

Г. В. Куликов, А. А. Парамонов

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
вузов Российской Федерации по образованию
в области радиотехники, электроники, биомедицинской
техники и автоматизации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению «Радиотехника»*

**Москва
Горячая линия – Телеком
2014**

ББК 32.849
УДК 621.397.62(075)
К90

Куликов Г. В., Парамонов А. А.

К90 Радиовещательные приемники. Учебное пособие для вузов. — М: Горячая линия — Телеком, 2014. — 120 с.: ил. (вкладка).

ISBN 978-5-9912-0135-3.

Рассмотрены характеристики сигналов, используемых в радиовещании, принципы построения, структурные и принципиальные схемы радиоприемных трактов, а также методики измерения параметров и регулировки узлов.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению 210300 — «Радиотехника», будет полезна лицам, интересующимся современным состоянием радиоприемной техники, а также специалистам, занимающимся разработкой и ремонтом радиовещательных приемников.

Табл.14. Ил.43. Библиогр. назв. 23. Вкладка 2 л.

ББК 32.849

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

**Куликов Геннадий Валентинович
Парамонов Алексей Анатольевич**

Радиовещательные приемники

Учебное пособие

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия — Телеком»
www.techbook.ru

© Г. В. Куликов, А. А. Парамонов

Предисловие

Системы радиовещания с момента своего возникновения всегда играли важную информационную роль в жизни общества. За многие годы радиовещательные приемники прочно вошли в наш быт вначале в качестве самостоятельных устройств, а теперь и в качестве составных частей музыкальных центров, автомагнитол, радиобудильников и т.д. В подобных приемниках сконцентрированы многие серьезные принципиальные и технические решения: стереодекодеры, системы бесшумной настройки, автоматической регулировки параметров, система RDS и многое другое. А такие характеристики вещательных приемников высокого класса как чувствительность, избирательность, динамический диапазон оказываются сопоставимыми с аналогичными характеристиками профессиональных приемников.

Важно то, что в силу массовости этого вида радиоприемной техники промышленность выпускает широкий ассортимент специализированных микросхем, микросборок и фильтров. Многие из них с успехом применяются и в профессиональных приемниках.

Раздел по радиовещательным приемникам входит в типовую программу подготовки бакалавров по направлению «Радиотехника», эти разделы изучаются и студентами, получающими квалификацию «Инженер» по специальностям указанного направления. Однако в недавно изданных учебниках разделы по радиовещательным приемникам весьма лаконичны. Настоящее учебное пособие восполняет пробел, сложившийся в учебной литературе по этому разделу. В пособии содержатся принципы построения современных радиоприемных трактов и систем вещательных приемников, приводится и анализируется значительное количество принципиальных схем. Содержится большая подборка специализированных микросхем для построения приемных трактов. В отдельном разделе приведена методика измерения основных характеристик радиовещательных приемников.

1. Виды радиовещательных сигналов

Радиовещательные приемники служат для приема и обработки радиосигналов в частотных диапазонах длинных (ДВ), средних (СВ), коротких (КВ) и ультракоротких (УКВ) волн. Зарубежные обозначения первых трех радиовещательных диапазонов соответствуют прямому переводу этих названий: LW (long wave – длинные волны), MW (middle wave – средние волны) и SW (short wave – короткие волны). Обозначение последнего диапазона – FM – является аббревиатурой термина frequency modulation – частотная модуляция. Частотные границы этих диапазонов в различных странах несколько отличаются друг от друга. В табл. 1.1 приведены параметры, соответствующие российскому стандарту, а также предельные значения частотных границ, упоминаемые в технической документации на радиоприемники зарубежного производства.

Таблица 1.1

Частотные границы радиовещательных диапазонов

| Диапазон волн | Диапазон частот, МГц | Длины волн, м |
|---------------|----------------------|-------------------|
| ДВ | 0,1485 ... 0,2835 | 2020,2 ... 1058,2 |
| LW | 0,144 ... 0,29 | 2083,3 ... 1034,5 |
| СВ | 0,5265 ... 1,6065 | 569,8 ... 186,7 |
| MW | 0,522 ... 1,71 | 574,7 ... 175,4 |
| КВ | 3,95 ... 26,1 | 75,9 ... 11,5 |
| SW | 3,8 ... 17,9 | 78,9 ... 16,8 |
| УКВ1 | 65,8 ... 74,0 | 4,56 ... 4,05 |
| УКВ2 | 100,0 ... 108,0 | 3,0 ... 2,78 |
| FM | 87,5 ... 108 | 3,43 ... 2,78 |

Как следует из приведенных данных, основное отличие зарубежных радиоприемников заключается в других параметрах диапазона ультракоротких волн. Он имеет частотные границы 87,5 ... 108 МГц. В последнее время в этом частотном промежутке начали работать

и российские радиовещательные станции, что позволяет использовать зарубежные модели УКВ радиоприемников в нашей стране. Кроме того, некоторые фирмы-производители аудиотехники, учитывая потребности восточноевропейского и российского рынков, вводят в своих аппаратах так называемый расширенный FM диапазон, охватывающий оба указанных участка частот. Часто также встречается дополнительное дробление FM диапазона на несколько поддиапазонов, обозначаемых как FM1, FM2, FM3 и т. п.

Диапазон коротких волн обычно разбивается на ряд поддиапазонов по 200 ... 500 кГц в каждом. Это связано с тем, что здесь радиовещательные станции размещены не равномерно по частоте, а сосредоточены в некоторых участках наилучшего распространения радиоволн. Границы таких поддиапазонов, называемых по округленному значению длины волны в метрах, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Частотные границы коротковолновых поддиапазонов

| Поддиапазон | Диапазон частот, МГц | Длины волн, м |
|-------------|----------------------|---------------|
| 75 м | 3,95 ... 5,25 | 75,9 ... 57,2 |
| 49 м | 5,95 ... 6,2 | 50,4 ... 48,4 |
| 41 м | 7,1 ... 7,3 | 42,2 ... 41,1 |
| 31 м | 9,5 ... 9,775 | 31,6 ... 30,7 |
| 25 м | 11,7 ... 12,1 | 25,6 ... 24,8 |
| 19 м | 15,1 ... 15,45 | 19,9 ... 19,4 |
| 16 м | 17,7 ... 17,9 | 16,9 ... 16,8 |
| 13 м | 21,45 ... 21,75 | 14,0 ... 13,8 |
| 11 м | 25,6 ... 26,1 | 11,7 ... 11,5 |

Российским стандартом допускается также разбиение диапазона СВ на два поддиапазона.

Наличие тех или иных диапазонов рабочих частот в какой-либо модели радиоприемника определяется его назначением и классом сложности. Так, переносные малогабаритные аппараты часто имеют лишь возможность приема радиосигналов на длинных и средних волнах. Коротковолновый диапазон в последнее время встречается довольно редко, что связано с невысоким качеством приема

в этой области частот. В зарубежных радиоприемниках его вводят обычно в модификациях *tourist*, предназначенных для использования в местах, значительно удаленных от передающих станций. Модели высокого класса практически всегда комплектуются трактом приема УКВ или FM. Это связано с тем, что в этом диапазоне, в отличие от всех предыдущих, предусмотрена возможность качественного прослушивания стереофонических программ.

В нашей стране и за рубежом в радиовещании используются два вида сигналов: с амплитудной и частотной модуляцией. Первые сигналы применяются в диапазонах длинных, средних и коротких волн, а вторые – в диапазонах УКВ и FM.

При амплитудной модуляции (АМ) огибающая гармонического несущего колебания является линейной функцией полезного сообщения. Спектр $G(f)$ АМ-сигнала (рис. 1.1) состоит из несущей f_0 и двух боковых полос (нижней и верхней). Если предположить, что полоса частот, занимаемая спектром сообщения, равна F_B , то весь спектр АМ сигнала занимает на частотной оси диапазон от значения $(f_0 - F_B)$ до значения $(f_0 + F_B)$. Следовательно, ширина ΔF_c этого спектра равна $2F_B$. Полезная информация о сообщении содержится только в боковых полосах и отсутствует в несущей, поэтому при амплитудной модуляции мощность передатчика используется не самым эффективным образом.

При частотной модуляции (ЧМ) мгновенная частота f несущего колебания изменяется по закону, определяемому видом передаваемого непрерывного сообщения. Максимальное отклонение частоты от среднего значения f_0 называется девиацией частоты Δf_m . В радиовещании в диапазонах УКВ и FM принята величина девиации, равная 50 кГц.

Если ввести понятие индекса частотной модуляции

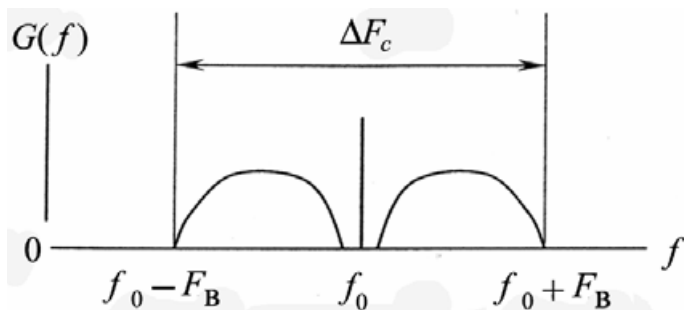


Рис. 1.1. Спектр амплитудно-модулированного сигнала

$$\psi = \Delta f_m / F_{\text{в}},$$

то ширина спектра ЧМ сигнала может быть определена по формуле

$$\Delta F_c = 2 F_{\text{в}} (1 + \psi + \sqrt{\psi}).$$

При $\psi > 5$ эта величина в основном определяется девиацией частоты, и в инженерных расчетах часто используется формула

$$\Delta F_c \approx 2,6 \Delta f_m.$$

Как уже было сказано выше, в диапазонах УКВ и FM передаваемое сообщение несет стереофоническую информацию, т. е. в нем содержатся сигналы левого (А) и правого (В) каналов. Для того, чтобы использовать для его передачи только одну несущую частоту, эти сигналы предварительно обрабатываются, и в результате формируется комплексный стереосигнал (КСС).

Стандарты стереофонического радиовещания, принятые в нашей стране и за рубежом, отличаются друг от друга. В России принята система OIRT с полярной модуляцией. Эта система предполагает формирование на передающей стороне комплексного стереосигнала на частоте поднесущей $F_{\text{п}}$, равной 31,25 кГц. При этом поднесущее колебание $s_{\text{п}}(t)$ модулируется по амплитуде сигналами А и В следующим образом: в соответствии с первым формируется огибающая положительных полуволн, а в соответствии со вторым — огибающая отрицательных полуволн (рис. 1.2). Спектр такого сигнала представляет собой сумму двух спектров: низкочастотного сигнала (А + В) и модулированной по амплитуде сигналом (А – В) поднесущей $F_{\text{п}} = 31,25$ кГц. После формирования КСС уровень поднесущей ослабляется на 14 дБ (в 5 раз), что позволяет лучше использовать мощность передатчика и обеспечить совместимость системы стереофонического вещания с монофоническими радиоприемниками. Далее такое полярно-модулированное колебание с частично подавленной несущей используется в качестве модулирующего колебания для формирования ЧМ сигнала УКВ диапазона. Естественно, в приемном устройстве должны производиться обратные операции, о чем будет сказано ниже в разделе 4.

При передаче стереосигнала в FM диапазоне используется другой принцип формирования КСС, называемый системой пилот-тон (стандарт CCIR). В этом случае комплексное колебание на переда-

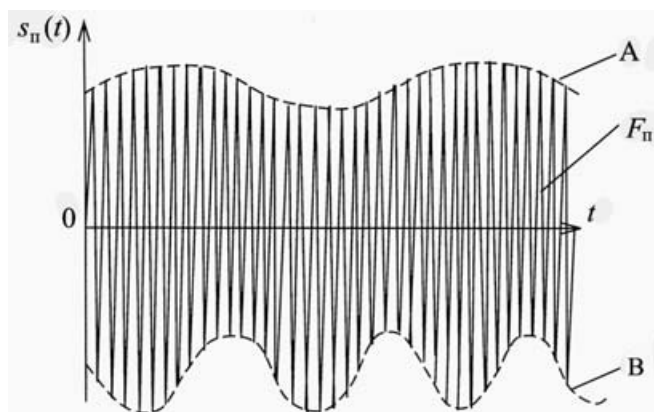


Рис. 1.2. Комплексный стереосигнал системы OIRT

ющей стороне образуется как смесь модулированного сигнала поднесущей с частотой 38 кГц, в котором содержится информация об аудиосигналах левого и правого каналов, и пилот-сигнала с частотой 19 кГц, используемого для синхронизации устройств обработки. Такой суммарный сигнал модулирует несущее колебание по частоте. Естественно, что и устройства обработки стандарта CCIR на приемной стороне отличаются от устройств стандарта OIRT. В связи с этим зарубежные модели аудиотехники, даже обладающие расширенным УКВ диапазоном, часто не способны воспроизводить стереофоническую информацию, передаваемую российскими станциями в частотном интервале 65,8 ... 74 МГц.

Некоторые вещательные радиостанции УКВ и FM диапазонов одновременно с передачей аудиоинформации предоставляют дополнительную цифровую информацию системы RDS (или ARI) в соответствии со стандартом CENELEC EN 50067. Передаваемая информация имеет сервисный характер и может содержать следующие данные. Во-первых, это сведения о дублирующей частоте радиостанции (AF), идентификации (PI) и типе программы (PTY), название радиостанции (PS), текущее время (CT). Во-вторых, сообщения о трафике – загрузке канала информационных данных (TA). Кроме того, специальными сигналами может обеспечиваться режим дополнения банка частот радиостанций других вещательных сетей (EON). Сигнал, переносящий эти сообщения, формируется на другой поднесущей частоте 57 кГц и затем смешивается с комплексным стереосигналом. Для выделения этого сигнала в схемах радиоприемников после основного детектора устанавливается соответствующий дополнительный декодер.

2. Технические характеристики радиоприемных трактов

Основными параметрами, характеризующими качество работы радиоприемного тракта, являются чувствительность, селективность (избирательность), степень искажений сигналов и динамический диапазон. Рассмотрим подробнее эти показатели.

2.1. Чувствительность радиоприемника

Чувствительность радиоприемника характеризует его способность принимать слабые сигналы на фоне шумов. Количественной мерой оценки этого параметра является тот минимальный уровень принимаемого сигнала U_{MIN} , при котором обеспечивается удовлетворительное качество воспроизведения информации. В радиовещании в качестве критерия качества используют величину отношения сигнал/шум (по мощности или по напряжению) на выходе приемника. Чувствительность считается тем выше, чем меньше указанный минимальный уровень.

Различают реальную и максимальную чувствительность. Реальная чувствительность определяется как минимальный уровень входного сигнала, при котором обеспечивается стандартная (испытательная) выходная мощность $P_{\text{ст}}$ при заданном отношении сигнал/шум на выходе.

Максимальная чувствительность равна минимальному уровню входного сигнала при стандартной выходной мощности при установке всех органов регулировки усиления радиоприемника в максимальное положение.

Для отечественных моделей величина $P_{\text{ст}}$ принята равной 5 мВт (для приемников с номинальной мощностью менее 150 мВт) или 50 мВт (для приемников с номинальной мощностью более 150 мВт).

Отношение сигнал/шум должно быть не менее 20 дБ при приеме сигналов в диапазонах ДВ, СВ и КВ и не менее 26 дБ при приеме сигналов УКВ диапазона. В технической документации моделей зарубежного производства с выходной мощностью более 10 Вт часто рекомендуется использовать величину $P_{\text{ст}} = 0,5$ Вт.

Чувствительность приемника по напряжению при использовании наружных антенн выражается в микровольтах (мкВ) или милливольтмах (мВ). При работе с внутренней (встроенной) антенной при оценке этого параметра измеряется минимальная напряженность электрического поля, которая выражается в микровольтах на метр (мкВ/м) или милливольтмах на метр (мВ/м). Иногда значение чувствительности указывается в относительных единицах дБ/мкВ (дБ/мВ). Для пересчета такой величины в микровольты можно использовать простую формулу:

$$U_{\text{MIN}} = 10^{U_{\text{MIN}} (\text{дБмкВ}) / 20} (\text{мкВ}).$$

Современные бытовые радиоприемники обладают весьма высокой чувствительностью. Так, например, в УКВ и FM диапазонах ее величина может достигать величины, меньшей 1 мкВ. В остальных диапазонах чувствительность хуже. Это обусловлено тем, что в них более высокий уровень внешних помех и нет смысла развивать высокое усиление радиоприемного тракта.

2.2. Избирательность радиоприемника

Избирательность (селективность) радиоприемника характеризует его способность выделять полезный сигнал из множества других сигналов, одновременно поступающих на вход приемника и считающихся в данном случае помехами. Как правило, благодаря различию частот сигнала и помех рассматривается избирательность по частоте, но имеются и другие виды избирательности, например, пространственная. В этом случае отстройка от мешающего действия помех производится антеннами с узкими диаграммами направленности.

Количественной мерой избирательности служит такая относительная интенсивность мешающих сигналов, при которой их влияние на качество воспроизведения сигнала становится ниже допустимого предела. Обычно в технической документации значение избирательности приводят в децибелах.

Для радиовещательных приемников нормируется избирательность по побочным каналами приема, к которым относятся соседний, зеркальный каналы и канал промежуточной частоты.

Избирательность по соседнему каналу в диапазонах ДВ (LW), СВ (MW) и КВ (SW) оценивается как относительная (по отноше-

нию к сигналу) величина подавления приемником помехи на частоте, отличающейся от частоты настройки основного (полезного) канала на ± 9 кГц или ± 10 кГц, в зависимости от используемого шага сетки частот. Для диапазона УКВ эта расстройка составляет ± 120 кГц или ± 180 кГц.

Избирательность по зеркальному каналу характеризует ослабление радиоприемником мешающего сигнала, отстоящего от принимаемого сигнала по частоте в сторону частоты гетеродина на величину, равную удвоенному значению промежуточной частоты.

Избирательность по каналу промежуточной частоты характеризует ослабление радиоприемником мешающего сигнала, частота которого равна промежуточной частоте приемника. В радиовещании значения промежуточных частот стандартизованы в ГОСТ 5651-89 и их выбирают из ряда: 76 ± 6 кГц, 465 ± 2 кГц, $1,84 \pm 0,008$ МГц, $2,9 \pm 0,01$ МГц, $10,7 \pm 0,1$ МГц, $24,975 \pm 0,1$ МГц. Для тракта приема АМ сигналов российских моделей приемников наиболее употребительной является величина 465 ± 2 кГц, а для тракта приема ЧМ сигналов – $10,7 \pm 0,1$ МГц. В зарубежных моделях при приеме АМ сигналов используются другие значения промежуточной частоты, в частности, величина 450 кГц (встречается и значение 455 кГц). Это обстоятельство практически никак не влияет на потребительские параметры радиоприемного устройства, а важно только для проведения ремонтных и регулировочных работ.

Существуют также дополнительные каналы приема, которые могут появляться на частотах:

$$f_{\Pi} = (mf_{\Gamma} \pm f_{\text{пр}})n,$$

где m и n – любые целые числа; f_{Γ} – частота гетеродина; $f_{\text{пр}}$ – промежуточная частота.

Перечисленные характеристики относятся к понятию односигнальной (линейной) избирательности, обусловленной наличием в тракте обработки сигналов различных селективных элементов – резонансных цепей и фильтров.

При оценке качества работы радиоприемников используют также понятия двухсигнальной и трехсигнальной избирательности, которые зависят как от селективных цепей приемника, так и от степени линейности устройств, входящих в приемный тракт. Наиболее

часто проявляются такие нелинейные эффекты как интермодуляция и перекрестная модуляция.

Перекрестной модуляцией называется процесс переноса модуляции мешающего сигнала на принимаемый полезный сигнал.

Интермодуляцией называется образование помехи с частотой, близкой к частоте принимаемого сигнала, в результате воздействия на нелинейный элемент тракта двух сильных мешающих сигналов с разными частотами. Для оценки устойчивости радиоприемника к интермодуляции обычно достаточно учета таких составляющих интермодуляции, которые появляются, если частоты двух мешающих сигналов $f_{п1}$ и $f_{п2}$ представляют собой:

а) сумму, приблизительно равную промежуточной частоте ($f_{пр} \approx f_{п1} + f_{п2}$), когда помехи воздействуют на приемник на частотах, близких, но не равных половине промежуточной частоты;

б) разность, приблизительно равную промежуточной частоте ($f_{пр} \approx f_{п1} - f_{п2}$), когда более низкая частота двух помех близка к частоте сигнала, например, соответствующая помеха может быть помехой по соседнему каналу;

в) сумму, приблизительно равную частоте полезного сигнала ($f_c \approx f_{п1} + f_{п2}$), когда частоты мешающих сигналов близки, но не равны половине частоты полезного сигнала;

г) разность, приблизительно равную частоте полезного сигнала ($f_c \approx f_{п1} - f_{п2}$), когда более низкая частота двух помех близка к частоте сигнала, например, соответствующая помеха может быть помехой по соседнему каналу;

д) сумму, приблизительно равную зеркальной частоте ($f_{зк} \approx f_{п1} + f_{п2}$), когда частоты помех близки, но не равны половине соответствующего значения зеркальной частоты;

е) разность, приблизительно равную разности между частотой сигнала и ближайшей частотой помехи ($f_c \approx 2f_{п1} - f_{п2}$), когда частота ближайшей по частоте помехи близка к частоте сигнала, например, соответствующая помеха может быть помехой по соседнему каналу.

В подпунктах а) – д) описана интермодуляция 2-го порядка, в подпункте е) – интермодуляция 3-го порядка.

2.3. Искажения сигналов

Искажения сигналов определяют качество воспроизведения принимаемых сообщений. По своей природе они разделяются на линей-

ные и нелинейные. Линейные искажения в основном определяются видом амплитудно-частотных характеристик каскадов, входящих в тракт обработки сигналов, а нелинейные искажения обусловлены нелинейностью вольтамперных характеристик активных элементов.

Амплитудно-частотная характеристика тракта (кривая верности) определяет эффективный диапазон воспроизводимых частот радиоприемника и показывает зависимость напряжения сигнала на его выходе (или звукового давления, создаваемого его акустической системой) от частоты модуляции при постоянных значениях глубины модуляции и уровня несущей частоты входного сигнала. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики определяется как отношение наибольшего значения выходного напряжения (звукового давления) к наименьшему его значению в заданном диапазоне частот модуляции. По российским стандартам при несущих частотах ниже 250 кГц неравномерность АЧХ по звуковому давлению не должна превышать величины 18 дБ, а при частотах выше 250 кГц – величины 14 дБ относительно уровня сигнала на частоте модуляции 1000 Гц. Нормированное значение неравномерности АЧХ по напряжению для радиоприемных трактов диапазона УКВ составляет $\pm 1,5$ дБ относительно уровня сигнала на частоте модуляции 1000 Гц.

При нелинейных искажениях на выходе тракта появляются составляющие спектра частот, отсутствующие во входном сигнале. При этом может быть оценена величина коэффициента нелинейных искажений как отношение среднеквадратической суммы заданных спектральных компонентов выходного сигнала, отсутствующих в спектре входного сигнала, к среднеквадратической сумме заданных спектральных компонентов входного сигнала. При наличии на входе гармонического сигнала такой мерой является коэффициент гармоник.

2.4. Динамический диапазон

Ни один радиоприемник не может сохранять удовлетворительное качество работы при неограниченном увеличении уровня входного сигнала, так как при этом будет возрастать коэффициент нелинейных искажений. Динамический диапазон приемника есть отношение максимально возможного сигнала на входе радиоприемника, при котором еще обеспечивается удовлетворительный прием (максимально допустимый коэффициент нелинейных искажений),

к его чувствительности. Динамический диапазон радиовещательных приемников может достигать 60 дБ. Возникновение нелинейных искажений в приемнике может быть связано не только с большим уровнем принимаемого сигнала, но и с сильными помехами по соседнему каналу. Динамический диапазон по этому каналу определяется как отношение максимального уровня помехи, при котором сохраняется приемлемый коэффициент нелинейных искажений сигнала, к чувствительности приемника.

В табл. 2.1 приведены значения основных технических параметров стационарных, переносных и носимых радиоприемников и тюнеров различных групп сложности в соответствии с ГОСТ 5651-89.

Значения основных технических параметров автомобильных радиоприемников различных групп сложности в соответствии с ГОСТ 17692-89 приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.1

**Технические параметры стационарных, переносных
и носимых радиоприемников**

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|---|------------------|---------------|--|
| | 0 (высшая) | 1 | 2 |
| Тракт ЧМ | | | |
| Чувствительность, ограниченная шумами, в стереорежиме, при отношении сигнал/шум 50 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже | 50 | 175 | 275 |
| Эффективный диапазон частот (по электрическому напряжению) при неравномерности частотной характеристики $\pm 1,5$ дБ, Гц, не уже | 31,5 ... 15000 | 40 ... 12500 | ТУ |
| Диапазон воспроизводимых частот звукового давления всего тракта при неравномерности частотной характеристики звукового давления 14 дБ, Гц, не уже | | | |
| для стационарных аппаратов | ТУ | ТУ | 100 – 10000 200 ... 10000 (стерео) |
| для переносных и носимых аппаратов | 80 ... 12500 | 125 ... 10000 | 315 ... 6300* (моно) |

Технические характеристики радиоприемных трактов

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|----|
| | 0 (высшая) | 1 | 2 |
| Общий разбаланс усиления между стереоканалами в диапазоне частот от 250 до 6300 Гц, дБ, не более | 2 | ТУ | ТУ |
| Общие гармонические искажения всего тракта в стереорежиме на частоте модуляции 1000 Гц, при $M = 1,0$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, %, не более: | | | |
| для стационарных аппаратов | 0,5 (0,3 для тюнеров ^{**}) | 1,0 | ТУ |
| для переносных и носимых аппаратов | 1,0 | 1,5 | ТУ |
| Изменение рабочей частоты во времени при включенной АПЧ, кГц, не более | 30 | 30 | ТУ |
| Переходное затухание между стереоканалами, дБ, не менее, на частотах: | | | |
| 250 (или 315) Гц | 34 | 26 | 14 |
| 1000 Гц | 40 | 30 | 20 |
| 6300 (или 5000) Гц | 34 | 24 | 14 |
| Отношение сигнал/шум в стереорежиме, при $M = 1,0$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, дБ, не менее | ТУ (72 для тюнеров ^{**}) | 54 (66 для тюнеров ^{**}) | ТУ |
| Односигнальная избирательность, измеренная методом с использованием подавления шумов, дБ, не менее: | | | |
| по промежуточной частоте (на частоте 66 МГц) | 60 (70 для тюнеров ^{**}) | 50 (65 для тюнеров ^{**}) | ТУ |
| по зеркальному каналу (на частоте 69 МГц) | 70 (85 для тюнеров ^{**}) | 50 | ТУ |
| по дополнительным (побочным) каналам приема (на частоте 69 МГц) | ТУ | 50 | ТУ |

Радиовещательные приемники

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|--|---|---|--|
| | 0 (высшая) | 1 | 2 |
| Тракт АМ | | | |
| Чувствительность, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 20дБ: по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже, в диапазонах: ДВ СВ КВ по напряженности поля, мВ/м, не хуже, в диапазонах: ДВ СВ КВ | 40 30 30 1,0 0,5 0,1 | 100 100 100 1,5 0,7 0,15 | ТУ ТУ ТУ ТУ ТУ ТУ |
| Диапазон воспроизводимых частот звукового давления тракта при неравномерности частотной характеристики звукового давления 14 дБ в диапазоне СВ и 18дБ в диапазоне ДВ, Гц, не хуже: для стационарных аппаратов для переносных и носимых аппаратов | 31,5 ... 15000 80 ... 5600 | 50 ... 6300 125 ... 5600 | 125 ... 3550 315 ... 3150 (ТУ) |
| Общие гармонические искажения всего тракта на частоте модуляции 1000 Гц, при $M = 0,3$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, %, не более | 2 | 4 | 5 |
| Действие автоматической регулировки усиления: изменение уровня сигнала на входе, дБ изменение уровня сигнала на выходе, дБ, не более | 60 10 | 46 10 | 30 10 |
| Односигнальная избирательность по соседнему каналу при расстройке ± 9 кГц, дБ, не менее | 60 | 40 | ТУ |

Технические характеристики радиоприемных трактов

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|--|------------------|----|----------|
| | 0 (высшая) | 1 | 2 |
| Односигнальная избирательность по зеркальному каналу, дБ, не менее, в диапазонах: для стационарных аппаратов: | | | |
| ДВ (на частоте 200 кГц) | 70 | 50 | 40 |
| СВ (на частоте 1000 кГц) | 60 | 36 | 44 |
| КВ (на частотах по ТУ) | 30 | 16 | 12 |
| для переносных и носимых аппаратов | | | |
| ДВ (на частоте 200 кГц) | 60 | 40 | 26 (20*) |
| СВ (на частоте 1000 кГц) | 54 | 36 | 20 |
| КВ (на частотах по ТУ) | 30 | 16 | 10 |

* Для аппаратов объемом менее 0,001 м³.

** Тюнер – участок радиоприемного тракта от антенного входа до первых каскадов предварительного усилителя низкой частоты, возможно, конструктивно оформленный как отдельное устройство.

Формулировка ТУ означает, что данный параметр задается техническими условиями на аппарат конкретного типа.

Таблица 2.2

Технические параметры автомобильных радиоприемников

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|---|------------------|--------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Тракт ЧМ | | | |
| Чувствительность, ограниченная шумами, в стереорежиме, при отношении сигнал/шум 50 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже | 120 | ТУ | ТУ |
| Чувствительность, ограниченная шумами, в монорежиме, при отношении сигнал/шум 26 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже | 2 | 4 | 5 |
| Эффективный диапазон частот (по электрическому напряжению) при неравномерности частотной характеристики 3 дБ, Гц, не уже | 40 ... 15000 | 80 ... 12500 | 100 ... 10000 |

Радиовещательные приемники

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|--|------------------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 |
| Общий разбаланс усиления между стереоканалами в диапазоне частот от 250 до 6300 Гц, дБ, не более | 2 | ТУ | ТУ |
| Общие гармонические искажения всего тракта на частоте модуляции 1000 Гц, при $M = 1,0$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, %, не более: | | | |
| в стереорежиме | 2 | ТУ | ТУ |
| в монорежиме | 2 | 3 | 4 |
| Изменение рабочей частоты во времени при включенной АПЧ, %, не более | 2 | — | — |
| Переходное затухание между стереоканалами, дБ, не менее, на частотах от 250 до 6300 Гц | 26 | ТУ | ТУ |
| Отношение сигнал/шум в стереорежиме, при $M = 1,0$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, дБ, не менее | 45 | ТУ | ТУ |
| Односигнальная избирательность, измеренная методом с использованием подавления шумов, дБ, не менее: | | | |
| по промежуточной частоте (на частоте 66 МГц) | 80 | 60 | 60 |
| по зеркальному каналу (на частоте 69 МГц) | 80 | 56 | 48 |
| по дополнительным (побочным) каналам приема (на частоте 69 МГц) | 80 | 60 | 54 |
| Тракт АМ | | | |
| Чувствительность, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 20дБ, мкВ, не хуже, в диапазонах: | | | |
| ДВ | 60(100*) | 140 | 180 |
| СВ | 30(50*) | 50 | 60 |
| КВ | 30(50*) | 50 | 60 |

Технические характеристики радиоприемных трактов

| Наименование параметра | Группа сложности | | |
|---|------------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Эффективный диапазон частот (по электрическому напряжению) при неравномерности частотной характеристики 3 дБ, Гц, не уже | 100 ... 2500 | 100 ... 2000 | 100 ... 2000 |
| Общие гармонические искажения всего тракта при $M = 0,8$; $P_{\text{вых}} = P_{\text{вых.ном}}$, %, не более, на частотах модуляции: | | | |
| до 400 Гц | ТУ | 6 | 7 |
| свыше 400 Гц | ТУ | 4 | 5 |
| Действие автоматической регулировки усиления: | | | |
| изменение уровня сигнала на входе, дБ | 60 | 54 | 46 |
| изменение уровня сигнала на выходе, дБ, не более | 6 | 6 | 6 |
| Односигнальная избирательность по соседнему каналу при расстройке ± 9 кГц в диапазонах ДВ и СВ, дБ, не менее | 50 | 36 | 32 |
| Односигнальная избирательность по зеркальному каналу, дБ, не менее, в диапазонах: | | | |
| ДВ (на частоте 200 кГц) | 50 | 46 | 46 |
| СВ (на частоте 1000 кГц) | 60 | 46 | 46 |
| КВ (на средней частоте диапазона) | 30 | 16 | ТУ |
| Максимальное напряжение входного сигнала при общих гармонических искажениях не более 10%, $M = 0,8$, мВ, не менее, в диапазонах: | | | |
| ДВ, СВ | 500 | 200 | 200 |
| КВ | 100 | 50 | 50 |

* Для приемников с электронной настройкой.

3. Функциональные возможности радиовещательных приемников

Современные радиовещательные приемники, а также радиоприемные тракты, входящие в состав более сложных аудиосистем, в зависимости от класса сложности аппаратуры обладают тем или иным набором дополнительных и сервисных функций, существенно повышающих потребительские качества изделий и упрощающих их эксплуатацию. К числу таких дополнительных особенностей, указываемых фирмами-производителями в технической документации, можно отнести следующие функции и возможности:

- всеволновый тюнер;
- электронное переключение диапазонов принимаемых волн;
- цифровая настройка, осуществляемая с помощью цифрового синтезатора частоты;
- встроенная память для фиксированных настроек (до 40 станций) во всех рабочих диапазонах с возможностью запоминания и последующего вызова (MEMORY, PRESET);
- переключаемый шаг сетки частот при настройке на радиостанцию, что необходимо при эксплуатации аппаратуры в странах с различными стандартами радиовещания;
- дополнительное разделение рабочих диапазонов на поддиапазоны;
- расширенный УКВ диапазон, позволяющий принимать радиосигналы двух стандартов вещания – российского и зарубежного;
- автоматическая настройка и поиск сигналов радиостанций (SEEK);
- ручная настройка;
- использование систем автоматической подстройки частоты;
- использование систем автоматической регулировки усиления;
- регулировка чувствительности при настройке на сигналы ближних и дальних радиостанций (LO/DX);

Функциональные возможности радиовещательных приемников

- прием стереофонических программ (STEREO);
- двухсистемный стереодекодер, позволяющий воспроизводить стереопрограммы двух стандартов вещания – российского и зарубежного;
- принудительный режим «Моно», необходимый для снижения уровня шумов при плохом качестве приема сигналов (MONO);
- использование систем слежения за качеством приема стереосигналов – автоматических шумовых процессоров (AFNS), схем автоматического управления режимами стереодекодера (ARC), схем, подавляющих влияние возможных помех от других радиостанций (DYNAS);
- прием сигналов системы радиоинформации (RDS, SDK, ARI).

