

частот. Если же сигнал имеет форму, показанную на рис. 101, *б*, то при той же степени разбираемости тон будет более музыкальным и приятным для слуха, а помехи, создаваемые передатчиком, значительно снизятся. Однако при регулировании фильтров следует учитывать, что очень «мягкий» сигнал с импульсами закругленной формы трудно принимать на слух, особенно при повышении скорости телеграфной манипуляции.

Регулировку НЧ фильтра начинают с подгонки величины индуктивности, определяющей крутизну переднего фронта телеграфного импульса. Отрегулировав частоту развертки на осциллографе с таким расчетом, чтобы получить на экране неподвижную картинку со следующими друг за другом телеграфными импульсами, добиваются желательной крутизны передних фронтов. Резистор  $R_7$  (рис. 99), шунтирующий обмотку II трансформатора  $Tr_1$ , временно заменяют переменным резистором в 1—1,5 ком. Меняя величину этого резистора, наблюдают за изменением крутизны переднего фронта телеграфных импульсов. Она будет наибольшей при полностью выведенном резисторе. Одновременно прослушива-

ют сигналы на контрольном приемнике с выключенной антенной. Установив желаемую форму переднего фронта импульсов, подбором величины емкости конденсатора  $C_{22}$  добиваются такой же формы у заднего фронта телеграфных импульсов.

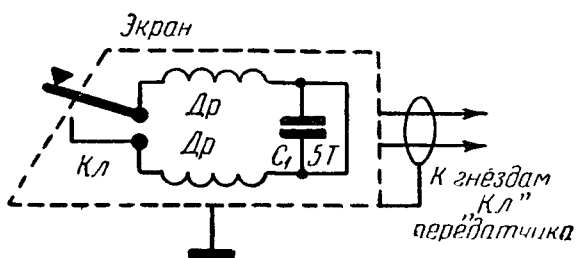


Рис. 102. Схема ВЧ фильтра для телеграфного ключа

Практически емкость  $C_{22}$  может меняться в пределах от 1,0 до 12,0 мкф.

Для подавления помех от искры, возникающей на контактах ключа, в его цепь следует дополнительно включить

высокочастотный фильтр, монтируемый непосредственно на самом ключе (рис. 102). Телеграфный ключ с гнездами «Кл» передатчика соединяют экранированным проводом или витым шнуром. Контактную группу ключа желательно поместить в защитный экран.

Регулировка ВЧ фильтра, в основном, сводится к подбору наивыгоднейшей величины емкости конденсатора  $C_1$  (в пределах от 500 пф до 0,1 мкф). Оптимальную величину  $C_1$  определяют прослушиванием работы своего передатчика на контрольном приемнике. Щелчки должны уменьшаться с увеличением емкости  $C_1$ . При контроле на слух важно получить наименьший уровень сигнала на входе приемника. Если в приемнике имеется цепь автоматической регулировки усиления (АРУ), ее следует отключить. Антенна от приемника тоже отключается. Если и в этом случае не удастся получить четкого сигнала на выходе, то следует закоротить проводничком внутри корпуса приемника его антенный вход.

В остальном порядок регулировки остается таким же, как и при пользовании электронным осциллографом: производится подборка элементов НЧ и далее ВЧ фильтра в цепи телеграфного ключа. Если манипуляция осуществляется обычным телеграфным ключом, то ее следует производить ритмичными посылками одинаковых серий точек или тире (например, цифр 5 и 0). Лучше всего для этого воспользоваться автоматическим электронным ключом, попеременно устанавливая его манипулятор в положение «точки» или «тире».

Непрерывным контролем работы добиваются «мягкого», приятного для слуха сигнала и почти полного отсутствия щелчков и потрескиваний. Помимо контроля на основной частоте очень полезно прослушать работу своего передатчика на других диапазонах. Желательно еще проверить с помощью обычного радиовещательного приемника и телевизора. Только проделав все вышеперечисленные операции и добившись положительных результатов, можно считать передатчик налаженным.

