

В.П. Пушкарёв

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Учебное пособие по курсовому проектированию



ТОМСК – 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное бюджетное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

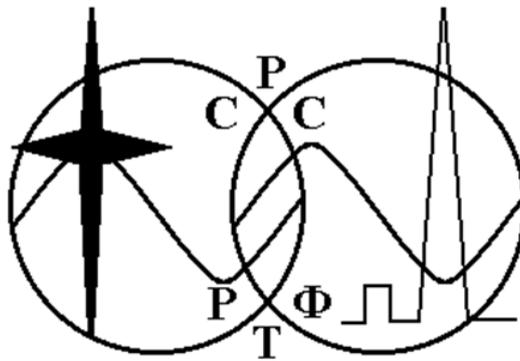
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра средств радиосвязи (СРС)

В.П. Пушкарев

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Учебное пособие по курсовому проектированию



Корректор: Осипова Е.А.

Пушкарев В.П.

Радиоприемные устройства: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 278 с.

Пособие предназначено для студентов радиотехнических специальностей очной и заочной форм обучения по направлениям специальностей «Радиотехника» и «Телекоммуникации», а также для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий.

© Пушкарев В.П., 2012
© Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	10
1.1 Общие указания по проектированию устройств приема и обработки сигналов различного назначения	10
1.2 Исходные данные для проектирования	12
1.3 Перечень вопросов, подлежащих разработке	12
1.4 Содержание и объем курсового проекта	13
1.5 Указания к выполнению и содержанию разделов пояснительной записки	15
1.5.1 Реферат	15
1.5.2 Введение	15
1.5.3 Анализ задания и выбор направления проектирования	15
1.5.4 Расчет электрической структурной схемы радиоприемного устройства.....	16
1.5.5 Разработка электрической принципиальной схемы и описание работы устройства.....	17
1.5.6 Выбор и расчет принципиальных схем узлов радиоприемного устройства.....	17
1.5.7 Расчет результирующих характеристик радиоприемного устройства.....	18
1.5.8 Заключение.....	18
1.5.9 Список литературы.....	19
1.5.10 Приложения	20
1.5.11 Указания к оформлению пояснительной записки и графической части проекта	20
2 РАСЧЕТ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	23
2.1 Общие рекомендации по выбору структурной схемы радиоприемного устройства	23
2.2 Расчет полосы пропускания линейного тракта	24
2.3 Расчет допустимого коэффициента шума	27
2.4 Распределение частотных искажений по избирательным каскадам радиоприемного устройства звукового вещания.....	33

2.5	Расчет структурной схемы радиоприемного устройства по критерию избирательности	35
2.6	Расчет структурной схемы радиоприемного устройства по критерию усиления.....	49
2.7	Выбор структурных схем автоматического регулирования в радиоприемных устройствах	58
2.7.1	Выбор структурной схемы автоматической регулировки усиления.....	60
2.7.2	Выбор структурной схемы автоматической подстройки частоты	68
2.7.3	Рекомендации по выбору структурной схемы дополнительных регулировок.....	74
3	ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	76
3.1	Выбор и обоснование элементной базы	76
3.1.1	Обзор микроэлементной базы радиоприемных устройств	76
3.1.2	Элементная база радиоприемных устройств звукового вещания.....	79
3.1.3	Элементная база телевизионных приемников	81
3.1.4	Элементная база радиоприемников систем связи	82
3.1.5	Элементная база радиоприемных устройств радиолокационных систем	83
3.1.6	Общие рекомендации по выбору микросхем.....	84
3.2	Выбор и расчет электрической принципиальной схемы входной цепи	85
3.2.1	Выбор антенны, эквивалента антенны.....	85
3.2.2	Выбор и обоснование электрической принципиальной схемы входной цепи радиоприемного устройства	87
3.2.3	Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с внешнеемкостной связью с ненастроенной антенной	97
3.2.4	Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с индуктивной связью с ненастроенной антенной в режиме удлинения.....	104

3.2.5	Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с комбинированной связью с ненастроенной антенной	110
3.2.6	Расчет диапазонной входной цепи с магнитной антенной	117
3.2.7	Расчет входной цепи с трансформаторной или автотрансформаторной связью с настроенной антенной	125
3.2.8	Расчет входной цепи с внутриемкостной связью с настроенной антенной	129
3.2.9	Рекомендации по расчету и конструкторской проработке входных цепей.....	132
3.3	Выбор и расчет электрической принципиальной схемы селективного усилителя	136
3.3.1	Общие рекомендации по выбору электрических принципиальных схем селективных усилителей.....	137
3.3.2	Расчет усилителя радиочастоты с переменной настройкой	142
3.3.3	Выбор и расчет усилителя промежуточной частоты радиовещательного и связного приемников	151
3.4	Выбор и расчет электрической принципиальной схемы преобразователя частоты	152
3.4.1	Выбор электрической принципиальной схемы преобразователя частоты.....	152
3.4.2	Расчет электрической принципиальной схемы преобразователя частоты.....	154
3.4.3	Выбор частотно-задающих цепей гетеродина	156
3.5	Выбор и расчет электрической принципиальной схемы детектора.....	157
3.5.1	Расчет электрической принципиальной схемы детектора АМ-сигналов.....	157
3.5.2	Расчет электрической принципиальной схемы детектора ЧМ-сигналов	160
3.6	Общие рекомендации по выбору и расчету цепей питания элементов и узлов радиоприемника	163
3.7	Общие рекомендации по выбору системы автоматических регулировок в устройствах приема и обработки сигналов	165

4 РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ	166
4.1 Расчет чувствительности устройства приема и обработки сигналов	166
4.2 Расчет избирательности радиоприемного устройства	168
ЛИТЕРАТУРА	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	171
П.1.1 Образец титульного листа пояснительной записки	171
П.1.2 Образец технического задания на курсовой проект	172
П.1.3 Пример оформления реферата	174
П.1.4 Пример оформления списка использованных источников	175
П.1.5 Требования к оформлению спецификации элементов электрической принципиальной схемы радиоприемного устройства	176
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	177
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ФИЛЬТРАМ	181
П.3.1. Справочные данные пьезокерамических фильтров радиоприемных устройств звукового вещания	183
П.3.2. Справочные данные пьезокерамических фильтров приемников телевизионного вещания	184
П.3.3. Справочные данные пьезокерамических фильтров устройств приема и обработки сигналов аппаратуры связи	185
П.3.4. Справочные данные электромеханических фильтров специального назначения	187
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ МИКРОСХЕМ.	189
П.4.1. Микросхемы серии К157	189
П.4.1.1. Микросхемы К157ХА1А, К157ХА1Б	190
П.4.1.2. Микросхема К157ХА2	193
П.4.2. Микросхемы серии К174	196
П.4.3.1. Микросхема К174ПС1 (КФ174ПС1)	199
П.4.3.2. Микросхема К174ПС4 (174ПС4)	205

П.4.3.3. Микросхемы К174УР1, К174УР1М	208
П.4.3.4. Микросхема К174УР2	209
П.4.3.5. Микросхемы К174УР3, К174УР3М	211
П.4.3.6. Микросхема К174УР4	215
П.4.3.7. Микросхема К174УР5	217
П.4.3.8. Микросхема К174УР7	219
П.4.3.9. Микросхема К174УР10	221
П.4.3.10. Микросхема К174ХА2, К174ХА02	223
П.4.3.11. Микросхема К174ХА5	231
П.4.3.12. Микросхема К174ХА6	233
П.4.3.13. Микросхема К174ХА10	237
П.4.3.14. Микросхема К174ХА15	241
П.4.3.15. Микросхема К174ХА26	244
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ	249
П.5.1. Варикапы КВ101–АВ151	249
П.5.2. Справочные данные полевых транзисторов	253
П.5.3. Справочные данные биполярных транзисторов	254
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ РЕЗИСТОРОВ .255	
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	
КОНДЕНСАТОРОВ.....	256
П.7.1. Справочные данные конденсаторов переменной емкости.....	257
П.7.2. Справочные данные подстроечных конденсаторов	257
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ФЕРРИТОВ	
МАГНИТНЫХ АНТЕНН.....	258
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА	
РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ.....	259
П.9.1. Технические требования на радиоприемные устройства звукового вещания.....	259
П.9.2. Технические требования на радиоприемные устройства телевизионного вещания.....	271
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА	
РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СВЯЗИ	277
П.10.1. Технические требования на радиоприемные устройства систем связи	277

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии рассматриваются вопросы проектирования устройств приема и обработки сигналов по заданным техническим характеристикам. Основной задачей курсового проектирования является освоение методов проектирования электрических структурных и принципиальных схем радиоприемных устройств.

Выполнение курсового проекта является завершающей стадией изучения дисциплин «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устройства» и имеет своей целью систематизацию, закрепление и расширение теоретических знаний студентов, углубленное изучение радиотехнических устройств и систем, развитие навыков самостоятельного решения схемотехнических инженерных задач, развитие навыков пользования технической и справочной литературой, стандартами и руководящими документами, приобретение студентами знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения дипломного проекта.

Основной задачей курсового проектирования является освоение методов проектирования электрических структурных и принципиальных схем радиоприемных устройств, а также расчет основных элементов и узлов радиоприемного устройства. Представить расчет результирующих технических характеристик, подтверждающих правильность выбора структурной схемы, и наиболее важных частей принципиальной схемы.

1 СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1.1 Общие указания по проектированию устройств приема и обработки сигналов различного назначения

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по радиотехническим специальностям дневной, вечерней, заочной и дистанционной форм обучения, и может быть использовано при проведении практических занятий и при курсовом проектировании по дисциплинам «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоприемные устройства», «Прием и обработка сигналов», «Устройства приема и преобразования сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов в защищенных системах радиосвязи» и др.

Учебное пособие позволяет выполнить расчет радиовещательных, связанных с амплитудной, частотной и однополосной модуляцией радиолокационных радиоприемных устройств.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному техническому заданию (ТЗ). В задании указаны назначение радиоприемных устройств и рабочие диапазоны частот, для которых следует выполнить детальный электрический расчет. При проектировании радиоприемных устройств диапазонного типа следует использовать механические или электронные элементы настройки частоты. При механической настройке используют типовые конденсаторы переменной емкости, блоки емкостей, а при электронной настройке следует использовать выпускаемые промышленностью варикапы и предложить способ изменения управляющего напряжения.

В процессе проектирования радиоприемника и разработки его принципиальной схемы рекомендуется познакомиться с электрическими принципиальными схемами основных узлов и элементов прототипа радиоприемного устройства, способами переключения диапазонов и другими особенностями построения.

Номинальные значения сопротивлений и емкостей принципиальной схемы приемника после их расчета выбираются в соответствии со стандартными значениями и должны быть представлены в таблице спецификации в приложении к электрической

принципиальной схеме. Шкала номинальных значений элементов приведена в приложениях (Приложение 6, Приложение 7). Конденсаторы, используемые в колебательных контурах, должны иметь допустимое отклонение емкости 5 %, все прочие конденсаторы и резисторы могут иметь допуск 10 % или 20 %.

Курсовой проект, представляемый к защите, должен содержать структурную и принципиальную схемы и пояснительную записку, выполненную в соответствии с требованиями к оформлению научно-технических отчетов, чертежей электрической структурной и принципиальной схем, спецификацию используемых элементов радиоприемного устройства.

Пояснительная записка должна содержать следующее:

- титульный лист;
- реферат;
- задание на проектирование;
- введение, излагающее задачи и особенности проектируемого приемника;
- описание приемника-прототипа;
- эскизный расчет структурной схемы проектируемого приемника;
- электрический расчет радиотракта приемника, включая:
 - расчет преселектора;
 - расчет преобразователя частоты;
 - расчет гетеродина и сопряжения настроек контуров гетеродина и преселектора;
 - расчет усилителя промежуточной частоты;
 - расчет детектора;
- оценку устойчивости автоматических регулировок;
- описание принципиальной схемы и конструкции приемника;
- таблицу соответствия результирующих характеристик приемника требованиям технического задания;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

В приложениях к пояснительной записке курсового проекта представляются чертежи структурной, электрической принципи-

альной схем, спецификация элементов и результаты расчета результирующих характеристик радиоприемного устройства.

1.2 Исходные данные для проектирования

Основными исходными данными для выполнения курсового проекта являются:

- 1) назначение и область применения;
- 2) диапазон принимаемых частот (волн);
- 3) тип и характеристика модуляции принимаемого радиосигнала;
- 4) допустимые искажения;
- 5) требования к способу настройки частоты;
- 6) требования к избирательности;
- 7) реальная чувствительность;
- 8) необходимые автоматические регулировки;
- 9) параметры, тип и размер антенно-фидерной системы;
- 10) условия эксплуатации;
- 11) параметры нагрузки;
- 12) дополнительные требования.

При разработке устройства приема и обработки сигналов недостающие исходные данные выбираются в соответствии с рекомендациями учебного и учебно-методического пособия [1, 2].

После окончания проектирования задание подшивается к пояснительной записке (за титульным листом). В число листов пояснительной записки задание на выполнение курсового проекта не включается.

1.3 Перечень вопросов, подлежащих разработке

В перечень вопросов, подлежащих разработке в проекте, входят:

- 1) определение недостающих данных проектирования;
- 2) выбор, обоснование и расчет структурной схемы радиоприемного устройства;
- 3) выбор и расчет электрической принципиальной схемы радиоприемного тракта;

- 4) расчет устойчивости автоматической регулировки радиоприемного устройства;
- 5) составление перечня спецификации элементов и узлов радиоприемного устройства;
- 6) расчет результирующих характеристик и сравнительный анализ с требованиями технического задания;
- 7) оценка устойчивости автоматических регулировок радиоприемного устройства;
- 8) разработка лабораторной установки для экспериментального исследования технических характеристик радиоприемного устройства.

1.4 Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект должен представлять собой комплект технической документации на разрабатываемое изделие. Вследствие отличия студенческого проектирования от производственного, оформления полного комплекта конструкторских, технологических, ремонтных и эксплуатационных документов при выполнении курсового проекта не требуется. По согласованию с руководителем проектирования студент должен разработать отдельные документы на изделие и его составные части (электрические схемы, электромонтажные чертежи, пояснительную записку, инструкцию по эксплуатации и т.п.).

Курсовой проект, таким образом, можно условно разделить на две части: пояснительную записку и графический материал.

Пояснительная записка к курсовому проекту, включая дополнительные текстовые документы, должна иметь объем не менее 20–30 листов.

Оформление пояснительной записки и дополнительных текстовых документов должно соответствовать ГОСТ 2.105-79.

Рекомендуется придерживаться следующей последовательности изложения материала пояснительной записки:

- 1) титульный лист (см. приложение П.1.1);
- 2) реферат;
- 3) задание на курсовой проект;
- 4) содержание;
- 5) введение;

- 6) анализ задания и выбор направления проектирования;
- 7) расчет структурной схемы устройства;
- 8) оценка устойчивости автоматических регулировок радиоприемного устройства;
- 9) составление принципиальной схемы и описание работы устройства;
- 10) расчет принципиальных схем функциональных узлов устройства;
- 11) Разработка конструкции устройства приема и обработки сигналов;
- 12) разработка технологических процессов настройки и контроля параметров устройства;
- 13) заключение;
- 14) список использованных источников;
- 15) приложения.

Объем графической части проекта составляет 1,5–2 листа формата А3 и должен содержать следующие чертежи:

- 1) схему электрическую структурную (или функциональную) устройства, 1 лист формата А3;
- 2) схему электрическую принципиальную всего устройства или схемы электрические принципиальные функциональных узлов устройства, 1–1,5 листа формата А3;
- 3) схему электрическую структурную (функциональную) стенда для настройки и контроля параметров устройства, 1 лист формата А4 или А3.

При разработке оригинальных устройств, предусматривающих изготовление макетов устройства или его функциональных узлов, за счет уменьшения объема перечисленных выше чертежей по согласованию с руководителем проектирования оформляются:

- 1) чертеж общего вида устройства, 1 лист формата А3;
- 2) чертежи деталей и сборочных единиц, 1–2 листа формата А3.

Все чертежи размещаются в приложениях к пояснительной записке курсового проекта.

1.5 Указания к выполнению и содержанию разделов пояснительной записки

1.5.1 Реферат

Реферат, бланк с техническим заданием на курсовое проектирование помещаются после титульного листа. Пример оформления технического задания на курсовое проектирование представлен в приложении П.1.2. Страницы с рефератом и техническим заданием не нумеруются.

Реферат содержит:

- перечень и объем курсового проекта;
- ключевые слова, характеризующие предмет проектирования;
- цель работы над проектом;
- краткое изложение содержания пояснительной записки;
- перечень расчетных характеристик;
- перечень используемого программного обеспечения.

Образец реферата представлен в приложении П.1.3.

1.5.2 Введение

В этом разделе обосновывается актуальность темы проекта с выявлением потребности в разработке нового или модернизации существующего изделия. Даются определение, назначение и область применения проектируемого изделия. Формулируются задачи, стоящие перед разработчиком, и намечаются пути их решения.

1.5.3 Анализ задания и выбор направления проектирования

Анализ индивидуального задания проводится с целью уточнения технических требований к проектируемому изделию, которые в настоящее время при составлении технического задания (ТЗ) на разработку радиоэлектронных устройств могут быть заданы в сокращенном виде со ссылкой на соответствующие груп-

пы, категории или исполнение в ГОСТа, ОСТах и ТУ. Например, в ТЗ технические и эксплуатационные характеристики устройства могут быть заданы следующим образом:

- электрические и электроакустические параметры и комплекс эксплуатационных удобств разрабатываемого тракта АМ должны соответствовать 1 группе сложности по ГОСТ 5651-89;
- устойчивость к климатическим воздействиям по ГОСТ 15150-69.

Очевидно, что проведение расчетов, подтверждающих выполнение всех требований указанных ГОСТов, в курсовом проекте невозможно. Поэтому раздел начинается с перечисления и определения технических и эксплуатационных характеристик проектируемого изделия, выполнение которых подтверждается дальнейшим содержанием курсового проекта. После анализа технического задания проводится обоснование недостающих данных, которые выбираются самостоятельно. Далее рассматриваются существующие методы и схемотехнические решения для реализации этих характеристик. Используя качественное описание структурных (функциональных) схем и оценочных компоновочных, эргономических и экономических характеристик, рассматривают варианты реализации изделия и выбирают вариант для последующей разработки.

1.5.4 Расчет электрической структурной схемы радиоприемного устройства

Целью настоящего раздела являются составление структурной схемы проектируемого устройства, выбор элементной базы для его реализации и определение требований к параметрам функциональных узлов, необходимых для составления и расчета принципиальных схем.

При проектировании радиовещательного приемника на многофункциональной ИМС этот раздел должен содержать:

- а) расчет полосы пропускания линейного тракта;
- б) расчет допустимого коэффициента шума;
- в) распределение частотных искажений по избирательным каскадам приемника;
- г) выбор средств обеспечения избирательности приемника;

- д) предварительный расчет входной цепи;
- е) выбор средств обеспечения усиления приемника и эффективности автоматических регулировок;
- ж) описание и составление структурной схемы приемника.

При проектировании устройств приема и обработки сигналов иного назначения содержание раздела определяется заданием на проектирование.

1.5.5 Разработка электрической принципиальной схемы и описание работы устройства

Принципиальная электрическая схема должна соответствовать рассчитанной структурной схеме устройства. Типовые схемы включения микросхем приводятся в приложении со справочными материалами.

При описании работы устройства должно быть рассмотрено прохождение сигнала от входа (антенны) до выхода детектора, нагруженного на эквивалент нагрузки. При этом должно быть указано назначение каждого элемента принципиальной схемы, обеспечивающие заданные технические параметры.