4. Обобщенная структурная схема радиоприемного тракта

Тракты радиовещательных приемников обычно строятся по супергетеродинному принципу. Приемники прямого усиления, хотя и являются более простыми, имеют невысокие технические показатели: в них не достигается хорошая избирательность и чувствительность, и, кроме того, основные параметры сильно изменяются в пределах рабочего диапазона частот.

Структурная схема супергетеродинного радиоприемника с дополнительными узлами и системами представлена на рис. 4.1. Рассмотрим назначение и характеристики входящих в него устройств.

Конструкция **антенны** радиоприемного устройства зависит от диапазона частот. В диапазонах ДВ и СВ (а иногда и КВ) часто применяют внутренние магнитные антенны, представляющие собой катушки, размещенные на ферритовом стержне. Они являются весьма компактными и обладают пространственной избирательностью.

Кроме того, на этих частотах используют внешние рамочные антенны, подключаемые через специальный разъем. Такие конструкции также имеют избирательную диаграмму направленности, максимумы которой лежат в плоскости рамки. По своим параметрам рамочные антенны превосходят ферритовые, особенно на более высоких частотах рабочего диапазона.

В диапазонах коротких и ультракоротких волн хорошие результаты дает применение штыревых телескопических антенн, конструкция которых весьма проста и удобна, а диаграмма направленности имеет тороидальную форму и равномерна в плоскости, перпендикулярной оси штыря.

Входное устройство (ВУ) выполняет две основные функции: осуществляет предварительную селекцию сигналов и согласовывает параметры антенны с входом первого активного элемента усилителя радиочастоты (УРЧ). Под предварительной селекцией понимается не только обеспечение избирательности по зеркальному каналу и каналу прямого прохождения промежуточной частоты, но и ослабление мощных помех, которые могут вызвать перекрестную и интермодуляцию. Обычно в качестве ВУ используют

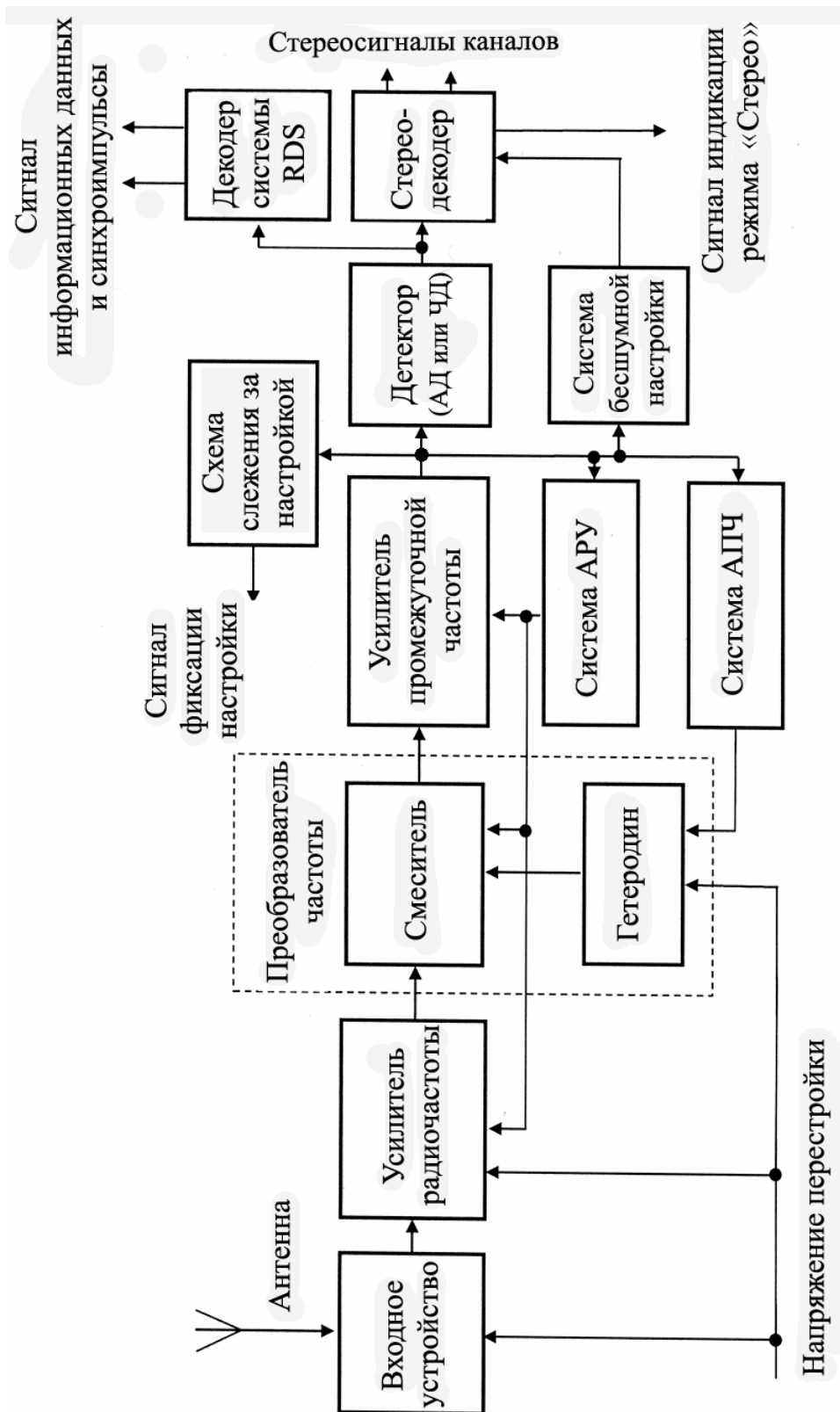


Рис. 4.1. Обобщенная структурная схема радиоприемного тракта

несложную одноконтурную или двухконтурную избирательную систему. Применение более сложных схем затрудняет процесс перестройки в рабочем диапазоне частот. Связи ВУ с антенной и активным элементом выполняются с помощью емкостей и катушек индуктивности. Полосу пропускания входного устройства делают достаточно широкой (шире полосы спектра полезного сигнала), а коэффициент передачи – как можно более высоким и постоянным в диапазоне принимаемых частот.

Усилитель радиочастоты является первым активным каскадом радиоприемного устройства. Чаще всего он строится по резонансной схеме с одноконтурными или двухконтурными фильтрами в нагрузке, настроенными на несущую частоту сигнала, хотя иногда встречаются и апериодические схемы. В последнем случае нагрузкой активного элемента служит резистор. Основные задачи УРЧ – предварительная селекция и усиление сигнала до уровня, достаточного для работы последующих блоков схемы.

Часто УРЧ вместе с входным устройством в технической литературе называют преселектором. Преселектор обеспечивает избирательность радиоприемника по зеркальному каналу, каналу промежуточной частоты и другим дополнительным каналам приема, указанным в разделе 2.2. Так как полоса пропускания УРЧ также существенно шире спектра полезного сигнала, считается, что преселектор практически не оказывает влияния на избирательность по соседнему каналу, имеющему небольшую расстройку по частоте относительно сигнала.

Важную роль играет правильный выбор коэффициента усиления преселектора. С одной стороны, при его увеличении улучшаются шумовые свойства радиоприемника, определяемые в основном как раз первыми каскадами схемы, а также возрастает чувствительность. Но, с другой стороны, при высоком уровне сигналов возможен переход активных элементов на нелинейные участки рабочих характеристик и, как следствие, возникновение искажений сигналов, вызванных интермодуляцией и перекрестной модуляцией. Кроме того, при сильном сигнале на входе преобразователя частоты, следующего за преселектором, возникают дополнительные паразитные каналы приема.

Преобразователь частоты, состоящий из смесителя и гетеродина, является наиболее важным блоком супергетеродинного ра-

диоприемника, отличающим его от приемника прямого усиления. В его задачу входит перенос спектра полезного сигнала без его искажения с высокой несущей частоты обычно на более низкую, называемую промежуточной. Заметим, что встречаются также схемы, в которых промежуточная частота выбирается более высокой, чем несущая частота сигнала (инфрадинный приемник). Процесс преобразования частоты осуществляется с помощью смесителя и гетеродина.

Смеситель представляет собой либо нелинейное устройство, либо линейное устройство с переменными параметрами, а **гетеродин** – это местный генератор гармонического сигнала, с помощью которого и производится управление параметрами смесителя. В результате взаимодействия напряжений с частотами сигнала f_c и гетеродина f_r на выходе преобразователя образуется ряд новых частот, величины которых определяются по формуле

$$f_{\text{пр}} = |nf_c \pm mf_r|,$$

где m и n – любые целые числа, являющиеся номерами гармоник соответствующих колебаний.

На практике стараются уменьшить количество указанных гармоник, для чего не допускают чрезмерного усиления сигнала в преселекторе и обеспечивают высокую спектральную чистоту сигнала гетеродина.

Наибольший коэффициент передачи преобразователя частоты обеспечивается при работе на первых гармониках указанных сигналов, поэтому в качестве промежуточной чаще всего выбирают частоту, определяемую формулой

$$f_{\text{пр}} = |f_c - f_r|.$$

Если $f_c > f_r$, то говорят о нижней настройке гетеродина, в противном случае – о его верхней настройке.

Из приведенной формулы следует, что преобразователь частоты сформирует одинаковые колебания с частотой $f_{\text{пр}}$, если на входе имеется один из двух сигналов: с частотой $f_c = f_r + f_{\text{пр}}$ или $f_c = f_r - f_{\text{пр}}$. Одна из них выбирается в качестве основного канала приема, а другая называется зеркальным каналом. Название зеркальный канал отражает тот факт, что его частота симметрична (зеркаль-

на) основной частоте относительно частоты гетеродина. Естественно, что разность частот основного и зеркального каналов составляет $2f_{\text{пр}}$.

В радиовещании значения промежуточных частот стандартизованы. Для тракта приема АМ сигналов российских моделей приемников $f_{\text{пр}}$ должна быть 465 ± 2 кГц, а для тракта приема ЧМ сигналов — $10,7 \pm 0,1$ МГц. В зарубежных моделях при приеме АМ сигналов используются другие значения промежуточной частоты, в частности, величина 450 кГц (встречается и значение 455 кГц). Это обстоятельство практически никак не влияет на потребительские параметры радиоприемного устройства, а важно только для проведения ремонтных и регулировочных работ. Промежуточная частота, используемая в тракте FM, равна 10,7 МГц.

Очень важно, что при перестройке радиоприемника по диапазону промежуточная частота остается постоянной. Это достигается одновременным изменением параметров контуров преселектора и гетеродина. Постоянство величины $f_{\text{пр}}$ позволяет использовать в последующих блоках структурной схемы сложные неперестраиваемые избирательные системы с высокими селективными свойствами. При этом также проще обеспечить стабильность характеристик устройств обработки.

Стабильность сигнала промежуточной частоты напрямую связана со стабильностью сигнала гетеродина, на параметры которого влияют изменения напряжения питания, температуры и влажности окружающей среды. Для уменьшения этих воздействий применяют специальные радиокомпоненты и материалы, способы монтажа, а также схемы стабилизации напряжения и частоты.

Одним из способов повышения стабильности промежуточной частоты и уменьшения нестабильности частоты гетеродина является применение систем автоматической подстройки частоты (АПЧ). Структурная схема такой системы показана на рис. 4.2. Она представляет собой кольцевую структуру с обратной связью. Входным сигналом для нее является колебание промежуточной частоты. Оно воздействует на элемент блока различителя, в качестве которого используется частотный или фазовый детектор. В первом случае система АПЧ называется частотной (ЧАПЧ), во втором — фазовой (ФАПЧ). Точность слежения системы ФАПЧ выше: она позволяет уменьшить расстройку частоты анализируемого сигнала до нуля, тогда как ЧАПЧ — до значения, в $K_{\text{АПЧ}}$ раз меньшего начальной

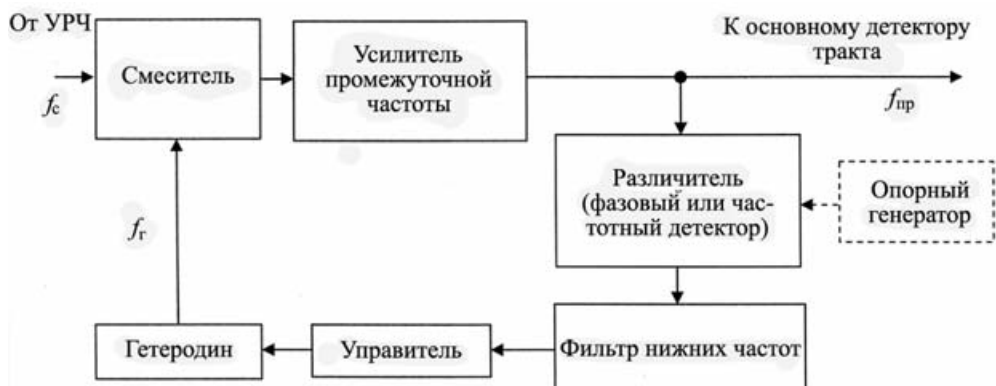


Рис. 4.2. Структурная схема системы автоматической подстройки частоты расстройки, где $K_{АПЧ}$ — коэффициент автоподстройки, определяемый параметрами схемы.

Различитель формирует напряжение, пропорциональное разности действительного и требуемого значения промежуточной частоты (или фаз колебаний промежуточной частоты и опорного генератора в случае ФАПЧ). После фильтра нижних частот (или специального пропорционально-интегрирующего фильтра) формируется напряжение для блока управителя, регулирующего параметры контура гетеродина с целью уменьшения расстройки величины $f_{пр}$ относительно номинального значения. В качестве такого элемента чаще всего выступает варикап. Часто указанные фильтры выполняются активными, т.е. с усилением.

В последнее время в связи с широким использованием цифровых методов обработки сигналов систему ФАПЧ приемника обычно совмещают со схемой цифрового синтезатора частоты. Принцип построения такого синтезатора иллюстрируется рис. 4.3. В его основе лежит сравнение в частотно-фазовом детекторе (ЧФД) частот гетеродина $f_г$ и опорного кварцевого генератора (ОГ) $f_{ог}$, в результате чего формируется напряжение рассогласования U_p , подаваемое на элементы управления частотой гетеродина. Частота опорного генератора обычно выбирается достаточно высокой для обеспечения требуемой стабильности и шага сетки частот синтезатора. Частотно-фазовый детектор работает на более низкой частоте, поэтому в схеме установлен делитель с фиксированным коэффициентом деления. Так как в ЧФД производится сравнение сигналов с близкими частотами, при перестройке тракта необходимо изменение коэффициента деления частоты гетеродина. Эту задачу решает делитель



Рис. 4.3. Обобщенная структурная схема цифрового синтезатора частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД), а требуемая величина коэффициента деления заносится в него по цифровой шине управления обычно от микроконтроллера системы управления радиоприемником. Вся указанная обработка осуществляется цифровым способом, поэтому необходимо предварительное преобразование гармонического сигнала гетеродина в последовательность импульсов той же частоты, а также обратное преобразование выходного импульсного сигнала ЧФД в аналоговый сигнал. Последнюю функцию выполняет фильтр нижних частот (ФНЧ).

К основным характеристикам системы АПЧ следует отнести полосу захвата и полосу удержания. Полоса захвата определяется максимальной начальной расстройкой, при которой обеспечивается подстраивающее действие системы АПЧ. При очень большой ее величине возможен даже захват сильным сигналом соседней по частоте радиостанции. Полоса удержания определяется при увеличении начальной расстройки от малых значений к большим и равна максимальной расстройке, при которой еще сохраняется подстраивающее действие системы АПЧ. Полоса удержания не должна быть меньше суммарного диапазона нестабильности частот принимаемого сигнала и сигнала гетеродина.

Система АПЧ не всегда используется в диапазонах длинных и средних волн, а в диапазоне коротких волн из-за сильных замираний принимаемого сигнала ее действие может даже привести к спонтанной перестройке на другую рабочую частоту. В диапазоне ультракоротких волн для обеспечения качественного приема радиосигналов использование АПЧ желательно и даже необходимо.

В перестраиваемых гетеродинах современных приемников широко используются цифровые синтезаторы, реализующие прямой

гармонический синтез. Суть метода проста: заранее записанные в ПЗУ отсчеты синусоиды считываются с требуемой скоростью, после чего преобразовываются в цифро-аналоговом преобразователе в аналоговое напряжение гетеродина необходимой частоты.

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) выполняет в супергетеродинном приемнике основное усиление полезного сигнала, обеспечивает требуемую избирательность по соседнему каналу и необходимую ширину полосы пропускания тракта. Выходное напряжение УПЧ должно быть достаточным для нормального функционирования следующего за ним детектора. Избирательные системы УПЧ настроены на промежуточную частоту и обладают высокой добротностью (сотни единиц), а в полосе пропускания суммарная неравномерность их амплитудно-частотных характеристик не должна превышать значения 3...6 дБ. Обеспечить такие высокие параметры довольно непросто. Для этого обычно используют один из двух вариантов построения УПЧ: избирательность рассредоточена по тракту (применяется редко) или полная избирательность обеспечивается фильтром сосредоточенной селекции (ФСС).

В первом случае избирательные LC -фильтры устанавливаются в каждом усилительном каскаде УПЧ, причем в качестве этих фильтров используют обычно не одиночные, а двухконтурные полосовые фильтры на связанных контурах (ДПФ), обладающие лучшими селективными свойствами. Настройка таких систем при большом их количестве достаточно сложна.

При использовании ФСС вся избирательность обеспечивается одним этим фильтром, а остальные каскады УПЧ выполняются апериодическими и служат только для обеспечения требуемого коэффициента усиления тракта. Обычно ФСС включается в качестве нагрузки смесителя или первого каскада УПЧ.

Фильтры сосредоточенной селекции представляют собой единую конструкцию, состоящую из цепочки связанных резонаторов. В качестве резонаторов используются LC -контуры, пластины из пьезоэлектрических материалов, а также механические резонаторы.

В радиовещательных приемниках число резонаторов в виде LC -контуров обычно от трех до шести. В последнее время в качестве ФСС чаще всего используют пьезокерамические фильтры, обладающие небольшими габаритными размерами, малой массой и хорошей стабильностью амплитудно-частотных характеристик, что, естественно, позволяет существенно упростить конструкцию тракта и наладку радиоприемника. Пьезокерамические фильтры харак-

теризуются определенной полосой пропускания и средней частотой настройки. Кроме того, они могут иметь различную избирательность, поэтому не всегда взаимозаменяемы. Для трактов обработки радиовещательных АМ сигналов такие фильтры имеют частоту настройки 465 кГц (Россия) или 450; 455 кГц (зарубежные модели), а для трактов ЧМ частота настройки равна 10,7 МГц. При повышенных требованиях к избирательности в УПЧ может устанавливаться не один, а несколько таких фильтров. Для нормальной работы пьезокерамического ФСС необходимо согласование его входа и выхода с окружающими каскадами. Согласование на входе обычно осуществляется с помощью одиночного колебательного контура, который, кроме того, корректирует суммарную АЧХ тракта вне полосы пропускания ФСС.

Как уже было сказано выше, усилитель промежуточной частоты должен обеспечить на входе детектора определенный уровень сигнала (обычно 0,5...1 В). При изменениях уровня входного сигнала за счет замираний, вызванных условиями распространения радиоволн, или за счет изменения расстояния между передатчиком и приемником следует ожидать аналогичного изменения уровня сигнала на выходе УПЧ. Это влияет на качество обработки сигнала, может вызвать перегрузку каскадов и, как следствие, появление нелинейных искажений. Чтобы этого не происходило, в радиоприемных устройствах применяется система автоматической регулировки усиления (АРУ). При ее использовании существенно возрастает динамический диапазон приемника, под которым понимается отношение максимально возможного сигнала на входе, при котором обеспечивается качественное воспроизведение, к чувствительности. Принцип АРУ заключается в автоматическом изменении коэффициентов усиления (или передачи) отдельных каскадов приемника при изменении уровня входного сигнала. Качество ее функционирования оценивается соотношением величин изменения входного и выходного сигналов.

В радиовещательных приемниках, как правило, применяется АРУ обратного регулирования (рис. 4.4). При этом детектором уровня (амплитудный детектор с достаточно большой постоянной времени) оценивается средний уровень выходного сигнала УПЧ. После фильтра нижних частот (ФНЧ) получается напряжение, пропорциональное величине выходного сигнала; оно и является управляющим для регулировки коэффициентов усиления предыдущих каскадов – УРЧ, ПЧ (редко), УПЧ. Иногда для повышения эффек-

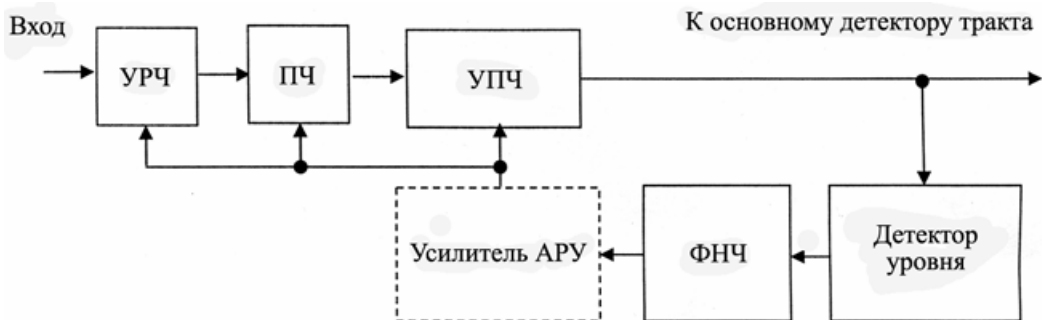


Рис. 4.4. Структурная схема АРУ обратного регулирования

тивности регулирования это напряжение дополнительно усиливается. В некоторых моделях радиоприемников для устранения эффекта подавления системой АРУ слабых сигналов вводят задержку по напряжению момента включения регулировки.

Для защиты от перегрузок в тракте УПЧ при приеме ЧМ сигналов применяют также систему ограничения их амплитуды, начиная с некоторого заданного уровня.

При наличии в радиоприемнике функции автоматической настройки в его структуру включается схема слежения за настройкой. Она оценивает уровень принимаемого сигнала на выходе последних каскадов УПЧ и в момент, когда этот уровень становится достаточным для нормальной работы последующих каскадов, формируется импульсное напряжение, подтверждающее факт настройки на радиостанцию. Это напряжение передается в схему управления приемником.

На этом же принципе работает и система бесшумной настройки радиоприемника. В ее задачу входит запрещение прохождения сигнала в низкочастотные цепи в процессе настройки, когда прослушиваются только шумы эфира.

Детектор (демодулятор) сигналов предназначен для выделения низкочастотного информационного сигнала из колебания промежуточной частоты. В зависимости от используемого вида модуляции применяется и соответствующий детектор. Так, в диапазонах длинных, средних и коротких волн, где принимаемые сигналы имеют амплитудную модуляцию, устанавливается амплитудный детектор, в диапазоне ультракоротких волн – частотный детектор.

Амплитудный детектор формирует на выходе сигнал, пропорциональный огибающей входного колебания, и строится либо на

нелинейных полупроводниковых приборах (диоды, транзисторы), либо по схеме синхронного детектора. В первом случае его схема значительно проще, ее работа основана на использовании особенностей вольтамперных характеристик нелинейных элементов, а во втором случае дополнительно требуется схема формирования опорного сигнала на основе ФАПЧ. Следует отметить, что качество приема сигналов с использованием синхронного детектора значительно выше.

Изменение выходного напряжения частотного детектора во времени должно точно повторять закон изменения частоты входного сигнала и не должно зависеть от колебаний его амплитуды. Поскольку при передаче сигналов ЧМ в модулирующий сигнал вводятся предискажения (искусственное подчеркивание высших модулирующих частот), на выходе частотного детектора включается цепь коррекции этих предискажений. В радиовещательных приемниках часто используют так называемый дробный детектор, достаточно хорошо подавляющий паразитную амплитудную модуляцию принимаемого сигнала. Находит применение также более прогрессивная, но и более сложная схема, основанная на использовании системы ФАПЧ.

И тот, и другой детекторы должны иметь возможно больший коэффициент передачи и обеспечивать достаточную фильтрацию напряжения промежуточной частоты.

В моделях высокого класса для приема стереофонических программ в УКВ диапазоне после частотного детектора устанавливается стереодекодер. В его задачу входит выделение низкочастотных колебаний левого и правого стереоканалов из комплексного стереосигнала.

При приеме сигналов, в которых содержится КСС с полярной модуляцией (система OIRT), вначале производится восстановление уровня поднесущей $F_{\Pi} = 31,25$ кГц с помощью высокочастотных резонансных систем. Далее возможны три разных способа декодирования. При полярном детектировании по огибающей (с помощью двух амплитудных детекторов с разной полярностью включения диодов – рис. 4.5) порознь детектируются верхние и нижние полуволны КСС (рис.1.2).

Суммарно-разностное преобразование с разделением спектров основано на использовании особенностей спектра КСС, содержащего низкочастотный сигнал $(A + B)$ и модулированную по амплитуде сигналом $(A - B)$ поднесущую $F_{\Pi} = 31,25$ кГц.



Рис. 4.5. Полярное детектирование огибающей

После выделения с помощью полосового фильтра этой модулированной поднесущей и ее детектирования получается сигнал $(A - B)$. Окончательное выделение аудиоинформации происходит с помощью резисторного матрицирования суммарного и разностного сигналов каналов (рис. 4.6).

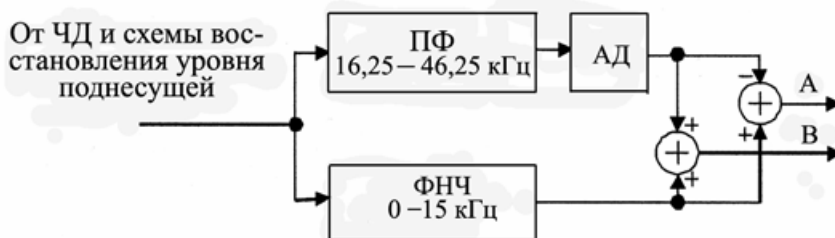


Рис. 4.6. Суммарно-разностное преобразование с разделением спектров

Временное разделение каналов КСС выполняется с помощью ключевой схемы, разделяющей во времени обработку положительных и отрицательных полувольт поднесущего колебания – рис. 4.7. Разумеется, этот способ требует формирования опорного колебания, синхронизированного с входящей в КСС поднесущей.

При приеме сигналов с системой кодирования CCIR (пилот-тон) стереодекодер (рис. 4.8) содержит следующие узлы:

- кольцо фазовой автоподстройки частоты (ФД1 – ФНЧ1 – ОГ –



Рис. 4.7. Временное разделение каналов (ПД – пиковые детекторы)

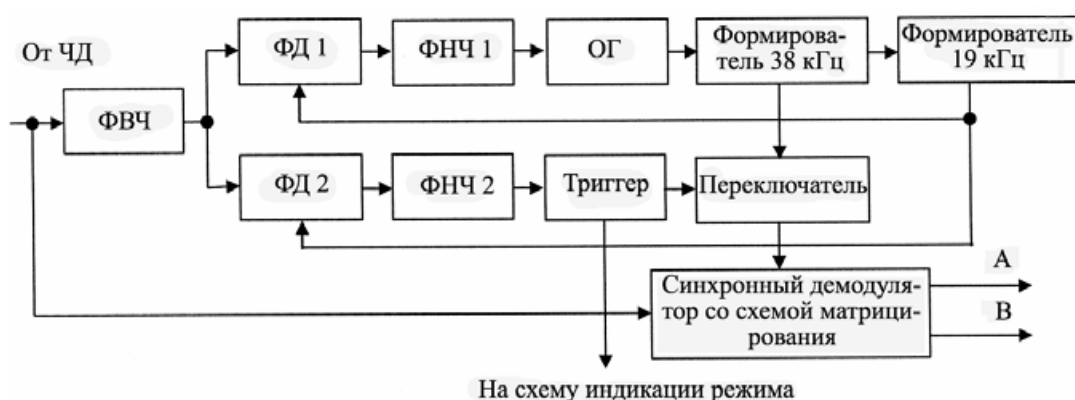


Рис. 4.8. Структурная схема стереодекодера системы пилот-тон

формирователи 38 кГц и 19 кГц), необходимое для синхронизации сигналов местного опорного генератора (ОГ) с принимаемым пилот-сигналом на частоте 19 кГц;

- фазовый детектор (ФД 2) пилот-сигнала;
- синхронный демодулятор стереосигналов, работающий на частоте 38 кГц, со схемой матрицирования суммарного и разностного сигналов каналов.

Фильтр верхних частот (ФВЧ) осуществляет предварительное спектральное разделение входных сигналов. Синхронный демодулятор выделяет разностный сигнал каналов и включается по сигналу триггера при наличии в выходном сигнале частотного детектора FM тракта колебания с частотой 19 кГц. В результате матрицирования суммарного и разностного сигналов формируются колебания левого и правого каналов. Если пилот-сигнал отсутствует, то на выходе стереодекодера присутствует только суммарный сигнал (A + B).

При опознавании комплексного стереосигнала в схемах стереодекодеров обычно формируется сигнал подтверждения, который используется для индикации режима. Критерием оценки служит достаточный уровень сигнала восстановленной поднесущей или наличие напряжения на выходе детектора пилот-сигнала.

В состав узлов последетекторной обработки сигналов часто входят схемы, служащие для снижения уровня шума при приеме стереопрограмм. Принцип их работы основан на автоматическом изменении полосы пропускания тракта в зависимости от помеховой обстановки. Отношение сигнал/шум в режиме «Стерео» может состав-

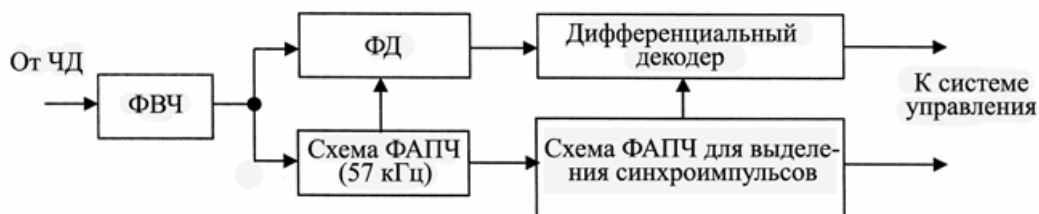


Рис. 4.9. Структурная схема декодера системы RDS

лять 70 дБ. При плохом качестве приема режим «Сtereo» автоматически отключается. Заметим, что включение режима «Моно» может осуществляться и принудительно вручную.

Полезным дополнением является возможность регулировки степени разделения стереоканалов, с помощью которой можно устранить проникновение аудиоинформации из одного канала в другой. Обычно степень разделения стереоканалов находится на уровне 35 – 40 дБ.

Обработка сигналов системы радиоинформации RDS осуществляется с помощью фазового детектирования выходного сигнала частотного детектора FM тракта в специальном декодере, выполняемом обычно в виде отдельной микросхемы или интегрального модуля.

Декодеры RDS (рис. 4.9) содержат схему ФАПЧ, работающую на частоте поднесущей 57 кГц, и фазовый детектор с дифференциальным декодером.

Для разделения спектров аудиосигнала и сигнала информационных данных на входе декодера установлен фильтр высших частот (ФВЧ). Информация, получаемая в результате декодирования, используется микропроцессорной системой управления радиоприемником или аудиокомплексом.

Аудиосигналы после амплитудного детектора (в случае приема АМ сигналов) или частотного детектора со стереодекодером (в случае приема ЧМ сигналов) поступают в низкочастотный тракт обработки сигналов. В некоторых радиоприемниках сигнал с выхода амплитудного детектора также проходит через блок стереодекодера, но не обрабатывается в нем, а минует его транзитом, линейно разделяясь на одинаковые левый и правый каналы.

Следует заметить, что иногда весьма высокие требования к избирательности и чувствительности радиоприемника приводят к тому, что в тракте обработки используется не одна, а две ступени

преобразования частоты. В этом случае схема дополняется еще одним смесителем, гетеродином и усилителем промежуточной частоты с избирательными цепями. В некоторых зарубежных моделях это делается для приема АМ сигналов средневолнового диапазона. При этом первая промежуточная частота выбирается высокой (10,7 МГц), а вторая – низкой (450 кГц), стандартной для трактов АМ радиовещательных приемников.

При совмещении в одном радиоприемнике трактов обработки радиосигналов различных диапазонов с разными видами модуляции используют два основных способа построения схемы: в простых моделях объединение цепей прохождения сигналов осуществляют на уровне промежуточной частоты, и в этом случае одни и те же каскады работают в разных режимах; в моделях высокого класса тракты обработки сигналов АМ и ЧМ независимы и объединяются по низкой частоте.

В сложных моделях высокого класса часть функций описанных блоков может быть передана цифровым микропроцессорным устройствам, выполняющим операции над сигналами по специальным программам обработки.

5. Схемотехника радиоприемных трактов

Схемотехника радиовещательных приемных трактов весьма разнообразна. Конкретная техническая реализация тюнера той или иной модели зависит от его функциональных возможностей и применяемой элементной базы. В последнее время для этих целей фирмами-производителями аудиоаппаратуры обычно используются интегральные микросхемы (ИМС) и модули, содержащие в своем составе отдельные компоненты рассмотренной выше структурной схемы, реализующей супергетеродинный принцип обработки сигналов, хотя встречается и исполнение отдельных каскадов в транзисторных вариантах. Это относится к высокочастотным усилителям, усилителям промежуточной частоты, а также коммутирующим каскадам. В последнем случае используются как биполярные, так и полевые транзисторы в ключевом режиме. Интегральное исполнение узлов позволяет существенно упростить как процессы разработки и изготовления аппаратуры, так и ее обслуживание.

Структура используемых интегральных микросхем и модулей с точки зрения набора тех или иных узлов может быть различна. Это определяется, с одной стороны, предъявляемыми к ним техническими требованиями (рабочая частота, коэффициент усиления и т. п.), а, с другой стороны, – структурными требованиями (универсальность, функциональная законченность).

Ниже рассмотрена схемотехника тюнеров стационарных и автомобильных радиовещательных приемников.