Порядок налаживания более сложных многокаскадных коротковолновых любительских передатчиков I и II категории мало чем отличается от разобранных нами примера настройки и регулировки передатчика III категории. Но так как технические требования, предъявляемые к этим передатчикам, выше, то соответственно и выше должно быть качество их выполнения. Налаживание таких передатчиков требует соответствующего опыта.

На особенностях налаживания автогенераторов с кварцевой стабилизацией частоты и модуляционных устройств, применяемых в радиотелефонных передатчиках, мы остановимся при рассмотрении процесса настройки ультракоротковолновой аппаратуры.

## ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ УКВ ПЕРЕДАТЧИКИ

На рис. 103 приведена блок-схема любительского УКВ передатчика, рассчитанного на диапазон 28,0—29,7 Мгц (10-метровый любительский диапазон). От коротковолнового передатчика, схема которого была приведена на рис. 99, он отличается тем, что его задающий генератор работает в диапазоне частот от 14,0 до 14,85 Мгц. Этот передатчик имеет также модуляр, предназначенный для изменения характера генерируемых колебаний высокой частоты в такт с низкочастотными звуковыми колебаниями, поступающими из микрофонной цепи. Для большей стабильности частоты УКВ передатчики на этот диапазон часто выполняются с несколькими промежуточными удвоительными каскадами или же с задающим генератором, имеющим кварцевую стабилизацию частоты. Принцип действия такой стабилизации основан на пьезоэлектрическом эффекте \*, свойственном пластинке, вырезанной из кристалла кварца. Форма пластинок различная: стержни,

диски, кольца и пр. В зависимости от того, как вырезана пластинка по отношению к основным направлениям кристалла, она будет обладать теми или иными пьезоэлектрическими свойствами. Такие пластинки, как и все

упругие тела, обладают строго определенной частотой собственных колебаний, зависящих от их размеров. Внешние условия на них почти не влияют, температурный коэффициент частоты у некото-

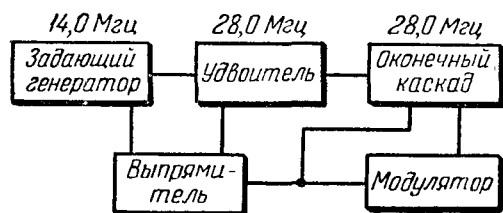


Рис. 103. Блок-схема УКВ передатчика на 28,0—29,7 МГц

рых кварцевых платин достигает  $30 \cdot 10^{-6}$ . Поэтому кварцевые резонаторы нашли широкое применение для стабилизации частоты электрических колебаний.

Кварцевая пластинка (резонатор), помещенная между двумя металлическими обкладками, ведет себя в схеме генератора как резонансный контур с очень малыми потерями. Электрические колебания в нем достигают максимальной амплитуды в момент совпадения частоты генератора с резонансной частотой кварца. Благодаря этому свойству кварцевый резонатор, возбуждаемый генератором, способен поддерживать постоянную частоту генерируемых колебаний.

В задающих генераторах любительских УКВ и КВ передатчиков широкое распространение получили так называемые осцилляторные схемы кварцевых генераторов. К таким схемам, например, относятся автогенераторы с электронной связью. От обычных трехточечных генераторов с самовозбуждением они отличаются лишь заменой индуктивности контура кварцем.

На рис. 104 приведена схема УКВ передатчика двухметрового любительского диапазона (144—146 МГц) мощностью до 5 вт. Выполненный по трехточечной схеме задающий генератор этого передатчика стабилизирован кварцевой пластиной, имеющей основную частоту собственных колебаний, равную 4 МГц. В анодной цепи лево-

\* Пьезоэлектрический эффект — возникновение электрических зарядов на поверхности некоторых диэлектриков в результате их деформации (прямой пьезоэффект) или деформации под воздействием электрического поля (обратный пьезоэффект).

го по схеме триода лампы 6НЗП ( $L_1$ ) выделяется третья гармоника кварца (12 МГц). Правый триод этой лампы работает в качестве утроителя частоты, поэтому контур  $L_2C_5$  настраивается на частоту 36 МГц. На левом по схеме триоде лампы  $L_2$  собран удвоитель частоты (контур  $L_3C_8$ ), настроенный на частоту 72 МГц. Правый триод лампы 6НЗП ( $L_2$ ) работает также удвоителем частоты. Контур  $L_4C_{11}$  настраивается на частоту 144 МГц.