1.5.6 Выбор и расчет принципиальных схем узлов радиоприемного устройства

Данные для расчета принципиальных схем функциональных узлов устройства берутся из результатов расчета электрической структурной схемы, задания на проектирование и справочной литературы. Очевидно, что полный электрический расчет всех функциональных узлов вследствие ограниченности объема курсового проекта можно выполнить не всегда. Поэтому в задании на проектирование оговариваются рассчитываемые функциональные узлы. Для радиоприемного устройства в этот раздел включаются:

- а) расчет входной цепи;
- б) расчет резонансного усилителя радиочастоты (если необходимо, его включение в схему);
- в) расчет контура гетеродина;

г) расчет избирательных систем, обеспечивающих заданные требования избирательности по соседнему каналу.

Электрические принципиальные схемы не рассчитываемых функциональных узлов выбираются из справочной литературы (приложения) с обязательной ссылкой на источник, в котором должны быть указаны номинальные значения и типы используемых схемных элементов (резисторов, конденсаторов и т.п.). Описание работы этих узлов должно быть приведено в предыдущем разделе.

1.5.7 Расчет результирующих характеристик радиоприемного устройства

В этом разделе должны быть представлены расчеты реальной чувствительности, амплитудно-частотной характеристики радиоприемного устройства, характеризующей избирательность по соседнему каналу. При использовании структурной схемы супергетеродинного типа производится расчет кривой избирательности по зеркальному и промежуточному каналам приема. Если в техническом задании есть требования по обеспечению переходного затухания между каналами (радиоприемники звукового УКВ-ЧМ стереофонического), то производится его оценка. В конце раздела проводится сравнительный анализ полученных технических характеристик на соответствие заданным техническим требованиям и требованиям, определяемым стандартами на соответствующую радиоприемную аппаратуру. Технические требования на радиоприемную аппаратуру приведены в приложении (Приложение 9).

1.5.8 Заключение

В заключении излагаются основные результаты выполненной работы. Основное внимание должно быть уделено сравнительной оценке заданных характеристик радиоприемного устройства с полученными показателями качества. Должны быть отмечены положительные стороны предложенных технических решений и их недостатки. Здесь же предлагаются рекомендации по дальнейшему усовершенствованию электрической схемы устрой-

ства и снижению трудоемкости операций по настройке, регулировке и контролю.

В конце заключения студент должен указать, выполнены им или нет все пункты задания на курсовое проектирование, и если нет, аргументировано указать причины невыполнения.

1.5.9 Список литературы

В разделе перечисляются все фундаментальные и периодические литературные источники, а также нормативные и технические материалы (ГОСТы, ОСТы, ТУ, технические описания и т.д.), использованные при работе над курсовым проектом. Каждому источнику, в соответствии с очередностью в списке, присваивается свой порядковый номер. Порядок расположения источников в перечне — по мере появления ссылок в тексте пояснительной записки. Таким образом, на каждый источник, приведенный в списке, должна быть, как минимум, одна ссылка в тексте пояснительной записки. Все формулы, численные значения параметров сигналов и устройств должны иметь ссылку на источник, откуда они взяты. Ссылка оформляется в виде порядкового номера источника. Если производится ссылка на формулу, приведенную в пояснительной записке проекта, то ссылка помещается в круглые скобки, если на другой источник, то в квадратные или косые скобки.

Например:

«Коэффициент передачи входной цепи с внешнеёмкостной связью с антенной и трансформаторной связью с УРЧ определяется выражением (1)».

При использовании ряда формул и справочных данных из одного источника допускается в начале расчета привести вводную фразу типа «Расчет контура гетеродина проводим по методике, приведенной в [5, 6, 7]». В этом случае дальнейшие ссылки на этот источник перед формулами можно опускать.

Без ссылок на источник используются общеизвестные фундаментальные формулы и формулы, выведенные студентом.

Для фундаментального издания в списке использованных источников приводятся следующие данные: 1) автор (авторы) или название (для коллективных изданий); 2) название или редактор

(для коллективных изданий); 3) место издания; 4) издательство; 5) год издания.

Для источников, взятых из периодической печати: 1) автор (авторы); 2) название статьи; 3) название журнала; 4) год издания; 5) номер; 6) страница.

При записи ГОСТов и ОСТов приводятся номер и название стандарта. При записи прочей технической документации указываются название и шифр документа. Пример оформления списка литературы представлен в приложении П.1.4.

1.5.10 Приложения

В приложения выносятся основной и дополнительные текстовые документы (спецификация, перечень элементов, листинги разработанных программ, результаты макетирования и испытаний устройства или его отдельных составных частей). Наличие и конкретное содержание приложений определяется темой курсового проекта и оговаривается в задании на проектирование.

1.5.11 Указания к оформлению пояснительной записки и графической части проекта

Графическая часть проекта выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД. Чертежи выполняются ручным или автоматизированным способом. Обозначение проектируемого устройства производится в соответствии с ГОСТ 2.201-80 «ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов».

Пример обозначения пояснительной записки к курсовому проекту:

	РТФ	КП	464320.001	ПЗ
<u>Код организации-разработчика</u>				
<u>Код квалификационной характеристики</u>				
<u>Порядковый регистрационный номер</u>				
<u>Шифр конструкторского документа</u>				

Код квалификационной характеристики присваивается по классификатору ЕСКД. При проектировании радиовещательных

приемников можно воспользоваться кодом, приведенном в примере. Коды квалификационной характеристики приведены в таблице (табл. 1.1).

Порядковый регистрационный номер при выполнении курсового проекта присваивается руководителем проектирования.

Без шифра выпускаются основные конструкторские документы: спецификация — для специфицируемых изделий; чертеж детали — для неспецифицируемых изделий. Всем остальным конструкторским документам присваивается соответствующий код вида документа (шифр):

пояснительная записка — ПЗ;

схема электрическая структурная — Э1;

схема электрическая функциональная — Э2;

схема электрическая принципиальная — Э3;

чертеж электромонтажный — МЭ;

чертеж сборочный — СБ;

чертеж общего вида — ВО;

перечень элементов к принципиальной электрической схеме — ПЭЗ и т.д.

Таблица 1.1 — Коды квалификационной характеристики курсового проекта

Устройства приема и обработки сигналов (УПОС) — 464300				
Наименование	№	Вид	Классификация	Диапазон
<u>464310</u>	1	с диапазоном частот	1–5	до 0,3
Связные	2		до 6-го	3 МГц
	3		до 7-го	30 МГц
	4		до 8-го	300 МГц
	5		до 9-го	3 ГГц
	6		до 10-го	30 ГГц
	7		10	3–30 ГГц
	8			
	9			комбинированные
<u>464320</u>				
Вещательные	1	Стационарные	Радиолы	
	2		магниторадиолы	
	3		Магнитолы, телерадиомагнитолы	
	4		Приемники, тюнеры, электрофоны	
	5	Переносные	Радиолы	

Окончание табл. 1.1

Устройства приема и обработки сигналов (УПОС) — 464300					
Наименование	№	Вид	Классификация	Диапазон	
	6		Магнитолы, телерадиомагнитолы		
	7		Приемники, тюнеры, электрофоны		
	8	Бортовые			
	9	Комбинированные			
<u>464330</u>	1	Прямого усиления	Одноканальные	Перестраиваемые	
Импульсных сигналов, кроме связных, вещатель- ных (Радиолока- ционные)	2				Неперестраиваемые
	3			Многоканальные	Неперестраиваемые
	4	Супергетеродин- ные	Одноканальные		
	5		Многоканальные		
	6				
	7				
	8				
	9	Прочие			
	<u>464330</u>	1	Прямого усиления	Одноканальные	Перестраиваемые
Непрерывных сигналов, кроме связных, вещатель- ных (Радиолокационные)	2				Неперестраиваемые
	3			Многоканальные	Неперестраиваемые
	4	Супергетеродин- ные	Одноканальные		
	5		Многоканальные		
	6				
	7				
	8				
	9	Прочие			

При выполнении принципиальных электрических схем обязательно составление перечня элементов. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листах формата А4. Остальные требования к оформлению графической части курсового проекта приведены в [8].

2 РАСЧЕТ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

2.1 Общие рекомендации по выбору структурной схемы радиоприемного устройства

Современные радиоприемные устройства в подавляющем большинстве случаев строят по супергетеродинной схеме. Структурные схемы тракта радиоприемных устройств строятся, как правило, по супергетеродинной схеме, состоящей из трех основных частей: линейного тракта, демодулятора и устройств регулировок (управления). Линейный тракт одинаков для радиоприемников различных типов и состоит из преселектора (входная цепь и усилитель радиочастоты), преобразователя частоты и усилителя промежуточной частоты.

Расчет структурной схемы проводится на основе проработки и сравнения нескольких вариантов реализаций, затем выбирается оптимальный. Наиболее выгодным вариантом является структурная схема радиоприемника, отвечающая заданным техническим характеристикам при минимальной его стоимости. На этапе разработки структурной схемы требуется обеспечить минимальное число электронных приборов и максимально возможную простоту избирательных систем по тракту высокой и промежуточной частоты. Это достижимо при использовании многофункциональных ИМС высокой степени интеграции. Промышленностью выпускается широкий перечень интегральных микросхем, однако не все ИМС имеют высокую чувствительность, что ограничивает их применение. Поэтому в ряде случаев более выгодным является использование ИМС более низкой степени интеграции или малошумящие усилители на дискретных полупроводниковых приборах.

При построении тракта радиочастоты необходимо стремиться к уменьшению числа перестраиваемых контуров. Это позволяет повысить технологичность приемника (за счет уменьшения количества точных изделий и упрощения регулировок) и упрощает использование многофункциональных ИМС, так как некоторые из них не позволяют подключения резонансного контура. Также следует максимально использовать возможности вы-

бора оптимальных видов связи контура входной цепи с антенной и УРЧ. Хорошие результаты дает введение истокового повторителя между контуром входной цепи и входом ИМС, что позволяет наряду с повышением избирательности по зеркальному каналу на верхних частотах диапазона улучшить избирательность приемника по перекрестной помехе.

В тракте промежуточной частоты наиболее технологичным является использование пьезокерамических фильтров сосредоточенной селекции, если не оговариваются особо жесткие требования к линейности фазочастотной характеристики. Существенное значение имеет здесь также оптимальное распределение допустимого ослабления на краях полосы пропускания линейного тракта между трактом высокой и промежуточной частоты, что позволяет в ряде случаев обеспечить использование в преселекторе одноконтурной избирательной системы.

2.2 Расчет полосы пропускания линейного тракта

Полоса пропускания радиоприемного устройства определяется выражением [1, 2]:

$$П = \Delta F_{\text{СП}} + 2\Delta F_{\text{Д}} + П_{\text{НС}}, \quad (2.1)$$

где $\Delta F_{\text{СП}}$ — эффективная ширина спектра;

$\Delta F_{\text{Д}}$ — доплеровское смещение частоты сигнала;

$П_{\text{НС}}$ — запас полосы пропускания, обусловленной нестабильностью технических характеристик и неточностью настройки радиоприемного устройства.

Эффективная ширина спектра принимаемого сигнала определяется видом модуляции.

Для амплитудно-модулированного сигнала эффективная ширина спектра определяется выражением

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 \cdot F_{\text{В}}, \quad (2.2)$$

где $F_{\text{В}}$ — верхняя частота модулирующего АМ-сигнала.

Эффективная ширина спектра АМ-сигнала с одной боковой (АМ-ОБ) и подавленной несущей определяется выражением

$$\Delta F_{\text{СП}} = F_{\text{В}} - F_{\text{Н}}, \quad (2.3)$$

где $F_{\text{Н}}$ — нижняя частота модулирующего колебания;

F_B — верхняя частота модулирующего колебания.

Для телевизионных приемников с АМ-ОБ модуляцией качество (четкость) изображения определяется эффективной шириной спектра характеризующей его разрешающую способность, определяемой эмпирическим выражением

$$F_{\max} = 0,38 \cdot k \cdot n \cdot Z^2, \quad (2.4)$$

где $k = 4/3$ — формат кадра (отношение ширины изображения к его высоте);

$n = 25$ — частота кадров;

Z — требуемая четкость изображения на экране телевизионного приемника, определяемая числом строк (максимальное количество строк для телевизионных приемников $Z = 625$ строк).

Для радиоприемных устройств, предназначенных для приема и обработки сигналов УКВ ЧМ монофонического звукового вещания и канала передачи звукового сопровождения в телевизионных приемниках с угловой модуляцией, эффективная ширина спектра определяется выражением

$$\Delta F_{\text{СП}} \approx 2(F_B + \Delta F_{\text{ДЕВ}}), \quad (2.5)$$

где $\Delta F_{\text{ДЕВ}}$ — девиация частоты или фазы (для приемников звукового вещания $\Delta F_{\text{ДЕВ}} = 50$ кГц, для приемников телевизионного вещания по каналу звука $\Delta F_{\text{ДЕВ}} = 75$ кГц).

Для приема и обработки сигналов стереофонического вещания с угловой модуляцией эффективная ширина спектра определяется выражением

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 \cdot (\Delta f_{\text{ДЕВ}} + f_{\text{ПОД}} + f_{\text{М}}), \quad (2.6)$$

где $f_{\text{ПОД}}$ — частота поднесущей комплексного сигнала приемников стереофонических сигналов (для приемников отечественного стандарта вещания $f_{\text{ПОД}} = 31,25$ кГц, для стандарта с пилот-тоном $f_{\text{ПОД}} = 38$ кГц).

Величина девиации частоты в отечественном звуковом стереофоническом вещании уменьшается на 20 %, для системы с пилот-тоном — на 50 %.

Эффективная ширина спектра радиоприемника радиоимпульсных сигналов РЛС обнаружения

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 \frac{0,5 \dots 0,7}{\tau_{\text{И}}}, \quad (2.7)$$

где $\tau_{\text{И}}$ — длительность радиоимпульса.

Эффективная ширина спектра радиоприемника РЛС измерения координат, скорости движения цели

$$\Delta F_{\text{СП}} = 2 \frac{0,35 \dots 0,7}{t_{\text{У}}}, \quad (2.8)$$

где $t_{\text{У}}$ — время установления радиоимпульса.

Доплеровское смещение частоты сигналов, принимаемых от передатчика, который перемещается относительно приемника с радиальной скоростью, определяется выражением

$$\Delta F_{\text{Д}} \approx \frac{v_{\text{Р}} \cdot f_{\text{С}}}{\text{С}}, \quad (2.9)$$

где $v_{\text{Р}}$ — радиальная скорость перемещения источника радиосигналов;

$\text{С} \approx 3 \cdot 10^8$ м/сек — скорость распространения радиоволн;

$f_{\text{С}}$ — частота принимаемого радиосигнала.

Запас полосы пропускания радиоприемного устройства, обусловленной нестабильностью и неточностью настройки радиоприемного устройства на этапе проектирования, принимается не более $\Pi_{\text{НС}} = 0,1 \dots 0,2 \Delta F_{\text{СП}}$.

В случае, когда необходимо повысить чувствительность и (или) избирательность радиоприемного устройства за счет уменьшения запаса полосы пропускания, необходимо использовать меры по повышению стабилизации настройки за счет кварцевой стабилизации или системы автоматической подстройки частоты. При использовании автоматической подстройки частоты величина запаса полосы пропускания определяется выражением

$$\Pi'_{\text{НС}} = \frac{\Pi_{\text{НС}}}{K_{\text{АПЧ}}},$$

где $K_{\text{АПЧ}}$ — коэффициент автоматической подстройки частоты (на практике равен 20...25 раз).

2.3 Расчет допустимого коэффициента шума

Для определения требований реализуемости радиоприемного устройства по критерию чувствительности используют параметр, называемый допустимым коэффициентом шума $N_{\text{доп}}$. Величина допустимого коэффициента шума определяется заданной величиной чувствительности, полосой пропускания и отношением сигнал/шум на выходе линейного тракта радиоприемного устройства.

В диапазоне ДВ, СВ и КВ, если задана величина э.д.с., наведенная в антенне, допустимый коэффициент шума определяется выражением [8]:

$$N_{\text{доп}} = \left[\left(\frac{E_A}{\gamma_{\text{ВЫХ}}} \right)^2 - E_{\Pi}^2 h_{\text{Д}}^2 \Pi_{\text{Ш}} \right] \cdot \frac{1}{4kT_0 \Pi_{\text{Ш}} r_A}. \quad (2.10)$$

Если чувствительность определяется напряженностью поля сигнала в диапазоне ДВ, СВ и КВ,

$$N_{\text{доп}} = \left[\left(\frac{E_A}{\gamma_{\text{ВЫХ}}} \right)^2 - E_{\Pi}^2 \Pi_{\text{Ш}} \right] \cdot \frac{h_{\text{Д}}^2}{4kT_0 \Pi_{\text{Ш}} r_A}. \quad (2.11)$$

Для диапазонов метрового и менее длин волн, если чувствительность задана в виде номинальной мощности, отдаваемой антенной согласованному с ней приемнику:

$$N_{\text{доп}} \cong K_{\text{ДО}} \left[\left(\frac{P_A}{kT_0 \gamma_{\text{АУО}}^2} \right) - t_A + 1 \right], \quad (2.12)$$

где $K_{\text{рф}}$ — коэффициент передачи мощности фидерной линии (волновода) или входной цепи (ориентировочно $K_{\text{ДО}} = 0,5 \dots 0,8$, в режиме согласованной антенны $K_{\text{ДО}} = 0,5$);

$t_A = \frac{T_A}{T_0}$ — относительная шумовая температура антенны;

T_0 — стандартная температура (290 К);

$N_{\text{ПР}}$ — коэффициент шума приемника;

$\gamma_{\text{АУО}} = \sqrt{\left(\frac{P_N}{P_{\text{О}}} \right)_{\text{АУО}}}$ — коэффициент различимости на выхо-

де линейного тракта приемника.

Величина температуры T_A зависит от формы диаграммы направленности антенны, от характера шумовых источников, действующих в зоне радиоприема, от диапазона рабочих частот (рис. 2.1) и т.д.

Коэффициент различимости $\gamma_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}$ и $\gamma_{\hat{A}\hat{O}}$ для радиоприемных устройств АМ-сигналов:

$$\gamma_{\hat{A}\hat{O}} = \gamma_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}} \sqrt{\frac{(k_{\Pi}^2 + m_a^2) \cdot F_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}}{m_a^2 \cdot \dot{I}_{\emptyset}}}, \quad (2.13)$$

где m_a — максимальный коэффициент модуляции сигнала;

k_{Π} — отношение максимального напряжения управляющего сигнала к действующему (для радиовещательного радиоприемника $k_{\Pi} = 0,7$, для телефонных сигналов $k_{\Pi} = 3$);

$F_{\text{ВЫХ}} = 1,1 F_{\text{МАХ}}$ — полоса пропускания УНЧ.