5.1. Микросхемы для додетекторной обработки сигналов

В табл. 5.1 и 5.2 приведены сведения о структуре некоторых наиболее известных ИМС, применяемых в трактах радиовещательных приемников при обработке ЧМ и АМ сигналов соответственно. Анализ данных для микросхем ЧМ приемников, приведенных в табл. 5.1, позволяет сделать ряд заключений. Многие производители ИМС не включают в них каскады усилителей радиочастоты, и зачастую первым узлом микросхемы является каскад УПЧ.

Это связано с довольно высокими значениями граничных частот УКВ (FM) диапазона. При этом в качестве УРЧ и преобразователя частоты используются дополнительные гибридные интегральные модули, включающие в себя указанные узлы вместе с избирательными фильтрами и элементами перестройки.

Многие фирмы-изготовители радиоаппаратуры разрабатывают свои оригинальные модули, обозначаемые на схемах FM FRONT END (FM TUNER PACK) и не встречающиеся в справочной литературе, например, 6ZA-1 YFEENM (модель AIWA Z-M2700), VAF2S12-001 (модель JVC UX-T20), RAL0006 (модель TECHNICS SC-CH530), ENV17290G1R (модель PANASONIC SC-CH40) и т. д.

Принципиальная схема модуля RAL0006 приведена на рис. 5.1. Напряжение питания подводится к выводу 6, входной сигнал от антенны поступает на вывод 1. Первым узлом модуля является перестраиваемая входная цепь, образованная индуктивностями L1, L2 и варикапной сборкой VD1. Усилитель радиочастоты выполнен на полевом транзисторе VT1, включенном по схеме с общим истоком. В цепи его стока через трансформаторную связь L3–L4 включен двухконтурный избирательный фильтр, в который входят элементы L4, L5, VD2, C3 – C5. Гетеродин модуля реализован на транзисторе VT2. Частота формируемого сигнала определяется параметрами контура L6, VD3, C7.

Все три упомянутые избирательные системы перестраиваются одновременно напряжением, подаваемым на вывод 5 модуля. Это напряжение подается на варикапные сборки через резисторы R1, R3, R5 от схемы синтезатора частоты.

В качестве смесителя используется каскад на транзисторе VT3. Напряжения сигнала и гетеродина подаются на его базу: первое – непосредственно с контура УРЧ, а второе – с коллектора VT2 через конденсатор C9.

Такое построение смесителя является не лучшим решением, так как при этом имеется сильное взаимное влияние сигнальных и гетеродинных цепей.

Выходной сигнал смесителя, содержащий комбинационные частоты, в том числе и промежуточную, поступает с коллектора VT3 через индуктивность L7 на вывод 7 модуля и подается далее на вход усилителя промежуточной частоты.

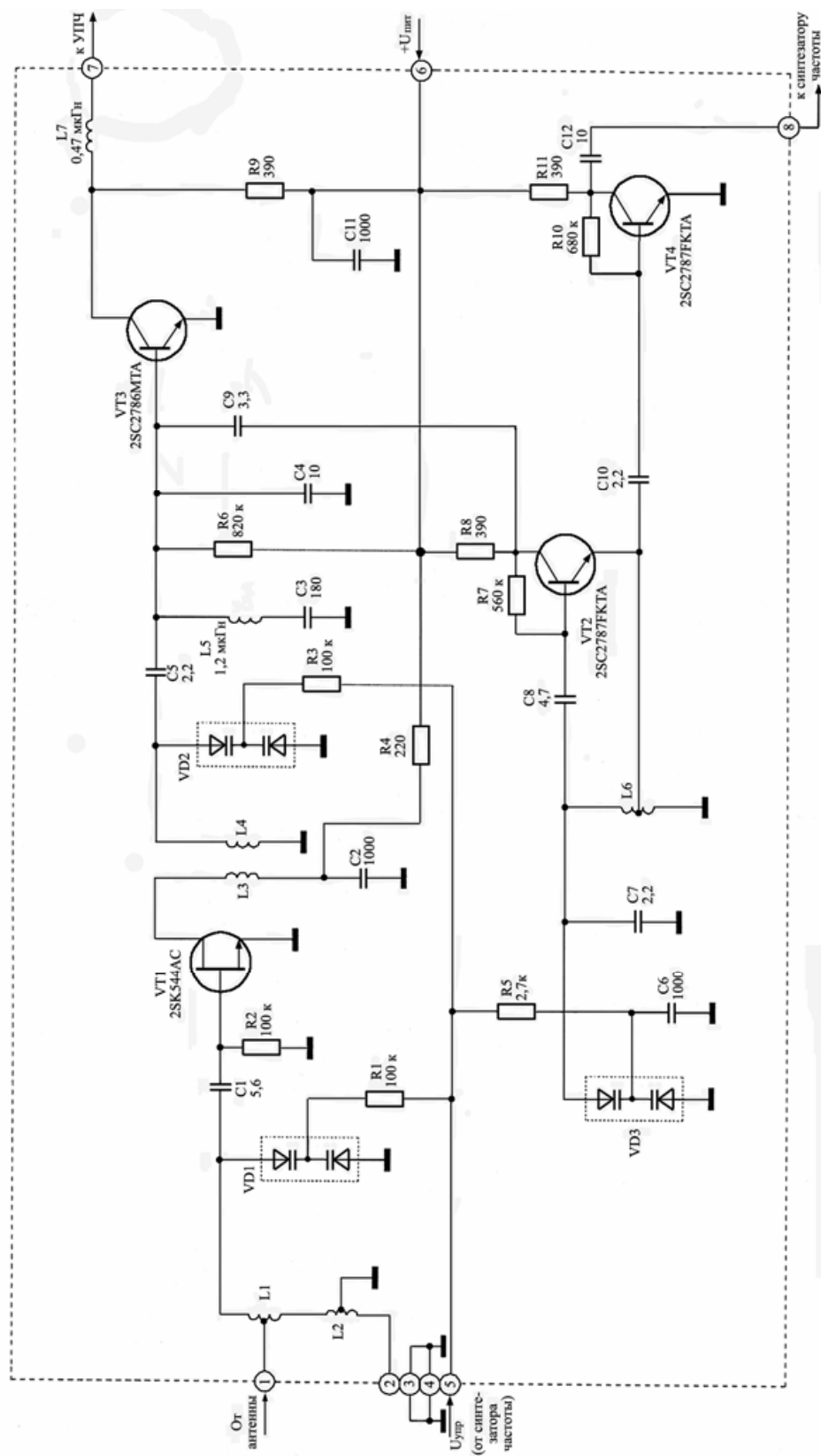


Рис. 5.1. Принципиальная схема высокочастотного модуля RAL0006

**Микросхемы для построения ЧМ приемников
(радиотракт + тракт ПЧ + ЧД)**

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ | ПЧ | УПЧ | ЧД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки |
|----------------------|----------------|-----|------|-----|----|-----|-----|--------------------------------|---------------------|-----|------------------------------------|
| Daewoo | DBL1018 | | | + | + | | + | + | | + | + |
| | DBL1052 | | | + | + | | + | + | | | + |
| Toshiba | TA7358 | + | + | | | | | | | | |
| | TA7303 | | | + | + | | + | + | | | |
| Motorola | MC3374 | | + | + | + | | + | | + | | |
| | MC3371 (3372) | | + | | + | | | + | + | | + |
| | MC3363 | + | +(2) | | + | | | | + | | + |
| | MC3362 | | +(2) | | + | | | | + | | |
| | MC3361 | | + | | + | | | | + | | + |
| | MC1313 (13136) | | +(2) | | + | | | + | + | | + |
| Matsushita El. Corp. | AN7256 | | | + | + | | | + | + | + | |
| | AN7254 | | + | + | | + | | | | | |
| | AN7213 | + | + | | | | | | | | |
| | AN377 | | | + | + | | | + | + | + | |
| | AN278 | | | + | | | | | | | |
| | AN260 | | | + | | | + | + | | | |
| | AN253 | | | + | | | + | | + | | |

Схемотехника радиоприемных трактов

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ | ПЧ | УПЧ | ЧД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки |
|---------------------|----------------------------|-----|----|-----|----|-----|-----|--------------------------------|---------------------|-----|------------------------------------|
| Philips | TDA1574 (1575) | | + | + | | + | | + | | | + |
| | TDA1593 (1596, 1597, 1599) | | | | + | | + | + | + | | |
| | TDA7010 | | + | + | + | | | + | | | + |
| | TDA7021 | | + | + | + | | | + | | | + |
| | TEA5560 | | | + | | | + | | | + | + |
| Siemens | TDA4210 | | | | + | | + | + | + | + | + |
| | TUA4310 | | + | + | | + | + | | | | |
| | TDA4320 | | | | + | | + | + | | | |
| Sanyo | LA1150 | | | + | + | | + | + | + | + | + |
| | LA1140 (1143, 1145) | | | + | + | | + | | + | + | + |
| | LA1175 | | + | + | | + | | | | | |
| | LA1177 | | + | + | | + | | | | | |
| | LA1193 | | + | + | | + | | + | | + | |
| Sprague Allegro | ULN3859 | | + | | + | | | | | | + |
| | ULN3883 | | + | | + | | | | | | + |
| Отечественные ИМС | K174YP3 | | | + | + | + | + | | + | | |
| | K174YP7 | | | + | + | | + | | + | | |
| | K174XA5 (XA6) | | | + | + | | + | + | | + | + |
| | K174XA15 | + | + | | | + | + | | | | |
| | K174XA34 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Сигнал гетеродина необходим также для работы схемы автоподстройки частоты, поэтому в подобных модулях имеется специальный вывод (в данном случае – это вывод 8), который соединяется с входом цифрового синтезатора частот. Для развязки цепей и формирования необходимой амплитуды сигнала в схеме имеется буферный усилитель на транзисторе VT4.

Имеются и интегральные микросхемы, подходящие для построения высокочастотного тракта, например, AN7205, AN7213, AN7254 (Matsushita), TA7335, TA7358, TA7378 (Toshiba), BA4402 (Rohm) и другие. Из отечественных микросхем можно назвать ИМС K174XA15. Для их работы требуются дополнительные навесные элементы. Пример использования ИМС TA7358 в тюнере музыкального центра PANASONIC RX-DT75 приведен на рис. 5.2.

Высокочастотный ЧМ сигнал от антенны через диод VD11 и широкополосный фильтр входной цепи Z1 поступает на вывод 1 микросхемы ИМС1, который является входом усилителя радиочастоты. Нагрузкой УРЧ служит колебательный контур, подключенный к выводу 3. В его состав входят катушка индуктивности L7, конденсатор C15 и варикап VD1, емкость которого изменяется под воздействием управляющего напряжения $U_{упр}$. Вывод 3 одновременно является и выходом УРЧ, он через разделительный конденсатор C26 связан с выводом 4 – входом смесителя тракта. На другой вход этого смесителя через внутренний буферный усилитель поступает сигнал гетеродина, перестраиваемый контур L4, C5, VD4 которого подключается к выводу 7 через конденсатор C34. Изменение емкости указанного варикапа и, следовательно, частоты гетеродина осуществляется синхронно с перестройкой контура УВЧ напряжением $U_{упр}$. В результате смешивания указанных сигналов в нагрузке смесителя – резонансном контуре L5, C25, подключенном к выводу 6, выделяется колебание промежуточной частоты 10,7 МГц, которое затем подается на дальнейшую обработку в первый каскад усилителя промежуточной частоты (Z2, VT4, Z3).

Буферный каскад, необходимый для связи гетеродина с синтезатором частоты, является внешним по отношению к микросхеме DA1. Он выполнен на транзисторе VT3.

Анализ структуры микросхем (табл. 5.1) показывает также, что довольно редко можно встретить встроенные системы автоматической регулировки усиления. Это связано с малым уровнем флуктуаций принимаемых радиосигналов в диапазонах УКВ и FM.

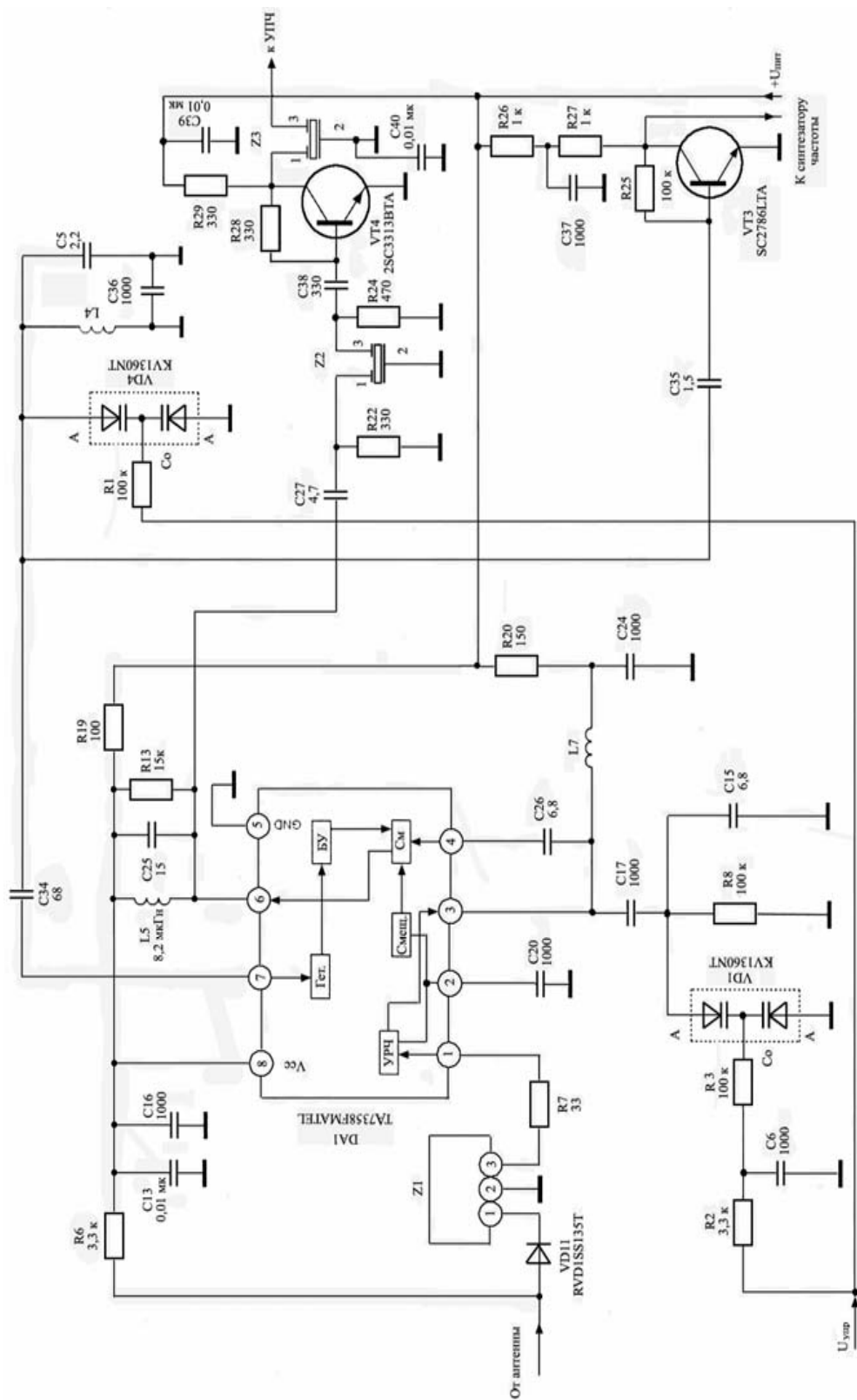


Рис. 5.2. Пример построения высокочастотного тракта тюнера на базе ИМС ТА7358

Более предпочтительным в схемах тюнеров является использование ступенчатой регулировки чувствительности, необходимой при переключении с ближних радиостанций на дальние и наоборот.

Также нечасто встречается и использование элементов встроенных систем АПЧ. Эту функцию обычно выполняют внешние микросхемы цифровых синтезаторов частоты на основе систем фазовой автоподстройки частоты.

Следует заметить, что иногда весьма высокие требования к избирательности и чувствительности радиоприемника приводят к тому, что в тракте обработки используется не одна, а две ступени преобразования частоты. Для этого случая хорошо подходят некоторые ИМС фирмы Motorola (табл. 5.1), в схемах которых предусмотрены два смесителя и два гетеродина. Например, микросхема MC3362 при использовании внутреннего гетеродина имеет максимальную рабочую частоту входного сигнала не менее 200 МГц и обеспечивает чувствительность 0,7 мкВ, соответствующую сигналу -3 дБ от уровня ограничения, и 0,6 мкВ при отношении сигнал/шум 12 дБ

Схема измерения уровня сигнала присутствует во многих микросхемах, предназначенных для построения ЧМ трактов. Она необходима для работы вспомогательных систем радиоприемника, таких как системы автоматического и ручного сканирования по диапазону, бесшумной настройки, декодеров НЧ сигналов. Задача этой схемы заключается в оценке уровня сигнала ПЧ и формировании разрешающего потенциала на ее выходе при достаточной величине этого уровня. Факт появления потенциала при сканировании говорит об уверенной настройке на частоту принимаемого сигнала и возможности нормального функционирования тракта обработки НЧ сигналов. При малой величине сигнала ПЧ ожидаемое отношение сигнал/шум в НЧ тракте явно недостаточно и этот тракт блокируется разными способами (бесшумная настройка).

Каскады предварительного усиления низкочастотных сигналов используются редко — в основном в тех схемах, которые предназначены для работы с монофоническими аудиосигналами.

Информация, приведенная в табл. 5.2, свидетельствует о том, что микросхемы, предназначенные только для построения АМ приемников, являются более функционально законченными — во многих имеется радиочастотный тракт и преобразователь частоты. При этом довольно часто микросхемы предоставляют возможность построения тюнеров с двумя преобразованиями частоты.

**Микросхемы для построения АМ приемников
(радиотракт + тракт ПЧ + АД)**

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | урч | ПЧ | УПЧ | АД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки |
|---------------------|----------------|-----|------|------|----|-----|-----|-----------------------------------|---------------------|-----|---------------------------------------|
| Matsu- shita | AN259 | + | + | + | | + | | | | | |
| Sony | CXA1015 | | + | + | | + | + | + | + | | |
| | CXA1032 | + | + | | + | + | + | | + | | |
| | CXA1033 | | + | + | | + | + | + | + | | |
| | CXA1329 | + | + | + | + | | + | | + | | |
| | CXA1600 | + | + | + | + | + | | | + | | |
| Mo- torola | MC13030 | | +(2) | + | + | + | | + | | | |
| Tele- funken | TDA1072 | + | + | + | + | + | + | + | | | + |
| Philips | TDA1572 | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| | TEA6200 | | + | + | + | + | + | | + | | |
| | TEA5550 | + | + | + | + | + | + | | | | + |
| | TEA5551 | | + | + | + | + | + | | + | | |
| Siemens | TDA4360 | | + | +(2) | + | + | + | + | | | |
| Allegro | A3844 | | +(2) | + | + | + | + | | | + | |
| | A3848 | | +(2) | + | + | + | + | | | + | |

Радиовещательные приемники

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ | ПЧ | УПЧ | АД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки |
|--------------------------------|----------------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----------------------------------|---------------------|-----|---------------------------------------|
| Daewoo | DBL1019 | | + | + | + | + | | + | | + | |
| | DBL1055 | | + | + | + | + | | + | | + | |
| Sanyo | LA1130 | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| | LA1135 | | + | + | + | + | | + | | | |
| Sprague, Allegro | ULN3841 | | + | + | + | + | + | | | | + |
| Отече- ствен- ные ИМС | K174XA2 | + | + | + | | + | + | | | | |
| | K175ДА1 | | | | + | + | | | | | |

Условия приема радиоволн в диапазонах ДВ (LW), СВ (MW), КВ (SW) требуют наличия в радиоприемных трактах систем автоматической регулировки усиления, поэтому все представленные микросхемы снабжены такими узлами. Что касается других дополнительных систем (АПЧ, схема измерения уровня сигнала и др.), то они строятся практически так же, как и в ЧМ трактах. Относительно редко встречаются элементы системы бесшумной настройки, что связано с потенциально невысоким качеством приема АМ сигналов.

В АМ трактах отечественных радиоприемников широко используется микросхема K174XA2. Ее структурная схема представлена на рис. 5.3, а одна из схем включения – на рис. 5.4).

Микросхема K174XA2 содержит усилитель радиочастоты, гетеродин, смеситель, усилитель промежуточной частоты, элементы системы автоматической регулировки усиления и стабилизатор. В схеме, приведенной на рис. 5.4, селекцию входного АМ сигнала осуществляет контур L2, C1, C2.1, включенный на входе дополнительного усилителя радиочастоты, выполненного на полевом транзисторе VT1.

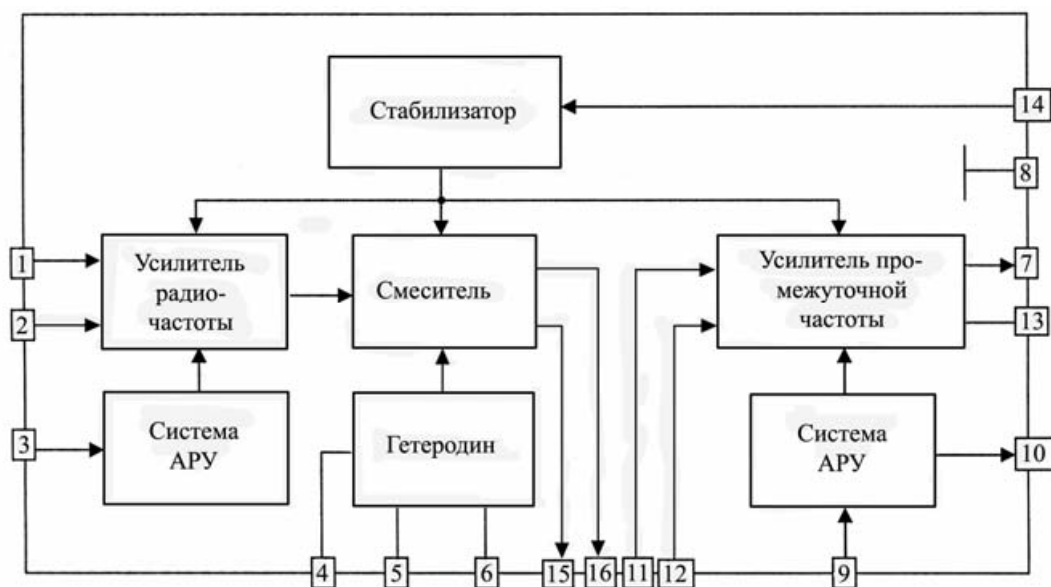


Рис. 5.3. Структурная схема микросхемы K174XA2

Частота колебаний гетеродина определяется контуром L3, C2.2, C6, C7. Сигнал промежуточной частоты выделяется контуром L5, C9 и последующим полосовым пьезокерамическим фильтром Z1 (465 кГц). С выхода УПЧ сигнал приходит через контур L7, C15 на амплитудный детектор, выполненный на диоде VD1. Цепочка R10, C16 выделяет напряжение АРУ, оно подводится к внутренним каскадам микросхемы через вывод 9.

Во многих рассмотренных ИМС, а также и в ИМС, приведенных ниже, имеются встроенные схемы питания – стабилизаторы или источники опорного напряжения (ИОН). Это, конечно, является положительным фактором и существенно повышает стабильность параметров микросхем.

Более интересными для построения всеволновых тюнеров представляются интегральные микросхемы, совмещающие в себе функциональные узлы обоих трактов обработки сигналов – АМ и ЧМ – по детекторы включительно. В табл. 5.3 приведены данные по структуре наиболее распространенных ИМС такого типа.

Эти электронные компоненты чаще всего содержат полный набор необходимых узлов. Таким образом, для построения всеволнового тюнера необходимо добавить лишь избирательные элементы трактов радио- и промежуточной частот и схему цифрового синтезатора частоты. В качестве навесных элементов обычно исполь-

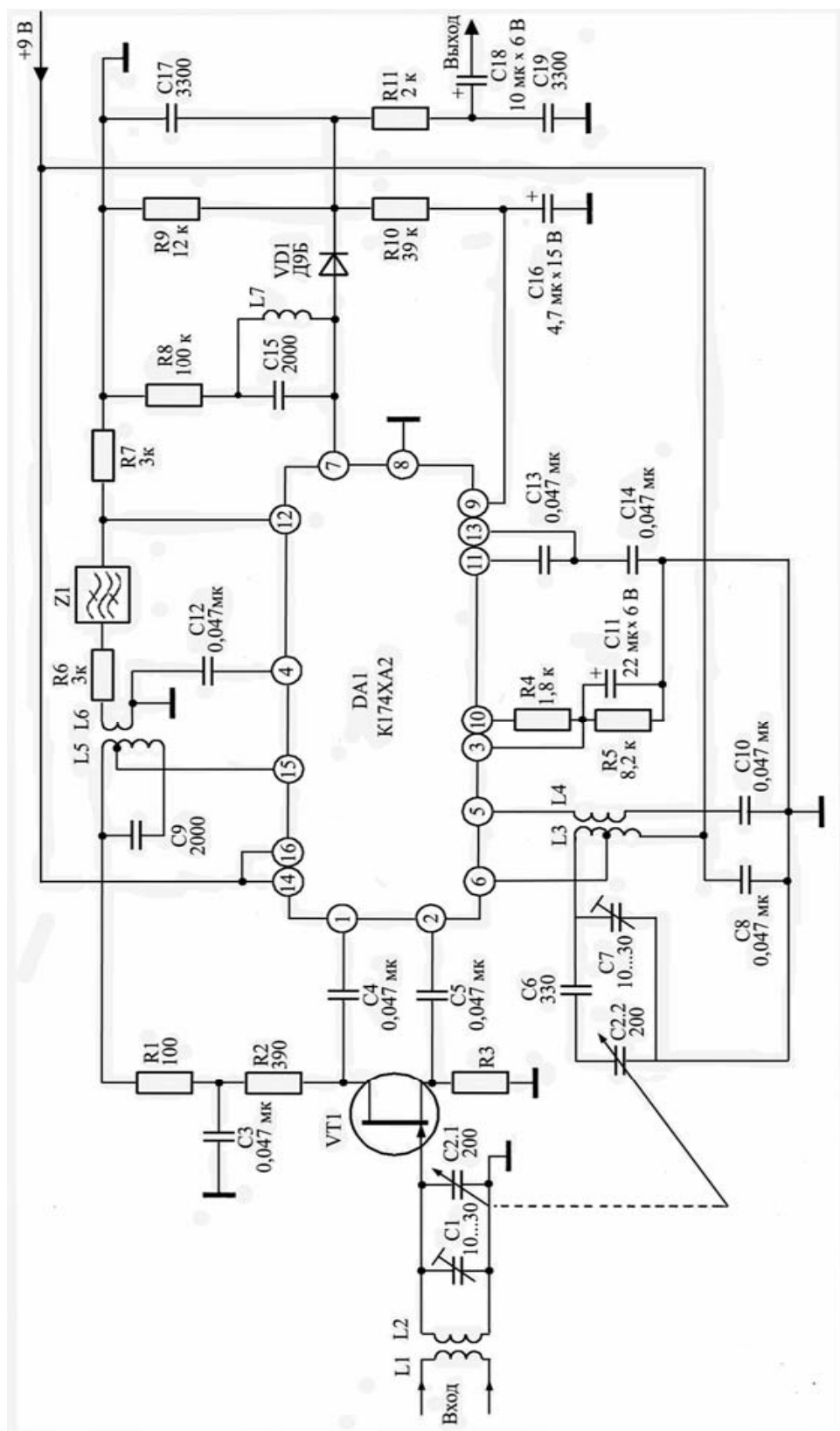


Рис. 5.4. Схема включения микросхемы К174ХА2

Микросхемы для построения совмещенного тракта АМ/ЧМ (радиотракт + тракт ПЧ + детектор)

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ | ПЧ | УПЧ | Детекторы | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки | Коммутатор |
|---------------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------------------------------|---------------------|-----------|---------------------------------------|------------|
| Matsushita | AN217/366 | + (АМ) | + (АМ) | + | | + (АМ) | | | | | | |
| | AN7218, AN7266 | + (АМ) | + (АМ) | + | | + (АМ) | | | | | | |
| Sony | CX20111, CXA1111 | | + | | + | + | | + | | | | + |
| | CXA1019, CXA1191, CXA1280 | + | + (ЧМ) | + | | | + | + | | | | |
| | CXA1030 | | + | + | + | + | | + | + | + | | |
| Telefunken | TDA1083 | + (АМ) | + (АМ) | + | + | | + | | + | | | |
| Philips | TEA5570 | | + | + | + (АМ) | + | + | + | | | | + |
| | TEA5591 | + | + | + | + | + (АМ) | + | | | | | + |
| | TEA5592 | + | + | + | + | + | + | + | | + (ЧМ) | | + |
| | TEA5594 | + | + | + | + | + | | + | | | + | + |
| | TEA5710 | + | + | + | + | + | + | + | | + (ЧМ) | | + |
| Sanyo | LA1265 | + (АМ) | + (АМ) | + | + | + (АМ) | | + | + | | | |

Радиовещательные приемники

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ | ПЧ | УПЧ | Детекторы | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки | Коммутатор |
|----------------------|----------------|------|------|-----|-----------|------|-----|-----------------------------------|---------------------|------|---------------------------------------|------------|
| RCA | РА2021 | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | + |
| Отечественные ИМС | К174ХА10 | + | + | | + | | + | | + | + | | + |
| | | (АМ) | (АМ) | | (АМ) | (АМ) | | | | (ЧМ) | | |

зуются полосовые пьезокерамические фильтры ПЧ 10,7 МГц и 450 кГц (или 465 кГц), фазосдвигающий контур ЧМ детектора, гетеродинный и сигнальный контуры АМ тракта. Для повышения чувствительности и снижения коэффициента шума приемника АМ сигналов на соответствующем входе иногда включают дополнительные усилители радиочастоты на полевых транзисторах. Отсутствие в некоторых из приведенных ИМС узлов преселектора ЧМ тракта, как и в табл. 2.1, объясняется высокими значениями граничных частот диапазона УКВ (FM).

Весьма удобной особенностью является наличие в большинстве микросхем внутреннего коммутатора АМ и ЧМ трактов. При этом переключение диапазонов тюнера осуществляется электронным способом.

Пример использования микросхемы AN7273 в музыкальном центре PANASONIC SC-CH40 показан на рис. 5.5. В режиме АМ принимаемый сигнал подается через контур входной цепи, входящий в экранированный модуль Z2, на вывод 3 микросхемы, который является входом усилителя радиочастоты. Выход УРЧ соединен с первым входом смесителя АМ. На второй его вход подается колебание гетеродина, резонансный контур которого подключен к выводу 18 и также размещается в модуле Z2.

Избирательная нагрузка смесителя состоит из согласующего колебательного LC контура и пьезокерамического фильтра Z1, объединенных в единый модуль Z3. Эти элементы подключаются между выводами 4 и 7 микросхемы. Сигнал промежуточной частоты далее усиливается в УПЧ и детектируется в АМ детекторе. К выходу этого детектора (выв. 6) подключается конденсатор C10, определяющий постоянную времени его выходной цепи. После внутренней схемы блокировки и подавления щелчков НЧ сигнал приходит на вход предварительного УНЧ, усиливается и формируется на выводе 13 микросхемы. Далее он подается через фильтр R10, C21 в НЧ тракт музыкального центра.

Сигнал промежуточной частоты тракта ЧМ (FM) приходит от внешнего блока преселектора и преобразователя через пьезокерамический фильтр CF2 на вывод 1 микросхемы. После усиления в УПЧ он детектируется квадратурным частотным детектором, и полученный низкочастотный сигнал через УНЧ также поступает на вывод 13. Для работы частотного детектора к выводу 12 подключен колебательный контур T1, настроенный на частоту 10,7 МГц.

Внутренняя система автоматической регулировки усиления охватывает каскады УРЧ, смесителя АМ и УПЧ. В качестве детектора АРУ используется детектор АМ тракта, но постоянная времени системы АРУ гораздо больше, чем постоянная времени выходной цепи АМ детектора.

Она определяется емкостями конденсаторов C9, C10, подключенных к выводам 5 и 6, соответственно. Для осуществления функции автоматической настройки, а также бесшумной настройки, в микросхеме имеется измеритель уровня сигнала, оценивающий напряжение сигнала на выходах УПЧ трактов. Его сигнал используется для включения индикации настройки (вывод 15) и схемы блокировки звука.

Переключение режимов FM/АМ осуществляется коммутацией напряжения питания на выводах 18 и 2.

Из отечественных подобных микросхем находит применение DA1 K174XA10, структурная схема которой представлена на рис. 5.6, а схема включения – на рис. 5.7. В состав ИМС K174XA10 входят смеситель, гетеродин, усилители промежуточной (УПЧ), радио- (УРЧ) и низкой (УНЧ) частот, детекторы АМ и ЧМ сигналов и стабилизатор напряжения.