Усилитель мощности передатчика собран по двухтактной схеме на лампах типа 6НЗП. В передатчике применена анодная модуляция. Модулятор работает на лампе типа 6П1П ( $L_5$ ). Угольный микрофон  $M$  получает питание от катодной цепи этой лампы.

**Налаживание.** Рассмотрим теперь на примере схемы рис. 104 порядок наладки КВ—УКВ передатчиков с кварцевыми возбудителями, мало чем отличающимися от уже разобранного ранее процесса настройки и регулировки трехкаскадного КВ передатчика с параметрической стабилизацией. Приборы для наладки нужны те же. При правильном монтаже наладка сводится к устранению паразитной генерации ВЧ каскадов передатчика, к подбору наивыгоднейших величин некоторых деталей, настройке контуров на нужные частоты, наладке модулятора и получению наибольшей отдачи мощности в антенну. Большую пользу могут принести такие самодельные вспомогательные устройства: резонансный волномер, гетеродинный индикатор резонанса (ГИР), двухпроводная измерительная линия и индикатор поля.

Налаживание передатчика начинают с проверки напряжений на всех электродах ламп и переходят к подгонке и настройке колебательных контуров. Если среди приборов имеется ГИР, то всю предварительную настройку контуров у передатчика можно сделать без подачи на схему питающих напряжений.

Следует иметь также ВЧ пробник с лампочкой накаливания. Настройку передатчика начинают с первого каскада. Приближение ВЧ пробника к контуру  $L_1C_1C_2$ , сопровождаемое свечением лампочки-индикатора, укажет на наличие в контуре ВЧ колебаний.

При удалении кварца колебания должны срываться. Если этого не происходит (каскад самовозбуждается), то необходимо уменьшить величину связи, перенеся отвод