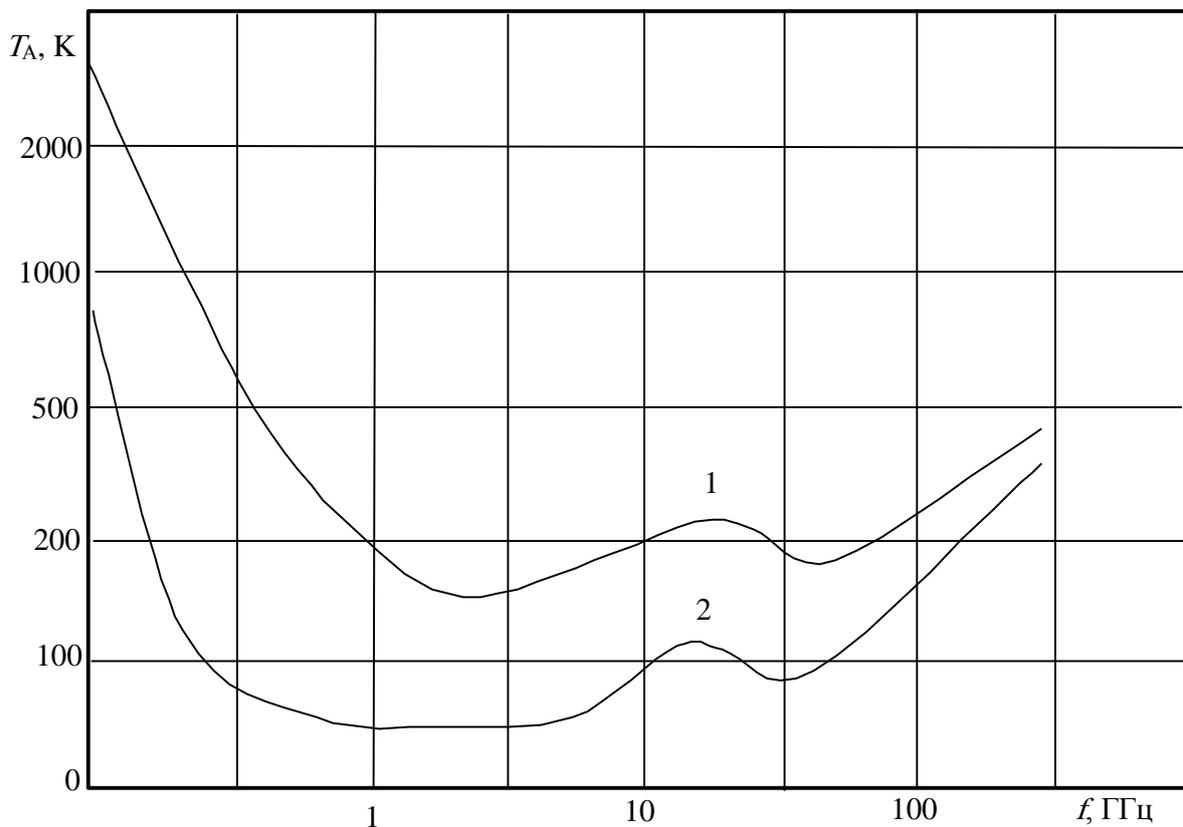


Рис. 2.1 — Зависимость шумовой температуры приемной антенны от частоты (1 — максимальная; 2 — минимальная)

Коэффициент различимости для радиоприемных устройств ЧМ-сигналов

$$\gamma_{\text{АО}} = \gamma_{\text{АУО}} \sqrt{\frac{k_{\text{П}}^2 \cdot F_{\text{АУО}}}{3m_a^2 \cdot \dot{I}_{\text{О}}}}, \quad (2.14)$$

где $k_{\text{П}}=1,4$.

Если отношение сигнал/помеха на выходе радиоприемного устройства не задано, то его значение может быть выбрано из таблицы.

Таблица 2.1 — Значения минимального отношения сигнал/шум и динамического диапазона радиоприемных устройств

Назначение		Вид модуляции	Отношение сигнал/шум на выходе, $\gamma_{\text{вых.}}$, раз	Динамический диапазон на входе, дБ
Звуковое вещание		АМ	10...20	60
		ЧМ	1,5...2,0	60–70
Телевизионное вещание	Изображение	АМ–ОБ	10...20	70–80
	Звук	ЧМ	2,0...2,5	70–80
Связные	Пейджинговые	Частотная манипуляция	2,5...3	60–70
	Телефония	Частотная манипуляция	3...5	60–70
	Служебная и любительская	АМ	5...10	60–70
		ЧМ	2...3	60–70
Радиолокационные и навигационные	РЛС обнаружения	Радиоимпульсная	1,5...2	90–100
	РЛС измерения координат цели и сопровождения	Радиоимпульсная	2...5	80–90
Панорамные		Любая	2,5...5,0	70–80
Телеуправление		Частотная манипуляция	5...20	60–70

Если в техническом задании не задана пороговая или реальная чувствительность, то *чувствительность* радиоприемного устройства определяется свойствами приемной антенны и уровнем внутренних, внешних шумов и помех, приведенных к его входу. Предельная чувствительность приемного устройства определяется выражением

$$E_{\text{Ш}} = \sqrt{E_{\text{ВНЕШ.}}^2 + E_{\text{ВНУТ.}}^2}, \quad (2.15)$$

где $E_{\text{ВНЕШ.}}$ — э.д.с. шумов и помех, обусловленных их влиянием извне на характеристики радиоприемного устройства;

$E_{\text{ВНУТ.}}$ — э.д.с. собственных шумов и помех, приведенных к входу радиоприемного устройства.

В диапазоне рабочих частот до 100 МГц суммарное значение помех, наводимых возле антенны, определяется выражением

$$E_{\text{Ш.А}} = \sqrt{E_{\text{П1}}^2 + E_{\text{П2}}^2 + E_{\text{П3}}^2 + \dots + E_n^2}, \quad (2.16)$$

где $E_{\text{П1}}, E_{\text{П2}}, E_{\text{П3}}, \dots, E_n$ — напряженности полей, образованных несколькими источниками помех.

Уровень внешних помех, наводимых в *настроенной* антенне, определяется выражением

$$E_{\text{А.п.}} = E_{\text{Ш.А}} h_{\text{Д}} \sqrt{\Pi_{\text{Ш}}}, \quad (2.17)$$

где $E_{\text{Ш.А}}$ — суммарное значение помех, наводимых в антенне в мкВ/м;

$h_{\text{Д}}$ — действующая высота антенны в метрах;

$\Pi_{\text{Ш}}$ — шумовая полоса радиоприемного устройства в кГц.

Напряженность поля возле антенны определяется по рисунку (рис. 2.2).

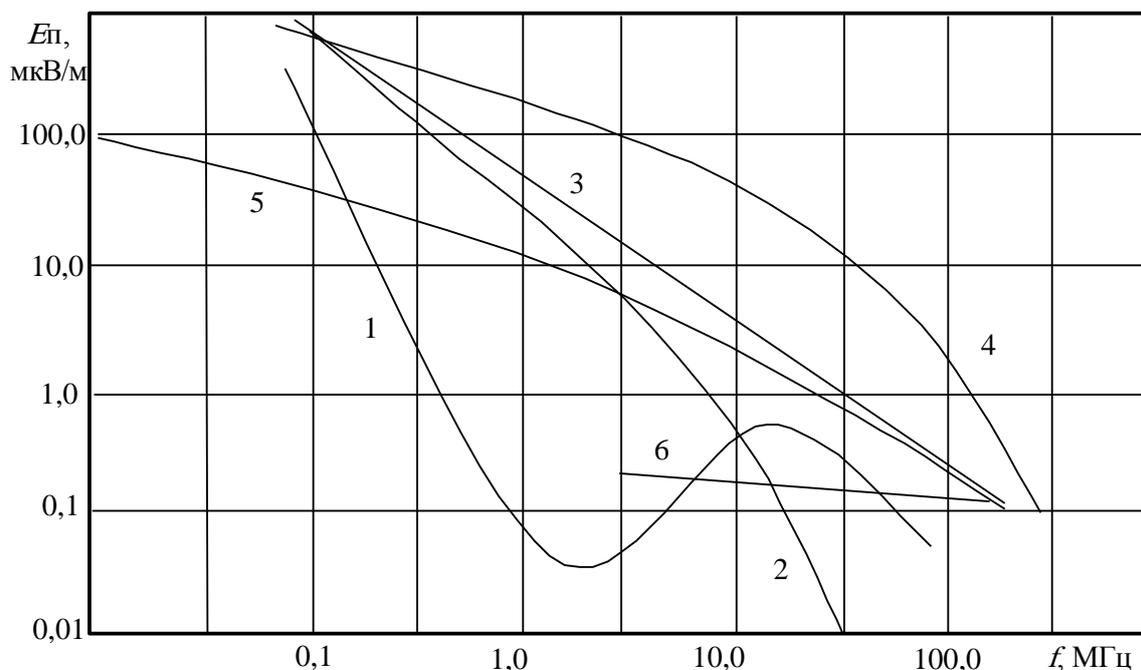


Рис. 2.2 — Зависимость напряженности поля внешних помех от частоты

На рисунке (рис. 2.2) приведены следующие виды наводимых в антенне внешних помех:

- 1 — средний уровень атмосферных помех днем;
- 2 — атмосферные помехи ночью;
- 3 — при местной грозе;
- 4 — средний уровень промышленных помех в городе;
- 5 — в сельской местности;
- 6 — максимальный уровень космических помех.

Действующая высота антенны в радиоприемных устройствах ДВ-, СВ-, КВ-диапазонов для случая с открытой, ненастроенной антенной составляет 10...15 метров, для случая с открытой комнатной антенной — 3...5 метров.

Действующая высота *магнитной* антенны определяется выражением

$$h_{\text{Д}} = \frac{2\pi \cdot \varpi \cdot S \cdot \mu}{\lambda \cdot d_{\text{Э}}}, \quad (2.18)$$

где λ — длина волны, м;

ϖ — число витков;

S — площадь одного витка, м²;

μ — магнитная проницаемость магнитной антенны;

$d_{\text{Э}}$ — эквивалентное затухание контура входной цепи.

Реальная чувствительность радиоприемного устройства определяется величиной э.д.с помехи, наводимой в *настроенной* антенне при заданном коэффициенте различимости.

$$E_{\text{А.С.}} = E_{\text{А.П}} \gamma_{\text{ВЫХ}} \sqrt{\Pi_{\text{Ш}}}. \quad (2.19)$$

Коэффициент различимости определяется видом модуляции и назначением радиоприемного устройства (табл. 2.1).

Для *ненастроенной* антенны реальная чувствительность радиоприемного устройства с учетом внешних, внутренних шумов и помех определяется выражением

$$E_{\text{А}} = \gamma_{\text{ВЫХ}} \sqrt{E_{\text{ПОМ}}^2 h_{\text{Д}}^2 \Pi_{\text{Ш}} + 4kT_{\text{А}} \Pi_{\text{Ш}} \left[N \cdot \rho \cdot \left(\frac{m \cdot d_0}{K_0 \cdot d_{\text{Э}}} \right)^2 + R_{\text{А}} \right]}, \quad (2.20)$$

где m — коэффициент включения первого каскада к контуру входной цепи (0,2–0,3 для биполярных транзисторов; 1 — для полевых);

d_0, d_3 — собственное и эквивалентное затухание контура входной цепи;

ρ — волновое сопротивление контура входной цепи на максимальной частоте рабочего диапазона;

K_0 — коэффициент передачи входной цепи (0,5...1 по напряжению для биполярных транзисторов, 2...5 — для полевых);

N — коэффициент шума радиоприемного устройства;

R_A — активная составляющая комплексного сопротивления антенны.

В диапазоне рабочих частот до 90...100 МГц, при расчете величины э.д.с., наводимой в антенне, учитывается минимально возможный перечень помех.

При расчете напряженности поля наводимых помех возле антенны, на этапе проектирования учитывают только минимальное число помех и минимальный их уровень (не более 2...3).

В диапазоне частот свыше 100 МГц основным видом помех являются внутренние шумы радиоприемного устройства и шумы антенны. Величина уровня шума в настроенной согласованной антенне определяется формулой Найквиста

$$E_{\text{ш.А}} = \sqrt{4kT_A R_A \Pi_{\text{ш}}}, \quad (2.21)$$

где k — постоянная Больцмана равная $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град;

T_A — абсолютная температура антенны в K^θ , зависящая от формы диаграммы направленности антенны, от характера шумовых источников, действующих в зоне радиоприема.

R_A — активная составляющая сопротивления антенны.

Чувствительность приемного устройства в диапазоне метровых и менее длин волн в режиме *согласования* при заданном отношении сигнал/шум на выходе линейного тракта определяется выражением:

$$P_{\text{Ac}} = kT_0 \Pi_{\text{ш}} (t_A - 1 + N_{\text{ПР}}) \cdot \gamma_{\text{ВЫХ}}^2, \quad (2.22)$$

где $t_A = \frac{T_A}{T_0}$ — относительная шумовая температура антенны;

T_0 — стандартная температура (290 К);

$N_{\text{ПР}}$ — коэффициент шума приемника;

$$\gamma_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{\left(\frac{P_C}{P_{\text{Ш}}}\right)_{\text{ВЫХ}}} \quad \text{— коэффициент различимости на выходе}$$

линейного тракта приемника.

В единицах напряжения реальная чувствительность определяется выражением:

$$E_A = \gamma_{\text{ВЫХ}} \sqrt{4kT_0 r_A \Pi_{\text{Ш}} (t_A - 1 + N_{\text{ПР}})}, \quad (2.23)$$

где r_A — сопротивление антенны (эквивалента антенны).

На основе расчета допустимого коэффициента шума производится выбор усилительного элемента и схемы усилительных каскадов по шумовым характеристикам. При величине допустимого коэффициента шума в 2...5 раз следует учитывать шумовые характеристики входной цепи, усилительного элемента первых каскадов радиоприемного устройства, его схемы включения и способа формирования амплитудно-частотной характеристики. При величине 5...10 раз необходимо учитывать внешние шумы и помехи, наведенные в антенне, шумовые свойства входной цепи и первого каскада усилителя или преобразователя частоты. При величине коэффициента шума более 10 раз следует учитывать только внешние шумы и помехи, наведенные в антенне. Если допустимый коэффициент имеет отрицательное значение, то чувствительность будет определяться величиной э.д.с. помех, наводимых в антенне, а требования к радиоприемному устройству по шумовым свойствам не предъявляются.

2.4 Распределение частотных искажений по избирательным каскадам радиоприемного устройства звукового вещания

Для обеспечения необходимого минимума частотных искажений в области верхних звуковых частот радиоприемному устройству задается наибольшее допустимое затухание (ослабление) на краях полосы пропускания.

В линейном тракте радиоприемного устройства искажения вносят контуры преселектора (входная цепь и резонансный УРЧ) и фильтры усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Необходимо также учитывать неравномерность АЧХ детектора, усилителя

низкой частоты и, в ряде случаев, акустической системы. В соответствии с основными положениями теории радиоприема искажения в линейном тракте приемника максимальны на минимальной частоте сигнала.

При проектировании задания величина частотных искажений, определяемых затуханием на краях полосы пропускания, распределяется по отдельным каскадам приемника. При распределении частотных искажений по каскадам приемника можно воспользоваться данными в таблице (табл. 2.2).

Таблица 2.2 — Таблица распределения частотных искажений по каскадам радиоприемного устройства

Диапазон	Преселектор, $\sigma_{\text{ПРЕС.}}$, дБ	УПЧ, $\sigma_{\text{УПЧ}}$, дБ	Детектор, $\sigma_{\text{Д}}$, дБ	УНЧ, $\sigma_{\text{УНЧ}}$, дБ	Приемник, $\sigma_{\text{ПР.}}$, дБ
ДВ	6–10	2–8	0,5–1	1–5	до 18
СВ	3–6	2–8	0,5–1	1–5	до 14
КВ	1–2	2–8	0,5–1	1–5	до 14
УКВ	0,5 – 1	1 – 2	0,5 – 1	1 – 5	до 9

Сумма искажений каскадов всего приемника не должна превышать величины, определенной в техническом задании. Если величина $\sigma_{\text{ПР}}$ не задана, то она не должна превышать значения, определенного в табл. 2.2. Так как параметры компонентов современной приемно-усилительной аппаратуры нормируются отдельно, то в задании на проектирование может быть задано допустимое суммарное ослабление на краях полосы линейного тракта (тракта Преселектор — УПЧ). В этом случае частотные искажения определяются выражением

$$\sigma_{\text{ПР}} = \sigma_{\text{ПРЕС.}} + \sigma_{\text{УПЧ}} \text{ [дБ]}. \quad (2.24)$$

Полученные значения частотных искажений должны быть учтены при выборе и расчете электрических принципиальных схем отдельных узлов устройства приема и обработки сигналов, а также при проведении расчетов его результирующих технических характеристик.

2.5 Расчет структурной схемы радиоприемного устройства по критерию избирательности

Расчет полосы пропускания радиоприемного устройства производится в соответствии с назначением радиоприемного устройства и видом модуляции по алгоритму изложенного в разделе 2.2 или в [2]. По данным расчета полосы пропускания и требованиям избирательности по соседнему каналу рассчитывается коэффициент прямоугольности избирательной системы радиоприемника. Коэффициент прямоугольности избирательных систем, обеспечивающих избирательность по соседнему каналу, определяется выражением

$$K_{\text{ПР}} = \frac{2\Delta f_{\text{СОС}}}{\Pi}, \quad (2.25)$$

где $\Delta f_{\text{СОС}}$ — величина отстройки по частоте принимаемого канала относительно несущей полезного принимаемого сигнала.

Π — полоса пропускания радиоприемного устройства.

Таблица 2.3 — Реализуемые технические характеристики радиоприемных устройств

Параметр или характеристика	Вид структурной схемы		
	Прямого усиления	Сверхрегенеративная	Супергетеродина
Минимальная осуществимая полоса пропускания	$(0,3...1) \frac{f_{\text{СМИН}}}{Q_{\text{ЭВЧ}}}$	$(0,02...0,2) \frac{f_{\text{СМИН}}}{Q_{\text{ЭВЧ}}}$	$(0,3...0,8) \frac{f_{\text{СМИН}}}{Q_{\text{ЭВЧ}}}$
Коэффициент прямоугольности – ослабление на 20 дБ – ослабление на 40 дБ	3...10 5...100	5...30 50...100	1,5...2,2 1,7...2,5
Чувствительность – на ДВ, мкВ – на СВ, мкВ – на КВ, мкВ – на метровых волнах, мкВ – на дециметровых и сантиметровых волнах, мкВт	100...1000 100...1000 200...1000 400...2000 10^{-4} – 10^{-2}	2...5 2...5 3...10 5...50 10^{-5} – 10^{-2}	0,2...1 0,5...1,5 1...5 2...10 10^{-8} – 10^{-6}
Стабильность работы	Хорошая	Посредственная	Хорошая
Уровень искажений	Малый	Очень большой	Очень малый

Для предварительной ориентировочной оценки выбора структурной схемы радиоприемного устройства можно воспользоваться данными, приведенными в таблице (табл. 2.4) [1, 6].