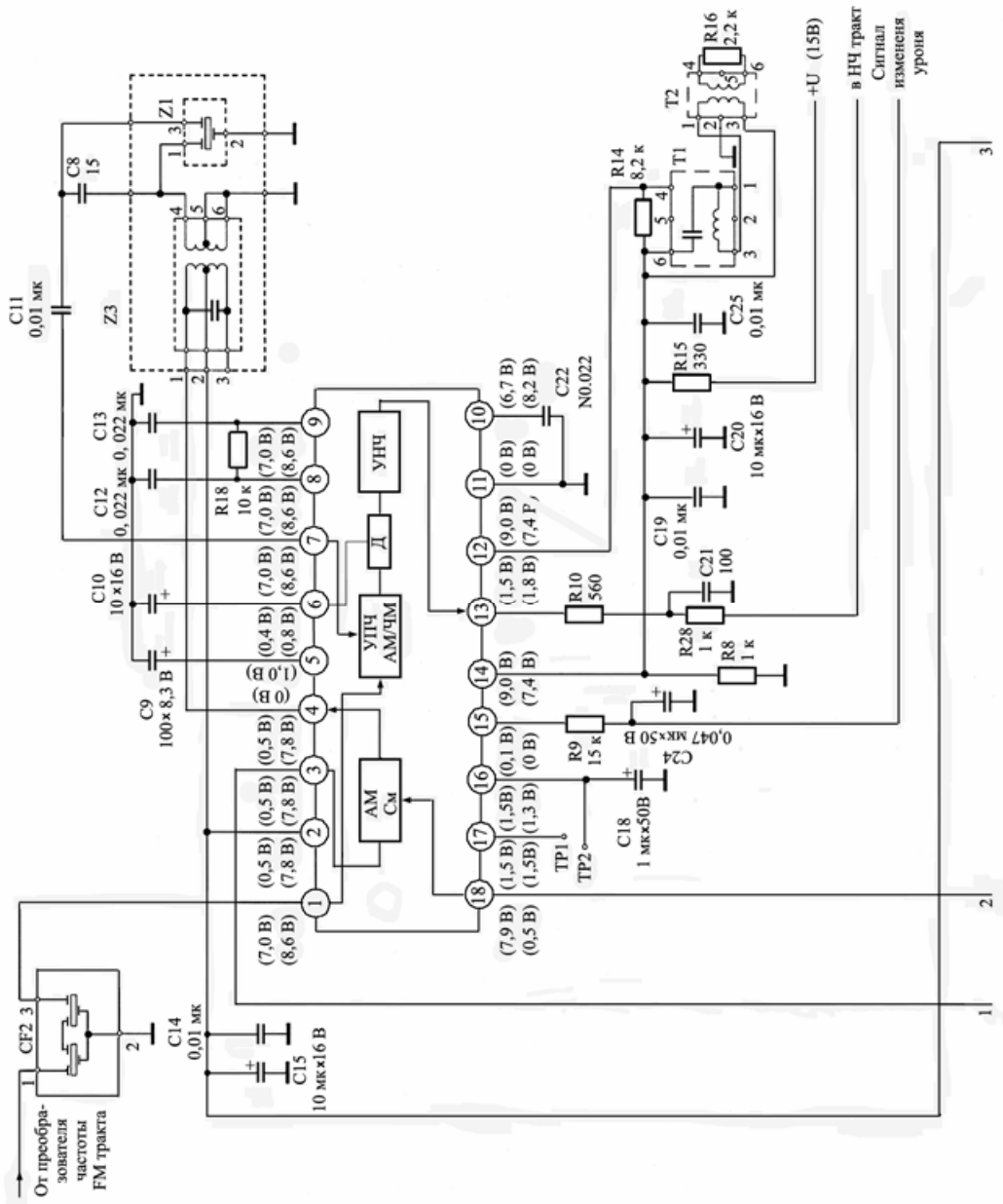
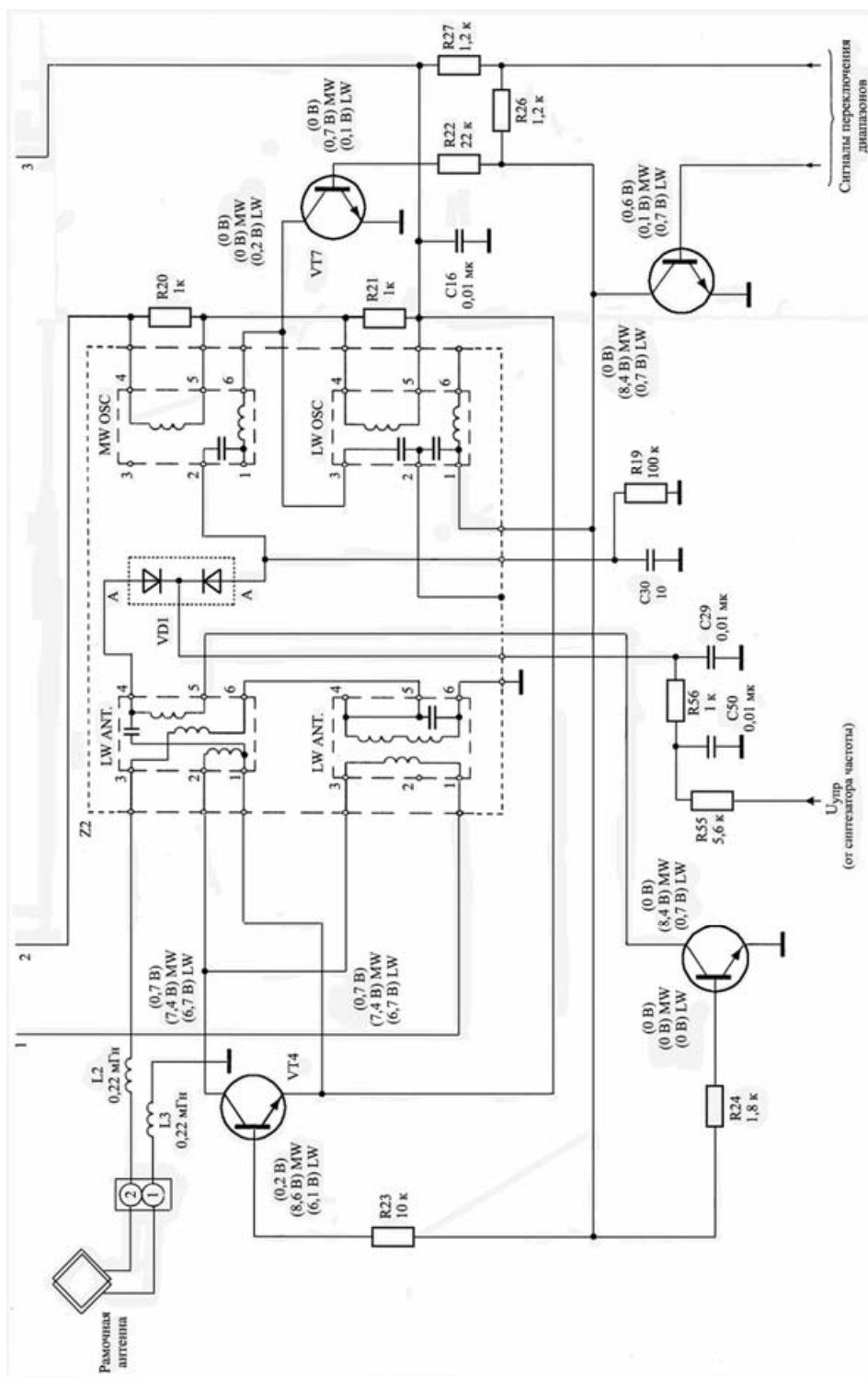


Рис. 5.5. Пример построения совмещенного тракта



АМ/ЧМ тюнера на базе ИМС AN7273

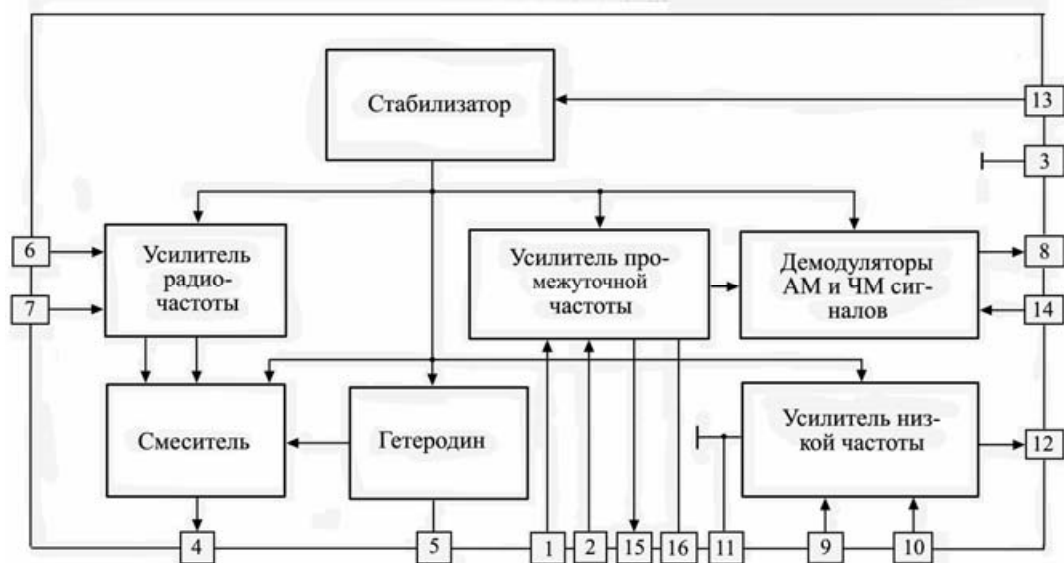


Рис. 5.6. Структурная схема микросхемы K174XA10

При работе в АМ диапазоне (рис. 5.7) сигнал с антенны через входную цепь L10, L11, C19, C12.2 поступает на вывод 6 микросхемы, усиливается в УРЧ и подается на смеситель. На другой вход смесителя поступают колебания гетеродина, внешний контур L9, L8, C9, C11, C12.1 которого подключают к выводу 5 ИМС. С выхода смесителя (вывод 4) преобразованный сигнал через внешний контур L7, C14, пьезокерамический фильтр ПЧ Z2 (465 кГц) и вывод 2 поступает на усилитель промежуточной частоты. УПЧ состоит из пяти дифференциальных усилителей и обладает высоким коэффициентом усиления.

Следующий каскад – амплитудный детектор. После детектирования и предварительного усиления сигнал низкой частоты с вывода 8 подается на регулятор громкости R6 и далее через вывод 9 на вход УНЧ. Окончательно сформированное выходное напряжение снимается с вывода 12, к которому подключена нагрузка C13, L12, R8.

Внутренняя система АРУ охватывает каскады УРЧ и УПЧ микросхемы.

Для работы в диапазоне УКВ необходимо переключателем ЧМ/АМ изменить управляющий потенциал на выводе 7 ИМС. В этом случае УПЧ микросхемы работает как усилитель-ограничитель, а перемножитель – как квадратурный ЧМ детектор.

Сигнал промежуточной частоты после внешнего блока преобразования частоты и пьезокерамического фильтра Z1 (10,7 МГц)

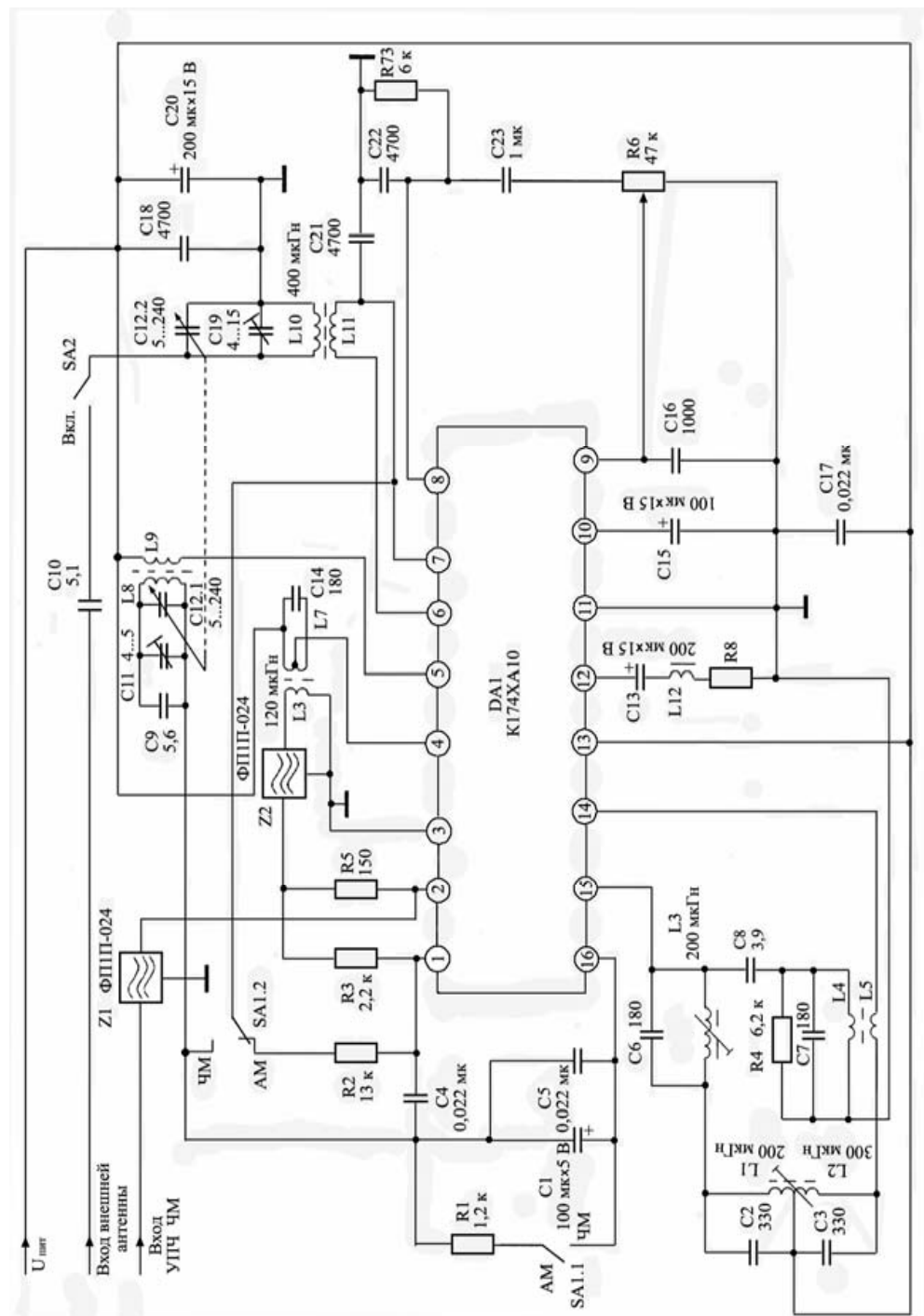


Рис. 5.7. Схема включения микросхемы К174ХА10

поступает на вывод 2, т. е. на вход усилителя-ограничителя сигнала ПЧ. Следующий каскад – ЧМ детектор. Через выводы 14 и 15 к нему подключается фазосдвигающий контур. При этом постоянное напряжение на выводе 16 может использоваться как напряжение АПЧ для управления варикапами внешнего УКВ блока.

Одной из разработок отечественной фирмы Ангстрем является микросхема КФ174ХА55, предназначенная для построения АМ/ЧМ радиоприемников (рис. 5.8). Ее особенностью является расширенный диапазон приема ЧМ сигналов, который охватывает и УКВ-, и FM-области. Тракты обработки АМ и ЧМ сигналов выполнены с одним преобразованием частоты и рассчитаны на использование стандартных промежуточных частот.

Входной сигнал от антенны подается на вывод 1. Внутренний усилитель радиочастоты АМ сигналов реализован на МОП-транзисторах с большим входным сопротивлением. В качестве избирательных систем в радиочастотных цепях и цепях гетеродинов используются перестраиваемые LC-контуры (выводы 17, 18, 20, 23), а на промежуточных частотах – пьезокерамические фильтры Z1, Z2 с согласующими LC-контурами (выводы 2 – 10). В частотном дискриминаторе также используется пьезокерамический фильтр Z3 (вывод 12). Переключение диапазонов АМ/ЧМ производится изменением потенциала на управляющем выводе 14 (низкий уровень соответствует ЧМ). После детектора выходной низкочастотный сигнал снимается с вывода 13.

5.2. Цифровые синтезаторы частоты

Схемы настройки радиоприемников часто строятся с использованием цифровых принципов формирования сигналов. Это также относится и к системам фазовой автоподстройки частоты гетеродина.

Весьма успешно данные алгоритмы реализуются в цифровых синтезаторах частоты (рис. 4.3), обычно выполняемых в виде отдельных микросхем.

Наиболее часто используемые микросхемы синтезаторов радиовещательных тюнеров приведены в табл. 5.4. Заметим, что микросхемы цифровых синтезаторов частоты зачастую одновременно выполняют и функции интерфейса для двусторонней передачи управляющих сигналов между узлами тюнера и системным контроллером.

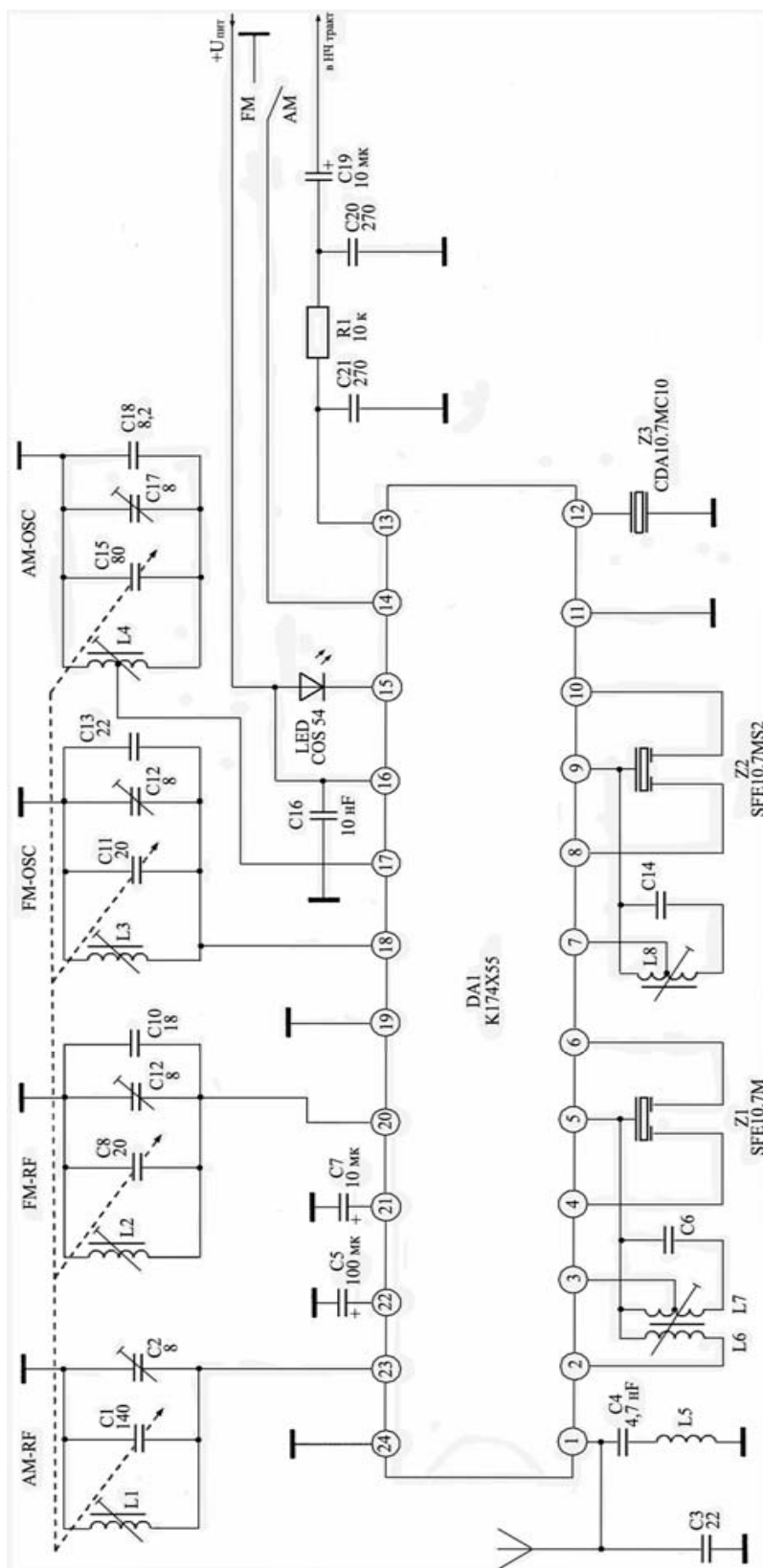


Рис. 5.8. Схема включения микросхемы КФ174ХА55

Микросхемы цифровых синтезаторов частоты на основе ФАПЧ

| Фирма-производитель | Sanyo | | | | | | NS | | Philips | Motorola | Siemens | | Нет сведений | Отечественные ИМС |
|---------------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|--------------|-------------------|
| Тип микросхемы | LC72131 | LC72136 | LC72146 | LC7218 | LC7219 | LC72191 | LM7000 | LM7001 | TDA8735 | MC145173 | SDA4330 | SDA4331 | XLU2616 | KP1015XK2 |

На рис. 5.9 представлена структурная схема, а на рис. 5.10 схема включения микросхемы LC7218, используемой в качестве синтезатора частоты тюнера музыкального центра TECHNICS SC-CN530. В ее состав входит опорный генератор, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором X103 (7,2 МГц), подключенным к выводам 1, 24, программируемый делитель с переменным коэффициентом деления, счетчики, усилители-формирователи сигналов и фазовый детектор.

Сигналы с частотами гетеродинов трактов АМ и FM подаются на выводы 18 и 19 микросхемы, где они сначала усиливаются и преобразуются в импульсные последовательности той же частоты. На выводы 15 и 16 подаются сигналы промежуточных частот трактов, которые также преобразуются в импульсные последовательности. При необходимости блокировки того или иного входа (при переключении диапазонов) используются внутренние ключи, выполненные на полевых транзисторах. Далее импульсы промежуточной частоты подаются на универсальный счетчик-делитель, а импульсы с частотой гетеродина поступают на программируемый делитель, коэффициент деления которого зависит от частоты настройки радиоприемника и устанавливается по специальной цифровой шине управления через сдвиговый регистр с ключевой схемой фиксации. При установке коэффициента деления используется также информация о величине промежуточной частоты.

Из сигнала кварцевого генератора с помощью управляемого делителя формируется опорный сигнал. Сравнение импульсных последовательностей происходит в фазовом детекторе, который в ре-

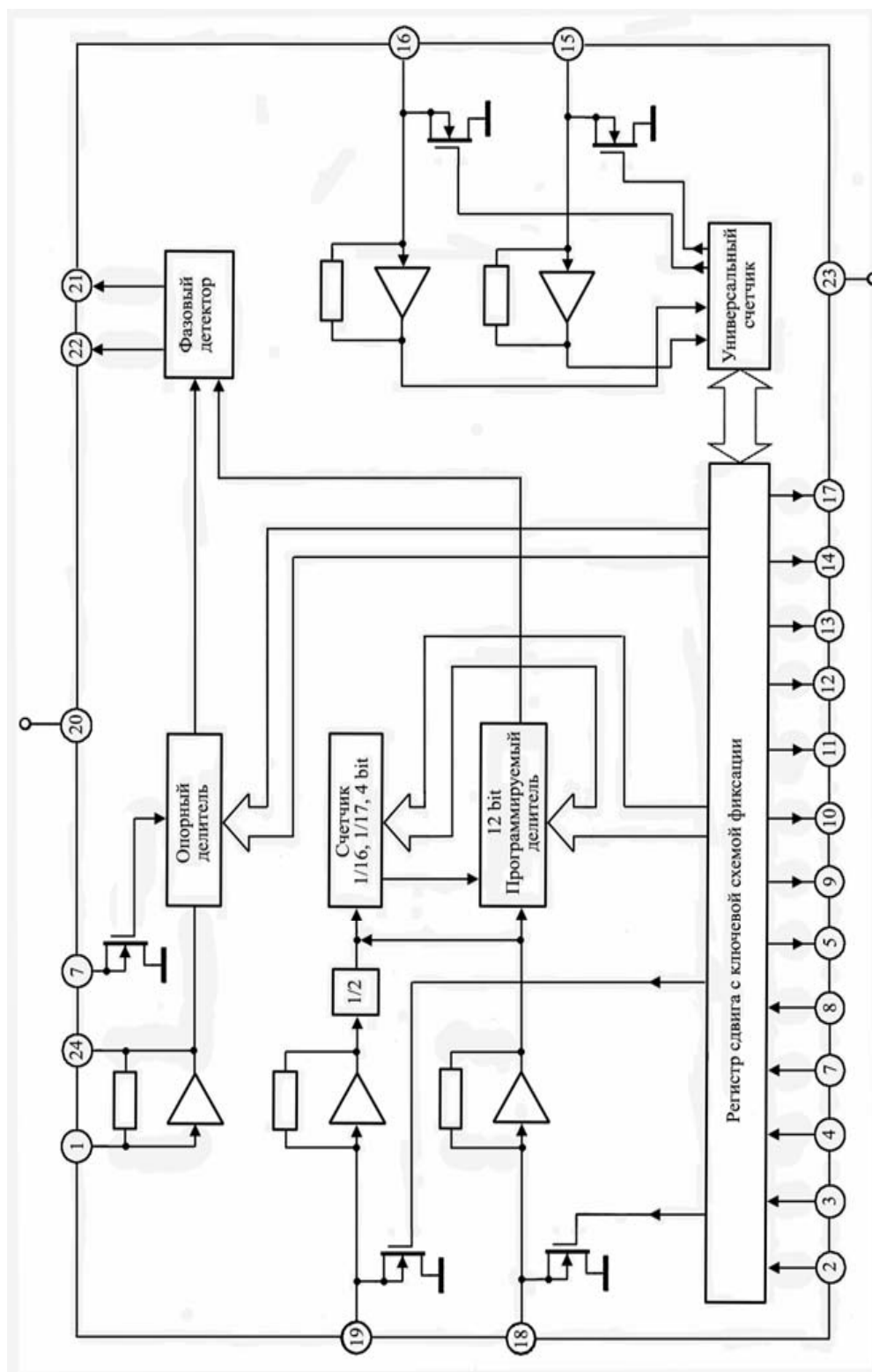


Рис. 5.9. Структурная схема микросхемы LC7218

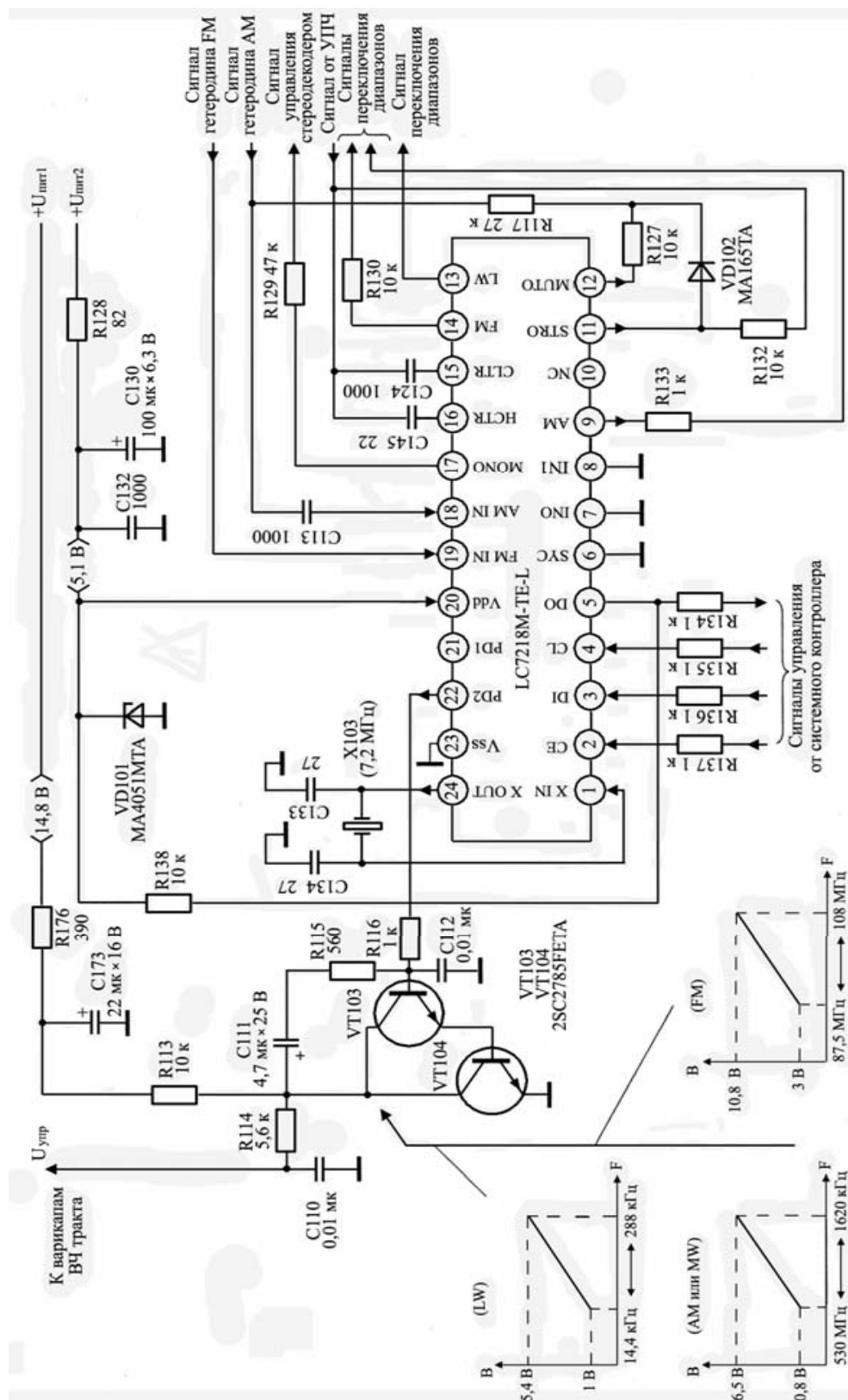


Рис. 5.10. Схема включения микросхемы LC7218

зультате этого вырабатывает напряжение рассогласования, необходимое для подстройки частоты гетеродина. Это напряжение снимается с вывода 22 и поступает на схему внешнего фильтра нижних частот, выполненного на транзисторах VT103, VT104 и элементах R113 – R115, C110 – C112. После фильтрации управляющий сигнал подводится к варикапам контуров гетеродина и преселектора радиоприемного тракта. С повышением частоты настройки напряжение этого сигнала линейно увеличивается во всех диапазонах.

Из отечественных микросхем подобную функцию выполняют ИМС КР1015ХК2 и КР174ПЛ1.

Иногда, особенно в автомобильных магнитолах, где предъявляются жесткие требования к конструктивным размерам и занимаемому объему, с целью сокращения количества элементов описанные функции цифрового синтезатора частоты передаются микропроцессору общей системы управления. Заметим также, что большое значение имеет стабильность питающего напряжения микросхемы синтезатора, и особенно – активного ФНЧ, так как величина этого напряжения напрямую влияет на частоту настройки радиоприемного тракта. В связи с этим в некоторых схемах устанавливаются специальные дополнительные стабилизаторы, обеспечивающие питание указанных узлов.

5.3. Стереodeкодеры

Рассмотрим теперь способы реализации последетекторных трактов обработки сигналов. В отличие от диапазонов ДВ, СВ, КВ, где ведется монофоническое вещание, в диапазоне УКВ аудиосигнал является стереофоническим и должен обрабатываться по специальным алгоритмам. Передача такой информации, как уже отмечалось, производится на поднесущей частоте.

В табл. 5.5 приведены микросхемы, являющиеся интегральными стереodeкодерами сигналов с различными системами кодирования – OIRT (полярная модуляция) или CCIR (пилот-тон). Для функционирования этих микросхем обычно требуется подключение RC фильтров нижних частот для фазовых детекторов и частото-задающей цепи внутреннего генератора системы ФАПЧ – кварцевого резонатора КВ (обычно 456 кГц) или переменного резистора RC.

К числу дополнительных узлов, входящих в состав микросхем стереodeкодеров, можно отнести следующие схемы. Во-первых, это схемы формирования сигнала индикации режима и управления

Микросхемы для построения стереодекодеров

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | ИОН | Стабилизация ОГ | Принудительный режим Моно | Схема управления индикацией режима | Регулировка степени разделения стереоканалов | Схема снижения уровня шума | Система кодирования стереосигнала |
|---------------------|------------------|-----|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------------|
| Matsushita | AN115 | + | RC | + | | | | CCIR (пилот-тон) |
| | AN362 | | RC | + | + | + | | CCIR (пилот-тон) |
| | AN7410, AN7414 | | RC | + | + | + | | CCIR (пилот-тон) |
| Toshiba | TA7343 | + | RC | + | | | | CCIR (пилот-тон) |
| Philips | TDA1578 | + | RC | + | + | | | CCIR (пилот-тон) |
| | TDA1591, TDA1592 | + | KB | + | + | | + | CCIR (пилот-тон) |
| | TDA7040 | | RC | + | | | | CCIR (пилот-тон) |
| | TEA5580 | + | RC | + | + | | | CCIR (пилот-тон) |
| | TEA5581 | + | RC | + | + | | | CCIR (пилот-тон) |

Схемотехника радиоприемных трактов

| Фирма- производитель | Тип микросхемы | ИОН | Стабилизация ОГ | Принудительный режим Моно | Схема управления индикацией режима | Регулировка степени разделения стереоканалов | Схема снижения уровня шума | Система кодирования стереосигнала |
|-------------------------|----------------|-----|-----------------|------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|
| Siemens | TDA4340 | + | KB | | + | | + | CCIR (пилот-тон) |
| Allegro | A3828 | | KB | | + | + | + | CCIR (пилот-тон) |
| ROHM | RV1BA1332L | + | RC | + | + | + | | CCIR (пилот-тон) |
| Daewoo | DBL1009 | + | RC | | + | | | CCIR (пилот-тон) |
| | DBL1026 | + | RC | + | + | + | | CCIR (пилот-тон) |
| Sanyo | LA3430 | + | KB | | + | | + | CCIR (пилот-тон) |
| | LA3361 | + | RC | + | | + | | CCIR (пилот-тон) |
| | LA3370 | + | RC | | + | + | + | CCIR (пилот-тон) |
| | LA3460 | | KB | + | + | + | + | CCIR (пилот-тон) |

Радиовещательные приемники

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | ИОН | Стабилизация ОГ | Принудительный режим Моно | Схема управления индикацией режима | Регулировка степени разделения стереоканалов | Схема снижения уровня шума | Система кодирования стереосигнала |
|---------------------|----------------|-----|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------------|
| PRO Electron | TCA4511 | + | RC | | + | | | CCIR (пилот-тон) |
| Отечественные ИМС | K174XA14 | + | RC | + | + | + | | OIRT (полярная модуляция) |
| | K174XA35 | + | RC | + | + | | + | OIRT (полярная модуляция) |

элементами этой индикации. Критерием оценки служит достаточный уровень сигнала восстановленной поднесущей или наличие напряжения на выходе детектора пилот-сигнала. Во-вторых, это схемы, служащие для снижения уровня шума при приеме стерео-программ. При плохом качестве приема стереопрограмм режим «Сtereo» отключается автоматически или принудительно вручную с клавиатуры управления. Такой функцией оснащено большинство микросхем стереодекодеров или она может быть реализована с помощью навесных элементов.

Не всегда имеется возможность регулировки степени разделения стереоканалов, но при необходимости она может быть также реализована с помощью навесных элементов.

Структурные схемы и схемы включения различных микросхем декодеров системы CCIR очень похожи. На рис. 5.11 в качестве примера приведена схема включения ИМС BA1332, использованная в музыкальном центре PANASONIC SC-CH40.