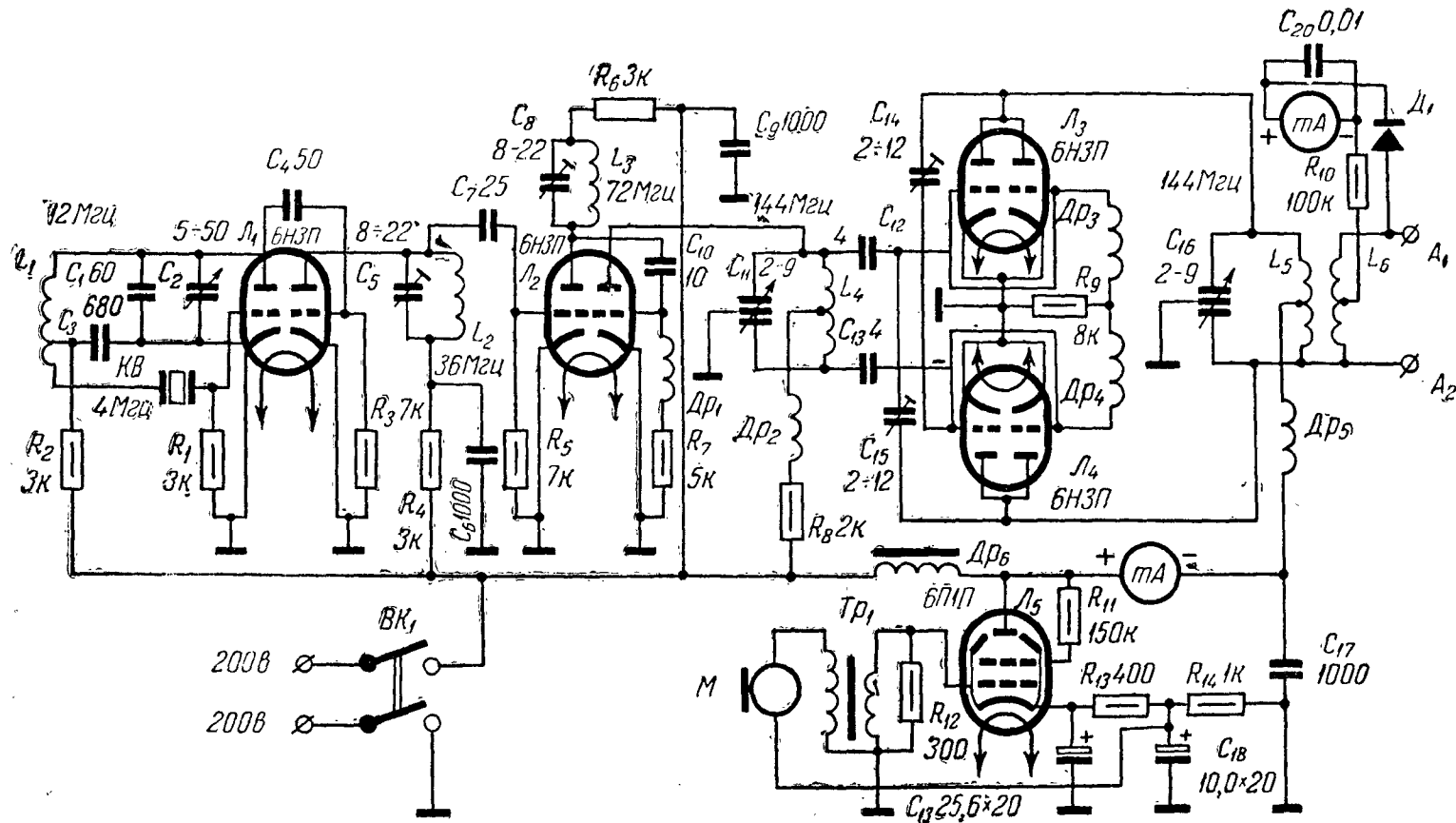


Рис. 104. Принципиальная схема УКВ передатчика на 144—146 Мгц

на катушке  $L_1$  ближе к тому концу, который соединен с кварцем. Обычно отвод от катушки  $L_1$  делается примерно от  $\frac{1}{3}$  части витков. При правильной настройке частота колебаний в контуре генератора будет определяться собственной частотой колебаний кварцевой пластины. Это можно проверить, прослушав работу генератора на градуированном КВ приемнике или с помощью резонансного волномера.

В начале налаживания контур  $L_1C_1C_2$  настраивается на частоту 4 Мгц, затем, постепенно уменьшая емкость конденсатора  $C_2$ , выделяют третью гармонику этой частоты (12 Мгц). Для проверки правильности настройки этого контура лучше всего пользоваться резонансным волномером. Заметим, что при настройке кварцевых генераторов рекомендуется контролировать ток, текущий через кварц. Это можно сделать с помощью высокочастотного миллиамперметра. Для пластин, колеблющихся по толщине, максимальный ток допустим до 100 ма/см<sup>2</sup>, а для резонаторов с колебаниями по длине — 50 ма/см<sup>2</sup>. Практически рекомендуется не допускать для резонаторов первого рода ток больше 20 ма на 1 см<sup>2</sup> площади пластины, а для пластин второго рода — 10 ма/см<sup>2</sup>. Если нет высокочастотного миллиамперметра, можно воспользоваться для контроля тока, проходящего через резонатор, небольшой лампочкой накаливания (1 в X 0,075 а), включив ее последовательно с кварцевой пластиной. Подгонка режима кварцевого генератора производится подбором величины анодного напряжения, а в схемах на пентодах — регулировкой напряжения на экранной сетке и сопротивления утечки сетки.

Наладив первый каскад передатчика, переходят к следующему. Контур  $L_2C_5$  первоначально настраивается на вторую гармонику частоты, выделяемой на первом каскаде (24 Мгц), а в дальнейшем с помощью подстроечного конденсатора  $C_5$  его перестраивают на третью гармонику — 36 Мгц. Если с помощью конденсатора  $C_5$  контур  $L_2C_5$  на частоту 36 Мгц перестроить не удастся, то нужно уменьшить или увеличить на один-два витка число витков катушки  $L_2$ . Правильность настройки второго каскада передатчика обязательно нужно проконтролировать резонансным волномером.

Следующие удвоительные каскады передатчика настраиваются аналогично первым двум утроителям частоты.