Таблица 2.4 — Таблица выбора типа и количества избирательных систем

Тип избира- тельной систе-	Функции	Число избирательных систем, l											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Одиночный резонансный контур	$\psi(n)$	1,0	1,56	1,96	2,30	2,59	2,86	3,10	3,32	3,53	3,79	3,92	4,1
	$\Phi(n)$	1,00	2,41	7,55	27,9	117	545	27500	$15 \cdot 10^3$	$86 \cdot 10^3$	$52 \cdot 10^4$	$34 \cdot 10^5$	$23 \cdot 10^6$
	$\sigma=20\text{дБ}$	9,95	4,66	3,74	3,38	3,19	3,07	2,99	2,93	2,89	2,86	2,83	2,81
	$\sigma=40\text{дБ}$	100	15,5	8,89	6,90	5,98	5,45	5,20	4,89	4,72	4,59	4,49	4,41
	$\sigma=60\text{дБ}$	1000	49,1	19,5	12,7	9,99	8,57	7,72	7,15	6,74	6,45	6,21	6,03
Взаимно рас- строенные двойки при кри- тической рас- стройке	$\psi(n)$		0,71		0,88		0,99		1,07		1,14		1,20
	$\Phi(n)$		1,00		2,41		7,55		27,9		117		575
	$\sigma=20\text{дБ}$		3,15		2,20		1,94		1,84		1,79		1,75
	$\sigma=40\text{дБ}$		10,1		3,93		2,98		2,63		2,44		2,34
	$\sigma=60\text{дБ}$		31,6		7,01		4,42		3,57		3,16		2,93
	$\delta, \%$		4,3		6,3		7,5		8,5		9,3		10,1
Взаимно рас- строенные двойки при предельной рас- стройке	$\psi(n)$		0,32		0,48		0,55						
	$\Phi(n)$		0,55		0,64		0,93						
	$\sigma=20\text{дБ}$		2,32		2,2		1,94						
	$\sigma=40\text{дБ}$		7,1		3,9		3,0						
	$\sigma=60\text{дБ}$		22		7,0		4,4						
Взаимно расстроенные тройки при критической расстройке	$\psi(n)$			0,5			0,58						
	$\Phi(n)$			1,0			2,41						
	$\sigma=20\text{дБ}$			2,16			1,67						
	$\sigma=40\text{дБ}$			4,64			2,5						
	$\sigma=60\text{дБ}$			10,0			3,66						
Два связанных контра, на- строенные на одну частоту, при критиче- ской связи	$\psi(n)$	0,71	0,88	0,99	1,07	1,14	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,40	1,43
	$\Phi(n)$	1,41	3,11	7,77	21,1	61,3	187	593	1950	6640	$23 \cdot 10^3$	$83 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^4$
	$\sigma=20\text{дБ}$	3,15	2,16	1,94	1,84	1,79	1,75	1,73	1,71	1,70	1,69	1,69	1,68
	$\sigma=40\text{дБ}$	10,0	3,93	2,98	2,63	2,44	2,34	2,26	2,21	2,17	2,14	2,12	2,10
	$\sigma=60\text{дБ}$	31,6	7,01	4,42	3,57	3,16	2,93	2,78	2,67	2,60	2,54	2,49	2,46
	$\delta, \%$	4,3	6,3	7,5	8,5	9,3	10,1	10,8	11,4	12	12,5		
Два связанных контра, на- строенные на одну частоту, при предельной связи	$\psi(n)$	0,32	0,46	0,55	0,61	0,67	0,7						
	$\Phi(n)$	0,64	0,86	1,3	2,2	4,1	7,6						
	$\sigma=20\text{дБ}$	2,32	1,67	1,54	1,48	1,45	1,43						
	$\sigma=40\text{дБ}$	7,1	2,9	2,2	2,0	1,85	1,8						
	$\sigma=60\text{дБ}$	22	5,5	3,2	2,6	2,4	2,2						
Пара однокон- турных и двух- контурных каска- дов при предель- ной связи в 2-х контурном каскаде	$\psi(n)$		0,5		0,58		0,63						
	$\Phi(n)$		1,16		2,45		5,52						
	$\sigma=20\text{дБ}$		2,15		1,67		1,55						
	$\sigma=40\text{дБ}$		6,64		2,5		2,2						
	$\sigma=60\text{дБ}$		10,0		3,67		2,87						
ФСС при предель- ной связи	4-х контур -ный	$\psi(n)$	0,38	0,38									
		$\sigma=40\text{дБ}$	2,2	1,3									
		$\sigma=60\text{дБ}$	3,7	1,7									
	5-и контур -ный	$\psi(n)$	0,35	0,38									
		$\sigma=40\text{дБ}$	1,5	1,2									
		$\sigma=60\text{дБ}$	2,7	1,5									
	6-и контур -ный	$\psi(n)$	0,35	0,38									
		$\sigma=40\text{дБ}$	1,5	1,15									
		$\sigma=60\text{дБ}$	2,2	1,3									

где $\psi(n)$ — функция расширения; $\Phi(n)$ — функция усиления, зависящая от типа и количества избирательных систем; $\delta, \%$ — выброс радиоимпульса, в процентах; $K_{\text{отс}} 40\text{дБ}$ — коэффициент прямоугольности по заданному уровню отсчета (40 дБ).

Полоса пропускания радиоприемного устройства связана с полосой пропускания единичного колебательного контура соотношением

$$P_{\text{ед}} = P \cdot \Psi(n), \quad (2.26)$$

где $\Psi(n)$ — функция расширения, зависящая от типа и количества избирательных систем.

Выбор типа и количество избирательных цепей по заданным требованиям избирательности (σ , дБ) по соседнему каналу проводится на основе данных таблицы 2.4.

При выборе типа избирательной системы, по возможности, необходимо отдавать предпочтение промышленно выпускаемым ультразвуковым фильтрам.

После выбора необходимого типа и количества избирательных систем производится оценка их физической реализуемости и анализ структурной схемы линейного тракта радиоприемного устройства. Оценка физической реализуемости производится на основе анализа добротности единичного колебательного контура.

Добротность единичного колебательного контура определяется выражением радиоприемника

$$Q_{\text{ед}} = \frac{f_0}{P_{\text{ед}}}, \quad (2.27)$$

где f_0 — частота настройки избирательных систем;

$P_{\text{ед}}$ — полоса пропускания единичного контура.

Для оценки физической реализуемости избирательных цепей можно воспользоваться выражением определяющим минимальное значение эквивалентного затухания колебательного контура избирательной системы

$$d_{\text{эmin}} = d_{0\text{min}} \cdot q, \quad (2.28)$$

где $d_{0\text{min}}$ — минимально достижимое конструктивное затухание контура;

q — коэффициент шунтирования колебательного контура, зависящий от типа используемого элемента.

Ориентировочные значения затухания $d_{0\text{min}}$ единичного колебательного контура представлены в таблице (табл. 2.5) для раз-

личных диапазонов частот с учетом типа используемых усилительных элементов [6].

Таблица 2.5 — Минимально достижимые конструктивные затухания контуров и значения коэффициента шунтирования

Диапазон частот, МГц	Затухание контура, $d_{0\min}$	Коэффициент шунтирования q	
		для полевых транзисторов	для биполярных транзисторов
0,1	0,01...0,02	1	1,4...1,6
0,1...0,2	0,006...0,01	1	1,5...1,7
0,2...0,4	0,004...0,006	1	1,6...1,8
0,4...0,6	0,003...0,004	1	1,7...1,8
0,6...1,0	0,003...0,004	1	1,8...2,0
1,0...5,0	0,004...0,005	1	2,0...2,2
5,0...30,0	0,005...0,006	1,1	2,2...2,5
30,0...300	0,006...0,01	1,2	2,5...3,0
300...1000	0,0003...0,004	1,3	5...10

Примечание. Меньшие значения коэффициента шунтирования соответствуют меньшим значениям частоты.

Ориентировочные конструктивные добротности контуров преселекторов радиовещательных и радиоприемных устройств представлены в таблице (табл. 2.6). В радиовещательных радиоприемниках диапазонного типа необходимо учитывать изменение затухания при перестройке контура. При использовании электронной перестройки контура варикапом необходимо учитывать уменьшение величины затухания с ростом частоты за счет увеличения обратного напряжения управления.

Таблица 2.6 — Конструктивные добротности контуров преселектора приемников звукового вещания

Диапазон	Конструктивная добротность контура (Q_k)		Коэффициент шунтирования контура транзистором УРЧ (q)	
	с электрической антенной	с магнитной антенной	Полевой транзистор	Биполярный транзистор
ДВ	50–100	80–120	1	1,25–1,5
СВ	60–125	90–140	1,1	1,5–2
КВ	75–150	140–190	1,2	2–2,5
УКВ	100–200	100–200	1,3	2,5–3

В радиоприемных устройствах с фиксированной настройкой могут быть использованы ультразвуковые фильтры, добротность

которых составляет 300...600. В приложении (П.3.1) представлены перечень и технические характеристики выпускаемых промышленностью ультразвуковых фильтров. В таблице (табл. П3.1) приведены технические характеристики фильтров, используемых в радиоприемных устройствах звукового вещания.

В трактах звукового сопровождения приемников телевизионного вещания используются пьезокерамические фильтры, имеющие технические характеристики, представленные в таблице (табл. П3.2). В телевизионных приемниках изображения используют избирательные цепи реализованных на основе эффекта поверхностных акустических волн (ПАВ).

Фильтры на поверхностных акустических волнах обладают малыми потерями и выполняются в виде микросборок. Производимые фильтры на ПАВ являются ключевыми элементами современных средств радиосвязи. Фильтры на ПАВ с полосой пропускания 1...12 % широко используются: во входных/выходных каскадах мобильных и носимых радиостанций; во входных каскадах пейджеров; во входных каскадах и каскадах промежуточной частоты приемников; во входных каскадах и каскадах промежуточной частоты систем навигации; селекторах телевизионных каналов. Производимые фильтры на ПАВ с полосой пропускания 0,02...0,1 % широко используются в каскадах УПЧ для фильтрации узкополосных сигналов и во входных каскадах узкополосных приемников.

Таблица 2.7 — Ориентировочные технические характеристики фильтров на поверхностных акустических волнах

Средняя частота пропускания, МГц	Полоса пропускания, МГц	Коэффициент прямоугольности k_n 100 не более	Затухание в полосе пропускания, дБ, не более	Неравномерность затухания в полосе пропускания, дБ, не более	Затухание вне полосы частот PK_n 100, дБ, не менее
10,7	0,38	1,5	20	—	—
140	40	—	20	0,1	40
168	12	1,2	14	—	—
225	6	—	10	0,3	60
287	6	—	10	—	70
300	40	—	6	—	—
306	40	1,35	17	0,6	60
328	3	2	5	0,5	—
920	30	1,6	34	—	50

В радиоприемных устройствах систем любительской и профессиональной связи используются фильтры с повышенными требованиями избирательности по соседнему и мешающим каналам приема (табл. ПЗ.4) и (Приложение 3).

Таблица 2.8 — Технические характеристики фильтров на ПАВ

	Фильтры с полосой пропускания 0,02...0,1 %	Фильтры с полосой пропускания 1...12 %
Центральная частота f_0	100...130 МГц	100...600 МГц
Вносимые потери	2...4 дБ	1...5 дБ
Пульсации	0,1...0,3 дБ	0,2...1 дБ
Подавление при частотной настройке	20...40 дБ	28...60 дБ
Корпус	DIP (39,5×29,5×6 мм) SMD(16×7,3×2,6 мм; 9,1×7,1×1,8 мм)	DIP (19,5×14,5×5 мм; 22,5×19,5×5 мм) SMD(14,2×8,4×2,7 мм; 9,1×7,1×1,8 мм)
Преимущества	– узкая полоса; – малые потери; – высокая линейность; – малые размеры; – совместимость с технологией поверхностного монтажа	– не требуют согласования и настройки; – малые потери; – высокая избирательность; – малые размеры; – совместимость с технологией поверхностного монтажа

В аппаратуре специального назначения используются электромеханические фильтры (табл. ПЗ.9).

После обзора элементной базы, обеспечивающей избирательные свойства радиоприемного устройства, проводится анализ физической их реализуемости. Анализ физической реализуемости избирательных систем заключается в следующем:

- в определении количества перестраиваемых колебательных контуров;
- в оценке физической реализуемости единичного колебательного контура.

Первое обстоятельство определяется назначением радиоприемного устройства. Если радиоприемник предназначен для работы с фиксированной настройкой, то достаточно рассмотреть второе обстоятельство. Если радиоприемник диапазонного типа, то

реализация возможна при условии, что количество одиночных колебательных контуров не более трех. Второе обстоятельство определяет реализацию нагруженной добротности единичного колебательного контура. Если необходимая нагруженная добротность контура превышает значения данные, представленные в таблицах (табл. 2.5, табл. 2.6), то реализация радиоприемника *по схеме прямого усиления* не представляется возможным. В этом случае необходимы выбор и расчет более сложной структурной схемы радиоприемного устройства супергетеродинного типа.

Выбор и обоснование структурной схемы радиоприемного устройства супергетеродинного типа по критерию избирательности.

При проектировании радиоприемного устройства наиболее важным является правильный выбор промежуточной частоты, количество преобразований частоты. Выбор промежуточной частоты по критерию избирательности по соседнему и дополнительным каналам приема производится исходя из удовлетворения следующих требований:

- обеспечение необходимой избирательности по соседнему каналу при конструктивно осуществимых добротностях контуров усилителя промежуточной частоты;
- обеспечение заданной избирательности преселектора на зеркальной частоте.

Для обеспечения требуемой избирательности по соседнему каналу применяются одноконтурные, двухконтурные и многозвенные *LC*-фильтры. В этом случае *максимальное значение промежуточной частоты* определяется физической реализуемостью единичного колебательного контура, удовлетворяющей условию:

$$f_{\text{пр.мах}} < \Pi \cdot Q_3 \cdot \Psi(n_{\text{ПЧ}}), \quad (2.29)$$

где Π — полоса пропускания радиоприемного устройства (усилителя промежуточной частоты);

Q_3 — результирующая добротность усилителя промежуточной частоты.

Минимальное значение промежуточной частоты определяется избирательными свойствами преселектора, определяющее избирательность радиоприемного устройства по зеркальному и

прямому канала приема. Избирательная система преселектора, как правило, должна содержать не более двух-трех идентичных одиночных колебательных контуров, выполненных на дискретных элементах. Выбор избирательной системы преселектора зависит и от рода работы приемного устройства. Если радиоприемник рассчитан на фиксированную настройку, то допустимо использование и более сложных избирательных цепей — два связанных контура во входной цепи и усилителе радиочастоты. Для радиоприемников диапазонного типа используют для обеспечения избирательных свойств и заданного диапазона перестройки только одиночные колебательные контуры. Величина полосы пропускания преселектора не должна влиять на АЧХ радиоприемного устройства. На этапе расчета структурной схемы преселектора по критерию избирательности по дополнительным каналам приема (зеркальном, прямом) необходимо обеспечение следующих условий.

$$\begin{cases} \check{I}_{\check{I} \check{D}\check{A}\check{N}} \geq 3 \cdot \check{I}; \\ Q_{\check{Y}.\check{A}\check{A}} = \frac{f_{0\min}}{\check{I}_{\check{I} \check{D}\check{A}\check{N}.\check{A}\check{A}}}, \end{cases} \quad (2.30)$$

где $\check{I}_{\check{I} \check{D}\check{A}\check{N}}$ — полоса пропускания преселектора на минимальной частоте диапазона принимаемых частот;

$f_{0\min}$ — минимальная частота диапазона принимаемых частот;

$\check{I}_{\check{I} \check{D}\check{A}\check{N}.\check{A}\check{A}}$ — полоса пропускания одного колебательного контура на минимальной частоте диапазона принимаемых частот.

Величина добротности колебательного контура преселектора определяется данными таблицы (табл. 2.5). *Минимальное значение промежуточной частоты* выбирается из условия [7]

$$f_{\text{ПР.}\min} > \frac{f_{0\max}^{n_{\text{ПРЕС}} \sqrt{(1+a^2)}} \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}}{4Q_{\text{Э.ВЧ}}}, \quad (2.31)$$

где $f_{0\max}$ — максимальная частота настройки радиоприемного устройства;

$\sigma_{\text{ЗЕРК}}$ — заданная избирательность по зеркальному каналу, в размах;

$Q_{\text{Э.ВЧ}}$ — результирующая добротность контуров преселектора;

$n_{\text{ПРЕС}}$ — число контуров в преселекторе, включая контур входной цепи;

a — параметр рассогласования входной цепи и антенного устройства.

Параметр рассогласования входной цепи с антенной связан с добротностью контура входной цепи выражением

$$Q_{\text{Э.ВЦ}} = \frac{Q_{\text{Э.УРЧ}}}{1 + a^2}, \quad (2.32)$$

где $a = 1$ — при согласовании по мощности;

$a = 1.5 \dots 2$ — при оптимальном рассогласовании по шумам;

$a \leq 0.5$ — при работе с ненастроенной антенной.

Возможные варианты результатов расчета промежуточной частоты представлены на рисунке (рис. 2.3, б). Анализ результатов расчета промежуточной частоты показывает, что если удовлетворяются условия (2.32) и (2.35), то радиоприемное устройство строится по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты (рис. 2.3, а). Если результаты не удовлетворяют этим условиям (рис. 2.3, б), то необходимо произвести замену схемы избирательных цепей преселектора на более сложные колебательные системы или перейти к расчету радиоприемного устройства с двойным преобразованием частоты.

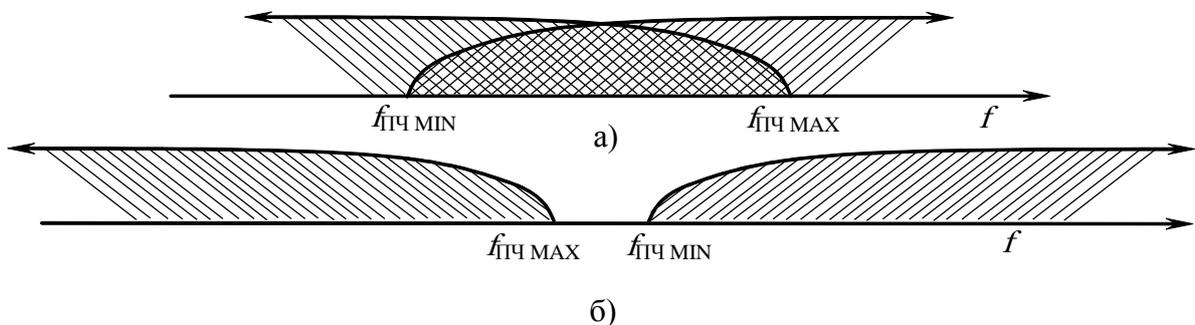


Рис. 2.3 — К анализу расчета промежуточной частоты

Для увеличения избирательности по дополнительным каналам приема необходимо усложнение схем избирательных цепей

преселектора при одновременном обеспечении условий (2.30). Рассмотрим некоторые схемотехнические реализации преселектора. При использовании двухконтурной входной цепи и одноконтурных усилителей радиочастоты минимальное значение промежуточной частоты определяется выражением

$$f_{\text{ПЧ.мин}} > \frac{f_{0\text{max}}}{4Q_{\Sigma.\text{ВЧ}}} \cdot n_{\text{ПРЕС}} \sqrt{\frac{(1+a^2) \cdot (1+\eta^2) \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}}{1-a^2\eta^2}}, \quad (2.33)$$

где $n_{\text{ПРЕС}}$ — число контуров в преселекторе, включая два контура входной цепи;

η — параметр связи между контурами входной цепи.

При обеспечении согласования по мощности входной цепи с антенно-фидерной системой ($a = 1$) параметр связи следует брать меньшим единицы. Для обеспечения максимального коэффициента передачи по мощности необходимо выбрать параметр связи близким к единице ($\eta = 0.8 \dots 0.9$).

Для обеспечения высокой избирательности преселектора, за счет сужения полосы пропускания двухконтурной входной цепи, необходимо выбрать связь между контурами слабой (параметр связи $\eta = 0.4 \dots 0.6$). Однако это приводит к уменьшению коэффициента передачи, а значит и к потере чувствительности радиоприемного устройства. Для приемников диапазонного типа использование сложных избирательных цепей усложняет реализацию их перестройки в диапазоне рабочих частот. Это ограничивает применение сложных схем преселектора.

При одноконтурной входной цепи и одном из контуров УРЧ с двухконтурной нагрузкой минимальная промежуточная частота определяется выражением

$$f_{\text{ПЧ.мин}} > \frac{f_{0\text{max}}}{4Q_{\Sigma.\text{ВЧ}}} \cdot n_{\text{ПРЕС}} \sqrt{2 \cdot (1+a^2) \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}}. \quad (2.34)$$

После расчета промежуточной частоты, исходя из заданной избирательности по соседнему и зеркальному каналам приема, производят выбор значения промежуточной частоты, удовлетворяющий условиям рисунка (рис. 2.3).

Несмотря на большой выбор избирательных цепей в преселекторе, на практике способ усложнения схем избирательных цепей в

преселекторе для обеспечения избирательности по зеркальному каналу используется крайне редко. Наибольшее распространение получило двойное или многократное преобразование частоты.

Значение 1-й промежуточной частоты определяется выражением при использовании одиночных контуров в преселекторе

$$f_{1ПЧ} < f_{0\min} - \frac{f_{0\min}}{2Q_{\text{Э.ВЧ}}} \cdot n_{\text{ПРЕС}} \sqrt{(1+a^2)} \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}. \quad (2.35)$$

Чтобы форма АЧХ преселектора не искажала АЧХ радиоприемного устройства, необходима проверка условия (2.30). После расчета значения первой промежуточной частоты (2.35) и промежуточной частоты (2.34) производится окончательный выбор значения первой промежуточной частоты. Значение второй промежуточной частоты определяется выражением (2.33).

В качестве примера приведем расчет устройства приема и обработки сигналов звукового УКВ-ЧМ стереовещания по системе с пилот-тоном.

Исходные данные для проектирования

Диапазон принимаемых частот	100...108 МГц
Тип и характеристики модуляции	ЧМ; $F_M=50...15000$ Гц; $f_{\text{ПОДН}}=38$ кГц; $\Delta F_{\text{ДЕВ}}=75$ кГц
Требования к способу настройки	Поисковая
Избирательность по соседнему каналу, не менее	60 дБ при $\Delta f_{\text{СОС}}=250$ кГц
Избирательность по зеркальному каналу, не менее	40 дБ
Избирательность по прямому каналу, не менее	60 дБ
Переходное затухание между каналами, не менее	20 дБ

Порядок расчета избирательных систем радиоприемного устройства.