Напряжение питания +6 В подается на вывод 1 микросхемы DA3. Для его формирования используется стабилизатор на элемен-

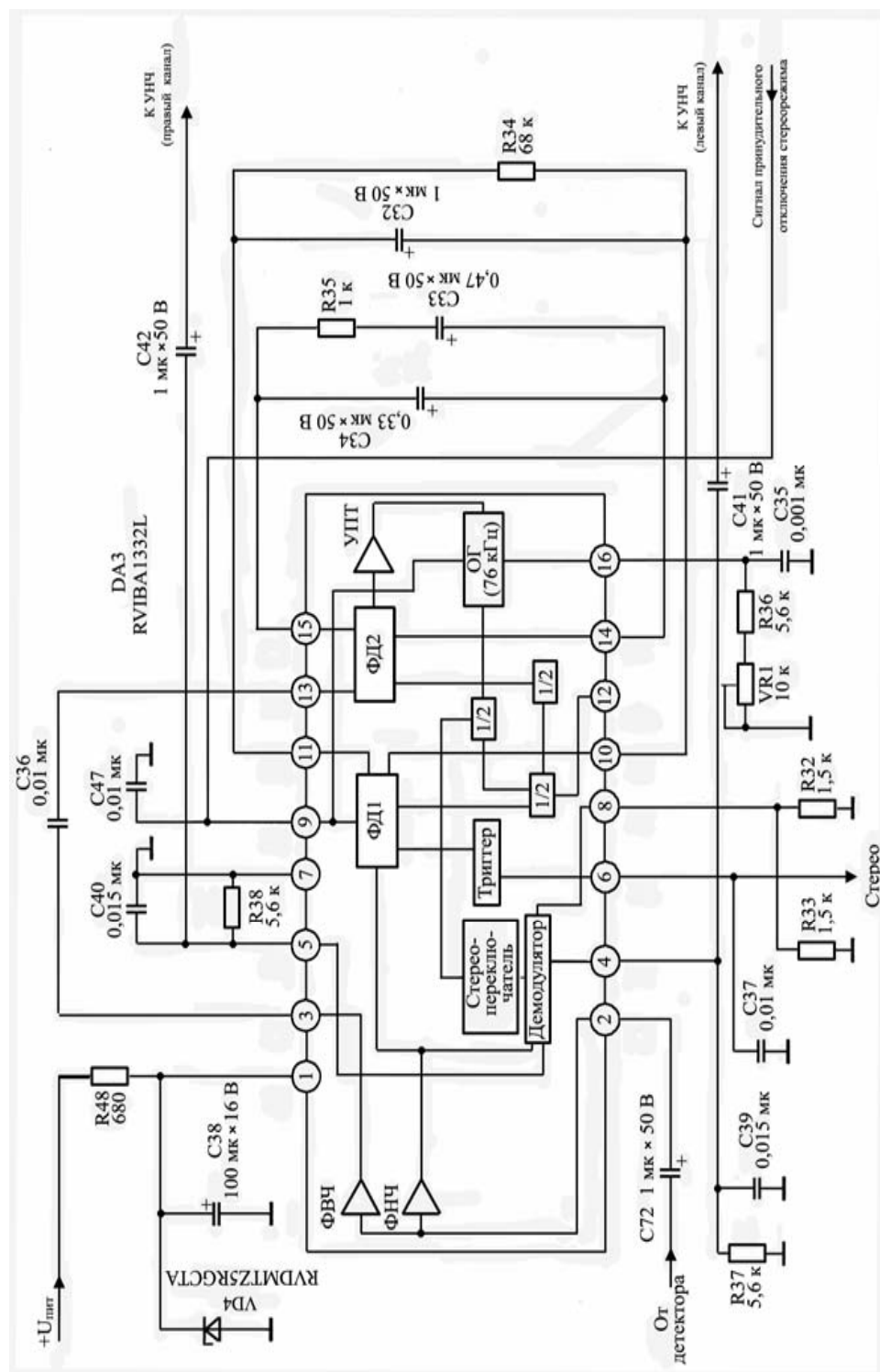


Рис. 5.1.1. Пример построения стереодекодера системы CSIR на базе ИМС ВА1332

тах R48, C38, VD4. Комплексный стереосигнал поступает с выхода детектора ЧМ тракта через электролитический конденсатор C72 на вывод 2 микросхемы DA3. Здесь он предварительно разделяется фильтрами ФВЧ и ФНЧ по спектру на два сигнала: высокочастотный, необходимый для работы устройств синхронизации, и низкочастотный, несущий аудиоинформацию. Высокочастотный сигнал (от 19 кГц и выше) подается через вывод 3, конденсатор C36 и вывод 13 на схему фазовой автоподстройки частоты внутреннего опорного генератора. Его центральная частота 76 кГц устанавливается переменным резистором VR1, подключенным к выводу 16.

После деления этой частоты с помощью внутренних делителей получаются сигналы с частотами 38 кГц и 19 кГц. Первый из них используется для работы стереопереклювателя демодулятора, а вторые (две последовательности импульсов, сдвинутые по фазе на 90°) поступают на фазовые детекторы.

Первый детектор (ФД1) необходим для работы системы ФАПЧ опорного генератора, а второй (ФД2) — для выделения пилот-сигнала.

Постоянные времени фильтров нижних частот этих фазовых детекторов определяются цепочками R35, C33, C34 и R34, C32, подключенными к выводам 14, 15 и 10, 11, соответственно. Для усиления управляющего сигнала, формируемого детектором ФД2, используется дополнительный усилитель постоянного тока (УПТ).

Низкочастотный сигнал, формируемый входным ФНЧ, приходит на демодулятор, который управляется сигналом стереопереклювателя. Этот демодулятор формирует сигналы левого и правого каналов. Они поступают на выводы 4 и 5 микросхемы, к которым подключены дополнительные фильтры R37, C39 и R38, C40, а оттуда через электролитические конденсаторы C41, C42 — в НЧ тракт музыкального центра. Для регулировки степени разделения стереоканалов в демодуляторе имеется схема сепаратора, параметры которого определяются номиналами резисторов R32, R33, подключенных к выводу 8.

Опознавание комплексного стереосигнала и формирование напряжения индикации режима осуществляется по наличию пилот-сигнала. При этом внутренний триггер формирует на выводе 6 сигнал «Сtereo» высокого уровня. Возможно принудительное отключение режима «Сtereo», например, при плохом качестве приема. Для этого необходимо подать высокий потенциал на вывод 9 микросхемы.

Как уже было отмечено выше, в российских стереофонических радиовещательных каналах используется система с полярной модуляцией (см. рис. 1.2).

Метод суммарно-разностного декодирования таких сигналов с разделением спектров (см. рис. 4.6) реализован схемой, изображенной на рис. 5.12. Входной КСС поступает через конденсатор С1 и корректирующую цепочку R2, С2 на вход усилителя на транзисторе VT1, основная задача которого заключается в восстановлении подавленного сигнала поднесущей с частотой 31,25 кГц. На эту частоту настроен контур L1, С4. Обычно его добротность выбирается не менее 100, а резонансное сопротивление – в пять раз больше суммарного сопротивления резисторов R5, R6. Регулировка уровня сигнала поднесущей осуществляется переменным резистором R5. Если требуемую добротность получить не удастся, то можно установить еще один корректирующий каскад. Восстановленный таким образом сигнал поступает на широкополосный усилитель, выполненный на транзисторе VT2. Резонансный контур в его коллекторе имеет добротность порядка 5. Детектор на диодах VD1 – VD4 выделяет разностные сигналы каналов: А – В и В – А, которые поступают далее на резисторную сборку R15 – R18, R21 – R22, R24, R25. На эту же матрицу через конденсатор С8 приходит и суммарный сигнал А + В. Цепочка R14, С10 играет роль фильтра нижних частот.

Сложением и вычитанием указанных колебаний в матрице формируются сигналы левого и правого каналов:

$$(A + B) + (A - B) = 2A; \quad (A + B) - (A - B) = 2B.$$

Эти сигналы после фильтров нижних частот R19, С9 и R23, С11 поступают в тракт усилителя низкой частоты. Схема на транзисторах VT3 – VT5, диоде VD5 и лампочке Е служит для индикации стереорежима. Она контролирует наличие сигнала поднесущей частоты на контуре L2, С7.

Пример построения декодера с временным разделением стереосигналов, использованного в схеме стереотюнера Ласпи-005, приведен на рис. 5.13. Каскад восстановления поднесущей частоты выполнен на транзисторах VT1, VT2. В коллекторную цепь VT1 включен колебательный контур L1.1, С3, настроенный на частоту 31,25 кГц. Величина восстановленного уровня регулируется подстроечным резистором R3. Каскад на транзисторе VT2 выполняет

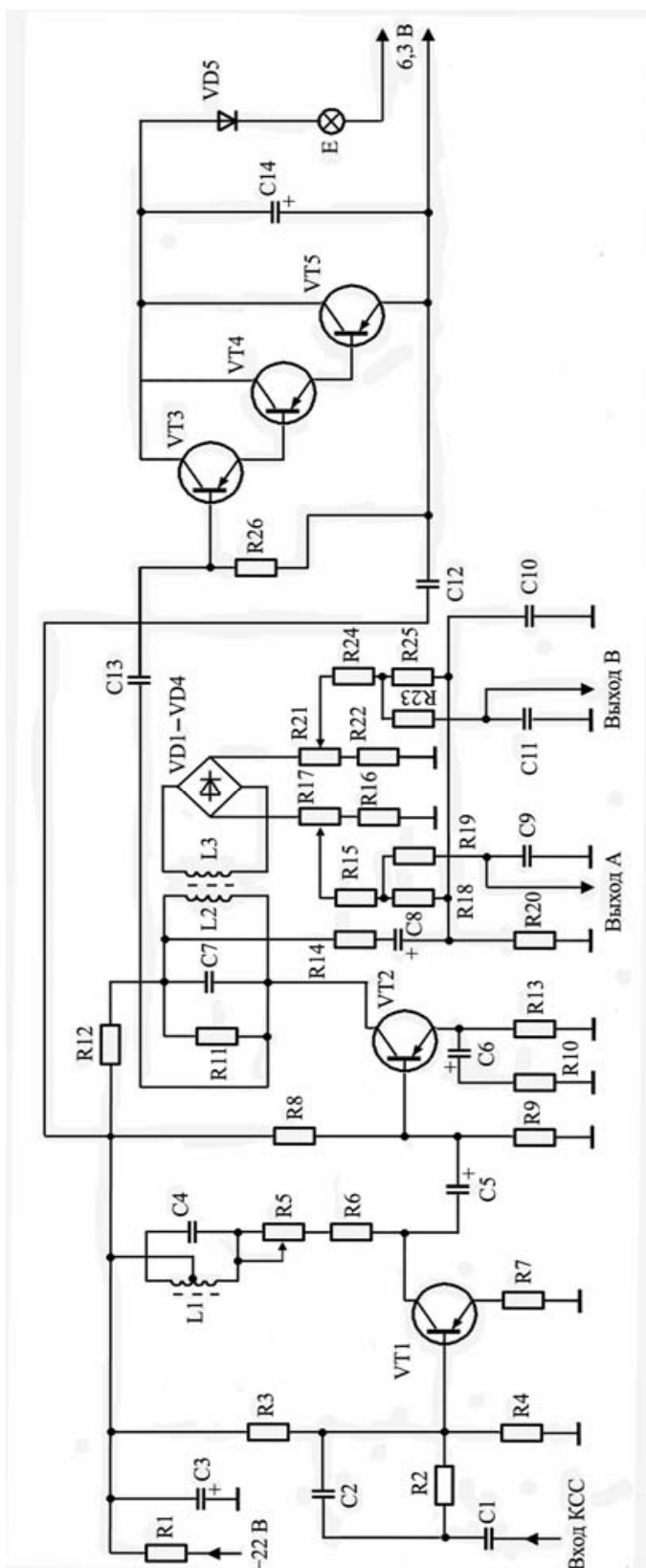


Рис. 5.12. Принципиальная схема стереодекодера системы OIRT с разделением спектров

роль умножителя добротности. Принцип его работы заключается в создании эффекта регенерации за счет положительной обратной связи через резисторы R7 – R9.

Комплексный стереосигнал с восстановленной поднесущей (полярно-модулированный сигнал) снимается с коллектора транзистора VT1 и подается через эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе VT3, на базы транзисторов VT5, VT6. Сигнал такой же формы, но другой амплитуды, поступает с эмиттера VT2 через цепочку R43, C18 на вывод 6 интегральной микросхемы DA2 K174УР3. Возможности этой микросхемы задействованы лишь частично – используется усилитель-ограничитель, входящий в ее состав. В результате на ее выводах 8 и 10 формируются импульсные последовательности, противоположные друг другу по фазе. Они используются для коммутации ключевых транзисторов VT14 и VT15, коллекторы которых связаны через электролитические конденсаторы C5, C6 с базами транзисторов VT15, VT16.

В результате попеременного переключения транзисторов VT14 и VT15 синхронно с сигналом поднесущего колебания через один из транзисторов VT5, VT6 проходят только положительные полуволны полярно-модулированного сигнала, а через другой – отрицательные полуволны. Таким образом происходит разделение информации каналов А и В.

Далее необходимо произвести фильтрацию надтональных частот. Эта процедура выполняется с помощью П-образных фильтров L2, C7, C9, C11 и L3, C8, C10, C12. Каскады на транзисторах VT17 – VT19 осуществляют усиление декодированных сигналов до уровня 250 мВ и компенсацию межканальных помех. Регулировка степени разделения стереоканалов выполняется подстроечными резисторами R30, R33.

На транзисторной сборке DA1 и транзисторах VT10 – VT13 построена схема автоматического переключения режима работы стереодекодера и управления индикацией этого режима. Она контролирует наличие сигнала поднесущей достаточного уровня на эмиттере транзистора VT2. Для этого эмиттер соединен через цепочку R40, C16 с выводом 3 сборки DA1, т. е. с базой транзистора дифференциального каскада. Использование такого каскада существенно снижает уровень помех и наводок, способных оказать влияние на момент срабатывания схемы переключателя. При появлении сигнала поднесущей транзистор VT10 открывается, следовательно, на его коллекторе устанавливается низкий потенциал. Это приводит

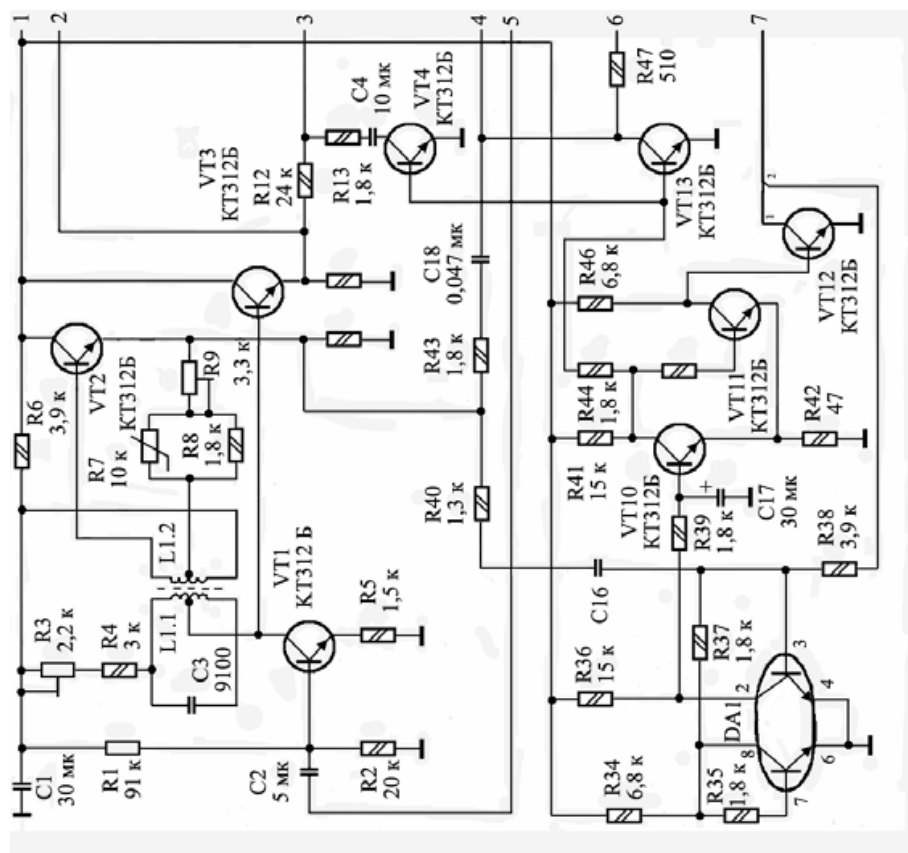


Рис. 5.13. Пример построения декодера с временным разделением стереосигналов, использованного в схеме стереотюннера Ласпи-005 (начало)

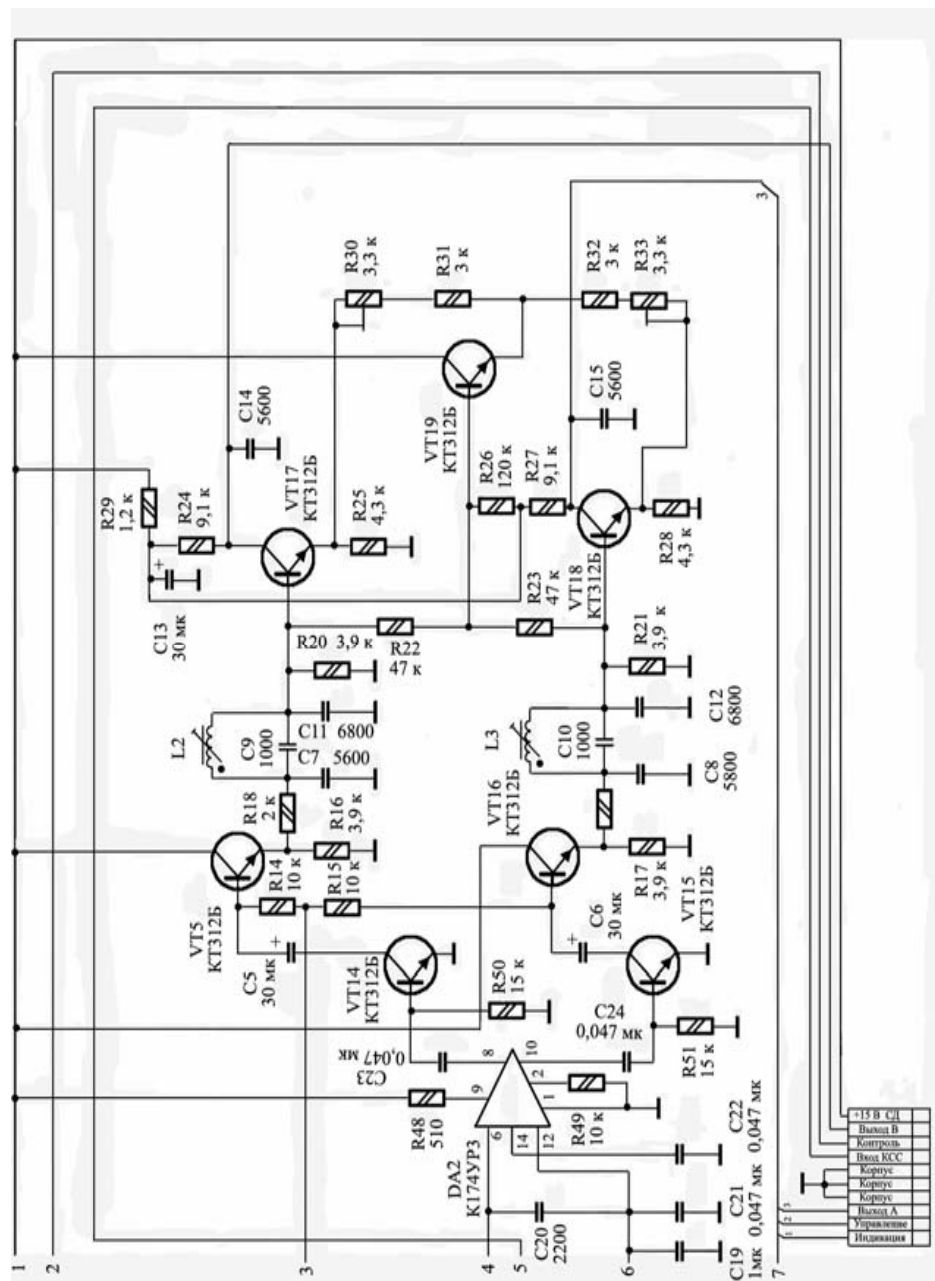


Рис. 5.13. Пример построения декодера с временным разделением стереосигналов, использованного в схеме стереотюнера Ласпи-005 (окончание)

к закрытию транзистора VT13, состояние которого определяет величину напряжения на выводе 12 микросхемы DA2. В данном случае этот потенциал высокий, что разрешает работу микросхемы в соответствии с алгоритмом, описанным выше.

Одновременно низкий потенциал на коллекторе транзистора VT10 удерживает в закрытом состоянии и транзистор VT11. Следовательно, открывается транзистор VT12, который включает лампочку индикации режима «Стерео».

Если сигнал поднесущей отсутствует на эмиттере транзистора VT2, то транзистор VT13 открыт, микросхема DA2 блокируется, и на выход стереодекодера проходит только суммарный сигнал A+B. Индикатор «Стерео» также выключается.

Микросхема K174XA14 реализует такой же принцип обработки в интегральном исполнении (рис. 5.14).

Входом микросхемы служит вывод 21. Переменный резистор R6 позволяет регулировать параметры корректирующего фильтра нижних частот, подключенного к выводу 20. В микросхеме осуществляется восстановление поднесущего колебания 31,25 кГц с помощью системы ФАПЧ, постоянная времени фазового детектора которой определяется цепочкой R17, C17, C18. Комплексный стереосигнал поступает на вход 16 схемы ФАПЧ с вывода 19 через конденсатор C15, а подстройка частоты опорного генератора осуществляется резистором R13.

Принцип работы временного разделения основан на коммутации декодера на время действия положительной или отрицательной полуволн, несущих информацию о разных стереоканалах. Для реализации этого в составе микросхемы имеется электронная ключевая схема.

Цепочки R15, R16, C14, C16 (цепочки коррекции предискажений) имеют постоянные времени 50 мкс и корректируют подъем верхних модулирующих частот, имеющийся в передающемся сигнале. Иногда их называют цепями деэμφазиса. Выходами стереоканалов являются выводы 3 и 4.

Окружающие их RC цепи корректируют амплитудно-частотные характеристики соответствующих УНЧ. Для регулировки степени разделения стереоканалов используется резистор R5. С его помощью образуется регулируемая перекрестная связь между выходами левого и правого каналов, которая позволяет осуществить компенсацию просочившихся сигналов.

При наличии в КСС сигнала поднесущей внутренняя схема контроля вырабатывает напряжение индикации, которое формируется на выводе 11. Принудительное включение режима «Моно» происходит при шунтировании либо конденсатора коммутатора C19, либо резистора R13.

Более прогрессивной является микросхема двухсистемного стереодекодера KP174XA51 (рис. 5.15). Она работает как с системой OIRT, так и CCIR.

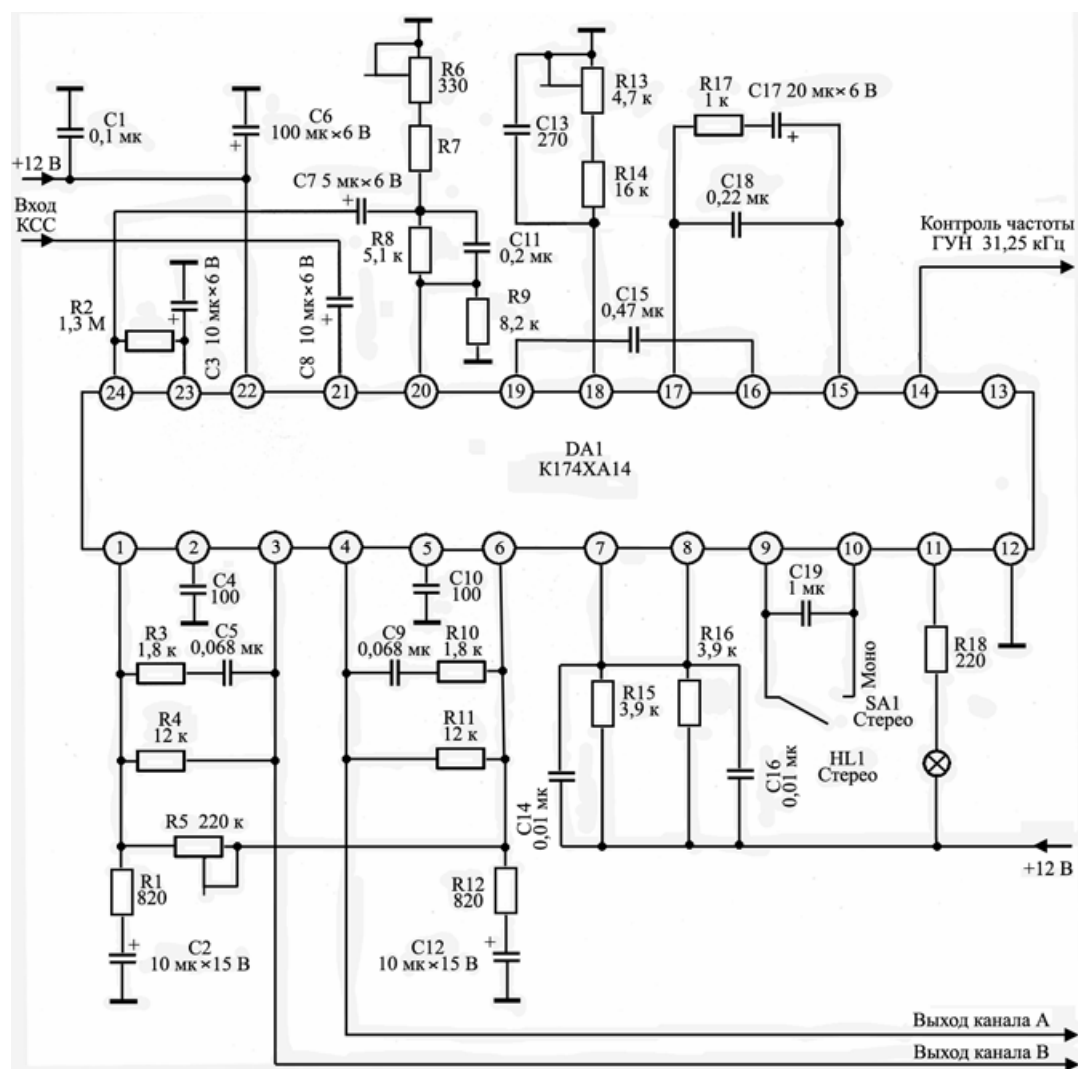


Рис. 5.14. Принципиальная схема стереодекодера системы OIRT на базе микросхемы K174XA14

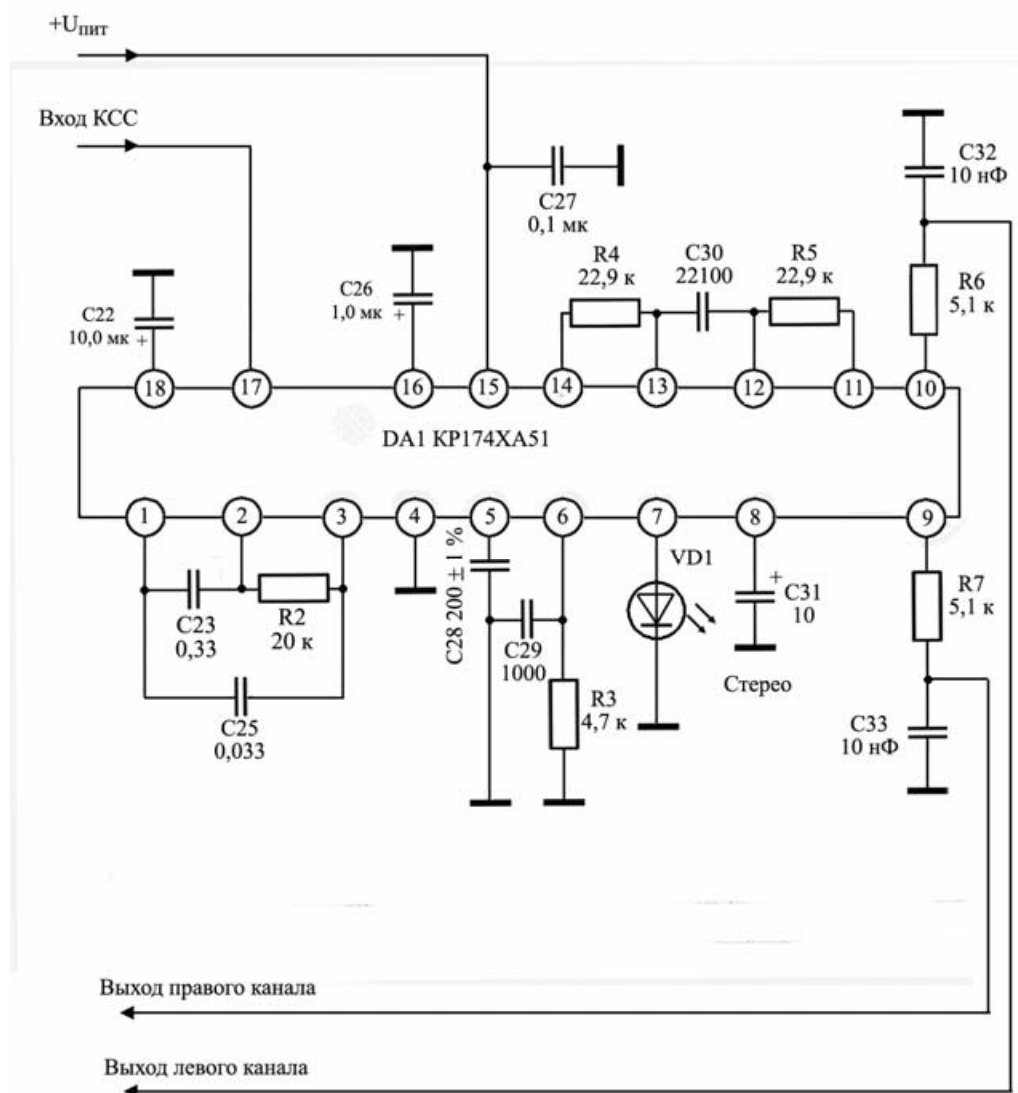


Рис. 5.15. Принципиальная схема стереодекодера систем OIRT/CCIR на базе микросхемы KP174XA51

Входной комплексный стереосигнал подается на вывод 17. Опознавание системы кодирования осуществляется автоматически. Синхронизация работы в обоих режимах осуществляется с помощью петли ФАПЧ.

При приеме сигналов с полярной модуляцией используется принцип временного разделения каналов. Выходные сигналы левого и правого каналов снимаются с выводов 10 и 9. Для индикации стереорежима используется светодиод VD1, подключаемый к выводу 7.

5.4. Микросхемы и интегральные модули для стереофонических АМ/ЧМ приемников

Наибольшее удобство для построения тюнеров бытовой аудио-аппаратуры представляют интегральные микросхемы, содержащие в себе функционально законченные тракты стереофонических АМ/ЧМ приемников (табл. 5.6).

В состав этих микросхем входят все необходимые узлы для до-детекторной и последетекторной обработки сигналов, перечисленные выше, требуется лишь подключение внешних избирательных и времязадающих цепей. Из перечисленных микросхем необходимо отметить ИМС TEA5757 фирмы Philips, имеющую даже встроенный цифровой синтезатор частоты, управляемый по цифровой шине.

Чувствительность радиоприемных трактов, построенных только на основе подобных микросхем без применения дополнительных технических решений, в среднем невысока и составляет, например, для ИМС TEA5712 в диапазоне FM 8 мкВ, в диапазоне MW – 3 мВ/м, а в диапазоне LW – 6 мВ/м. Указанные значения приведены для отношения сигнал/шум 26 дБ на выходе детектора. Избирательность по зеркальному каналу при использовании стандартных

Таблица 5.6

**Микросхемы, содержащие функционально законченные тракты
стереофонических АМ/ЧМ приемников**

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ, ПЧ ЧМ | Тракт АМ | Стереодекoder ЧМ | АД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесшумной настройки | Встроенный синтезатор частоты | Схема снижения уровня шума |
|---------------------|----------------|------------|----------|------------------|----|-----|-----|-----------------------------------|---------------------|-----|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Matsushita | AN7000 | | + | + | | | + | + | | | + | | |
| | AN7001 | | + | + | | + | + | + | | | + | | |
| Sony | CXA20029 | + | + | + | + | + | + | + | | + | | | |

Радиовещательные приемники

| Фирма-производитель | Тип микросхемы | УРЧ, ПЧ ЧМ | Тракт АМ | Стереодекодер ЧМ | АД | АРУ | ИОН | Схема измерения уровня сигнала | Предварительный УНЧ | АПЧ | Элементы схемы бесплунной настройки | Встроенный синтезатор частоты | Схема снижения уровня шума |
|---------------------|-----------------|------------|----------|------------------|----|-----|-----|--------------------------------|---------------------|-----|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Philips | TEA5711TE A5712 | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | | |
| | TEA5757 | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | + | |
| Sanyo | LA1831, LA1832 | | + | + | + | + | + | + | | + | + | | |
| | LA1836 | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | |
| | LA1862 | | | + | | + | | + | | + | + | | + |
| | LA1867 | | | + | | + | + | + | + | + | + | | + |
| | LA1875 | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | | + |
| | LA1851 | | + | + | + | + | | + | | | + | | |
| Siemens | TUA4300 | | +(2ПЧ) | + | + | + | + | + | + | + | + | | + |
| Toshiba | TA2057 | | + | + | + | | + | + | + | | + | | |

пьезокерамических фильтров в трактах ПЧ обеспечивается на уровне 25 дБ в тракте FM и около 30 дБ в тракте АМ.

На рис. 5.16 представлена принципиальная схема тюнера на базе ИМС TEA5712, используемая в музыкальном центре PHILIPS FW360. При приеме FM сигналов входной высокочастотный сигнал с антенны через входную цепь, образованную конденсаторами 2100z, 2104 и катушками индуктивности, выполненными печатным способом, поступает на вход 16 микросхемы 7140 TEA5712. Эта микросхема содержит практически все узлы тюнера музыкального центра, за исключением цифрового синтезатора, внешних фильтров и коммутирующих транзисторов. Назначение выводов ИМС описано в табл. 5.7.