ты. Мощность колебаний, полученных в контуре  $L_4C_{11}$  на частоте 144 Мгц, должна быть достаточной для того, чтобы лампочка пробника ( $2,5 \text{ в} \times 0,075 \text{ а}$ ), поднесенного к катушке  $L_4$ , горела белым накалом.

Налаживание усилителя мощности начинают с проверки цепи нейтрализации. Для этого лампы  $L_3$  и  $L_4$  вставляют в свои панельки и разрывают цепь, питающую аноды этих ламп, отсоединив от катушки  $L_5$  дроссель  $Др_5$ . В цепь управляющих сеток ламп  $L_3$  и  $L_4$  между резистором  $R_9$  и корпусом передатчика включают миллиамперметр постоянного тока со шкалой на 10 ма. Контур  $L_5C_{16}$  настраивается в резонанс с поступающими колебаниями. Далее, поочередно изменяя емкость конденсаторов  $C_{14}$  и  $C_{15}$ , добиваются, чтобы величина сеточного тока при перестройке анодного контура не изменялась. О точности нейтрализации оконечного каскада передатчика можно судить по совпадению минимума анодного тока с максимальными показателями индикатора резонанса.

Нейтрализацию оконечного каскада можно произвести при помощи индикатора настройки антенны и ВЧ пробника. При этом питание на оконечный каскад передатчика подается обычным порядком, а контур  $L_5C_{16}$  настраивают в резонанс с колебаниями в контуре  $L_4C_{11}$ . Меняя расстояние между витками катушки  $L_5$ , следует добиться, чтобы роторные пластины сдвоенного конденсатора  $C_{16}$  находились в среднем положении. Затем, вращая отверткой из изоляционного материала подстроечные конденсаторы  $C_{14}$  и  $C_{15}$ , наблюдают за показаниями индикатора настройки антенны и свечением лампочки накаливания ВЧ пробника. Показания прибора индикатора настройки антенны и яркость свечения лампочки накаливания ВЧ пробника должны постоянно увеличиваться, затем уменьшаться и при дальнейшем увеличении емкости нейтральных конденсаторов вновь увеличиваться. Конденсаторы  $C_{14}$  и  $C_{15}$  должны быть установлены в среднем положении между точками, где показания антенного прибора и свечение лампочки минимальны, и второй точкой, где вновь увеличиваются показания прибора-индикатора.

При подборе степени нейтрализации не следует забывать подстраивать контур выходного каскада передатчика после каждого изменения емкости нейтральных конденсаторов. При замене ламп оконечного каскада передатчика подстройку цепей нейтрализации следует произвести

снова. Налаживание модулятора передатчика, выполненного на лампе типа 6П1П ( $L_5$ ), сводится, в основном, к подбору резисторов  $R_{12}$  и  $R_{13}$ , которые зависят от типа применяемого угольного микрофона. Микрофон включен в цепь первичной обмотки микрофонного трансформатора  $Tr_1$ . Необходимое для нормальной работы модулятора отрицательное смещение на управляющую сетку лампы  $L_5$  задается автоматически за счет падения напряжения на резисторах  $R_{13}$ — $R_{14}$ , включенных в цепь катода этой лампы. Часть этого напряжения, снимаемого со средней точки резисторов  $R_{13}$ — $R_{14}$ , используется для питания микрофона. Резистор  $R_{12}$ , шунтирующий микрофонную цепь трансформатора  $Tr_1$ , служит для ограничения тока, текущего через микрофон.