1. Расчет полосы пропускания

Полоса пропускания радиоприемного устройства определяется выражениями (2.1) и (2.6) с учетом уменьшения девиации частоты на 50 % при приеме стереопередач

$$П = \Delta F_{\text{СП}} + 2\Delta F_{\text{Д}} + П_{\text{НС}} = 181 \cdot 10^3 + 0 + 724 = 181.7 \cdot 10^3 \text{ Гц},$$

где $\Delta F_{\text{СП}} [\text{кГц}] = 2 \cdot (0.5 \cdot \Delta f_{\text{ДЕВ}} + f_{\text{ПОД}} + f_{\text{М}}) =$
 $= 2 \cdot (0.5 \cdot 75 + 38 + 15) = 181 \text{ кГц};$

ΔF_D — доплеровская частота равна 0;

$$P_{НС} = \frac{0.1 \cdot \Delta F_{СП}}{K_{АПЧ}} = \frac{0.1 \cdot 181 \cdot 10^3}{25} = 724 \text{ Гц} — \text{полоса частот, опреде-}$$

ляемая нестабильностью работы приемника.

Автоматическая подстройка частоты используется для уменьшения ошибки настройки, повышения качества приема стереофонического сигнала и увеличения величины переходного затухания между каналами.

2. Выбор и обоснование колебательной системы по критерию избирательности по соседнему каналу

Расчет коэффициента прямоугольности. Коэффициент прямоугольности избирательной системы радиоприемного устройства, определяющий избирательность по соседнему каналу:

$$K_{ПР} = \frac{2\Delta f_{СОС}}{П} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 10^2}{181.7 \cdot 10^3} = 2.751.$$

Из таблицы (табл. 2.4) могут быть выбраны следующие избирательные системы, обеспечивающие избирательность по соседнему каналу:

- четыре каскада с двумя связанными контурами, настроенных на одну частоту при предельной связи;
- два каскада с четырехконтурными ФСС;
- один пятиконтурный каскад ФСС.

По совокупности требований и по сложности реализации выбираем последний вариант, имеющий следующие параметры:

- количество избирательных систем — 1;
- число колебательных контуров избирательной системы — 5;
- функция расширения $\psi(1)$, связывающая полосу пропускания одного контура и полосу пропускания всей системы, равна — 0.35.

Полоса пропускания одного контура избирательной системы

$$P_{ед} = П \cdot \Psi(1) = 181.7 \cdot 10^3 \cdot 0.35 = 63.6 \cdot 10^3 \text{ Гц.}$$

Эквивалентная добротность одного контура системы на максимальной частоте рабочего диапазона частот

$$Q_{ед} = \frac{108 \cdot 10^6}{63.6 \cdot 10^3} = 1698.$$

Анализ физической реализуемости избирательной системы с расчетной добротностью, обеспечивающей избирательность по соседнему каналу с перестройкой в диапазоне 100...108 МГц, показывает невозможность построения приемника прямого усиления. Для обеспечения избирательности по соседнему каналу необходимо произвести расчет структурной схемы супергетеродинного радиоприемного устройства.

3. Расчет максимального значения промежуточной частоты

При реализации избирательной системы в тракте промежуточной частоты на сосредоточенных элементах (при единичной добротности при физической реализации эквивалентной добротности единичного контура в пределах 60...80) максимальное значение промежуточной частоты будет

$$f_{\text{пчmax}} = Q_{\text{ед}} \cdot P_{\text{ед}} = 80 \cdot 63.6 \cdot 10^3 = 5.088 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

При реализации избирательной системы на основе ультразвуковых фильтров, добротность контура которых составляет 300...400, максимальное значение промежуточной частоты будет

$$f_{\text{пчmax}} = Q_{\text{ед}} \cdot P_{\text{ед}} = 300 \cdot 63.6 \cdot 10^3 = 19.08 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

Предпочтительно использовать последний вариант, так как промышленностью выпускаются пьезокерамические фильтры, удовлетворяющие данным требованиям (см. Приложение 3).

4. Расчет минимального значения промежуточной частоты

Избирательные свойства радиоприемного устройства по дополнительным каналам приема определяются избирательными цепями преселектора, свойства которых определяются минимальным значением промежуточной частоты. Минимальное значение промежуточной частоты определяется физической реализацией избирательных цепей преселектора. Для диапазонных приемников целесообразно использовать одиночные колебательные контуры, для приемников с фиксированной настройкой — более сложные избирательные системы.

Минимальное значение промежуточной частоты для преселектора с одиночными колебательными контурами определяется выражением (2.31). Для случая использования только входной цепи выражение примет вид

$$f_{\text{ПР.min}} > \frac{f_{0\text{max}} \cdot (1 + a^2) \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}}{4Q_{\text{Э.ВЧ}}} = \frac{108 \cdot 10^6 (1 + a^2) \cdot 100}{4 \cdot 66.67} = 131 \cdot 10^6 \text{ Гц,}$$

где $Q_{\text{эmax}} = \frac{Q_{0\text{max}}}{q} = \frac{200}{3} = 66.67$ — эквивалентная добротность контура

входной цепи при использовании биполярного транзистора в УРЧ или преобразователе, определяемая выражением (2.33) (табл. 2.5) или (табл. 2.6);

$$Q_{0\text{max}} = 200;$$

$q = 3$ — коэффициент шунтирования;

будет равна $Q_{э\max} = \frac{Q_{0\max}}{q} = \frac{200}{3} = 66.67$;

$a = 1.5$ — параметр рассогласования контура входной цепи (2.37).

Величина промежуточной частоты $f_{\text{ПР.мин}} = 131 \cdot 10^6$ Гц не удовлетворяет условию, представленному на рисунке (рис. 2.3, а), поэтому необходимо уменьшить ее значение, применив дополнительный колебательный контур в УРЧ. В этом случае значение промежуточной частоты

$$f_{\text{ПР.мин}} > \frac{f_{0\max} \sqrt{(1+a^2)} \cdot \sigma_{\text{ЗЕРК}}}{4Q_{э.ВЧ}} = 4.68 \cdot 10^6 \text{ Гц,}$$

где $Q_{э.ВЧ} = Q_{э1} \cdot \Psi(2)$;

$Q_{э1} = 200$ — эквивалентная добротность одного контура преселектора, удовлетворяющая условию (2.30).

Данный вариант реализации преселектора удовлетворяет условию (2.35), поэтому в состав преселектора включаем два одиночных колебательных контура (ВЦ и УРЧ). Таким образом, производим выбор промежуточной частоты в диапазоне 4.68...19.08 МГц. На основе анализа обзора пьезокерамических фильтров, выпускаемых промышленностью, представленных в таблице (табл. ПЗ.1), выбираем промежуточную частоту равной $f_{\text{ПР}} = 10.7$ МГц.

Структурная схема радиоприемного устройства супергетеродинного типа, полученная на основе расчета и выбора промежуточной частоты, представлена на рисунке (рис. 2.4). Для обеспечения заданной избирательности по соседнему каналу выбран УПЧ с сосредоточенной избирательностью, т.е. избирательностью, обеспечиваемой одним узлом — фильтром сосредоточенной селекции (ФСС). Фильтр сосредоточенной селекции представляет собой пятиконтурную колебательную систему, выполненную на основе пьезокерамического фильтра ПФ1П-049а.

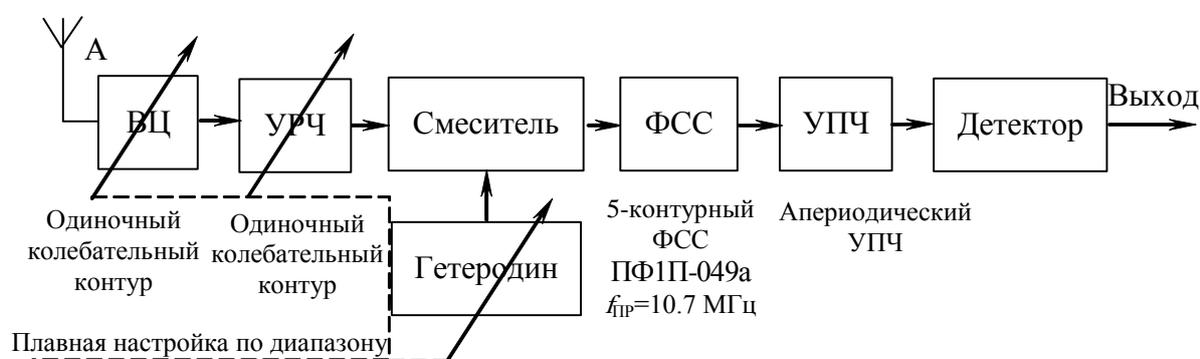


Рис. 2.4 — Структурная схема супергетеродинного радиоприемного устройства

Избирательность супергетеродинного радиоприемного устройства по зеркальному и прямому каналам обеспечивается преселектором, имеющим в своем составе перестраиваемые по диапазону два одиночных колебательных контура во входной цепи и УРЧ. В ряде случаев избирательность по прямому каналу выбором средств избирательности простыми мерами не представляется возможной. В качестве примера может быть радиоприемное устройство ДВ- или СВ-диапазонов с промежуточной частотой 465 кГц. Добротность избирательных цепей преселектора по условию (2.30) не может превышать значений 30...40, что недостаточно для обеспечения избирательности по промежуточной частоте. В этом случае используют режекторный фильтр («фильтр-пробку» или «фильтр-дырку»), настроенный на промежуточную частоту и включенный в состав преселектора. Режекторный фильтр типа «фильтр-пробка» является заграждающим фильтром, не пропускающим сигнал промежуточной частоты в линейный тракт радиоприемника (рис. 2.5, а), а «фильтр-дырка» шунтирует сигнал промежуточной частоты на «землю» (рис. 2.5, б).

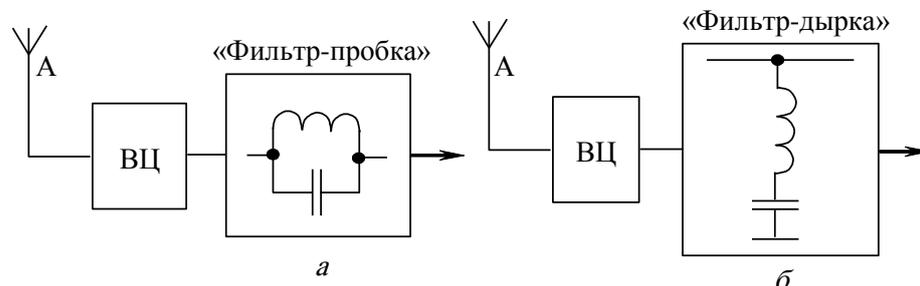


Рис. 2.5 — Режекторный фильтр с заграждающим фильтром (а) и с шунтирующим фильтром (б)

Следующим этапом расчета структурной схемы является расчет по критерию усиления как всего радиоприемного устройства, так и отдельных его узлов.

2.6 Расчет структурной схемы радиоприемного устройства по критерию усиления

Расчет структурной схемы радиоприемного устройства производится после выбора типа и количества избирательных систем

в два этапа: расчет *общего коэффициента передачи* и *расчет основных узлов линейного тракта* радиоприемной аппаратуры.

Расчет общего коэффициента передачи радиоприемного устройства, а также его элементов и узлов производится после сравнительного анализа расчета структурной схемы по критерию избирательности, технического задания на проект и расчета допустимого коэффициента шума для данного диапазона частот. Общий коэффициент передачи радиоприемного устройства определяется выражением

$$K = \frac{U_{\text{мвх. дет.}}}{\sqrt{2}E_A} \cdot K_3, \quad (2.36)$$

где $U_{\text{мвх. дет.}}$ — необходимое значение величины напряжения сигнала на входе детектора;

E_A — э.д.с. в антенне, равная реальной чувствительности радиоприемника (при заданном отношении сигнал/шум на входе);

K_3 — коэффициент запаса усиления, необходимый на случай разброса параметров базовых усилительных элементов (принимается равным 2...5 раза).

Расчет величины э.д.с. E_A , наводимой в антенне, производится по методике, изложенной в разделе 2.3. Значение амплитуды напряжения на входе детектора определяется минимальным его значением и заданным отношением сигнал/шум на выходе линейного тракта, при котором обеспечивается линейность передаточных характеристик, соответствующей реальной чувствительности (табл. 2.9).

Выражение (2.36) справедливо также и для приемников прямого усиления. Если структурная схема радиоприемного устройства построена по схеме прямого усиления, то необходимо рассчитать коэффициент усиления каждого избирательного каскада. После этого этапа расчет коэффициента передачи линейного тракта может быть завершен.

Таблица 2.9 — Ориентировочные характеристики детекторов радиоприемных устройств

Тип радиоприемного устройства	Приемник звукового вещания	Приемник телевизионного вещания		Приемник связной	Радиолокационный приемник	Панорамный приемник
		Полупроводниковый диод	Биполярный транзистор			
Тип детектора	Биполярный транзистор	Полупроводниковый диод	Биполярный транзистор	Биполярный транзистор	Полупроводниковый диод	Биполярный транзистор
$U_{m \text{ вх. дет.}}$, мВ	2...5	300...600	5...10	2...5	500...700	5...10
Динамический диапазон на выходе детектора, дБ	25...30	30...40		30	50...60	

Для расчета коэффициента усиления линейного тракта супергетеродинного радиоприемника необходимо определить величину коэффициента передачи его основных узлов: преселектора, смесителя и усилителя промежуточной частоты.

Коэффициент усиления преселектора определяется из условий максимально допустимого напряжения сигнала на входе смесителя и максимального уровня сигнала на входе радиоприемника. Максимальный уровень сигнала на входе радиоприемника определяется значением динамического диапазона (табл. 2.1) и величиной пороговой чувствительности. Максимально допустимое напряжение на входе смесителя определяется условием его линейности передаточной характеристики и соотношением, связывающим его с амплитудой напряжения гетеродина

$$U_{\text{вх.см.мах}} = (0,05 \dots 0,10) \cdot U_{\text{гет}}, \quad (2.37)$$

где $U_{\text{гет}}$ — амплитуда напряжения гетеродина (для полупроводников элементов $U_{\text{гет}} = 300 \dots 400$ мВ).

Оценка коэффициента передачи преобразователя частоты определяется выбором элементной базы и электрической принципиальной схемы. Ориентировочные параметры смесителя преоб-

разователя частоты для различных схемных реализаций представлены в таблице (табл. 2.10).

Таблица 2.10 — Ориентировочные параметры смесителя преобразователя частоты радиоприемника супергетеродинного типа

Тип нелинейного элемента, схема построения смесителя	Электровакuumный триод	Полупроводниковый диод	Биполярный транзистор	Полевой транзистор	Балансные и кольцевые смесители на полупроводниковых диодах	Смесители на биполярных транзисторах на основе дифференциального каскада	Смесители на полевых транзисторах на основе дифференциального каскада
K_{CM} , дБ	6	-6	0...-6	0...-6	-6...0	6...12	3...6
U_{BX} , макс.СМ., мВ	5...10		100...200		10...20	200...400	

При построении супергетеродинного радиоприемного устройства с многократным преобразованием частоты также следует учитывать вышеупомянутые ограничения по максимальной амплитуде напряжения полезного сигнала (2.37) для смесителя последнего преобразователя частоты.

В качестве примера приведем расчет коэффициента усиления основных узлов и элементов радиоприемного устройства структурной схемы радиоприемного устройства супергетеродинного типа (рис. 2.6).

После расчета структурной схемы приемника по критерию избирательности порядок расчета начинается с определения коэффициента усиления преселектора. На следующем этапе проводится оценка коэффициента передачи преобразователя частоты и затем расчет коэффициента усиления УПЧ.



Рис. 2.6 — Структурная схема супергетеродинного радиоприемника

Коэффициент усиления преселектора определяется из условия максимально допустимого напряжения принимаемого сигнала на входе смесителя. Максимально допустимое напряжение сигнала на входе смесителя рассчитывается при максимальной э.д.с., наведенной в антенне. Максимальная э.д.с., наводимая в антенне, определяется значением динамического диапазона его изменения. Ориентировочные данные динамического диапазона для различных типов радиоприемных устройств приведены в таблице (табл. 2.1).

Напряжение сигнала на входе смесителя, соответствующего реальной чувствительности, определяется с учетом коэффициента передачи преселектора и величины динамического диапазона радиоприемного устройства [1].

При построении супергетеродинного радиоприемного устройства с многократным преобразованием частоты также следует учитывать вышеупомянутые ограничения и условия по величине амплитуды полезного сигнала на входе смесителя, принятые по отношению ко всем преобразователям частоты. Выбор, обоснование и расчет типа и количества избирательных цепей производится по методике, изложенной в разделе 2.5.

Структурная схема преселектора, рассчитанная по критерию избирательности по дополнительным каналам приема и обеспечению необходимой чувствительности радиоприемного устройства, представлена на рисунке (рис. 2.7).

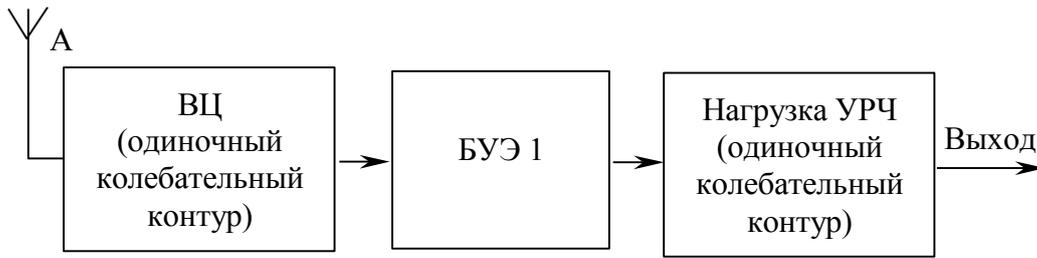


Рис. 2.7 — Структурная схема преселектора радиоприемного устройства

Структурная схема усилителя промежуточной частоты, построенная по схеме с распределенной избирательностью, представлена на рисунке (рис. 2.8).

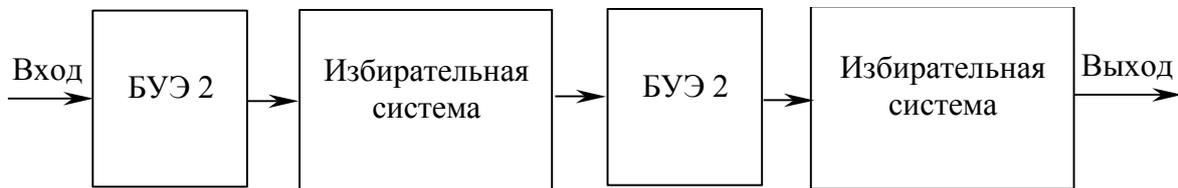


Рис. 2.8 — Структурная схема усилителя промежуточной частоты с распределенной избирательностью

Структурная схема усилителя промежуточной частоты с сосредоточенной избирательностью (на основе ФСС) представлена на рисунке (рис. 2.9, а, б). В случае, когда необходимость компенсации потери сигнала в ФСС отсутствует, то используют схему (рис. 2.9, а). В случае, когда необходимо компенсировать потери в фильтре сосредоточенной селекции, а это важно при уменьшении влияния коэффициента шума УПЧ на чувствительность всего радиоприемного устройства, то необходимо использовать мал шумящий предварительный усилитель промежуточной частоты. Предварительный усилитель промежуточной частоты выполняется на отдельном мал шумящем каскаде БУЭ 1 (рис. 2.9, б). Величина коэффициента усиления предварительного УПЧ выбирается, как правило, равной величине потерь в ФСС.