Назначение выводов микросхемы TEA5712

| Номер вывода | Название вывода | Назначение вывода |
|--------------|-----------------|---|
| 1 | IF CNT | Выход сигнала промежуточной частоты |
| 2 | AF L OUT | Выход звукового сигнала левого канала |
| 3 | AF R OUT | Выход звукового сигнала правого канала |
| 4 | C PIL | Конденсатор фильтра детектора пилот-сигнала |
| 5 | FM DEM | Керамический фильтр ЧМ демодулятора |
| 6 | GND | Общий провод |
| 7 | FM IF2 IN | Вход усилителя промежуточной частоты ЧМ сигнала |
| 8 | VSTB | Опорное напряжение |
| 9 | FM IF1 OUT | Выход усилителя промежуточной частоты ЧМ сигнала |
| 10 | AM IF2 IN | Вход/выход усилителя промежуточной частоты АМ сигнала |
| 11 | FM IF1 IN | Вход усилителя промежуточной частоты ЧМ сигнала |
| 12 | VSTA | Опорное напряжение |
| 13 | FM MIX OUT | Выход смесителя ЧМ |
| 14 | AM MIX OUT | Выход смесителя АМ |
| 15 | AM IF1 IN | Вход усилителя промежуточной частоты АМ сигнала |
| 16 | RF FM IN | Вход усилителя ВЧ ЧМ сигнала |
| 17 | GND | Общий провод |
| 18 | RF AM IN | Вход усилителя ВЧ АМ сигнала |
| 19 | C | Фильтрующий конденсатор |
| 20 | C AGC/AFC | Конденсатор фильтра схемы АРУ/схемы АПЧ |
| 21 | LP FM RF | Селективный контур ВЧ ЧМ сигнала |
| 22 | GND | Общий провод |
| 23 | LP FM OSC | Контур гетеродина ЧМ |

Радиовещательные приемники

| Номер вывода | Название вывода | Назначение вывода |
|--------------|-----------------|----------------------------------|
| 24 | LP AM OSC | Контур гетеродина АМ |
| 25 | VCC | Напряжение питания |
| 26 | AM/FM IND | Выход схемы индикации |
| 27 | AM/FM SW | Вход сигнала переключения режима |
| 28 | AM/FM AF | Выход звукового сигнала |
| 29 | MPX IN | Вход стереодекодера |
| 30 | LED M/S | Выход напряжения индикации |
| 31 | RC LOOP | Цепь фильтра АПЧ |
| 32 | MUTE | Вход сигнала блокировки звука |

Первым каскадом тракта приема FM сигналов является усилитель высокой частоты, в нагрузке которого (вывод 7140/21) установлен первый перестраиваемый колебательный контур 5109, 2115, 6109 с умножителем добротности, выполненном на транзисторе 7105. Второй перестраиваемый контур гетеродина этого диапазона образован элементами 5120, 2121 и 6124 и подключен к выводу 23 микросхемы 7140. Одновременное изменение параметров избирательных цепей происходит под воздействием управляющего напряжения настройки PD1, поступающего на варикапные матрицы 6109 и 6124 с выхода частотного синтезатора. Схема ФАПЧ этого синтезатора контролирует значение частоты гетеродина FM, анализируя сигнал, приходящий с его контура.

Получаемый в результате смешивания входных и гетеродинных колебаний сигнал промежуточной частоты тракта FM с вывода 7140/13 поступает на цепи фильтрации и усиления, первой из которых является внешний пьезокерамический фильтр 5143 (SPE10,7MS3). Далее сигнал поступает на вывод 7140/11 и проходит через два усилителя ПЧ, между которыми (выводы 7140/9,7) установлен второй пьезокерамический фильтр 5144 (SPE10,7MS3). Оба фильтра настроены на частоту 10,7 МГц. Для обеспечения работы частотного детектора, установленного на выходе второго УПЧ, используется керамический фильтр 5145 (CDA10,7MC40) подключенный к выводу 7140/5. Кроме того, усиленный сигнал промежуточной частоты снимается с вывода 7140/1 и поступает для контроля на схему частотного синтезатора.

Низкочастотный сигнал после детектора снимается с вывода 7140/28 и через фильтр 3248, 2169, необходимый для устранения интерференционных свистов, и конденсатор 2167 передается на вход 7140/29 преобразователя напряжение/ток. Заметим, что здесь цепи прохождения АМ и FM сигналов сходятся.

Схема индикации режима настройки осуществляет слежение за уровнем напряжения сигнала промежуточной частоты и формирует на выводе 7140/26 сигнал TUNED, который передается на один из выводов системного контроллера музыкального центра.

Декодер стереосигнала системы «пилот-тон» также полностью реализован в микросхеме 7140. Регулировка частоты ГУН производится переменным резистором 3148, подключенным к выводу 7140/27. Сюда же поступает управляющий сигнал переключения режимов работы АМ/FM. При поступлении сигнала высокого логического уровня стереодекодер отключается, а микросхема переходит в режим приема АМ сигналов.

Индикация работы стереодекодера (сигнал STEREO) включается при появлении напряжения на выходе детектора пилот-сигнала. При этом на выводе 7140/30 формируется управляющий сигнал низкого логического уровня. Постоянная времени детектора пилот-сигнала зависит от величины емкости конденсатора 2141.

Фильтр нижних частот фазового детектора системы ФАПЧ образован конденсаторами 2143, 2144 и резистором 3142 и подключен к выводу 7140/31. На этот же вывод поступает и сигнал отключения ГУН, т.е. принудительного выключения режима STEREO при нажатии клавиши MONO/ST на панели управления музыкального центра.

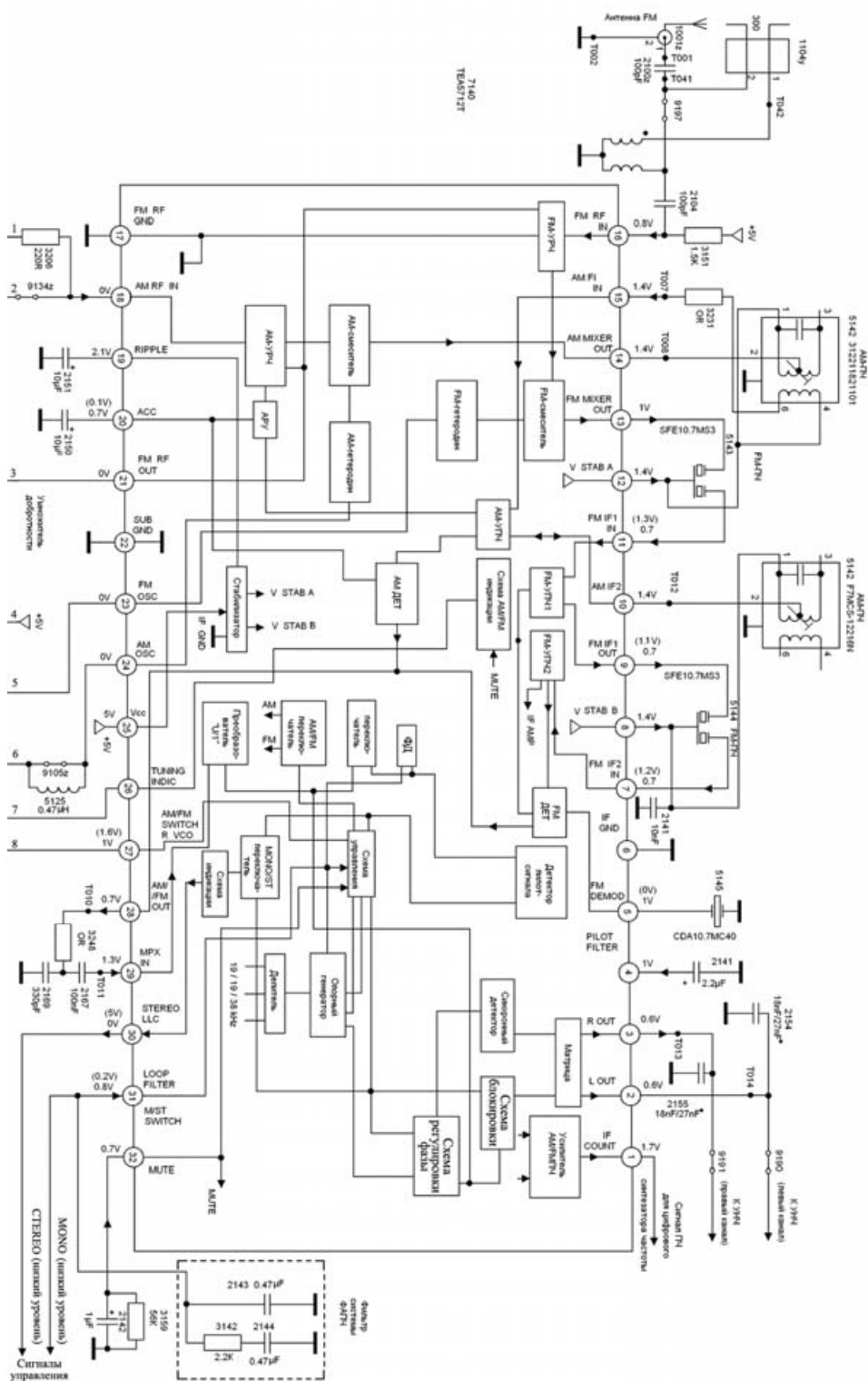
После синхронного детектирования и матрицирования на выходах 7140/3,2 формируются НЧ сигналы правого и левого каналов, которые поступают далее в низкочастотный тракт музыкального центра.

При приеме АМ сигналов ВЧ сигнал с рамочной антенны через разъем 1105 поступает на входные цепи 5107 (MW) и 5108х (LW), 2113, перестраиваемые по частоте варикапом сборки 6105 HN1V02H.

Управляющее напряжение, как и в случае приема FM сигналов, формируется схемой частотного синтезатора.

Это же напряжение используется и для перестройки гетеродинных контуров АМ диапазонов, подключенных к выводу 24 микро-





на базе микросхемы TEA5712

схемы TEA5712: 5123, 2136 для MW диапазона и 5122х, 2125х, 2129х для LW диапазона. В качестве элемента перестройки в них используется второй варикап сборки 6105.

Коммутация входных и гетеродинных контуров АМ диапазонов осуществляется с помощью транзисторных ключей 7102х, 7104х, 7121х, 7123х, которые управляются через резисторы напряжениями LW и LW/MW, изменяющимися противофазно. При высоком логическом уровне сигнала LW/MW ключи 7204х и 7121х открываются и шунтируют входной и гетеродинный контуры средневолнового диапазона. При высоком логическом уровне сигнала LW срабатывают ключи 7102х и 7123х.

После предварительной фильтрации и согласования во входной цепи высокочастотный сигнал подается на вывод 18 микросхемы 7140, в которой располагаются усилитель высокой частоты, преобразователь частоты с внутренним гетеродином, усилитель промежуточной частоты и детектор АМ сигналов. Избирательными элементами тракта промежуточной частоты являются контуры 5140 и 5142. Контур 5140 включен между выходом смесителя и входом УПЧ (выводы 7140/14,15), а контур 5142 – на выходе УПЧ (вывод 7140/10).

Уровень сигнала промежуточной частоты контролируется схемой автоматической регулировки усиления, постоянная времени которой определяется номиналом конденсатора 2150, подключенного к выводу 7140/20. Сигнал гетеродина с выхода 3 контура 5123 поступает для контроля на схему частотного синтезатора.

В результате детектирования АМ сигнала формируется низкочастотное колебание, которое, как и в случае приема FM сигналов, с вывода 7140/28 через фильтр 3248, 2169 подается на вход 7140/29, то есть на устройство декодирования. Так как при приеме АМ сигналов в колебании отсутствуют компоненты стереосигнала, декодер не включается, а работает в режиме усиления. Далее НЧ сигнал проходит на выводы 7140/3,2, откуда поступает в низкочастотный тракт музыкального центра.

В автомобильных аудиосистемах предъявляются весьма жесткие требования по габаритным размерам узлов тюнера и компоновке схемы. В связи с этим в последнее время здесь наметился переход от схемной реализации на основе транзисторов и микросхем, аналогичной рассмотренной выше, к схемам, построенным на основе компактных интегральных модулей, разработанных фирмами-производителями специально для этих целей.

Схемотехника радиоприемных трактов

В таких модулях (табл. 5.8) заключены даже элементы избира-
тельных цепей (фильтры, варикапы и т.п.) и времязадающие цепи.

Так же как и для ИМС, можно отметить, что имеются инте-
гральные модули, ориентированные на обработку АМ или ЧМ сиг-

Таблица 5.8

Интегральные модули для построения АМ/ЧМ тюнеров и их технические параметры

| Фирма-производитель | Тип модуля | Чувствительность (FM), мкВ при отношении сигнал/шум 30 дБ | Избирательность по соседнему каналу (FM), дБ | Степень разделения стереоканалов (FM), дБ | Чувствительность (MW), мкВ при отношении сигнал/шум 20 дБ | Избирательность по соседнему каналу (MW), дБ | Чувствительность (LW), мкВ при отношении сигнал/шум 20 дБ | Избирательность по соседнему каналу (LW), дБ |
|---------------------|------------------|--|---|--|--|---|--|---|
| JVC | VAF6511 | 1,0 | 65 | 35 | 20 | 35 | — | — |
| | AU0003 | 1,0 | 65 | 30 | 20 | 35 | — | — |
| Matsushita | 03SMX16 | 2,0 | * | 35 | 25 | * | 40 | * |
| | 03SMX06 | 2,0 | * | 40 | 25 | * | — | — |
| | 03SMX25 | 1,7 | * | 35 | 25 | * | — | — |
| | 03SKM16 (AM) | — | — | — | 25 | * | 40 | * |
| | PTY323A0 (ЧМ) | 2,0 | * | 35 | — | — | — | — |
| | 03SMX12 | 2,0 | * | 35 | 25 | * | 40 | * |
| Pioneer | CWE1313 | 4,0 | 70 | 40 | 18 | 50 (два ПЧ) | 30 | 50 (два ПЧ) |
| Sony | TUX-005A | 0,7 | 75 | 35 | 30 | * | 30 | * |

* Сведения отсутствуют

налов, а есть и универсальные модули, реализующие обе функции. К недостаткам такого схемного решения можно отнести неремонтопригодность этих электронных компонентов, приводящую в случае какого-либо отказа к замене всего модуля.

Указанные в табл. 5.8 технические параметры тюнеров, реализованных на основе этих модулей, говорят о весьма высоком качестве обработки принимаемых сигналов.

Так, чувствительность тракта FM достигает величины, меньшей 1 мкВ (модуль TUX-005A в автомобильной магнитоле SONY модели XR-C223 модификации EE), а использование, например, в автомобильном проигрывателе компакт-дисков с тюнером PIONEER DEH-605RDS модуля CWE1313 с двойным преобразованием частоты обеспечивает в тракте АМ избирательность по соседнему каналу 50 дБ при чувствительности 18 мкВ (MW) и 30 мкВ (LW).

5.5. Декодеры системы RDS

Декодеры системы радиоинформации (RDS) стандарта CENELEC EN 50067 устанавливаются пока не во всех даже сложных моделях радиоприемников. Их использование особенно необходимо в автомобильных аудиосистемах, работающих в быстроизменяющихся условиях приема радиоволн, когда зачастую у слушателя отсутствует возможность оперативной регулировки тюнера.

Эти декодеры выполняются на специализированных микросхемах или интегральных модулях, включаемых после частотного детектора УКВ (FM) тракта.

Выходы декодера соединяются с информационными входами системного контроллера аудиосистемы. В табл. 5.9 представлены некоторые наиболее часто встречающиеся ИМС этого типа. В их состав входят кольцо фазовой автоподстройки частоты для выделения поднесущей сигнала передачи данных 57 кГц и тракт фазового детектирования информационного сигнала (см. рис. 4.6). В результате декодирования выделяются последовательности информационных данных и синхрои́мпульсов.

В некоторых случаях (например, в музыкальном центре TECHNICS SC-CH530) к декодерам дополнительно подключаются схемы коррекции ошибок.

Микросхемы для построения декодеров системы RDS

| Фирма-производитель | Sanyo | | Pioneer | SGS-Thomson | Philips | NSC | Lambda |
|---------------------|--------|--------|---------|-------------|---------|--------|---------|
| Тип микросхемы | LA2220 | LA2230 | CWV1044 | TDA7330 | SAA6579 | DA7330 | PMR001B |

На рис. 5.17 в качестве примера представлена структурная схема и схема включения ИМС LA2220, используемая в автомагнитолах PIONEER KEH-3600/3400SDK/2400SDK, KE-2900SDK/1900SDK.

Входной сигнал с выхода частотного детектора тракта FM поступает на вывод 2 микросхемы, сигнал информационных данных снимается с вывода 8, синхроимпульсы – с вывода 16. Для разрешения работы декодера на вывод 17 подается управляющий сигнал, который соответствует факту уверенной настройки тюнера на частоту радиостанции.

Он формируется схемой слежения за настройкой. К выводам 18, 20 и 19, 21 подключаются RC элементы, определяющие постоянные времени ФНЧ фазовых детекторов основного канала обработки и петли ФАПЧ.

Элементы, подключенные к выводам 3, 5, 7, определяют АЧХ усилителя входного сигнала. Внутренний опорный генератор работает на частоте 19 кГц, которая стабилизирована кварцевым резонатором X1 (вывод 22).

При необходимости может быть задействована схема индикации режима RDS, например, с помощью светодиода VD1 (вывод 11), которая контролирует наличие выходного сигнала информационных данных.

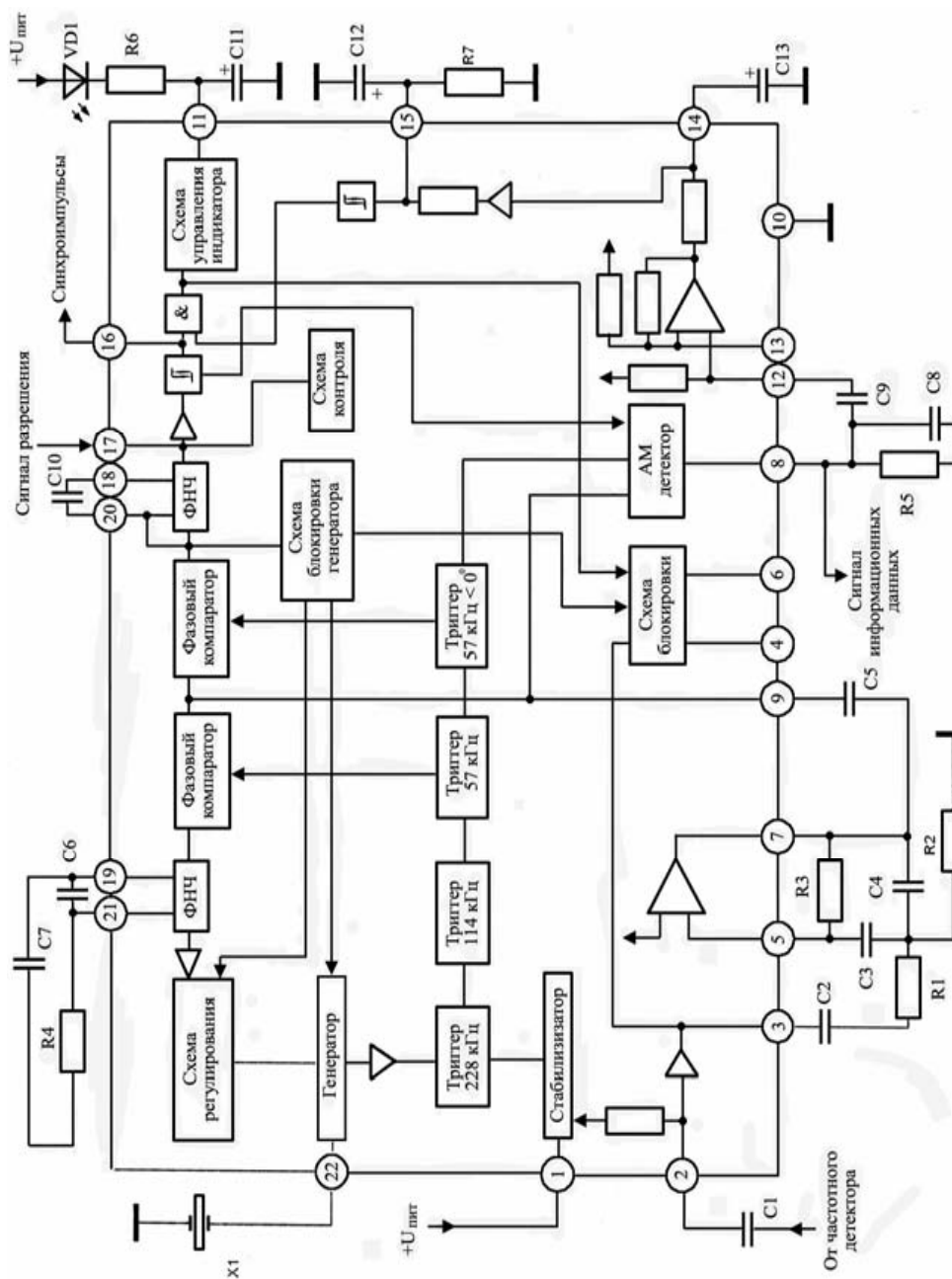


Рис. 5.17. Структурная схема декодера системы RDS на базе микросхемы LA2220

5.6. Примеры построения радиовещательных приемников

Принципиальные схемы тюнеров музыкального центра Panasonic RX-DT75 (рис. 5.18) и отечественной магнитолы Вега-235 стерео (рис. 5.19) размещены на вкладке к книге.

Ниже приводятся их описания.

Тюнер музыкального центра Panasonic RX-DT75 способен принимать радиосигналы в диапазонах ДВ (LW), СВ (MW) и FM и имеет следующие технические параметры:

| | |
|----------------------------|----------------|
| Диапазон рабочих частот FM | 87,5...108 МГц |
| Диапазон рабочих частот MW | 522...1611 кГц |
| Диапазон рабочих частот LW | 144... 288 кГц |
| Промежуточные частоты: | |
| диапазон FM | 10,7 МГц |
| диапазоны MW и LW | 459 кГц |

Рассмотрим его работу.

Диапазон FM. Включение питания тракта FM осуществляется через ключевой транзистор VT5, управляемый низким уровнем сигнала P1 с вывода 11 микросхемы цифрового синтезатора и управления DA2 XLU2616F-E1.

Высокочастотный частотно-модулированный (ЧМ) сигнал поступает с телескопической антенны через диод VD11 на полосовой фильтр Z1, который выполняет функции входной цепи приемника, согласовывает входное сопротивление усилителя высокой частоты (УВЧ) с сопротивлением антенны, а также подавляет помехи. Транзисторный каскад VT12 используется для блокировки входа тракта при поступлении сигнала MUTE от системного контроллера музыкального центра.

Следующий каскад – усилитель высокой частоты – является составной частью микросхемы DA1 TA7358FMATEL, которая также содержит гетеродин, буферный усилитель, смеситель и вспомогательные блоки. Избирательная по частоте нагрузка УВЧ, подключенная к выводу 3, образована катушкой индуктивности L7, конденсаторами C15, C17 и варикапной сборкой VD1. Элементы R20 и C24 образуют в цепи питания заградительный фильтр. Перестройка контура усилителя производится напряжением, приходящим на варикапы VD1 через активный фильтр нижних частот на транзисторах

VT1, VT2 от синтезатора частоты с системой фазовой автоподстройки (вывод 17 микросхемы DA2 XLU2616F-E1). Напряжение питания фильтра стабилизировано элементами R10, C11 и VD2.

Одновременно с перестройкой контура УВЧ перестраивается и контур гетеродина, образованный элементами L4, C5, а также емкостью варикапной сборки VD4. Контур гетеродина подключен к выводу 7 микросхемы DA1 через конденсатор C34. Контроль частоты гетеродина осуществляется каскадами, входящими в микросхему DA2, для чего сигнал с контура гетеродина через цепочку C35 – буферный усилитель VT3 – C28 приходит на вход 14 микросхемы DA2. Элементы R26, C37 образуют фильтр в цепи питания усилителя.

Смешивание колебаний от УВЧ и гетеродина происходит в смесителе, куда первые приходят через конденсатор C26 (вывод 4 DA1), а вторые – через внутренний буферный усилитель. Выход смесителя (вывод 6) нагружен на широкополосный контур L5, C25, шунтированный резистором R13. Основная селекция полезного сигнала производится в усилителе промежуточной частоты VT4, на входе и выходе которого установлены пьезокерамические фильтры CF1 и CF2. Величина усиления в УПЧ определяется резисторами R28 и R29.

Дальнейшая обработка ЧМ сигнала происходит в микросхеме DA3 LA1831MSATEL, содержащей тракты обработки ЧМ и АМ сигналов. Микросхема включает в себя усилитель промежуточной частоты ЧМ сигналов, частотный детектор, коммутаторы, декодер стереосигналов, а также усилитель высокой частоты АМ сигналов, смеситель с гетеродином, усилитель промежуточной частоты АМ сигналов и амплитудный детектор. Микросхема содержит также элементы, обеспечивающие автоматическую регулировку усиления (APY) обоих трактов.

Сигнал промежуточной частоты, поступающий на вывод 1 микросхемы DA3, после усиления детектируется в частотном детекторе, для обеспечения работы которого к выводу 8 подключен пьезокерамический фильтр CF3. Одновременно с этим детектор уровня анализирует амплитуду сигнала ПЧ, информация об уровне сигнала подается на каскады APY и в цепи слежения за настройкой (вывод 6).

После внутреннего коммутатора низкочастотные колебания подаются на стереодекодер системы пилот-тон. Для обеспечения работы опорного генератора схемы ФАПЧ стереодекодера к выводу

17 подключается кварцевый резонатор X1 с частотой 456 кГц. Цепь R47, C71, C72, соединенная с выводами 11 и 12, определяет постоянную времени фильтра нижних частот фазового детектора. Информация о наличии стереосигнала STEREO формируется на выводе 7 микросхемы. Декодированные НЧ сигналы правого и левого каналов с выходов 15 и 14 поступают соответственно через цепочки R55, C77 и R56, C76 в низкочастотный тракт.

Диапазоны LW и MW. Для приема радиосигналов в диапазонах средних (MW) и длинных (LW) волн используется внутренняя ферритовая антенна, содержащая катушки L2-1 и L2-2. В длинноволновом диапазоне используются обе катушки, в средневолновом — только одна L2-1. Коммутация катушек осуществляется ключевым транзистором VT11 совместно с VT8, VT10, и VT14 по сигналу переключения диапазона, поступающему с выхода 12 микросхемы DA2. Подстройка контуров при регулировке тюнера производится конденсаторами CT1 и CT2.

Одновременно с переключением антенных контуров изменяются и параметры гетеродинных цепей. Транзисторы VT8 и VT14 коммутируют контуры L3 и L11. Одновременная перестройка указанных цепей осуществляется варикапной сборкой VD3, которая управляется напряжением, приходящим с вывода 17 микросхемы DA2 через транзисторный каскад VT1, VT2. Контроль частоты гетеродина производится по сигналу с буфера (вывод 24 DA3), который через C31 соединен с синтезатором частоты DA2 XLU2616F-E1 (вывод 13).

Выводы 2, 3 и 6, 7 вторичных обмоток антенных контуров соединяются с выводом 21 микросхемы DA3 LA1831MSATEL, являющимся входом усилителя высокой частоты. Контуры L3 и L11 подключены к выводу 23 микросхемы, то есть к внутреннему гетеродину, напряжение которого стабилизировано специальной схемой контроля уровня.

Колебания с выходов УВЧ и гетеродина поступают на смеситель, на выходе которого (выв. 2) с помощью избирательного фильтра T1 выделяется напряжение промежуточной частоты (выв. 4). Затем сигнал подается на вход усилителя промежуточной частоты. После усиления и детектирования выделяется низкочастотный сигнал, форма которого соответствует огибающей АМ сигнала. Выход детектора подключен к коммутатору АМ/ЧМ, после которого тракты прохождения обоих сигналов совпадают. В диапазонах MW и LW также используется система АРУ и схема слежения за настройкой.

Управление устройствами платы тюнера осуществляется от системного контроллера музыкального центра с помощью цифровых сигналов данных (DI), синхронизации (CL) и строба (CE). Эти сигналы приходят, соответственно, на входы синтезатора (выв. 3,4,5 DA2). В свою очередь, системный контроллер получает от синтезатора DA2 (вывод 6) сигнал настройки TUN, а от стереодекодера DA3 (вывод 7) – сигнал STEREO индикации режима «Стерео».

Стабилизация частоты внутреннего генератора системы ФАПЧ синтезатора обеспечивается кварцевым резонатором X2 (7,2 МГц), подключенным к выводам 1 и 2 ИМС DA 2).

Элементы L8, C21 и C22 образуют фильтр в цепи питания микросхемы DA2 (вывод 15).

Тюнер магнитолы Вега-235 стерео позволяет принимать радиосигналы в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ и имеет следующие технические параметры:

| | |
|--|--------------------|
| Диапазон рабочих частот ДВ | 148,5...283,5 кГц |
| Диапазон рабочих частот СВ | 526,5...1608,5 кГц |
| Диапазон рабочих частот КВ | 9,35...12,1 МГц |
| Диапазон рабочих частот УКВ | 65,8...74,0 МГц |
| Промежуточные частоты: | |
| диапазон УКВ | 10,7 МГц |
| диапазоны ДВ, СВ, КВ | 465 кГц |
| Чувствительность (реальная) | |
| в диапазоне ДВ | 2,0 мВ/м |
| в диапазоне СВ | 1,2 мВ/м |
| в диапазоне КВ | 0,4 мВ/м |
| в диапазоне УКВ | 100 мкВ/м |
| Односигнальная избирательность по соседнему каналу | |
| в диапазонах ДВ, СВ | 30 дБ |
| Диапазон воспроизводимых частот | |
| в диапазонах ДВ, СВ | 100...3500 Гц |
| в диапазоне УКВ | 100...10000 Гц |

Рассмотрим работу тюнера магнитолы (см. рис. 5.19).

Диапазон УКВ. Включение питания тракта УКВ осуществляется переключателем SA1. Напряжение +6 В с контакта 5 разъема

ХР1 через его замкнутые контакты 3–5 поступает на вывод 5 микросхемы DA2 и вывод 12 микросхемы DA3. Кроме того питание подключается к транзисторным каскадам на VT1–VT2, VT4–VT13.

Высокочастотный ЧМ сигнал поступает с антенны (внешней или телескопической) либо через конденсатор C5, либо через конденсатор C9 на фильтр входной цепи L6, C11, C12, VD1, который осуществляет предварительную фильтрацию помех и согласовывает сопротивление антенны с входным сопротивлением усилителя высокой частоты. Сам усилитель высокой частоты выполнен на транзисторах VT1, VT2, включенных по каскодной схеме ОЭ–ОБ для повышения устойчивого коэффициента усиления. Избирательная нагрузка УВЧ образована катушкой индуктивности L5, конденсаторами C28, C19 и варикапом VD2. После УВЧ сигнал через конденсатор C34 подается на вывод 7 микросхемы DA2 K174ПС1. Составными узлами этой микросхемы являются гетеродин, смеситель и вспомогательные блоки. Контур гетеродина состоит из элементов L8, C27, C30, C31, C37, C39, VD3 и подключен к выводам 12 и 13.

Перестройка контуров входной цепи, УВЧ и гетеродина производится одновременно напряжением, приходящим на варикапы VD1 – VD3 через резисторы R9, R11, R12 с контакта 4 разъема XS3-ХР3. Изменение этого напряжения осуществляется переменным резистором R63, ось которого связана через верньерное устройство с указателем шкалы настройки магнитолы. Для дополнительной фильтрации помех в этой цепи установлены конденсаторы C76, C77 и C80.

Выход смесителя микросхемы DA2 (вывод 2) нагружен на колебательный контур L14, C46. Основная селекция полезного сигнала производится в следующем каскаде, состоящем из эмиттерного повторителя VT4 и пьезокерамического фильтра Z2.

Дальнейшая обработка ЧМ сигнала происходит в микросхеме DA3 K174ХА6, содержащей усилитель-ограничитель, частотный детектор, детектор уровня сигнала ПЧ, тракт бесшумной настройки и цепи коммутации системы АПЧ.

Сигнал промежуточной частоты, поступающий на вывод 18 микросхемы DA3, после усиления детектируется в частотном детекторе, для обеспечения работы которого к выводам 9–10 подключен фазосдвигающий контур L21, C72. Одновременно с этим детектор уровня анализирует амплитуду сигнала ПЧ, информация об уровне сигнала

подается на цепи слежения за настройкой. Переменным резистором R52 (вывод 15) можно регулировать уровень срабатывания схемы бесшумной настройки. Выходной сигнал, формируемый для системы автоматической подстройки частоты, снимается с вывода 5 и подмешивается к напряжению настройки через резистор R62. Для отключения АПЧ вывод 2 нужно соединить с общим проводом.

С вывода 7 микросхемы DA3 низкочастотный комплексный стереосигнал системы с полярной модуляцией подается через подстроечный резистор R55 на стереодекодер, построенный по принципу суммарно-разностного декодирования с разделением спектров. Этот узел реализован на элементах VT6, VT7, VT9 – VT11, VD7 – VD10. С помощью первых трех транзисторов осуществляется усиление суммарного сигнала каналов (A+B), а с помощью фильтров L19, C56 и L20, C66, настроенных на частоту поднесущей 31,25 кГц, и остальных транзисторов и диодов – усиление и формирование разностного сигнала (A–B). Матрицирование (сложение и вычитание) суммарного и разностного колебаний производится на резисторном сумматоре R42, R45, R46, R49, R50. С центральных движков подстроечных резисторов R45, R46 сформированные таким образом стереосигналы через эмиттерные повторители VT5, VT8 и контакты 15–17, 16–18 переключателя SA1 поступают на выходные контакты 3 и 1 разъема XP1.

На транзисторах VT12, VT13 и светодиоде VD11 построена схема индикации режима «Сtereo». Указанный светодиод загорается, когда уровень поднесущей комплексного стереосигнала достигает необходимого значения.

Диапазоны ДВ, СВ, КВ. Весь тракт приема амплитудно-модулированных сигналов выполнен на микросхеме DA1 K174XA2 и транзисторе VT3. Напряжение питания +6 В подводится через контакты 2 – 4 переключателя SA1.

Для приема радиосигналов в диапазонах ДВ и СВ используется внутренняя ферритовая антенна, содержащая катушки L4 и L3. В коротковолновом диапазоне используется телескопическая антенна, связь с которой осуществляется через конденсатор C1. Для коммутации контуров входной цепи L2, C2, C7; L3, C4, C8 и L4, C3 при переключении диапазонов применен механический коммутатор SA2. Перестройка контуров осуществляется одним варикапом VD4. Следую-

щий каскад – истоковый повторитель на полевом транзисторе VT3. После него сигнал подается на вывод 1 микросхемы DA1.