Анодные цепи ламп оконечного каскада передатчика  $L_3$ — $L_4$  и модулятора  $L_5$  питаются через модуляционный дроссель  $Dr_6$ . При таком включении напряжение на аноде ламп  $L_3$  и  $L_4$  будет меняться в такт с изменением напряжения низкой частоты, образующимся на модуляционном дросселе  $Dr_6$ . Величина переменного падения напряжения на дросселе  $Dr_6$  будет находиться в строгой зависимости от всех изменений анодного тока, текущего через модуляторную лампу  $L_5$ , управляемую напряжением звуковой частоты из микрофонной цепи. Напряжение на анодах ламп оконечного каскада передатчика и модулятора при модуляции также будет изменяться. Эти изменения соответствуют изменениям тока, протекающего через лампы  $L_3$ — $L_4$ . В результате изменения тока и напряжения на лампах оконечного каскада передатчика  $L_3$  и  $L_4$  изменится и амплитуда высокочастотных колебаний в контуре  $L_5C_{16}$ , т. е. произойдет модуляция ультравысокой частоты звуковыми колебаниями. Подобные схемы анодной модуляции получили широкое распространение благодаря простоте и хорошему качеству модуляции. Чтобы удобнее подобрать для микрофона питающее напряжение нужной величины, можно рекомендовать временно заменить резистор  $R_{12}$ , шунтирующий микрофон, переменным резистором в 1 ком. Затем, подобрав наивыгоднейшую величину этого резистора, надо измерить ее омметром и заменить соответствующим постоянным резистором. Полезно при этом проверить ток, текущий через микрофон, который не должен превышать 25—30 ма. В противном случае возможно спекание уголь-

ного порошка в микрофонном капсюле и выход его из строя.

В правильно настроенном передатчике при произнесении перед микрофоном звука «а» ток в анодной цепи ламп  $\mathcal{L}_3$ — $\mathcal{L}_4$  должен увеличиваться на 3—5 *ма*. Показания прибора-индикатора настройки антенны при этом также должны возрасть.

При необходимости постройки более сложных модуляторных устройств, предназначенных для работы с динамическими или пьезоэлектрическим микрофоном, наладку начинают с микрофонного усилителя. Применяемая при этом методика ничем не отличается от обычно используемой при наладке УНЧ. В простейшем случае ее производят на слух. Для этого к выходу модулятора подключают громкоговоритель, или головные телефоны, а на вход — звуковой генератор или микрофон. При появлении искажений производят покасадную проверку и отладку микрофонного усилителя.

Следует учитывать, что в схемах анодной модуляции мощность модуляторного устройства должна быть равной половине мощности, подводимой к высокочастотному генератору, работающему в режиме незатухающих колебаний. Нагрузочное сопротивление модулятора  $R_n$  определяется из расчета:

$$R_n = \frac{E_a}{I_a} \cdot 1, \text{ ком},$$

где  $E_a$  — анодное напряжение ВЧ генератора, *в*;  
 $I_a$  — анодный ток ВЧ генератора, *ма*.

Например, к аноду генератора подводится напряжение 250 *в*, если его анодный ток в режиме несущей равен 25 *ма*, то сопротивление нагрузки модулятора будет равно 10 *ком*. Подключив к выходу модулятора подобный постоянный резистор, обладающий достаточной мощностью рассеяния (например, типа ПЭ или ПЭВ), производят проверку модулятора на отсутствие фона переменного тока и паразитной генерации.

Лучше всего для этого воспользоваться электронным осциллографом. Вертикальный вход его («У»), через сопротивление 0,5—1,0 *Мом* подключается параллельно сопротивлению нагрузки модулятора. При полностью выведенном регуляторе громкости и отсутствии сигнала на входе модулятора на экране осциллографа должна про-

смазываются лишь небольшая горизонтальная полоска с зазубренными краями. Появление на экране осциллографа изображения синусоидальной или пилообразной кривой свидетельствует о наличии фона переменного тока. Фон этот может появиться из-за недостаточного сглаживания напряжения выпрямителем, неудачного монтажа или плохой экранировки сеточных цепей микрофонного усилителя. Для устранения этого явления прежде всего следует установить источник паразитной генерации. Поиск начинают с выпрямительного устройства, проверяя качество фильтрации напряжения и отсутствие пульсаций на выходе выпрямителя. Качество работы выпрямителя должно быть таково, чтобы уровень фона на его выходе не превышал 0,05—0,1 %.

Убедившись в нормальной работе выпрямителя, переходят к определению источника наводки в самом модуляторе. С помощью осциллографа измеряют амплитуду фона в отдельных каскадах модулятора и определяют таким путем источник его возникновения, а затем подавляют фон, используя ту же методику, что и при налаживании многокаскадных усилителей низкой частоты.