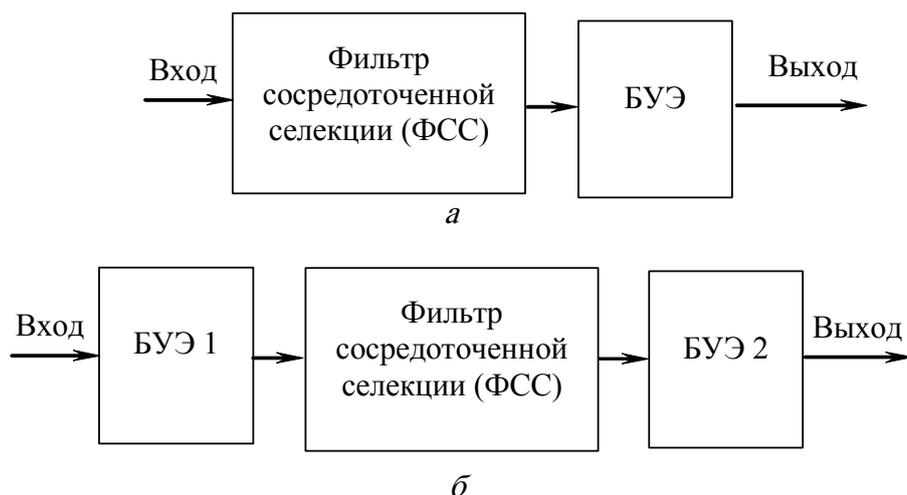


Рис. 2.9 — Структурная схема усилителя промежуточной частоты с сосредоточенной избирательностью без предварительного усилителя (а) и с предварительным усилением (б) сигнала

В качестве примера рассмотрим расчет коэффициента усиления радиоприемного устройства средневолнового диапазона.

Исходные данные для расчета.

Структурная схема радиоприемного устройства	Супергетеродинная
Диапазон рабочих частот	0,5...1,5 МГц
Промежуточная частота	465 кГц
Тип настройки гетеродина	$f_{\text{гет.}} > f_c$
Тип модуляции	АМ
Частота модуляции	100...3000 Гц

Порядок расчета.

1. *Определение недостающих данных [1].*

Динамический диапазон по входу	60 дБ
Отношение сигнал/шум на входе приемника	20 дБ
Динамический диапазон на входе детектора	30 дБ
Отношение сигнал/шум на входе детектора	15 дБ

2. *Расчет реальной чувствительности.*

Полоса пропускания радиоприемного устройства определяется выражением

$$P = \Delta F_{\text{СП}} + 2\Delta F_{\text{Д}} + P_{\text{НС}} = 6.404 \cdot 10^3 \text{ кГц},$$

где $\Delta F_{\text{СП}} = 2 \cdot F_{\text{В}} = 6000 \text{ Гц}$;

$$\Delta F_{\text{А}} = 0;$$

$$\dot{I}_{\text{ІН}} = \sqrt{(\delta_{\text{Н}} \cdot f_{\text{Н}})^2 + (\delta_{\text{А}} \cdot f_{\text{А}})^2 + (\delta_{\text{ІХ}} \cdot f_{\text{ІХ}})^2 + (\delta_{\text{І}} \cdot f_{\text{Н}})^2} = 403.865 \text{ Гц};$$

$\delta_N = 10^{-6}$ — нестабильность частоты источника сигнала;

$f_N = f_{\max} = 1.5 \cdot 10^6$ Гц — частота сигнала;

$\delta_A = 10^{-4}$ — нестабильность частоты гетеродина;

$f_{\Gamma} = f_{\max} + f_{\text{ПЧ}} = 1.5 \cdot 10^6 + 0.465 \cdot 10^6 = 1.965 \cdot 10^6$ Гц — частота гетеродина;

$\delta_{f_{\div}} = 10^{-4}$ — нестабильность частоты настройки УПЧ;

$f_{f_{\div}} = 0.465 \cdot 10^6$ Гц — частота настройки усилителя промежуточной частоты;

$\delta_f = 0$ — нестабильность частоты настройки радиоприемника (при плавной настройке данная нестабильность равна нулю).

Шумовая полоса пропускания радиоприемного устройства:

$$\dot{f}_{\phi} = 1.1 \cdot \dot{f} = 7.044 \cdot 10^3 \text{ Гц.}$$

Для радиоприемного устройства диапазонного типа реальная чувствительность для радиоприемного устройства с ненастроенной антенны определяется выражением (2.20)

$$E_A = \gamma_{\hat{A}\hat{U}\hat{\sigma}} \sqrt{E_{\hat{I}\hat{I}}^2 + h_A^2 \dot{f}_{\phi} + 4kT_A \dot{f}_{\phi} \left[N \cdot \rho \cdot \left(\frac{m \cdot d_0}{K_0 \cdot d_{\dot{Y}}} \right)^2 + R_A \right]} = 26.54 \text{ мкВ,}$$

где $\gamma_{\hat{A}\hat{U}\hat{\sigma}} = 10$ — отношение сигнал/шум на выходе линейного тракта радиоприемного устройства АМ-сигналов;

$E_{\hat{I}\hat{I}} = 1$ мкВ — напряженность поля внешних помех возле антенны [1] (рис. 2.2);

$m = 0,25$ — коэффициент включения каскада усилителя радиочастоты на биполярном транзисторе к контуру входной цепи;

$d_0 = 0.01$ — собственное затухание контура входной цепи;

$d_{\dot{Y}} = \frac{3 \cdot \dot{f}}{f_{\min}} = 0.038$ — собственное и эквивалентное затухание контура

входной цепи;

$\rho = 2\pi f_{\max} L_{\hat{E}}$ — волновое сопротивление контура входной цепи на максимальной частоте рабочего диапазона;

$K_0 = 1$ — коэффициент передачи входной цепи и УРЧ на биполярном транзисторе;

$N = 10$ — коэффициент шума радиоприемного устройства (для рассматриваемого случая коэффициент шума существенного влияния не оказывает);

$R_A = 80$ Ом — активная составляющая комплексного сопротивления антенны [1] (рис. 4.3, а);

$h_d = 1$ м — действующая высота антенны (принята для упрощения расчета);

$T_A = 2000$ — температура антенны [1] (рис. 2.1).

3. Расчет общего коэффициента усиления радиоприемного устройства

Общий коэффициент усиления радиоприемного устройства определяется выражением (2.36).

$$K = \frac{U_{m \hat{\alpha} \hat{\alpha} \hat{\alpha}}}{\sqrt{2} E_A} \cdot K_C = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2} \cdot 26.54 \cdot 10^{-6}} \cdot 5 = 666;$$

$$K[\text{дБ}] = 20 \cdot \lg K = 56.5 \text{ дБ},$$

где $U_{m \text{вх. дет.}} = 5$ мВ — напряжение сигнала на входе детектора;

$E_A = 26.54$ мкВ — э.д.с., наводимой в антенне при $\gamma_{\hat{\alpha} \hat{\alpha} \hat{\alpha}} = 10$;

$K_3 = 5$ — коэффициент запаса по усилению.

4. Расчет коэффициента усиления преселектора и базового усилительного элемента усилителя радиочастоты.

Коэффициент усиления преселектора определяется выражением

$$K_{\text{пр.}} \leq \frac{U_{\phi \hat{m}}}{\sqrt{2} \cdot E_{\phi}} = \frac{10^{-5}}{\sqrt{2} \cdot 2.654 \cdot 10^{-6}} = 2.664.$$

$$K_{\text{пр.}} [\text{дБ}] \leq 20 \cdot \lg K_{\text{пр.}} = 8.51 \text{ дБ},$$

где $U_{\phi \hat{m}} = \frac{U_{\text{max } \hat{m}}}{DD} = \frac{0.01}{1000} = 10^{-5}$ В — напряжение шумов на входе смесителя преобразователя частоты;

$U_{\text{max см}} = 0.01$ В — максимальное напряжение на входе смесителя (табл. 2.10);

$DD = 1000$ — динамический диапазон изменения амплитуды сигнала на входе радиовещательного приемного устройства.

Коэффициент усиления базового усилительного элемента определяется типом и количеством избирательных систем в преселекторе и связан с коэффициентом усиления всего УПЧ выражением [1]

$$K_{\text{о.и.}}^n = \frac{K_{\hat{\alpha} \hat{\alpha}}^m}{\Phi(n)}, \quad (2.38)$$

где $K_{\text{ЕД}}^n$ — коэффициент усиления одного усилительного каскада (базового усилительного элемента);

$\Phi(n)$ — функция коэффициента усиления, связанная с видом и количеством избирательных систем (таблица 2.4);

m — число усилительных каскадов;

n — количество избирательных систем.

Коэффициент усиления одного каскада УПЧ из (2.38) равен

$$K_{\text{АОУ1}} = \sqrt[n]{K_{\text{ГДАН}} \cdot \Phi_{\text{ГДАН}}(n)} = 2.664 \cdot 2.41 = 6.42.$$

$$K_{\text{АОУ1}} [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg 6.42 = 16.151 \text{ дБ},$$

где $n = 2$ — число избирательных систем в преселекторе (ВЦ+УРЧ);

$m = 1$ — число каскадов усиления в преселекторе (УРЧ).

5. Оценка коэффициента преобразования смесителя преобразователя частоты.

В качестве смесителя используем смеситель на биполярных транзисторах на основе дифференциального каскада, коэффициент передачи которого равен $K_{\text{СМ}} = 12$ дБ (табл. 2.10).

6. Расчет коэффициента усиления усилителя промежуточной частоты и базового усилительного элемента УПЧ.

Коэффициент усиления УПЧ радиоприемного устройства определяется выражением

$$K_{\text{ОГ}} [\text{дБ}] = K [\text{дБ}] - K_{\text{ГДАН}} [\text{дБ}] - K_{\text{НГ}} [\text{дБ}] = 56.5 - 8.5 - 12 = 36 \text{ дБ}.$$

Коэффициент усиления базового усилительного элемента УПЧ:

$$K_{\text{БУЭ}} = \sqrt[2]{10^{\frac{K_{\text{УПЧ}}[\text{дБ}]}{20}} \cdot \Phi(2)} = \sqrt[2]{62.8 \cdot 3.11} = 13.97.$$

$$K_{\text{АОУ}} [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg 13.97 = 22.91 \text{ дБ}.$$

При выборе электрических принципиальных схем отдельных узлов радиоприемного устройства следует отметить, что при расчете усилителя радиочастоты возможно уменьшение его коэффициента усиления с его компенсацией в усилителе промежуточной частоты. На шумовые свойства радиоприемника в диапазоне средних волн это обстоятельство не повлияет, т.к. в заданном диапазоне частот чувствительность определяется только внешними шумами.

2.7 Выбор структурных схем автоматического регулирования в радиоприемных устройствах

Выбор структурной схемы автоматического регулирования определяется назначением, режимом работы и видом обрабатываемого сигнала в устройствах приема и обработки сигналов. В радиоприемниках, предназначенных для обработки амплитудно-модулированных сигналов, используется автоматическая регулировка усиления, для обработки сигналов с угловой модуляцией — автоматическая регулировка подстройки частоты (фазы). В ра-

диоприемных устройствах, предназначенных для обработки импульсных радиосигналов, используется инерционная или быстродействующая автоматическая регулировка усиления. Основные принципы работы, анализ показателей качества подобных автоматических регулировок в радиоприемной аппаратуре представлены в литературе [3, 4].

Для обеспечения нормальных условий приема полезного сигнала при изменяющихся его мощности и частоте и при воздействии помех в приемнике предусматриваются различные виды ручных и автоматических регулировок и органов контроля. Выбор количества и видов регулировок, а также органов контроля за работой приемника зависит от назначения приемника и требований технического задания на проектирование к основным качественным показателям приемника.

Основные системы регулирования в приемнике выполняют следующие функции:

- обеспечивают настройку приемника на частоту принимаемого сигнала и поддержание точной настройки при изменении частоты в результате воздействия различных дестабилизирующих факторов;
- изменяют полосы пропускания в радиотракте и в тракте низкой частоты;
- обеспечивают ручную и автоматическую регулировку усиления в соответствии с уровнем входящего сигнала и другие функции регулирования.

Следует отметить, что по целому ряду регулировок решения принимаются в ходе расчета структурной схемы приемника. Например, при выборе схемы гетеродинов выбирается принцип стабилизации их частоты, обеспечивающий требования к частотной точности приемника. На этом этапе решается вопрос о необходимости автоматической подстройки частоты, определяются схемы и основные характеристики системы АПЧ, выбирается способ настройки приемника (механический, электромеханический, электронный, плавный, дискретный или дискретно-плавный).

При расчете избирательности приемника решается вопрос о необходимости и пределах регулирования полосы пропускания. Выбираются тип избирательных систем в трактах промежуточной и низкой частот и способ регулирования полосы. При дис-

кретной регулировке полосы пропускания радиоприемного устройства решается вопрос о способе переключения фильтров. Это может быть реализовано при помощи механического переключения, с помощью реле или электронным способом.

Основными автоматическими регулировками являются автоматическая регулировка усиления и автоматическая подстройка частоты. Автоматическая регулировка усиления (АРУ) используется в радиоприемниках, предназначенных для приема и обработки сигналов с амплитудной модуляцией и радиоимпульсных сигналов. Автоматическая подстройка частоты используется в радиоприемниках ЧМ- или ФМ-сигналов.

После расчета структурной схемы радиоприемного устройства необходимо ее описать в пояснительной записке с указанием назначения отдельных узлов и элементов. В описании структурной схемы указываются назначение приемника, особенности построения схемы, состав всех трактов и особенности схем отдельных каскадов. Подробно описываются те вопросы, которые не нашли отражение на чертеже структурной схемы. Схема должна быть вычерчена в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

2.7.1 Выбор структурной схемы автоматической регулировки усиления

Система автоматической регулировки усиления (АРУ) используется для стабилизации уровня сигнала на выходе радиоприемного устройства при большом динамическом диапазоне изменения входного сигнала. Изменение уровня сигнала на входе радиоприемного устройства достигает, например, в радиолокационных приемниках — 70...100 дБ, а величина изменения уровня сигнала на выходе, как правило, составляет 30...40 дБ.

Принцип работы системы АРУ заключается в следующем. Входное напряжение $U_{вх}(t)$ поступает на вход усилителя с регулируемым коэффициентом усиления. Выходное напряжение с усилителя поступает на вход детектора, затем продетектированный сигнал суммируется с напряжением задержки U_3 . Суммарное напряжение U_c усиливается усилителем постоянного тока (УПТ) и подается на фильтр нижних частот (ФНЧ), ФНЧ формирует

управляющее напряжение U_y , изменяющее коэффициент усиления. Зависимость коэффициента усиления усилителя от управляющего напряжения называют регулировочной характеристикой, она может быть аппроксимирована линейной зависимостью

$$k(U_0) = k_0 - \alpha U_0, \quad (2.39)$$

где k_0 — коэффициент усиления при управляющем напряжении, равном нулю;

α — крутизна регулировочной характеристики.

Эффект стабилизации уровня выходного напряжения $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ достигается за счет того, что с ростом уровня $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ увеличивается и управляющее напряжение U_y , под действием которого, в соответствии с выражением (2.39), уменьшается коэффициент усиления усилителя, что приводит к снижению уровня входного сигнала.

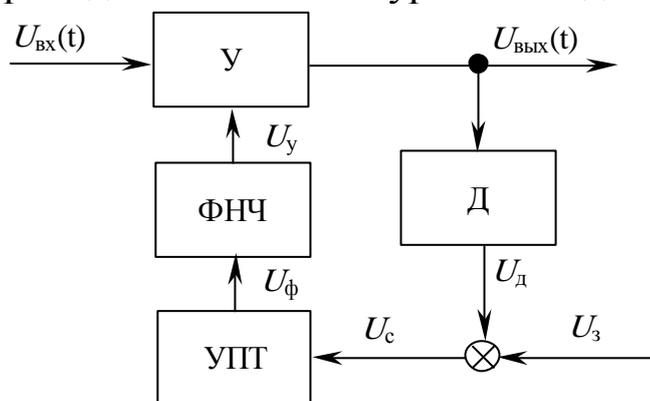


Рис. 2.10 — Функциональная схема системы усиленной задержанной АРУ с обратной связью

Для предотвращения снижения уровня выходного сигнала при малых входных воздействиях и обеспечения работы системы АРУ с определенного уровня, в систему подают напряжение задержки U_3 . В результате напряжение управления появится только в случае, когда напряжение на выходе амплитудного детектора превысит напряжение задержки U_3 .

$$\begin{aligned} u_{\text{Д}} &= u_{\text{ВЫХ}} K_{\text{Д}} - u_3, \text{ если } u_{\text{ВЫХ}} K_{\text{Д}} \geq u_3, \\ u_{\text{Д}} &= 0, \text{ если } u_{\text{ВЫХ}} K_{\text{Д}} < u_3, \end{aligned} \quad (2.40)$$

где $K_{\text{Д}}$ — коэффициент передачи детектора.

Фильтр нижних частот в цепи обратной связи систем АРУ предназначен для передачи управляющего напряжения с частотами изменения уровня выходного напряжения АРУ. При этом

ФНЧ должен быть инерционным по отношению к частотам полезной модуляции, иначе произойдет демодуляция полезного сигнала.

Напряжение на выходе системы АРУ

$$u_{\text{ВЫХ}} = k(u_y)u_{\text{ВХ}} = (k_0 - \alpha u_y)u_{\text{ВХ}}. \quad (2.41)$$

Уравнениям (2.40)–(2.41) соответствует структурная схема системы АРУ (рис. 2.11). На этой схеме нелинейное звено (НЗ) описывается зависимостью

$$u_d - u_3 = \begin{cases} u_d - u_3 & \text{при } u_d \geq u_3, \\ 0 & \text{при } u_d < u_3. \end{cases} \quad (2.42)$$

В установившемся режиме (при постоянном уровне напряжения на входе системы АРУ) из (2.40)–(2.42) следуют:

$$u_{\text{ВЫХ}} = k_0 u_{\text{ВХ}} \text{ при } u_d < u_3;$$

$$u_{\text{ВЫХ}} = \frac{k_0 + \alpha k_{\text{УПТ}} u_3}{1 + \alpha u_{\text{ВХ}} k_d k_{\text{УПТ}}} u_{\text{ВХ}} \text{ при } u_d \geq u_3, \quad (2.43)$$

где $k_{\text{УПТ}}$ — коэффициент усиления УПТ.

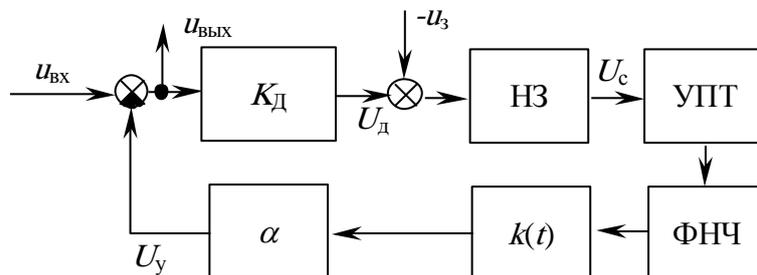


Рис. 2.11 — Структурная схема системы АРУ с обратной связью

Уравнение (2.43) определяет регулировочную характеристику системы АРУ с обратной связью.

Амплитудные характеристики замкнутой системы АРУ (рис. 2.12) представлены для случаев: 1 — без системы АРУ, 2 — простая АРУ, 3 — задержанная АРУ, 4 — усиленная и задержанная АРУ. На практике в радиоприемных устройствах используется автоматическая регулировка усиления с задержкой, представленная кривыми 3 и 4.