В указанной микросхеме содержатся следующие каскады: усилитель высокой частоты, гетеродин, смеситель, усилитель промежуточной частоты, элементы системы автоматической регулировки усиления и стабилизатор.

Контуры L9, C21; L11, C17 и L15, C23 и элемент перестройки VD5 определяют частоту гетеродина на разных диапазонах работы тюнера. Они подключены к выводам 4–6 микросхемы.

Перестройка вышеперечисленных контуров производится напряжением с контакта 4 разъема XS3.

Колебания с выходов УВЧ и гетеродина поступают на смеситель, на выходах 15–16 которого с помощью избирательного фильтра L16, C42 и пьезокерамического фильтра Z1 выделяется напряжение промежуточной частоты. Затем сигнал подается на вход 12 усилителя промежуточной частоты. После усиления колебание ПЧ можно наблюдать на выводе 7. Следующий каскад – амплитудный детектор VD6, R19, C52, с выхода которого через цепочку R24, C51 низкочастотный сигнал поступает на контакты 13–15, 14–16 переключателя SA1, а оттуда – на контакты 3 и 1 выходного разъема XP1.

В диапазонах СВ, ДВ и КВ используется система АРУ, сигнал регулировки которой вырабатывается после указанного амплитудного детектора и дополнительного ФНЧ R26, C35 с большой постоянной времени.

Блок фиксированных настроек (БФН) формирует из напряжения +5 В четыре регулируемых напряжения, одно из которых при нажатии на соответствующий коммутатор SA1 – SA4 заменяет напряжение перестройки, задаваемое переменным резистором R63 и тем самым позволяет установить настройку на требуемую радиостанцию.

6. Особенности конструкции радиоприемных трактов

Конструкция того или иного радиоприемного тракта зависит от класса модели, а также от того, в каком исполнении (индивидуальном или в составе аудиоконкомплекса) он выполнен. Так, в сложных аудиоконкомплексах, имеющих блочную структуру, радиоприемный тракт является лишь небольшой их частью. Обычно его элементы размещаются на одной из плат совместно с элементами какого-нибудь другого блока: магнитофонной панели, низкочастотного тракта и т. п.

Особое внимание уделяется конструкции и расположению высокочастотных узлов трактов, и, в частности, УКВ (FM) тракта. Это связано со спецификой монтажа ВЧ элементов, при которой предусматривается минимальное их влияние друг на друга и на остальные узлы радиоприемного тракта. Особенно тщательно соблюдается экранирование и способы заземления точек схемы. Намоточные элементы на этих частотах имеют, как правило, минимальное количество витков, и их индуктивность сильно зависит даже от расстояния между этими витками.

В радиоприемниках простых моделей еще встречается реализация шкалы перестройки в виде верньерного устройства, положение указателя которого жестко связано через кордовую нить и систему роликов с углом поворота ротора конденсатора переменной емкости или резистора, регулирующего управляющее напряжение на варикапах.

В современных моделях, имеющих микропроцессорное управление, индикаторы настройки выполняются в цифровом виде.

Очень жесткие требования по конструкции и взаимному расположению деталей предъявляются в радиоприемных трактах автомагнитол из-за ограниченного объема монтажа.

В этой же связи в современных моделях зачастую используют неремонтопригодные интегральные модули, включающие в себя весь тракт.

7. Измерение параметров радиовещательных приемников

Для измерения технических параметров радиовещательных приемников необходимо наличие специальных контрольно-измерительных приборов, а также соблюдение стандартных методик.

7.1. Измерительные приборы и вспомогательные средства

Основными радиоизмерительными приборами и вспомогательными техническими средствами, необходимыми для регулировки параметров радиоприемных трактов, являются:

- высокочастотный генератор с амплитудной модуляцией (выходное сопротивление 50 или 75 Ом);
- высокочастотный генератор с частотной модуляцией (выходное сопротивление 50 или 75 Ом);
- генератор низкой частоты с рабочим диапазоном не менее 20...20000 Гц и выходным сопротивлением 600 Ом;
- генератор шума с неравномерностью спектральной плотности мощности шума не более ± 1 дБ;
- измеритель девиации частоты ЧМ сигналов и коэффициента амплитудной модуляции АМ сигналов;
- анализатор спектра;
- осциллограф с полосой частот не менее 1 МГц;
- частотомер;
- измеритель нелинейных искажений;
- электронный вольтметр переменного тока с погрешностью не более $\pm 2,5\%$;
- электронный вольтметр постоянного тока с погрешностью не более $\pm 0,5\%$;
- аттенюатор;
- стереофонический модулятор по системе стереофонического вещания с полярной модуляцией;
- стереофонический модулятор по системе стереофонического вещания с пилот-тоном;

- цепь предискажений;
- полосовые и режекторные фильтры;
- источник питания постоянного тока;
- эквиваленты низкочастотной нагрузки (или динамические головки);
- эквиваленты антенн.

Достоверность получаемых при регулировке результатов во многом зависит от условий, в которых она проводится, а также от класса точности и соответствия параметров измерительных приборов паспортным техническим характеристикам. Поэтому вначале необходимо убедиться в том, что используемые приборы являются технически исправными и поверенными.

Следует учитывать, что при измерениях в трактах радио- и промежуточной частот уровни сигналов часто столь малы, что соизмеримы с уровнями внешних помех. Это предъявляет повышенные требования к помещениям, где проводятся работы. При необходимости устанавливаются заземленные экраны, прекращается работа других радиосредств и т. п. Экранирование соединительных проводов и заземление экранов необходимы также и в низкочастотных цепях для снижения уровня фона.

Многие параметры радиоприемного устройства взаимосвязаны друг с другом, и изменение одного из них влечет соответствующее изменение другого. В связи с этим часто рекомендуется проводить регулировки или измерения при стандартных значениях сопутствующих параметров, например, на определенной частоте или при определенной стандартной выходной мощности $P_{СТ}$ (или напряжении) НЧ сигнала. Также стандартизованы и параметры входных измерительных сигналов: несущая частота, частота и глубина модуляции, девиация частоты, параметры комплексного стереосигнала.

Стандартный испытательный сигнал имеет следующие параметры модуляции: коэффициент АМ (индекс ЧМ) – 30 %, частота модуляции – 1000 Гц. В качестве первых дополнительных значений приняты величины: коэффициент АМ – 80%, индекс ЧМ – 100 %, частота модуляции – 400 Гц. Напряженность электромагнитного поля в точке приема для аппаратов с магнитными антеннами стандартизована ГОСТ 9783-88 и составляет 74 дБ (мкВ/м). При значительном отличии величины этого параметра, указанной в норма-

тивно-технической документации на конкретный радиоприемник, можно использовать среднее значение динамического диапазона входного ВЧ сигнала.

В диапазонах ДВ, СВ и КВ источником сигнала является генератор высокой частоты с амплитудной модуляцией. Частоты измерений выбирают из предпочтительного ряда по ГОСТ 12090-80. Если радиоприемник имеет ограниченный диапазон настройки, то измерения проводят на границах диапазона (или вблизи от них), а также на одной или нескольких частотах в середине диапазона. В диапазоне КВ частоты для измерений выбирают из ряда: 6,1; 7,2; 9,6; 11,8; 15,3; 17,8; 21,6; 25,8 МГц.

В диапазоне УКВ частоты для измерений выбирают из ряда: (66), 67, (69), 71, (73), (88), 90, 92, (94), 96, (98), (100), 104, (108) МГц. Указанные в скобках значения являются предпочтительными.

Частота для измерений в диапазоне от 65,8 до 74,0 МГц должна быть 69 МГц, в диапазоне от 76 до 90 МГц – 88 МГц, в диапазоне частот от 87,5 до 104,0 МГц – 94 МГц, в диапазоне частот от 87,5 до 108,0 МГц – 98 МГц.

В диапазоне УКВ (FM) источником сигнала является генератор высокой частоты с частотной модуляцией. При этом рекомендуются следующие параметры модуляции:

- для режима «Моно» российского стандарта – частота модуляции 1 кГц, девиация частоты ± 15 кГц или $\pm 22,5$ кГц;
- для режима «Стерео» российского стандарта – частота модуляции 1 кГц, девиация частоты ± 22 кГц или $\pm 27,75$ кГц, частота поднесущей 31,25 кГц;
- для режима «Моно» зарубежного стандарта – частота модуляции 400 Гц, девиация частоты 22,5 кГц, пилот-сигнал отключен;
- для режима «Стерео» зарубежного стандарта – частота модуляции 1 кГц, девиация частоты 67,5 кГц, частота пилот-сигнала 19 кГц.

Низкочастотное напряжение для частотной модуляции сигнала ВЧ генератора должно подаваться через дифференцирующую цепь (рис. 7.1) с постоянной времени 50 (или 75) мкс для того, чтобы ввести в сигнал предискажения, эквивалентные предискажениям, используемым в реальных радиовещательных передатчиках.

Для подачи сигнала от того или иного генератора на вход высокочастотного тракта радиоприемника используются два основных метода:

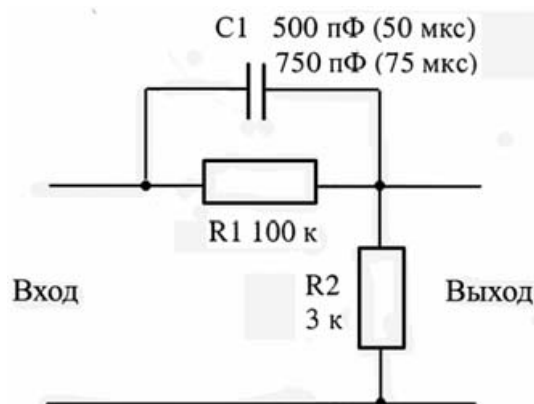


Рис. 7.1. Принципиальная схема цепи предискажений

1. Если в приемнике имеется вход для подключения наружной антенны, то сигнал подается по коаксиальному кабелю через согласующее звено – эквивалент антенны (рис. 7.2).

2. При наличии в приемнике магнитной антенны на ферритовом стержне необходимо изготовить излучающую рамочную антенну. Она состоит из трех витков медного изолированного провода диаметром 0,8 мм. Витки помещаются в медную трубку диаметром 10 – 12 мм, которая согнута в виде кольца со средним диаметром 250 мм и имеет зазор 5 – 10 мм в вершине кольца. Индуктивность экранированной рамочной антенны составляет 7,5 мкГн. Схема подключения антенны к генератору приведена на рис. 7.3. Длина соединительного коаксиального кабеля должна быть не менее 1,2 м. Сопротивление резистора R у основания рамочной антенны должно удовлетворять условию

$$R + R_{\text{вых}} = 409 \text{ Ом},$$

где $R_{\text{вых}}$ – выходное сопротивление генератора высокой частоты.

Следует помнить, что диаграмма направленности рамочной антенны имеет максимумы в направлениях, совпадающих с плоскостью рамки.



Рис. 7.2. Схема подачи ВЧ сигнала через эквивалент антенны

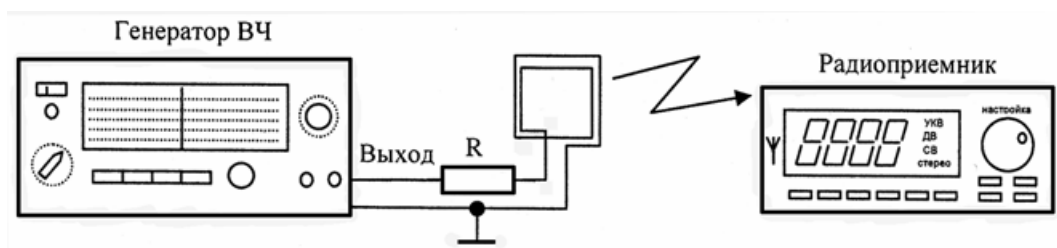


Рис. 7.3. Схема подачи ВЧ сигнала через рамочную антенну

Схема эквивалента антенны для диапазонов LW (ДВ), MW (СВ) и SW (КВ) представлена на рис. 7.4, а. Для автомобильных магнитол этих диапазонов рекомендуется несколько иная схема (рис. 7.4, б).

Значение резистора R1 определяется по формуле:

$$R1 = 80 \text{ (Ом)} - R_{\text{вых}} / 2 .$$

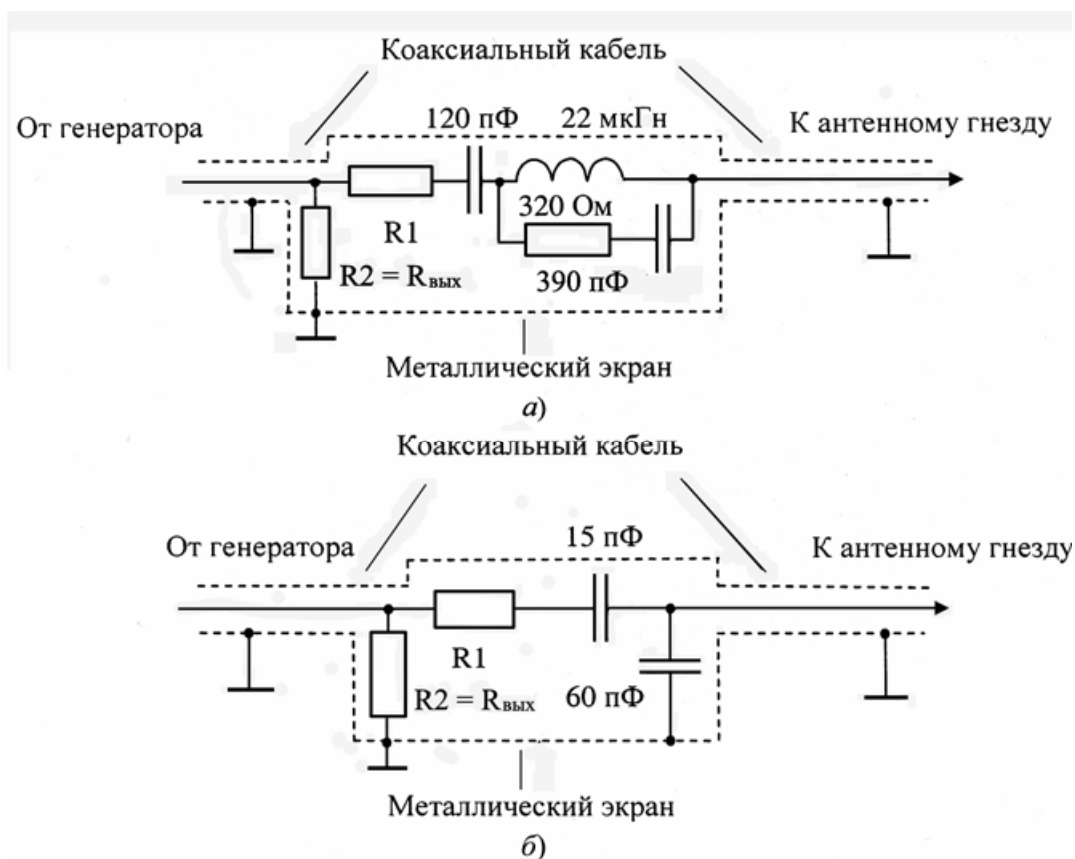


Рис. 7.4. Схема эквивалентов антенны для диапазонов LW (ДВ), MW (СВ) и SW (КВ)

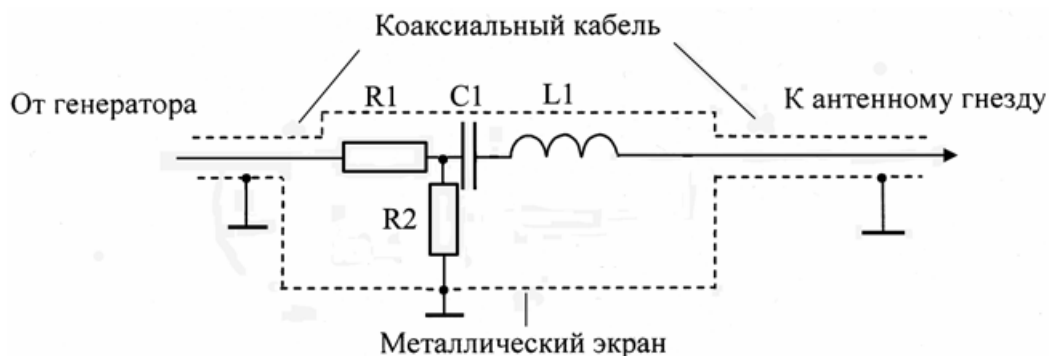


Рис. 7.5. Схема эквивалента штыревой антенны для измерения параметров радиоприемников в УКВ (FM) диапазоне

Схема эквивалента штыревой антенны для измерения параметров радиоприемников в УКВ (FM) диапазоне (от 65,8 до 108 МГц) показана на рис. 7.5. Значения элементов указаны в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Параметры элементов эквивалента антенны

| Диапазон частот, МГц | Наибольший габаритный размер корпуса радиоприемника, мм | L1, мкГн | C1, пФ | R1, Ом | | R2, Ом | |
|----------------------|---|----------|--------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | | $R_{\text{вых}}=75 \text{ Ом}$ | $R_{\text{вых}}=50 \text{ Ом}$ | $R_{\text{вых}}=75 \text{ Ом}$ | $R_{\text{вых}}=50 \text{ Ом}$ |
| 65,8...74,0 | 220 – 270 | 0,34 | 5,8 | 59 | 33 | 16 | 17 |
| 65,8...74,0 | 270 – 330 | 0,5 | 6,0 | 50 | 20 | 25 | 30 |
| 65,8...74,0 | Свыше 330 | 0,78 | 5,4 | 28 | – | 47 | 50 |
| 87,5...108,0 | 220 – 330 | 0,25 | 8,2 | 25 | – | 50 | 50 |

Схема согласующего звена (рис. 7.6,) пригодна для измерения параметров стационарных приемников диапазона УКВ (FM) с симметричным входом. При этом симметричный кабель должен иметь волновое сопротивление 300 Ом.

Для несимметричного входа приемника диапазона УКВ (FM), а также для автомагнитол рекомендуется схема антенного эквивалента, приведенная на рис. 7.6, .

ГОСТ 9783-88 регламентирует стандартные условия измерения параметров радиоприемников:

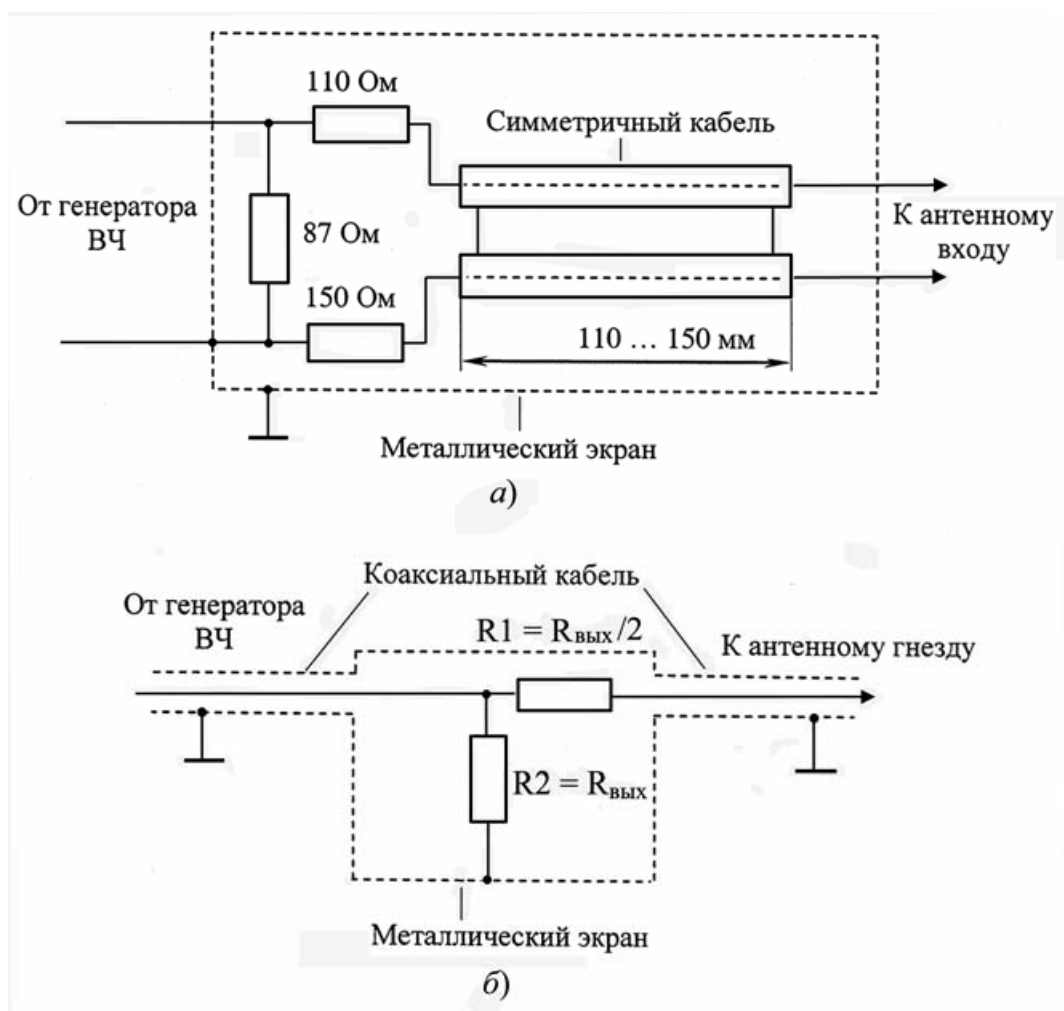


Рис. 7.6. Схемы эквивалентов антенны для диапазонов УКВ (FM)

- напряжение и частота источника питания имеют значения, равные номинальным (допускается отклонение напряжения не более $\pm 2\%$ от номинального значения);
- к выходным клеммам, предназначенным для громкоговорителя, подключают реальную нагрузку или эквивалент нагрузки – резистор с активным сопротивлением, равным номинальному значению электрического сопротивления нагрузки с допускаемым отклонением $\pm 5\%$;
- к выходу тюнера подключают эквивалент входного сопротивления усилителя низкой частоты, представляющий собой резистор сопротивлением $47\text{ кОм} + 5\%$;

- радиоприемник настраивают на подаваемый сигнал;
- регулятор громкости (при его наличии) устанавливают так, чтобы значения напряжения или мощности на низкочастотном выходе были на 10 дБ ниже номинальных значений. Допускается использовать другие значения напряжений и мощности, указанные в НТД;
- предпочтительные значения напряжения – 500 мВ или мощности – 1, 5, 50, 500 мВт на низкочастотном выходе;
- для стереофонических радиоприемников на вход подают полный стереофонический сигнал, регулятор баланса или (при его отсутствии) регулятор громкости каждого канала устанавливают в положение, при котором выходные напряжения двух каналов равны;
- регуляторы тембра устанавливают в положения, обеспечивающие получение наиболее равномерной частотной характеристики на частотах, указанных в НТД;
- автоматическую подстройку частоты (АПЧ) при наличии выключателя отключают, за исключением случаев определения характеристик АПЧ; отключение АПЧ для некоторых измерений при отсутствии выключателя осуществляют временным изменением схемы радиоприемника;
- положение регулятора ширины полосы пропускания (при его наличии) должно быть указано в НТД;
- если конкретный метод измерения предусматривает необходимость изменения в процессе измерений каких-либо условий на отличные от стандартных, то при этом остальные условия измерений должны оставаться стандартными;
- при измерениях избирательности радиоприемников АМ и ЧМ сигналов допускается уменьшать уровень входного сигнала до момента срабатывания АРУ для радиоприемников АМ сигналов и до уровня ограничения 3 дБ – для радиоприемников ЧМ сигналов, а также применять селективный вольтметр вместо электронного вольтметра переменного тока;
- настройку радиоприемника проводят по индикатору настройки (при его наличии). Этот способ настройки является предпочтительным. При отсутствии индикатора настройку радиоприемника АМ сигналов проводят на получение максимального выходного напряжения на низкочастотном выходе, избегая перегрузки низкочастотной части. Радиоприемник ЧМ сигналов сначала настраи-

ют, приблизительно, на сигнал и наблюдают с помощью осциллографа сигнал на низкочастотном выходе. Затем увеличивают девиацию частоты до тех пор, пока не появятся искажения сигнала. Затем радиоприемник настраивают на получение симметрично ограниченного сигнала на низкочастотном выходе, причем регулятор громкости (если таковой имеется) устанавливают так, чтобы не было перегрузки низкочастотной части радиоприемника. Допускается использовать иной способ настройки, оговариваемый в НТД;

- при определении результатов измерений с использованием полосовых фильтров следует учитывать коэффициент передачи фильтра в полосе пропускания;

- при измерении параметров тюнеров допускается подключать к его низкочастотному выходу измерительный усилитель низкой частоты;

- точность измерения определяется целями, для которых. используют результаты измерения. Для большинства случаев является достаточным измерение электрических величин с погрешностью $\pm 0,15$ дБ;

- при измерении параметров радиоприемников со встроенными телескопическими антеннами стандартный высокочастотный входной сигнал подают через эквивалент антенны, который подключают непосредственно к схеме радиоприемника, предварительно отключив телескопическую антенну. Если отключить антенну невозможно, то принимают меры к уменьшению ее влияния на результаты измерений, например полностью вдвигают телескопическую антенну;

- если при измерениях предусмотрено использование цепи предискажений, то допускается проводить измерения без цепи предискажений с последующей коррекцией результатов измерений в соответствии с характеристикой цепи предискажений.

7.2. Методика измерения параметров радиовещательных приемников

Измерение потребления электроэнергии

Подключить измерительные приборы в соответствии с рис. 7.7 (вместо амперметра и вольтметра может быть использован ваттметр). Радиоприемник устанавливают в стандартные условия изме-

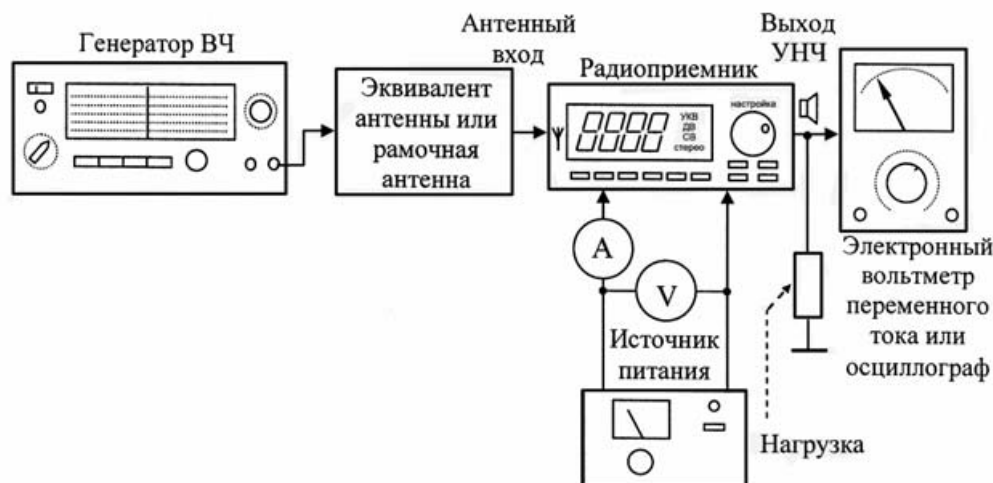


Рис. 7.7. Схема подключения приборов для измерения потребления электроэнергии

рений, при этом подключение эквивалента нагрузки вместо громкоговорителя необязательно. Измерения проводят в диапазоне УКВ или, при его отсутствии, в диапазоне СВ. Режим бесшумной настройки и режим «Стерео» (при наличии) должны быть включены.

Измеряют напряжение и силу тока (или мощность) в цепи питания радиоприемника при выключенном генераторе ВЧ.

Затем включают генератор ВЧ и подают на вход радиоприемника стандартный высокочастотный сигнал, при этом радиоприемник должен обеспечивать значение выходной мощности, равное $1/8$ значения номинальной выходной мощности, если иное значение не указано в НТД. Измеряют напряжение и силу тока (или мощность) в цепи питания радиоприемника.

Измерение нестабильности настройки радиоприемника

Для определения способности компенсирования изменения рабочей частоты измерение нестабильности настройки радиоприемника проводят при включенной АПЧ. Схема подключения приборов показана на рис. 7.8.

Измерение нестабильности настройки при прогреве радиоприемника (изменение рабочей частоты во времени)

Установить стандартные условия измерений. Положения органов настройки и регулировки радиоприемника должны оставаться неизменными в процессе измерений.

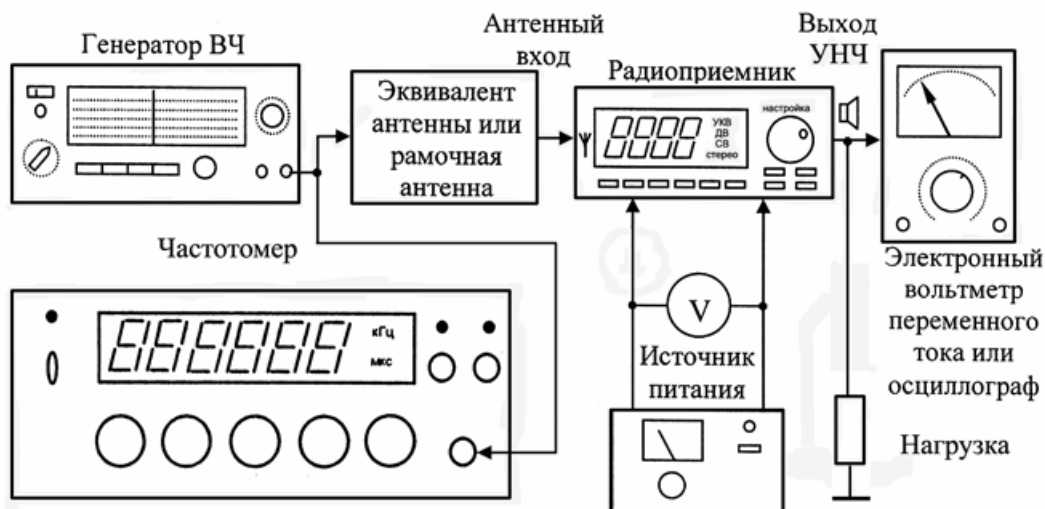


Рис. 7.8. Схема подключения приборов для измерения нестабильности настройки

Выключить радиоприемник и выдержать его не менее 4 ч., если иное время не указано в НТД, в нормальных климатических условиях.

Включить радиоприемник и, подстраивая частоту источника входного сигнала (генератора ВЧ), определить рабочую частоту приемника (например, по индикатору настройки). Значение рабочей частоты радиоприемника измерить частотомером. Рекомендуется второе измерение проводить через 5 мин после включения радиоприемника, третье – через 10 мин после второго, последующие – через 15 мин после предыдущего, а также через 1 ч после включения радиоприемника для тракта ЧМ.

За результат измерений принимают разность частот входного сигнала между первым и последующими измерениями. Результаты измерений представляют в виде таблицы или графика время – частота.

Измерение нестабильности настройки в зависимости от напряжения питания

Установить стандартные условия измерений. Метод измерения рабочей частоты радиоприемника изложен выше.

Первое измерение рабочей частоты радиоприемника проводят при номинальном напряжении питания после прогрева в течение 1 ч. Затем измеряют рабочую частоту при максимальном напряжении питания, а также других значениях, указанных в НТД.

За результат измерений принимают разность частот входного сигнала при первом и последующих измерениях. Результаты измерений представляют в виде таблицы или графика напряжение – частота.

***Измерение нестабильности настройки
в зависимости от уровня входного высокочастотного сигнала***

Установить стандартные условия измерений. Метод измерения рабочей частоты радиоприемника изложен выше.

Первое измерение рабочей частоты радиоприемника проводят при стандартном уровне входного высокочастотного сигнала. Затем уровень входного сигнала сначала увеличивают, а потом уменьшают дискретно с шагом 10 дБ, если в НТД не указано иное значение, и каждый раз определяют рабочую частоту радиоприемника. Уменьшение уровня входного сигнала проводят до значения чувствительности радиоприемника, ограниченной шумом. Увеличение уровня входного сигнала рекомендуется производить не более чем до уровня 100 дБ (мкВ) или 120 дБ (мкВ/м) в диапазонах КВ и 130 дБ (фВт – фемтоватт, т.е. 10^{-15} Вт) или 114 дБ (мкВ/м) в диапазоне УКВ, если другие значения не указаны в НТД.

За результат измерений принимают разность частот входного сигнала между первым и последующими измерениями. Результаты измерений представляют в виде таблицы или графика уровень – частота.

***Измерение нестабильности настройки
в зависимости от температуры окружающей среды***

Радиоприемник устанавливают в стандартные условия измерений внутри термокамеры или термостата, объем которых должен быть как минимум в 30 раз больше объема радиоприемника. Метод измерения рабочей частоты радиоприемника изложен выше.

Первое измерение рабочей частоты радиоприемника проводят в стандартных условиях измерений (температура по ГОСТ 15150-69). Затем температуру в термокамере или термостате изменяют в пределах, указанных в НТД, и измеряют рабочую частоту при установившейся температуре радиоприемника.

За результат измерений принимают разность частот входного сигнала между первым и последующими измерениями.

Результаты измерений представляют в виде таблицы или графика температура – частота.

Измерение диапазона действия индикатора настройки

Схема подключения приборов аналогична схеме на рис. 7.8.

Определяется минимальный и максимальный уровни входного сигнала радиоприемника, в пределах которых заметны изменения состояния индикатора настройки.

Устанавливаются стандартные условия измерений.

Изменяют напряжение генератора от значения, соответствующего чувствительности, ограниченной усилением, одновременно расстраивая частоту генератора на заданное в НТД значение. При этом замечают минимальное значение напряжения, при котором изменяется состояние индикатора вследствие расстройки генератора, а также максимальное значение напряжения, при котором прекращается изменение состояния индикатора.

За результат измерений принимают минимальное и максимальное значения напряжения генератора, в пределах которых заметны изменения состояний индикатора.

Измерение характеристик настройки и АПЧ

Схема подключения приборов приведена на рис. 7.9.

Определяется зависимость уровня и параметров выходного сигнала радиоприемника от частоты входного сигнала при изменении ее в обе стороны от частоты точной настройки, а также значения частот, определяющих полосы удержания и захвата системы АПЧ. При измерении параметров радиоприемников ЧМ сигналов используют цепь предискажений (см. рис. 7.1).

Установить стандартные условия измерений.