Можно обойтись и без электронного осциллографа. Для проверки на отсутствие фона и паразитной генерации во время налаживания модулятора можно использовать обычные головные телефоны сопротивлением 2000—4000 ом. Они подключаются к нагрузочному резистору и исследуемым точкам схемы модулятора последовательно с конденсатором емкостью 0,1 мкф. При исправном модуляторе и нормально работающем выпрямительном устройстве в телефонах должны прослушиваться лишь слабые собственные шумы ламп в усилительных каскадах модулятора. Даже при полностью выведенном регуляторе громкости фон переменного тока не должен прослушиваться.

Электронный осциллограф позволяет наилучшим образом произвести настройку любительского радиотелефонного передатчика. Высокочастотное напряжение, снимаемое с выхода передатчика, подается на вертикальный вход осциллографа, на экране которого получается изображение действительной формы модулированного по амплитуде высокочастотного сигнала. Сигнал при этом должен подаваться непосредственно на вертикальные

пластины электронно-лучевой трубки (усилитель входа «У» отключается). Колебательный контур  $L_1C_1$  настраивается в резонанс с частотой передатчика. С помощью такого контура удастся получить на экране осциллографа вполне достаточную для исследования ширину изображения несущей частоты передатчика. Он должен быть не менее 10 мм для передатчика мощностью порядка 1 вт. При модулировании несущей частоты передатчика низкочастотным сигналом можно наблюдать на экране осциллографа симметричную огибающую.

Одновременно с измерением глубины модуляции можно выявить ряд дефектов в работе самого высокочастотного генератора и модулятора. Фон переменного тока и паразитная генерация в усилительных каскадах модулятора характеризуются появлением более ярких краев у изображения, получаемого на экране осциллографа. Если подобное явление будет наблюдаться и при выключенном модуляторе — налицо недостаточная фильтрация у выпрямленного напряжения, питающего передатчик. Изменение яркости по длине изображения несущей частоты при выключенном модуляторе свидетельствует о паразитной частотной модуляции задающего генератора передатчика фоном переменного тока. Отсутствие симметричности у пиков огибающей говорит о наличии искажений модулятором формы сигнала. При использовании в оконечном каскаде модулятора однотактной трансформаторной схемы следует проверить соединение обмоток у выходного трансформатора. Значительный разрыв между пиками огибающей свидетельствует о перемодуляции. Такое явление совершенно недопустимо, потому что работа передатчика в этом случае сопровождается очень большими искажениями.

При недостаточной мощности модулятора верхушки огибающей приобретают трапецевидную форму, что также вносит в передачу значительные искажения. В этом случае необходимо повысить мощность модулятора и улучшить его согласование с передатчиком за счет уравнивания эквивалентного сопротивления ламп выходного каскада передатчика с нагрузочным сопротивлением модулятора. Можно также несколько снизить мощность передатчика, например, уменьшив анодное напряжение у его выходного каскада.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i> . . . . .	3
<b>Глава I. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА</b> . . . . .	5
<b>Глава II. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАППАРАТУРЫ И МЕТОДЫ ЕЕ ИСПЫТАНИЯ</b> . . . . .	43
<b>Глава III. НАЛАЖИВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ</b> . . . . .	115
<b>Глава IV. НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ</b> . . . . .	131
<b>Глава V. НАЛАЖИВАНИЕ ТЕЛЕВИЗОРОВ</b> . . . . .	217
<b>Глава VI. ПЕРЕДАТЧИКИ И ИХ НАЛАЖИВАНИЕ</b> . . . . .	283

*Виктор Александрович Ломанович,  
Анатолий Георгиевич Соболевский*

**НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ**

Редакторы *В. А. Бурлянд, Е. В. Ефремова*  
Художественный редактор *Г. Л. Ушаков*  
Технический редактор *Р. Б. Хазен*  
Корректор *Г. С. Загер*

---

F44696. Подписано к печати 27/VI 67 г. Изд. № 1/4516. Бумага 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>.  
9,5 фнз. п. л. = 15,94 усл. п. л. Уч.-изд. л. 15,6. Цена 77 коп.  
Тираж 100000 экз. Заказ № 700.  
Издательство ДОСААФ, Москва, Б-66, Ново-Рязанская ул., 26.

---