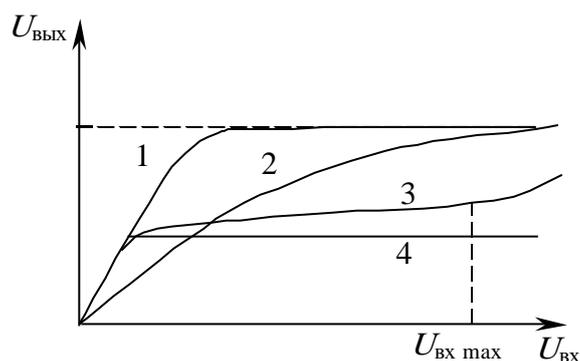


Рис. 2.12 — Амплитудные характеристики системы АРУ

На этапе проектирования структурной схемы приемника следует выбрать вид регулировки усиления, регулируемые каскады в радиотракте приемника, детектор АРУ и определить число каскадов в усилителе АРУ. Наибольшее распространение получили такие виды регулировок, как режимная, схемотехническая (с помощью управляющих высокочастотных делителей напряжения и изменением глубины отрицательной обратной связи) и др. Из известных видов регулировок усиления в профессиональных приемниках применяются в основном режимные регулировки и регулировки с помощью межкаскадных высокочастотных делителей (аттенюаторов на диодах и полевых транзисторах).

Режимные регулировки усиления просты в реализации, не требуют дополнительных каскадов в радиотракте и способны обеспечить очень большой динамический диапазон регулирования. Однако для регулировки приходится использовать нелинейный участок проходной характеристики электронного прибора, что приводит к ухудшению шумовых и нелинейных свойств регулируемого каскада, а также к ухудшению чувствительности и многосигнальной избирательности всего приемника. Поэтому использование регулируемого усилителя во входных каскадах пре-селектора не желательно.

В системе АРУ используется совмещенный или отдельный детекторный каскад, выполненный на диоде или транзисторе. В настоящее время промышленностью выпускается большой перечень микросхем с уже встроенными элементами и узлами системы АРУ.

В приемниках, у которых предусмотрен прием амплитудной телеграфии на слух, напряжение на детектор АРУ, как пра-

вило, подается с предпоследнего каскада усилителя основной ПЧ, чтобы уменьшить влияние относительно большого напряжения телеграфного гетеродина на работу системы АРУ.

В техническом задании на проектирование приемника, в разделе «автоматические регулировки», задаются относительное изменение э.д.с. сигнала в антенне и допустимое изменение напряжения на выходе линейного тракта приемника.

Относительное изменение э.д.с. сигнала в антенне (динамический диапазон входного сигнала) определяется выражением

$$DD_{\text{ВХ}} = \frac{E_{\text{Аmax}}}{E_{\text{Аном}}}, \quad (2.44)$$

где $E_{\text{Аmax}}$ и $E_{\text{Аном}}$ — максимальное и номинальное значения э.д.с., наводимая в антенне радиоприемного устройства соответственно.

Допустимое изменение напряжения на выходе линейного тракта приемника (динамический диапазон напряжения сигнала на выходе линейного тракта) определяется выражением

$$DD_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХmax}}}{U_{\text{ВЫХном}}}, \quad (2.45)$$

где $U_{\text{ВЫХmax}}$ и $U_{\text{ВЫХном}}$ — максимальное и номинальное значения напряжения на выходе линейного тракта радиоприемного устройства соответственно.

Качество работы системы АРУ определяется ее эффективностью, заданной в техническом задании, или определяется выражением:

$$\mathcal{E}_{\text{АРУ}} = \frac{DD_{\text{ВХ}}}{DD_{\text{ВЫХ}}}. \quad (2.46)$$

Если в техническом задании не заданы параметры, предъявляемые к системе АРУ, то эффективность системы АРУ может быть определена самостоятельно, в соответствии с назначением радиоприемного устройства [3].

После оценки эффективности системы АРУ производится расчет характеристики регулирования:

$$K_0(U_{\text{Д}}) = K_{0\text{max}} \frac{\zeta(U_{\text{Д}})}{\zeta_{\text{max}}}, \quad (2.47)$$

где $U_{\text{р}}$ — параметр регулирования (напряжение или ток);

$K_0(U_p)$ — общий коэффициент усиления радиотракта приемника до введения системы АРУ;

$$K_{0\max} = \frac{U_{\text{пввх}}}{\sqrt{2} \cdot E_{\text{АНОМ}}} \text{ — максимальное значение коэффициента}$$

та усиления при напряжении управления $U_p = 0$;

$$U_{\text{пввх}} = \frac{U_{\text{пвх}}}{K_1} \text{ — напряжение на входе системы АРУ;}$$

$K_1 = \frac{K_0}{\Phi(n)}$ — коэффициент усиления одного каскада радиоприемного устройства, $\Phi(n)$ — функция, связанная с типом и количеством избирательных систем;

$$\zeta_{\max} = \prod_{i=1}^n S_i \text{ — произведение крутизн электронных приборов}$$

регулируемых каскадов при $U_p = 0$.

Минимальное значение коэффициента усиления радиотракта, при котором обеспечивается требуемый динамический диапазон регулирования системы АРУ:

$$K_{0\min} = K_{0\max} \frac{DD_{\text{ввх}}}{DD_{\text{ввх}}}. \quad (2.48)$$

По характеристике регулирования системы АРУ U_p определяют максимальное значение параметра регулирования ($U_{p\max}$), при котором обеспечивается необходимый коэффициент усиления приемника в целом $K_{0\min}$ (рис. 2.13).

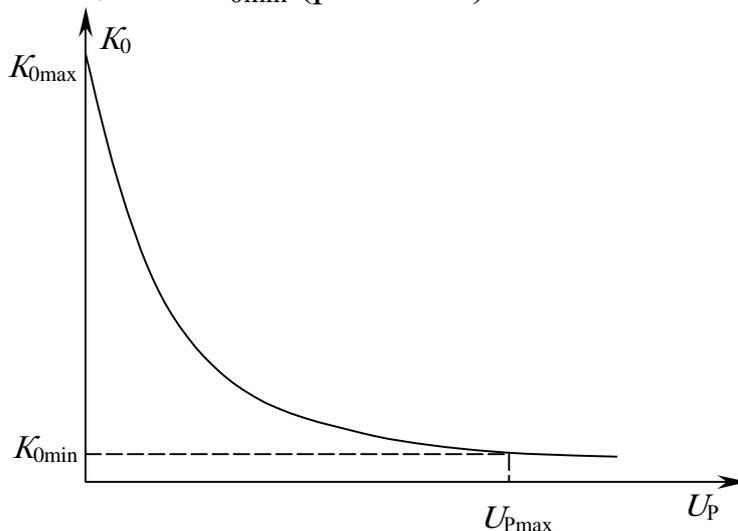


Рис. 2.13 — Характеристика регулирования системы АРУ

Если $U_{P \max} > U_{m \text{ Вых}}$, то система АРУ должна быть усиленной. Коэффициент усиления радиотракта приемника, охваченного системой АРУ, определяется выражением

$$K_{\text{АРУ}} \approx \frac{U_{P \max}}{U_{m \text{ Вых}} (DD_{\text{ВЫХ}} - 1)}. \quad (2.49)$$

Если каскады усиления в тракте АРУ построены аналогично каскадам усиления в тракте УПЧ, то число каскадов

$$n = \frac{K_{\text{АРУ}}}{K_1}. \quad (2.50)$$

Ручная регулировка усиления (РРУ), как правило, воздействует на те же каскады, что и автоматическая. Зная динамический диапазон РРУ, по графику характеристики регулирования определяют необходимые значения напряжения или тока источника регулировки усиления.

При использовании для регулировки усиления межкаскадных высокочастотных делителей необходимо выбрать их схему и место включения каскада с делителем. Применяемые в настоящее время межкаскадные делители, как правило, включаются в тракте первой промежуточной частоты после фильтров и в тракте основной ПЧ в первых каскадах. В преселекторе используется режимная регулировка усиления, так как схемотехнические способы ухудшают многосигнальную избирательность приемника.

Расчет состава системы АРУ с использованием межкаскадных высокочастотных делителей напряжения можно производить по той же методике, что и для режимных регулировок, если под функцией $\zeta(U_D)$ понимать зависимость коэффициента деления (ослабления аттенюатора) от величины параметра регулирования. Для конкретных схем делителей эти характеристики известны или их нетрудно рассчитать.

Ориентировочные регулировочные характеристики регулируемых звеньев на основе электронно-управляемых аттенюаторов на диодах и полевых транзисторах, а также регулируемых усилительных каскадах представлены в таблице (табл. 2.11). При условии, если одно звено не обеспечивает пределы регулирования, используют два или более звеньев. В этом случае регули-

руемые звенья распределяют в преселекторе (УРЧ), в тракте основного УПЧ и в первом тракте преобразования частоты (для приемников с двойным преобразованием частоты).

Таблица 2.11 — Ориентировочные регулировочные характеристики

Тип управляемого элемента	Одно звено аттенюатора на диодах	Звено аттенюатора на полевых транзисторах	Регулируемый каскад на биполярном транзисторе	Регулируемый каскад на полевом тетреде
Ослабление, дБ	20	40	20	30

В приемниках диапазона коротких волн необходимо предусмотреть на входе приемника аттенюатор для регулировки чувствительности приемника. Уменьшая коэффициент передачи аттенюатора при действии отдельных мощных сосредоточенных помех или группового радиосигнала большой мощности, можно в значительной мере повысить многосигнальную избирательность приемника и помехозащищенность его высокочастотного тракта. Этим способом достигают уменьшения интенсивности шумов нелинейного происхождения. Для обеспечения эффективного действия аттенюатора изменение его коэффициента ослабления должно производиться автоматически в соответствии с интенсивностью воздействующих помех. Практическое осуществление такой адаптивной регулировки чувствительности приемника связано с определенными трудностями. Поэтому в настоящее время коэффициент ослабления аттенюатора изменяется дискретно вручную и имеет следующие градации: 0, 10, 20, 40 дБ.

Для защиты приемника от воздействия больших напряжений на входе включается специальный каскад, который закорачивает вход приемника на корпус при напряжениях помехи, превышающей определенный уровень (обычно 10—15 В).

Ручная регулировка усиления в тракте НЧ осуществляется с помощью делителя напряжения низкочастотного сигнала, снимаемого с нагрузки детектора.

Из других регулировок следует предусмотреть:

- подстройку входа при работе приемника с различными антеннами, особенно ненастроенными, если не предусматривается специальный блок согласования с антеннами;

- регулировку запаса усиления (выведенную под шлиц), предназначенную для повышения коэффициента усиления радиотракта приемника и для выравнивания усиления в двух приемниках при работе на разнесенные антенны, осуществляющую изменением питающих напряжений на электродах усилительных приборов;

- регулировку тона биений на выходе приемника в заданных пределах путем изменения частоты телеграфного гетеродина;

- переключатель постоянной времени системы АРУ;

- переключатель видов работы и т. д.

Расчет системы АРУ радиоприемного устройства должен быть отражен на его структурной схеме и дополнен элементами и узлами системы.

2.7.2 Выбор структурной схемы автоматической подстройки частоты

В радиоприемных устройствах системы автоматической подстройки (АПЧ) частоты используют для подстройки частоты гетеродина для слежения за частотой принимаемого сигнала. Автоматическая подстройка частоты позволяет уменьшить полосу пропускания за счет уменьшения нестабильности частотной настройки радиоприемного устройства. Эффективность работы системы АПЧ определяется изменением полосы пропускания радиоприемного устройства за счет уменьшения полосы

$$P = \Delta F_{\text{СП}} + \frac{2\Delta F_{\text{Д}} + P_{\text{НС}}}{k_{\text{АПЧ}}}, \quad (2.51)$$

где $k_{\text{АПЧ}}$ — коэффициент автоматической подстройки частоты;

$\Delta F_{\text{СП}}$ — эффективная ширина спектра принимаемого сигнала;

$P_{\text{НС}}$ — полоса пропускания, обусловленная нестабильностью настройки радиоприемника;

$\Delta F_{\text{Д}}$ — полоса пропускания, обусловленная эффектом Доплера.

Для устойчивой работы системы АПЧ обычно выбирают коэффициент $k_{АПЧ} = 15 \dots 20$, причем верхняя граница значений соответствует сложным системам АПЧ.

Функциональная схема АПЧ супергетеродинного приемника (рис. 2.14) содержит в своем составе смеситель (СМ), усилитель промежуточной частоты (УПЧ), частотный дискриминатор (ЧД), фильтр низкой частоты (ФНЧ), управитель гетеродина (УГ) и гетеродин (Г). Входной сигнал $U_c(t)$ с частотой ω_c преобразуется в смесителе в напряжение промежуточной частоты $\omega_{пр}$, затем усиливается усилителем промежуточной частоты и подается на частотный дискриминатор. Если промежуточная частота $\omega_{пр}$ отличается на $\Delta\omega$ от ее номинального значения $\omega_{пр0}$, то на выходе ЧД возникает напряжение, значение и знак которого зависят от значения и знака отклонения промежуточной частоты $\Delta\omega$. Напряжение с ЧД $U_{чд}$ через ФНЧ подается на гетеродин (Г), частота которого перестраивается, обеспечивая минимальное рассогласование значения $\omega_{пр}$ от номинальной частоты $\omega_{пр0}$.

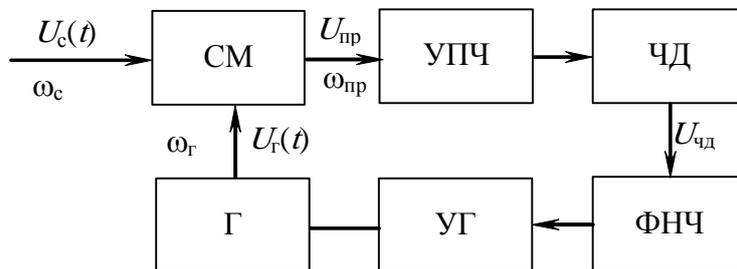


Рис. 2.14 — Функциональная схема системы автоматической подстройки частоты радиоприемного устройства

Отклонение промежуточной частоты сигнала $\omega_{пр}$ от номинального значения

$$\Delta\omega = \omega_{пр} - \omega_{пр0} = \Delta\omega_c - \Delta\omega_r, \quad (2.52)$$

где $\omega_{пр} = \omega_c - \omega_r$, $\omega_c = \omega_{c0} + \Delta\omega_c$ — частота входного сигнала;

$\omega_r = \omega_{r0} + \Delta\omega_r$ — частота гетеродина;

$\Delta\omega_c$, $\Delta\omega_r$ — отклонение частот входного сигнала и гетеродина от номинальных значений ω_{c0} , ω_{r0} .

Напряжение на выходе ЧД является функцией отклонения промежуточной частоты от номинального значения

$$u_{чд} = F(\Delta\omega). \quad (2.53)$$

Зависимость $F(\Delta\omega)$ называют дискриминационной характеристикой (рис. 2.15). При малых значениях $\Delta\omega$ дискриминационная характеристика линейна и выражение (2.7) принимает вид

$$u_{\text{чд}} = k_{\text{чд}} \Delta\omega, \quad (2.54)$$

где $k_{\text{чд}}$ — коэффициент передачи ЧД (крутизна дискриминационной характеристики).

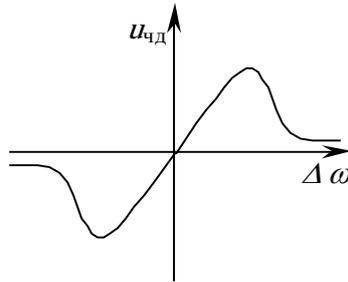


Рис. 2.15 — Дискриминационная характеристика частотного детектора

Под действием напряжения, снимаемого с фильтра $U_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} U_{\text{чд}}$, $K_{\text{ф}}$ — коэффициент передачи ФНЧ, частота гетеродина перестраивается на

$$\Delta\omega_{\text{г}} = K_{\text{г}} u_{\text{ф}}, \quad (2.55)$$

где $K_{\text{г}}$ — коэффициент передачи управителя гетеродина (УГ).

Из выражений (2.6), (2.8) и (2.9) следует, что ошибка регулирования промежуточной частоты в системе АПЧ может быть определена по выражению

$$\Delta\omega = \frac{1}{1 + K} \Delta\omega_{\text{с}}, \quad (2.56)$$

где $K = K_{\text{чд}} K_{\text{ф}} K_{\text{г}}$ — коэффициент передачи системы АПЧ.

Уравнениям (2.52) — (2.56) соответствует структурная схема, представленная на рисунке (рис. 2.16).

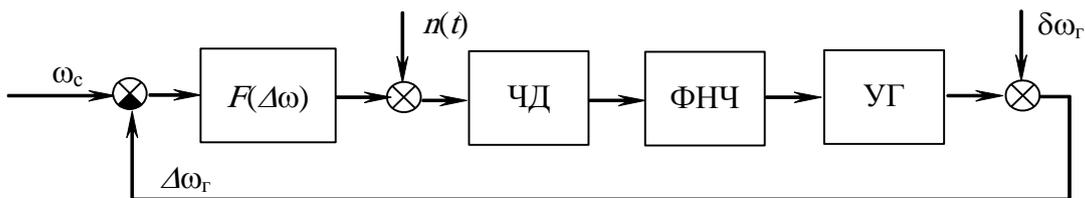


Рис. 2.16 — Структурная схема системы АПЧ

Структурная схема системы АПЧ учитывает дестабилизирующие факторы, влияющие на точность ее работы: $n(t)$ — флуктуационная составляющая напряжения, поступающая с дискриминатора; $\delta\omega_r$ — нестабильность гетеродина.

Принцип работы системы АПЧ радиоприемного устройства показан на рисунке (рис. 2.17).

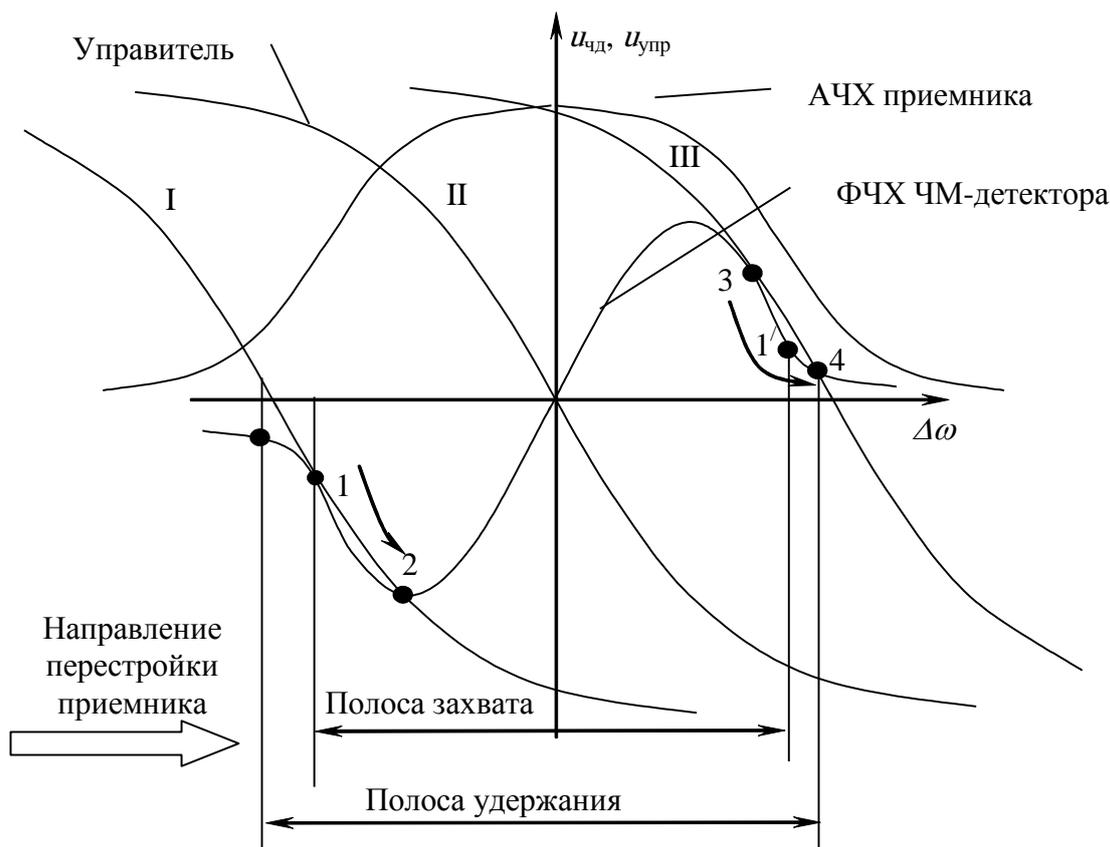


Рис. 2.17 — Описание принципа работы системы АПЧ

Процесс работы системы АПЧ в режимах захвата и удержания при перестройке гетеродина «вверх» по частоте. При большой отстройке приемника от центральной частоты система АПЧ находилась первоначально в устойчивом состоянии (кривая характеристики управителя имеет одно пересечение с детекторной характеристикой). При уменьшении отстройки приемника возникает неустойчивость работы системы АПЧ (кривая характеристики управителя имеет два или три пересечения с детекторной характеристикой до точки 1). При дальнейшем уменьшении отстройки система АПЧ переходит в устойчивый режим захвата (кривая управителя переходит из точки 1 в точку 2). При даль-

нейшей перестройке гетеродина (до точки 3) система АПЧ удерживает настройку приемника. Значение частот, обеспечивающее вход в режим захвата, называют полосой захвата (1-1'). При дальнейшей перестройке приемника (частоты гетеродина) система обеспечивает устойчивую настройку (до точки 3), затем настройка приемника принимает значение, соответствующее точке 4 рисунка. Эта точка характеризуется полосой удержания.