Для измерения характеристики настройки систему АПЧ отключить. Частоту входного сигнала изменяют в обе стороны от частоты точной настройки и измеряют на низкочастотном выходе напряжение при каждом значении расстройки, указываемом в НТД. При других уровнях сигнала на входе, а также при работающей системе АПЧ измерения проводят аналогично.

Для измерения характеристик АПЧ радиоприемника систему АПЧ включить.

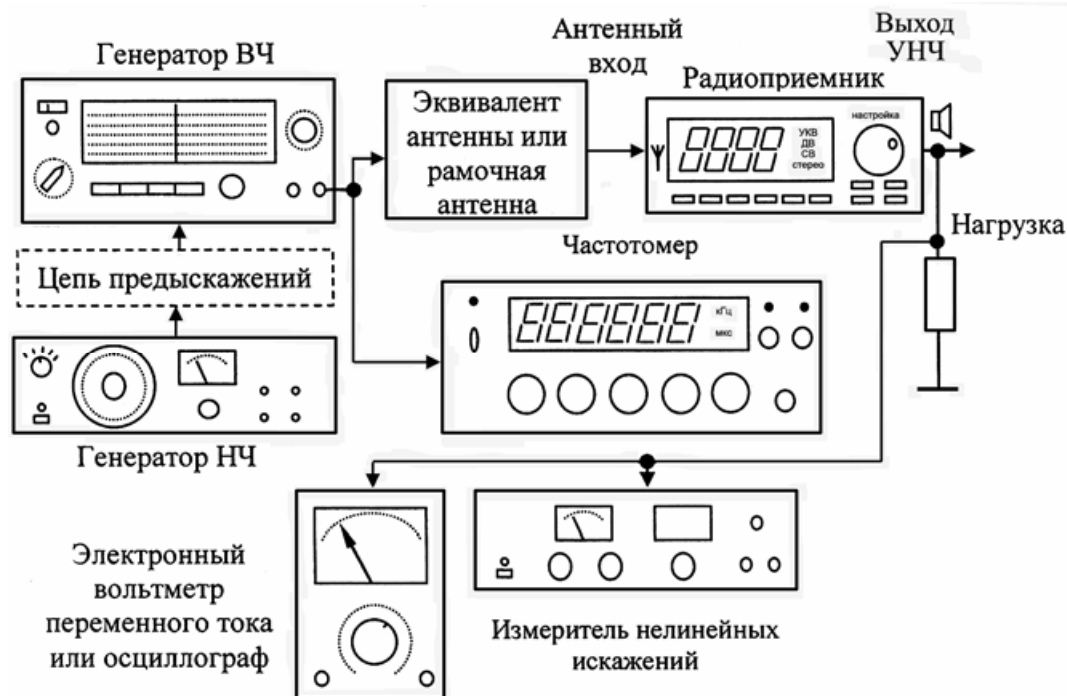


Рис. 7.9. Схема подключения приборов для измерения характеристик настройки и АПЧ

Полосу удержания АПЧ определяют следующим образом: частоту входного сигнала понижают от частоты точной настройки до момента, когда изменится величина общих гармонических искажений или напряжение сигнала на низкочастотном выходе на значение, указываемое в НТД, а затем повышают частоту входного сигнала от частоты точной настройки до момента, пока снова не произойдут указанные в НТД изменения. Разность полученных крайних частот равна полосе удержания.

Для определения крайних частот полосы захвата АПЧ необходимо сначала установить частоту входного сигнала, заведомо лежащую вне полосы удержания системы АПЧ, а затем изменять частоту, приближаясь к частоте точной настройке со стороны меньших и больших значений до указанных выше изменений параметров выходного сигнала или до скачкообразного изменения выходного напряжения.

За результаты измерений принимают зависимость напряжения на низкочастотном выходе радиоприемника от расстройки частоты входного сигнала, а также частоты, определяющие полосы удержания и захвата АПЧ.

**Измерение рабочих характеристик системы
автоматического поиска**

Измеряется зависимость погрешности настройки приемника в режиме автоматического поиска радиостанции от уровня входного сигнала.

Установить стандартные условия измерений. На вход радиоприемника подать сигнал с несущей частотой, близкой к среднему значению исследуемого диапазона частот, с частотой модуляции 1000 Гц и коэффициентом модуляции 30%.

Настроить вручную радиоприемник на данный сигнал.

Измерить частоту гетеродина $f_{г0}$, соответствующую данной рабочей частоте. Это значение используют как опорное для серии измерений.

С помощью пусковой кнопки включают систему автоматического поиска, которая будет работать до тех пор, пока радиоприемник не окажется настроенным на сигнал. Измерить полученную частоту гетеродина $f_{г1}$.

Процедуру настройки на выбранную рабочую частоту с помощью системы автоматического поиска повторяют N раз (не менее 10), измеряя каждый раз значения частоты гетеродина $f_{гi}$. Измерения повторяют при других значениях уровня сигнала, указываемых в НТД.

За результат измерения принимают зависимость погрешности настройки от уровня сигнала, вычисляемую по следующим формулам:

абсолютная погрешность

$$\Delta f_i = f_{гi} - f_{г0};$$

среднее арифметическое значение погрешности

$$\Delta f_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta f_i;$$

среднее квадратическое отклонение погрешности

$$S_N = \pm \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\Delta f_i - \Delta f_{\text{cp}})^2}.$$

Измерение промежуточной частоты

Схема подключения приборов аналогична схеме на рис. 7.8.

Установить стандартные условия измерений, при этом частоту входного сигнала для испытаний радиоприемников АМ сигналов выбирают наивысшей для средневолнового диапазона, например 1605 кГц, для ЧМ сигналов – начало диапазона. Затем напряжение входного сигнала уменьшают до значения чувствительности, ограниченной усилением.

Не изменяя положение регулятора настройки радиоприемника, генератор настраивают на промежуточную частоту радиоприемника по максимальному значению напряжения на низкочастотном выходе радиоприемника, при этом значение напряжения входного сигнала радиоприемника допускается увеличивать. Измеряют частотомером частоту ВЧ генератора.

За результат измерений принимают значение частоты генератора, выраженное в килогерцах (мегагерцах).

Измерение диапазона принимаемых частот

Схема подключения приборов аналогична схеме на рис. 7.8.

Установить стандартные условия измерений.

Указатель частоты настройки радиоприемника поочередно устанавливать в крайние положения шкалы каждого диапазона частот. При этом частоту генератора ВЧ устанавливать каждый раз равной частоте настройки радиоприемника (по индикатору настройки или по максимуму сигнала на выходе).

Частотомером измерить значения частот генератора, соответствующие точной настройке.

За результат измерений принимают полученные значения частот, выраженные в килогерцах (мегагерцах).

Измерение чувствительности, ограниченной шумом

Схема подключения приборов для измерения чувствительности, ограниченной шумом (реальной чувствительности) показана на рис. 7.10.

Установить стандартные условия измерений. Подать на вход приемника измерительный сигнал со средней частотой диапазона, в котором определяется чувствительность, и с уровнем, равным номинальной чувствительности. Настроить приемник на несущую

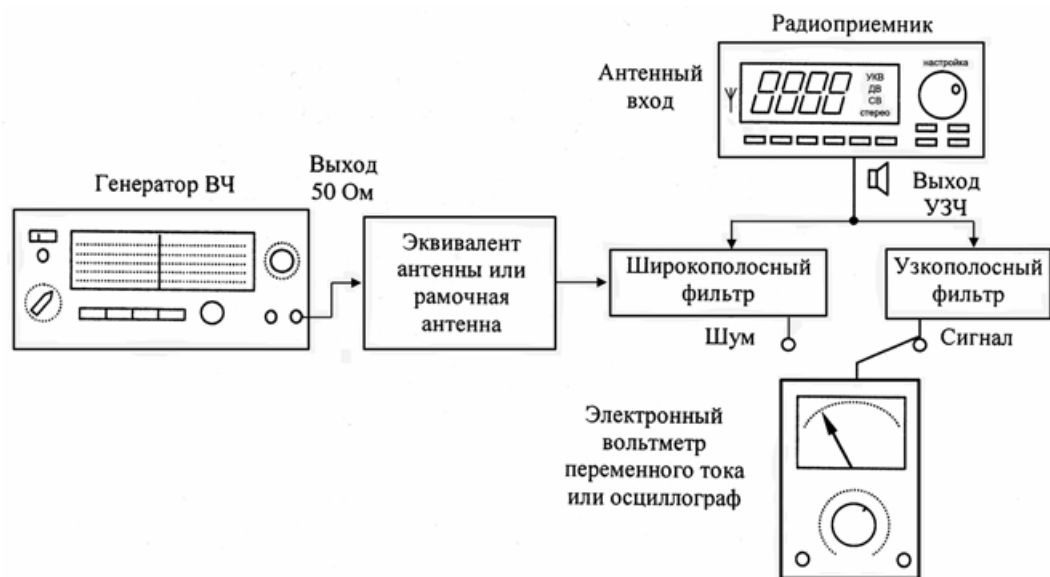


Рис. 7.10. Схема подключения приборов для измерения чувствительности частоту сигнала генератора по максимуму выходного низкочастотного напряжения. Регуляторы тембра и ширины полосы пропускания установить в максимальные положения. Регулятором громкости установить напряжение на выходе приемника, соответствующее стандартной испытательной мощности в нагрузке: 5 мВт – для приемников с номинальной мощностью менее 150 мВт, 50 мВт – для приемников с номинальной мощностью более 150 мВт, 0,5 Вт – для моделей зарубежного производства с выходной мощностью более 10 Вт.

Выключить модуляцию входного сигнала и измерить напряжение шума на выходе приемника. Для более точных измерений чувствительности желательно измерять напряжение выходного сигнала через узкополосный фильтр, а напряжение шума – через широкополосный фильтр.

Включить модуляцию и регулировкой уровня выхода генератора высокочастотного сигнала добиться заданного отношения сигнал/шум на выходе приемника (не менее 20 дБ при приеме сигналов в диапазонах ДВ, СВ и КВ). При этом показание регулятора выхода генератора является значением реальной чувствительности приемника.

Реальную чувствительность измеряют в трех или пяти точках каждого диапазона и выбирают максимальный результат.

Измерение чувствительности, ограниченной усилением

Схема подключения приборов аналогична схеме на рис. 7.10.

Методика измерения чувствительности, ограниченной усилением (максимальной чувствительности), аналогична методике измерения реальной чувствительности, но при этом регулятор громкости устанавливают в максимальное положение, а тембра – в минимальное положение. Отношение сигнал/шум на выходе должно быть не менее 3 дБ.

Измерение коэффициента шума (по ГОСТ 9783-88)

При этом определяется отношение напряжения шума на выходе радиоприемника, полученного в заданных условиях, к напряжению теплового шума на выходе от активной части полного выходного сопротивления источника сигнала. Схема подключения приборов показана на рис. 7.11.

Установить стандартные условия измерений. Регулятор громкости радиоприемника (при его наличии) должен находиться в положении максимального усиления.

Регулятор уровня выходного сигнала генератора шума устанавливают в нулевое положение. Вольтметром измеряют напряжение шума на низкочастотном выходе радиоприемника. Уровень шума должен обеспечивать стандартную выходную мощность. В противном случае регулятор громкости устанавливают в положение меньшего усиления, обеспечивающее выполнение указанного выше условия.

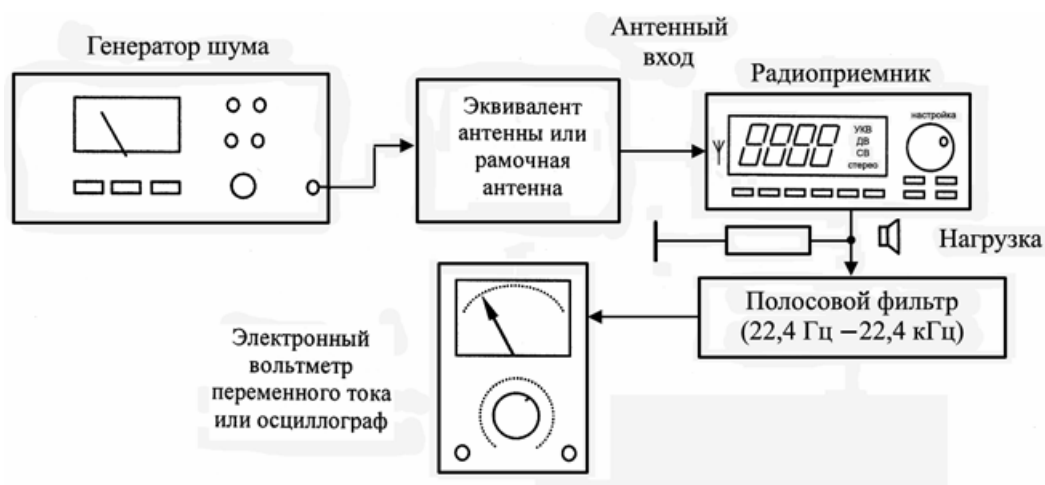


Рис. 7.11. Схема подключения приборов для измерения коэффициента шума

Регулятором уровня выходного сигнала генератора шума увеличивают уровень шума на входе радиоприемника до тех пор, пока напряжение шума на низкочастотном выходе радиоприемника не увеличится на 3 дБ по отношению к ранее измеренному напряжению.

За результат измерения принимают значение коэффициента шума радиоприемника, определяемое по показанию индикатора, либо аттенюатора генератора шума.

Измерение избирательности по соседнему, зеркальному каналу и каналу промежуточной частоты

Схема подключения приборов аналогична схеме на рис. 7.8.

Установить стандартные условия измерений. Подать на вход приемника от высокочастотного генератора сигнал, уровень которого равен номинальной чувствительности приемника, а частота соответствует значениям 250 кГц (ДВ), 1 МГц (СВ), 7,2 МГц (КВ) или 69 МГц (УКВ) для российского стандарта. Для зарубежных моделей значение частоты может быть выбрано из середины их рабочих диапазонов частот. Установить параметры модуляции для режима Моно, т.е. для диапазонов ДВ, СВ, КВ – частоту модуляции 1000 Гц (или 400 Гц), глубину модуляции 30 %; для диапазона УКВ – частоту модуляции 1000 Гц (или 400 Гц), девиацию частоты 15 кГц (или 22,5 кГц, пилот-сигнал отключить).

Настроить приемник на частоту сигнала. Систему АПЧ следует отключить, регуляторы тембра установить в максимальные положения, а регулятор громкости – в положение, при котором на выходе приемника получается стандартная мощность НЧ сигнала.

Перестроить высокочастотный генератор на частоту соседнего, зеркального канала или канала промежуточной частоты, в зависимости от того, какое измерение производится. Напомним, что частота соседнего канала в АМ диапазонах отстоит от основной на ± 9 кГц (в некоторых стандартах ± 10 кГц), для диапазона УКВ эта расстройка составляет ± 120 кГц или ± 180 кГц, а частота зеркального канала отстоит от основного канала на удвоенную промежуточную частоту в сторону частоты гетеродина. При этом настройку приемника и положение его органов регулировки изменять нельзя. Регулировкой выходного напряжения генератора вновь добиться значения выходного сигнала приемника, соответствующего стандартной мощности.

Результатами измерений являются отношения напряжений генератора при настройках на частоты оцениваемых каналов к номинальной чувствительности. Все виды избирательности выражаются в децибелах.

Проверка действия системы АРУ

Эта проверка обычно выполняется в середине диапазона СВ. Регуляторы тембра следует установить в положение минимального усиления. Подключить измерительные приборы аналогично схеме, изображенной на рис. 7.7. На вход приемника подать АМ сигнал с частотой 1 МГц, уровнем 5 мВ и стандартными параметрами модуляции. Настроить приемник на несущую частоту этого сигнала. Регулятором громкости добиться стандартной выходной мощности НЧ сигнала.

Изменить уровень высокочастотного сигнала генератора в соответствии с номинальным значением входного динамического диапазона приемника данного класса (например, для стационарного приемника первого класса – на 40 дБ или в 100 раз). Измерить напряжение на выходе приемника.

Эффективность действия системы АРУ определяется отношением выходного напряжения приемника при максимальном напряжении на входе к выходному напряжению при минимальном входном напряжении. Обычно это отношение выражается в децибелах.

Измерение сквозной амплитудно-частотной характеристики приемника (кривой верности)

Оценка сквозной АЧХ приемника проводится во всех диапазонах на измерительных частотах. Подключить измерительные приборы в соответствии с рис. 7.12. Уровень высокочастотного сигнала генератора в диапазонах ДВ и СВ устанавливается равным 1 мВ, в диапазоне УКВ – 1 мкВ. В диапазоне УКВ при формировании ЧМ сигнала низкочастотное модулирующее напряжение следует подавать через цепь предискажений (рис. 7.1) для введения стандартных предискажений сигнала.

Установить частоту модуляции АМ или ЧМ сигнала, равную 1000 Гц. Настроить приемник на сигнал по максимуму выходного напряжения. Регулятором громкости установить такое значение выходного напряжения, при котором обеспечивается стандартная мощность выходного сигнала.

Изменяя частоту низкочастотного генератора, формирующего модулирующий сигнал, при постоянной глубине модуляции в пределах звукового диапазона (20 Гц...20 кГц) измерять значения выходного напряжения. Построить график зависимости выходного напряжения приемника от частоты модуляции (кривую верности).

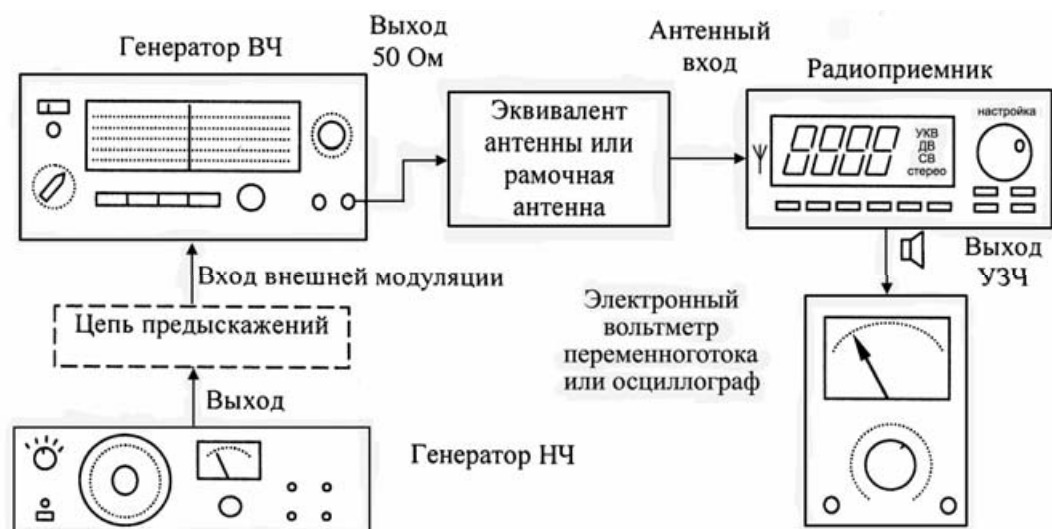


Рис. 7.12. Схема подключения приборов для измерения кривой верности

Измерение общих гармонических искажений всего тракта радиоприемника

Схема подключения приборов показана на рис. 7.13.

Установить стандартные условия измерений. Подать на вход приемника от генератора ВЧ сигнал, уровень которого равен номинальной чувствительности приемника, а частота соответствует значениям 250 кГц (ДВ), 1 МГц (СВ), 7,2 МГц (КВ) или 69 МГц (УКВ) для российского стандарта.

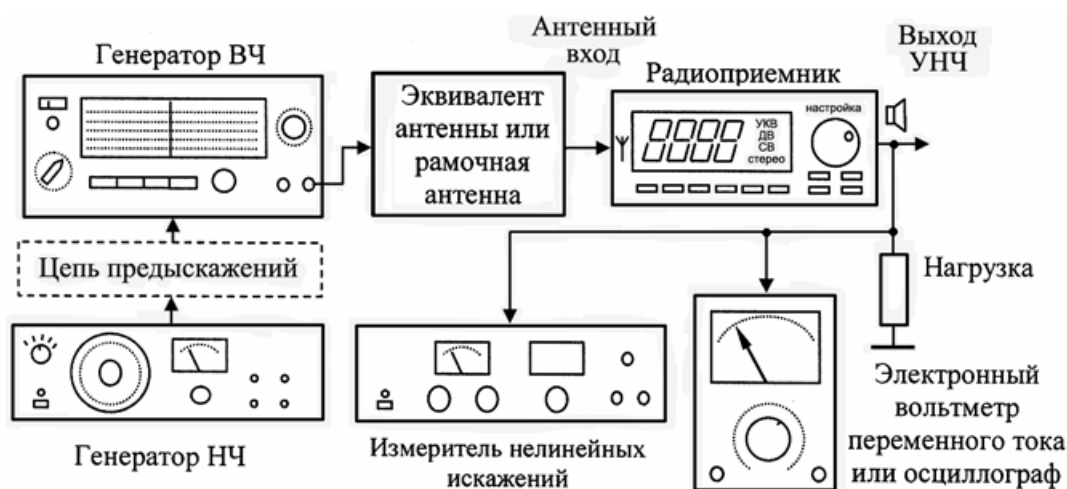


Рис. 7.13. Схема подключения приборов для измерения
общих гармонических искажений

Для зарубежных моделей значение частоты может быть выбрано из середины их рабочих диапазонов частот. Установить параметры модуляции для режима «Моно», т.е. для диапазонов ДВ, СВ, КВ – частоту модуляции 1000 Гц (или 400 Гц), глубину модуляции 30 %; для диапазона УКВ – частоту модуляции 1000 Гц (или 400 Гц), девиацию частоты 15 кГц (или 22,5 кГц, пилот-сигнал отключить).

Настроить приемник на частоту сигнала. Систему АПЧ следует отключить, регуляторы тембра установить в максимальные положения, а регулятор громкости – в положение, при котором на выходе приемника получается стандартная мощность НЧ сигнала.

Измерить значение общих гармонических искажений.

Следует помнить, что измерения действительны только для частот модуляции, основные гармоники которых находятся в пределах полосы пропускания низкочастотной части радиоприемника.

Измерение степени разделения стереоканалов

Данная проверка в УКВ (FM) диапазоне позволяет определить уровень просачивания напряжения из одного стереоканала в другой.

Подключить измерительные приборы в соответствии с рис. 7.14.

Подать на вход приемника высокочастотный ЧМ сигнал с уровнем не ниже номинальной чувствительности приемника и частотой в середине УКВ (FM) диапазона (69 МГц – для российского стан-

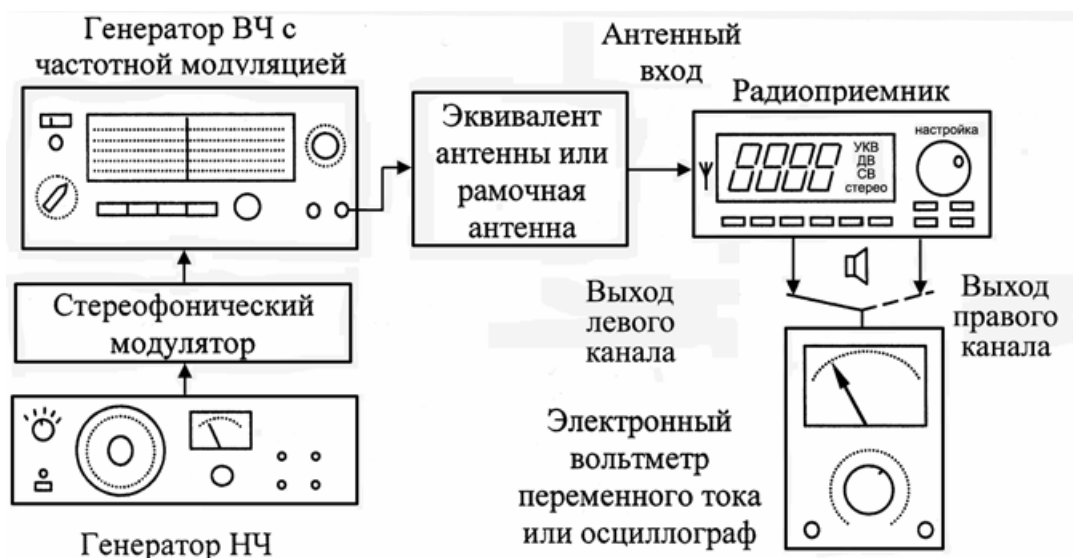


Рис. 7.14. Схема подключения приборов для измерения степени разделения стереоканалов

дарт), установить стандартные измерительные параметры сигнала для режима «Сtereo», но только в одном (например, правом) стереоканале. В другом канале модуляцию отключить. Настроить приемник на частоту сигнала.

При стандартной мощности выходного сигнала и среднем положении регулятора баланса измерить уровни сигналов на выходах левого и правого каналов. Отношение этих уровней, выраженное в децибелах, и является мерой степени разделения стереоканалов.

Повторить измерения при подаче на вход приемника сигнала с модуляцией в другом (левом) стереоканале.

***Измерение порога срабатывания схемы
индикации режима «Сtereo»***

Данная проверка позволяет оценить пороговое напряжение компаратора схемы индикации режима «Сtereo» диапазона УКВ (FM). Для измерений можно использовать схему, приведенную на рис. 7.14, но без подключения электронного вольтметра к выходу УНЧ.

Подать на вход приемника высокочастотный ЧМ сигнал с уровнем не ниже номинальной чувствительности приемника и частотой в середине УКВ (FM) диапазона (69 МГц – для российского стандарта), установить стандартные измерительные параметры сигнала для режима «Сtereo». Настроить тюнер на частоту сигнала.

Уменьшить выходное напряжение ВЧ генератора в 10 раз. Не изменяя настроек приборов и приемника, увеличивать уровень выхода генератора до момента срабатывания индикатора «Сtereo».

Список литературы

1. **Алексеев Ю.П.** Бытовая радиоаппаратура и ее ремонт: Учеб. пособие для ПТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 312 с.: ил.
2. **Алексеев Ю.П.** Бытовая радиоприемная и звуковоспроизводящая аппаратура: Справочник. – М.: Радио и связь, 1989. – 128 с.: ил. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1133).
3. **Быкадоров А.К., Кульбак Л.И., Лавриненко В.Ю., Рысейкин И.Н., Тихомирова В.Л.** Основы эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Высшая школа, 1972. – 319 с.
4. **Вениаминов В.Н., Лебедев О.Н., Мирошниченко А.И.** Микросхемы и их применение: Справ. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.: ил. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1143).
5. **ГОСТ 17692-89 (СТ СЭВ 173-87)** Приемники радиовещательные автомобильные. Общие технические условия.
6. **ГОСТ 21317-87.** Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы испытания на надежность.
7. **ГОСТ 5651-89.** Аппаратура радиоприемная бытовая. Общие технические условия.
8. **ГОСТ 9783-88 (СТ СЭВ 4752-84, СТ СЭВ 3192-81, СТ СЭВ 4754-84).** Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы электрических высокочастотных измерений.
9. **Гусев В.Г., Гусев Ю.М.** Электроника – М.: Высшая школа, 1991. – 621 с.
10. **Кукуш В.Д.** Электрорадиоизмерения. – М.: Радио и связь, 1985 г. – 367 с.
11. **Куликов Г.В.** Автомагнитолы. – М.: ДМК, 1999. – 208 с.: ил. (Серия Ремонт и обслуживание; Вып. 8).
12. **Куликов Г.В.** Автомагнитолы. – М.: ДМК, 2000. – 160 с.: ил. (Серия Ремонт и обслуживание; Вып. 14).
13. **Куликов Г.В.** Бытовая аудиоаппаратура. Ремонт и обслуживание: Учебное пособие для вузов. – М.: ДМК-Пресс, 2001. – 320 с.
14. **Куликов Г.В.** Бытовая аудиотехника. Устройство и ремонт: Учебник для нач. проф. образования. – М.: ИРПО, Профобриздат, 2001. – 152 с.
15. **Куликов Г.В.** Встроенный тестовый режим автомобильных CD-чейнджеров PIONEER CDX-P620S, P626S, P1220S, P23S//Ремонт электронной техники, 2001, №2.

Список литературы

16. **Куликов Г.В.** Музыкальные центры. – М.: ДМК, 1999. – 168 с.: ил. (Серия Ремонт и обслуживание; Вып. 5).
17. **Куликов Г.В.** Музыкальные центры. – М.: СОЛОН-Р, ДМК, 2001. – 184 с.: (Ремонт: Вып. 48).
18. **Куликов Г.В., Парамонов А.А.** Магнитофонные тракты бытовой аудиоаппаратуры. //Ремонт электронной техники, 2001, №7, №8.
19. **Куликов Г.В., Парамонов А.А.** Радиоприемные тракты бытовой аудиоаппаратуры. //Ремонт электронной техники, 2000, №2, №3.
20. **Куликов Г.В.** Ремонт автомагнитол и CD-плееров. – М.: СОЛОН-Р, ДМК-Пресс, 2001. – 208 с.: (Ремонт: Вып. 49).
21. **Куликов Г.В.** Ремонт музыкальных центров. – М.: ДМК, 1998. – 328 с.: ил. (Серия Ремонт и обслуживание; Вып. 1).
22. **Леонов А.И., Дубровский Н.Ф.** Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 272 с.
23. **Б.П. Хабаров, Г.В. Куликов, А.А. Парамонов.** Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 375 с.

Оглавление

| | |
|--|-----|
| Предисловие | 3 |
| 1. Виды радиовещательных сигналов | 4 |
| 2. Технические характеристики радиоприемных трактов | 9 |
| 2.1. Чувствительность радиоприемника | 9 |
| 2.2. Избирательность радиоприемника | 10 |
| 2.3. Искажения сигналов..... | 12 |
| 2.4. Динамический диапазон | 13 |
| 3. Функциональные возможности радиовещательных приемников | 20 |
| 4. Обобщенная структурная схема радиоприемного тракта ... | 22 |
| 5. Схемотехника радиоприемных трактов | 37 |
| 5.1. Микросхемы для додетекторной обработки сигналов | 37 |
| 5.2. Цифровые синтезаторы частоты | 56 |
| 5.3. Стереodeкодеры | 61 |
| 5.4. Микросхемы и интегральные модули для стереофонических АМ/ЧМ приемников | 75 |
| 5.5. Декодеры системы RDS | 84 |
| 5.6. Примеры построения радиовещательных приемников | 87 |
| 6. Особенности конструкции радиоприемных трактов | 94 |
| 7. Измерение технических параметров радиовещательных приемников | 95 |
| 7.1. Измерительные приборы и вспомогательные средства | 95 |
| 7.2. Методика измерения параметров радиовещательных приемников | 103 |
| Список литературы | 118 |



Рис. 5.18. Принципиальная схема тюнера Panasonic RX-DT75

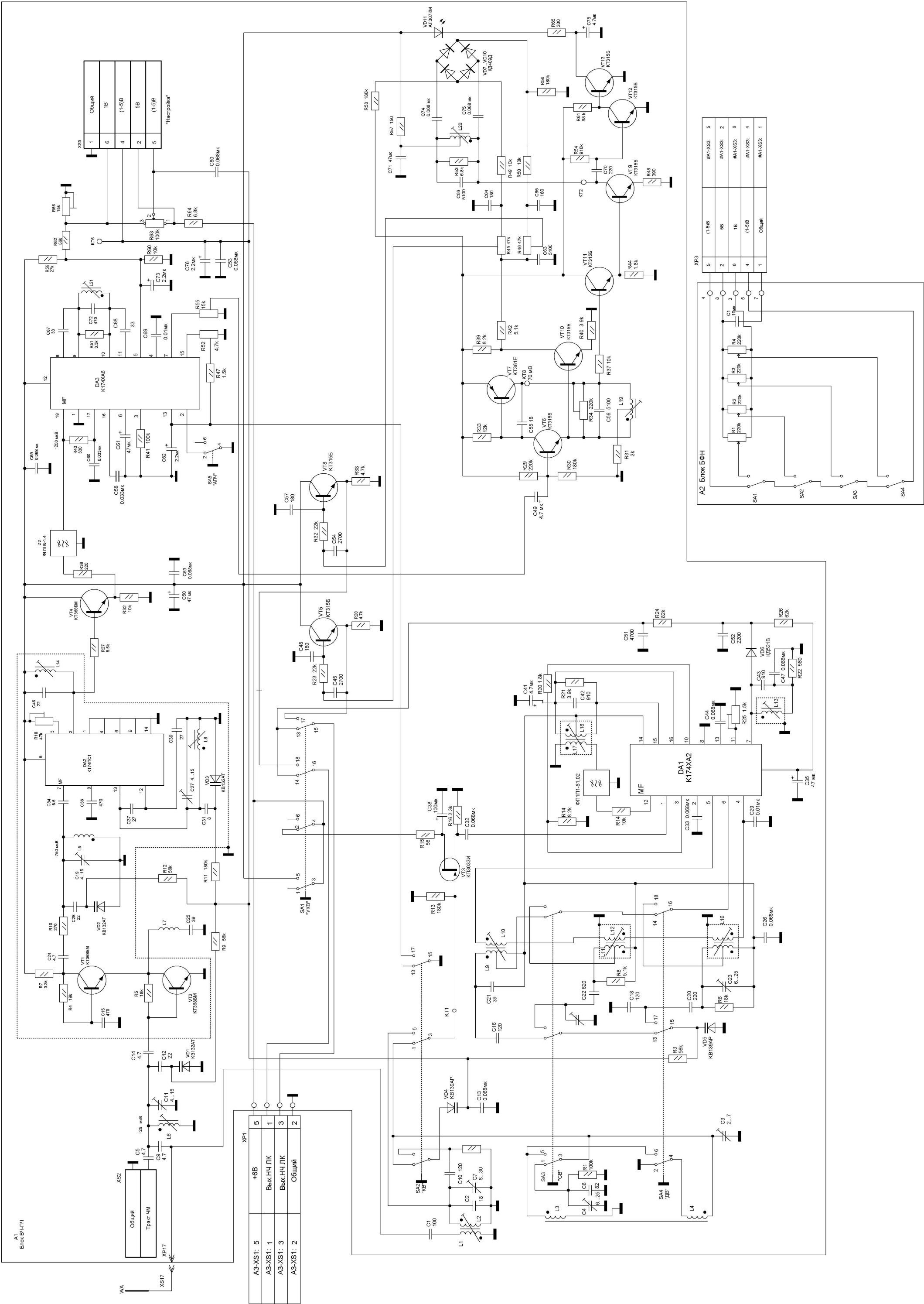


Рис. 5.19. Принципиальная схема тюнера магнитолы Вега-235 стерео