При разработке и анализе качественных показателей системы АПЧ необходимо определить передаточные функции системы: смесителя, усилителя промежуточной частоты, частотного детектора, фильтра нижней частоты и управителя гетеродина.

Передаточные функции смесителя и УПЧ представляются в виде безынерционного звена:

$W_{см}(p) = k_{см}$ — передаточная функция смесителя;

$W_{упч}(p) = k_{упч}$ — передаточная функция УПЧ.

Передаточная функция частотного детектора описывается выражением для апериодического звена:

$$W_{чд}(p) = \frac{k_{чд}}{1 + pT_{чд}},$$

где $k_{чд}$ — коэффициент передачи (крутизна) ЧМ-детектора (мВ/Гц);

$T_{чд}$ — постоянная времени нагрузки детектора.

Передаточная функция детектора описывается выражением:

$$W_{фнч}(p) = \frac{k_{фнч}}{1 + pT_{фнч}},$$

где $k_{фнч}$ — коэффициент передачи ФНЧ;

$T_{фнч}$ — постоянная времени ФНЧ.

В качестве ФНЧ рекомендуется использовать активный фильтр [4], представленный на рисунке (рис. 2.18). Передаточная функция и постоянная времени ФНЧ определяются из условия обеспечения устойчивости работы системы АПЧ.

При разработке управителя перестраиваемого гетеродина радиоприемного устройства используют колебательный контур с электронной перестройкой по частоте, на варикапах $V1$ и $V2$ с встречно-последовательным включением (рис. 2.19).

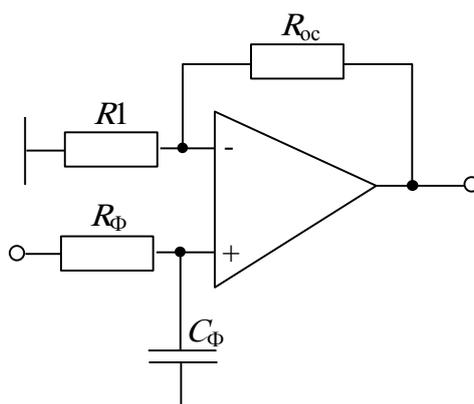


Рис. 2.18 — Принципиальная схема активного фильтра нижних частот системы АПЧ

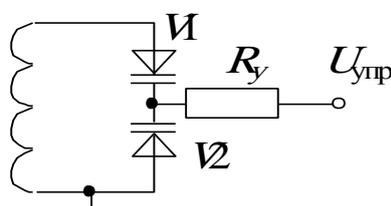


Рис. 2.19 — Принципиальная схема управителя гетеродина

Зависимость емкости варикапа управителя от напряжения управления описывается выражением (2.57).

$$C_{\text{дв}}(U_{\text{сд}}) = C_{\text{н.д.}} \cdot \left(\frac{U_{\text{н.д.}}}{U_{\text{сд}}} \right)^n, \quad (2.57)$$

где $C_{\text{спр.}}$, $C_{\text{раб.}}$ — справочная и рабочая емкости варикапа, в пФ;

$U_{\text{спр.}}$ — напряжение смещения, при котором задана справочная емкость, в В;

$U_{\text{упр.}}$ — напряжение управления на варикапе, в В.

n — коэффициент аппроксимации вольтфарадной характеристики варикапа, характеризующий плавность p - n перехода.

При использовании варикапной матрицы, т.е. последовательно-встречно-соединенных двух варикапов, величина эквивалентной емкости уменьшается в два раза (рис. 2.19).

Технические характеристики управляющего элемента (варикапа) представлены в приложении (П.5.2).

Коэффициент передачи управителя в рабочей точке, приведенный к единице напряжения, определяется выражением

$$K_{\delta} = \frac{10^3}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{\kappa} \cdot \tilde{N}_{\text{н.д.}} \cdot U_{\text{н.д.}}^n}} \left[\sqrt{(U_{\delta\text{д.д.}} + 0.5)^n} - \sqrt{(U_{\delta\text{д.д.}} - 0.5)^n} \right], \text{ Гц/мВ}, \quad (2.58)$$

где L_{κ} — индуктивность контура, в мкГн;

$U_{\text{раб}}$ — рабочее напряжение смещения на варикапе, в В.

Величина индуктивности контура управителя L_{κ} рассчитывается из условия обеспечения заданной частоты настройки радиоприемного устройства. Инерционные свойства управителя описываются постоянной времени $T_{\text{упр}}$, постоянная времени управителя определяется выражением.

$$T_y = R_y \cdot 2 \cdot C(U_{\text{упр}}) = 2 \cdot R_y \cdot C_{\text{спр.}} \cdot \left(\frac{U_{\text{спр.}}}{U_{\text{упр.}}} \right)^n. \quad (2.59)$$

После расчета параметров радиотехнических звеньев, выбора электрической принципиальной схемы элементов системы радиоавтоматики производится расчет ее устойчивости по одному из критериев (алгебраическому или частотному).

2.7.3 Рекомендации по выбору структурной схемы дополнительных регулировок

Для приемников, предназначенных для работы с различной аппаратурой (анализаторами спектра частот, аппаратурой для приема специальных видов передач и т. п.), предусматриваются соответствующие выходы сигналов (выходы первой и основной ПЧ, выходы НЧ после детектора и после ФНЧ, выходы напряжений гетеродинов, выход эталонной частоты и др.).

Радиоприемники обязательно снабжаются встроенными органами контроля за работой приемника. В простейшем случае это стрелочный индикаторный прибор, в качестве которого обычно используется магнитоэлектрический миллиамперметр или микроамперметр, предназначенный для проверки напряжений источников питания и режимов работы усилительных приборов.

В приемниках второго и первого класса функции прибора значительно расширяются, предусматривается возможность контроля за работой отдельных блоков приемника, измерения уров-

ней сигнала на выходе приемника, выходе ПЧ и АРУ, а также контроль точности настройки приемника. Для контроля чувствительности в единицах kT_0 по измерительному прибору в приемник встраивается генератор шума.

В профессиональных приемниках связи предусматривается возможность проверки и коррекции шкал. В качестве калибратора используется отдельный автогенератор с кварцевой стабилизацией частоты, дающий необходимую сетку опорных частот. Основная частота кварцевого резонатора выбирается таким образом, чтобы получить в пределах поддиапазона не менее двух опорных точек для проверки градуировки в начале и в конце шкалы. Абсолютная суммарная нестабильность кварцевого калибратора (с учетом высшего используемого номера гармоники) должна быть на порядок меньше, чем нестабильность корректируемых гетеродинов. С этой целью кварцевые резонаторы помещают в термостат.

Гармоники кварцевого калибратора подаются в контур первого или второго УВЧ. При включении калибратора вход приемника должен отключаться. Коррекция частот гетеродинов, включая и гетеродин для приема радиотелеграфных сигналов на слух, производится с помощью электрических и механических (сдвиг визира шкалы) корректоров, выведенных на переднюю панель приемника под «шлиц». Для повышения точности коррекции градуировки шкалы приемника предусматривается возможность подключения кварцевого резонатора с частотой, равной номиналу основной ПЧ, к телеграфному гетеродину.

В приемниках, имеющих в своем составе блок опорных частот, напряжение эталонной частоты для коррекции нуля телеграфного гетеродина берется с синтезатора частоты. Предусматриваются проверка и коррекция частоты опорного генератора с помощью первичного эталона частоты.

3 ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

3.1 Выбор и обоснование элементной базы

3.1.1 Обзор микроэлементной базы радиоприемных устройств

В настоящее время отечественной промышленностью выпускается большой перечень микросхем (в том числе и аналоги зарубежных образцов), предназначенных для использования в радиоприемной аппаратуре различного назначения. В данном пособии представлен перечень микросхем, рекомендованных для использования в процессе учебного проектирования на стадии выполнения курсового проектирования по устройствам приема и обработки сигналов. При выполнении курсового проектирования рекомендуется использовать микросхемы К157, К237, К174, К235 серий, а также микросхему КХА058. Справочные данные микросхем представлены в приложении (Приложение 4). Возможно использование и других схем отечественного и зарубежного производства. В этом случае необходимо представить в приложении к пояснительной записке полные справочные данные.

Микросхемы серии К157. В состав серии К157 входят микросхемы, предназначенные для работы в радиоприемных устройствах звукового вещания с амплитудной модуляцией. Рабочий диапазон частот микросхем данной серии не превышает 15...25 МГц.

Таблица 3.1 — Перечень микросхем серии К157

Тип микросхемы	Функциональное назначение
К157ХА1	УРЧ, преобразователь частоты приемника АМ-сигналов
К157ХА2	УПЧ, детектор АМ-сигналов, система АРУ

Используются микросхемы в схемах не выше 2-ой группы сложности и предназначены в переносных, портативных радиоприемниках. В состав серии К157 входят все основные узлы су-

пергетеродинного радиоприемника: УРЧ, преобразователь частоты, УПЧ, детектор, УНЧ и цепи системы АРУ.

Микросхемы серии К237. В состав серии К237 входят микросхемы, предназначенные для работы в радиоприемных устройствах звукового вещания с амплитудной и частотной модуляцией.

Таблица 3.2 — Перечень микросхем серии К237

Тип микросхемы	Функциональное назначение
К237ХА1	УРЧ, преобразователь частоты приемника АМ-сигналов
К237ХА2	УПЧ, детектор АМ-сигналов, система АРУ
К237УР5	Усилитель промежуточной частоты приемника ЧМ-сигналов
К237ХА5	УРЧ, преобразователь частоты приемника ЧМ-сигналов
К237ХА6	Усилитель промежуточной частоты, детектор ЧМ-сигналов

Рабочий диапазон частот микросхем данной серии для приема сигналов АМ не превышает 15...25 МГц, для сигналов с ЧМ-модуляцией — 100 МГц. Используются микросхемы, как и схемы К157 серии, в схемах не выше второй группы сложности. В состав серии К237 входят все основные узлы супергетеродинного радиоприемника: УРЧ, преобразователь частоты, УПЧ, детектор, УНЧ и цепи систем АРУ и АПЧ.

Микросхемы серии К174. Микросхемы семейства серии К174 являются самой многочисленной и предназначены для работы в составе магнитофонов, магнитола и радиоприемников телевизионного и звукового вещания. В состав схем серии К174 входят микросхемы как специализированного (для частного применения в конкретной РЭА), так и универсального назначения (общего применения). Микросхемы используются в высококачественной радиовещательной и профессиональной аппаратуре (включая аппаратуру 0-группы сложности) во всем диапазоне частот (вплоть до 1000 МГц и более). Данное семейство содержит все узлы и блоки радиоприемной аппаратуры, а также все вспомогательные и дополнительные системы управления. В таблице (табл. 3.3) приведены перечень микросхем, необходимый для построения радиоприемного устройства, и их функциональное назначение.

Таблица 3.3 — Перечень микросхем серии К174

Тип микросхемы	Функциональное назначение
К174ПС1, КФ174ПС1	Двойные балансные смесители (преобразователи частоты) для радиоприемников КВ- и УКВ-диапазонов. Могут быть использованы в качестве усилителя радиочастоты
К174ПС3	Двойные балансные смесители (преобразователи частоты) для радиоприемников в диапазоне до 200 МГц. Могут быть использованы в качестве усилителя радиочастоты
К174ПС4	Двойные балансные смесители (преобразователи частоты) для радиоприемников в диапазоне до 1000 МГц. Могут быть использованы в качестве усилителя радиочастоты
К174УР1, К174УР1М	Схемы обработки ЧМ-сигнала для приемников телевизионного и звукового вещания
К172 УР2	Усилитель промежуточной частоты канала изображения для черно-белых и цветных телевизоров
К174УР3, К174УР3М	Усилитель и детектор ЧМ-сигналов с предварительным усилителем для радиовещательных приемников
К174УР4	Схема тракта обработки сигналов промежуточной частоты с частотной модуляцией для телевизионных приемников
К174УР5	Усилитель промежуточной частоты канала изображения телевизионных приемников
К174УР7	Усилитель-ограничитель промежуточной частоты ЧМ-тракта с балансным ЧМ-детектором и предусилителем
К174УР8	Специализированная схема для работы в квазипараллельном канале звука (усилитель с АРУ, детектор промежуточных частот изображения и звука, предварительный усилитель сигналов второй ПЧ звука) телевизионных приемников
К174УР10	Компенсирующий усилитель промежуточной частоты для телевизионных приемников
К174УР11	Усилитель промежуточной частоты звука с предварительным УНЧ и регулировками громкости и тембра телевизионных приемников
К174ХА6	Многофункциональная схема тракта ЧМ-радиоприемного устройства (усиление, ограничение, детектирование ЧМ-сигналов промежуточной частоты, бесшумная настройка, формирование управляющих напряжений для индикатора э.д.с., наводимой в антенне, и АПЧ)
К174ХА10	Многофункциональная схема АМ-ЧМ-приемника с усилителем низкой частоты
К174ХА14	Схема стереодекодера радиоприемника системы с полярной модуляцией
К174ХА15	Многофункциональная схема (УРЧ, гетеродин, усилитель с АРУ) для УКВ-блоков приемников звукового вещания
К174ХА19	Схема стабилизации напряжения, настройки и обработки сигнала АПЧ блока УКВ-приемника звукового вещания
К174ХА20	Схем смесителя и гетеродина метровых волн с предусилителем ПЧ для селекторов телевизионных каналов
К174ХА26	Схема преобразователя частоты, усиления ПЧ ЧМ и частотного детектирования для ЧМ-приемников с двойным преобразованием частоты
К174ХА34,	Схема ЧМ-тракта устройства приема и обработки сигналов с частотной

Окончание табл. 3.3

Тип микросхемы	Функциональное назначение
K174XA34A	модуляцией УКВ-диапазонов с УНЧ
K174XA35	Схема стереодекодера радиоприемника системы с полярной модуляцией радиоприемника с УКВ-диапазонами
K174XA42A K174XA42Б	Однокристалльный ЧМ-радиоприемник УКВ-диапазонов
K174XA43	
K174XA46	АМ-ЧМ-приемник
K174XA51	Двухсистемный стереодекодер с полярной модуляцией (OIRT) и с пилот-тоном (CCIR)
K174XA53	Схема электронной регулировки тембра и громкости в тракте низкой частоты радиоприемных устройств

В процессе курсового проектирования используется ограниченный перечень микросхем серии K174, представленный в приложении. При необходимости такой перечень может быть расширен самостоятельно.

Микросхема KXA058. Микросхема KXA 058 содержит основные узлы супергетеродинного радиоприемного устройства: усилитель радиочастоты, преобразователь частоты, усилитель промежуточной частоты, детектор ЧМ-сигналов и предварительный усилитель низкой частоты. Для обеспечения стабильности работы приемника используется система автоматической подстройки частоты гетеродина. Микросхема выполнена на базе однокристалльного радиоприемника, расположенного керамической подложке элементами схемы питания и дополнительные элементы радиоприемника. Внешними цепями радиоприемника является колебательный контур гетеродина, обеспечивающего его настройку. Используется ИМС в радиоприемных устройствах 2-го и ниже классов.

3.1.2 Элементная база радиоприемных устройств звукового вещания

В таблице (табл. 3.4) представлен перечень микросхем серий K157, K237, K174 и K175, рекомендованный для использования в приемниках АМ-сигналов. Все микросхемы ориентированы на построение радиоприемников супергетеродинного типа с одно- или двукратным преобразованием частоты. Микросхемы различаются схемотехническими, технологическими и конструктивными решениями.

Таблица 3.4 — Микросхемы для построения АМ-приемников

Тип ИМС	K157XA1	K157XA2	K237XA1	K237XA2	K174ПС1, КФ174ПС1	K174XA2 K174XA02	K174XA10	K174XA36	K175ДА1
Усилитель радиочастоты	+		+			+	+	+	
Преобразователь частоты	+		+		+	+	+	+	
Усилитель промежуточной частоты		+		+		+	+	+	
Амплитудный детектор		+		+			+	+	+
Автоматическая регулировка усиления		+		+		+	+	+	+
Источник опорного напряжения	+		+		+	+	+	+	
Схема измерения уровня сигнала		+		+		+		+	
Предварительный УНЧ							+	+	
Автоматическая подстройка частоты								+	
Элементы бесшумной настройки								+	

В процессе проектирования радиоприемных устройств из предложенного перечня рекомендуется использовать микросхемы K157 и K174 серий. Однако в ряде случаев, когда необходимо реализовать разработанную структурную схему, можно использовать более ранние разработки микросхем (K237). При построении усилителей, компенсирующих потери сигнала, можно использовать микросхемы K174ПС1, K174ПС3 и K174ПС4, включенные в усилительном режиме. При построении радиоприемников с двойным преобразованием частоты в качестве первого преобразователя рекомендуется использовать схемы на базе микросхем K174ПС1, K174ПС3 (до частот 200 МГц) и K174ПС4 (до частот 1000 МГц). Справочные данные и типовые схемы включения изложены в разделе (Приложение 4).

При построении радиоприемного устройства, предназначенного для приема и обработки сигналов с частотной модуляцией, рекомендуется использовать микросхемы (см. табл. 3.5). Для управления системой настройки приемника ЧМ-сигналов рекомендуется использовать ИМС K174XA19. ИМС позволяет сформировать напряжения управления варикапами контуров входной цепи, усилителя радиочастоты и гетеродина с обеспечением режима сопряжения контуров преселектора и гетеродина.

Таблица 3.5 — Микросхемы для построения ЧМ-приемников

Тип ИМС	К237УР5	К237ХА5	К237ХА6	К174ПС1 К174ПС4	К174ХА5	К174ХА6	К174ХА10	К174ХА14	К174ХА15	К174ХА19	К174ХА34	К174ХА35	К174ХА42	КХА058
Усилитель радиочастоты		+		+					+		+		+	+
Преобразователь частоты		+		+					+		+		+	+
Усилитель промежуточной частоты	+		+		+	+	+				+		+	+
Частотный детектор			+		+	+	+				+		+	+
Автоматическая регулировка усиления							+		+					
Автоматическая подстройка частоты					+	+		+		+	+	+	+	+
Источник опорного напряжения					+	+	+			+	+	+	+	+
Схема измерения уровня сигнала					+	+					+			
Предварительный УНЧ							+				+			+
Элементы бесшумной настройки					+	+		+			+	+	+	+
Стереодекoder								+				+		

Описания микросхем, основные их технические характеристики и параметры, типовые схемы включения, необходимые для использования в приемниках звукового вещания, представлены в приложении (Приложение 4).

3.1.3 Элементная база телевизионных приемников

В таблице (табл. 3.6) представлен перечень микросхем серии К174, рекомендованный для использования в приемниках телевизионных сигналов. Все микросхемы ориентированы на построение радиоприемников супергетеродинного типа с одно- или двукратным преобразованием частоты. Микросхемы различаются

схемотехническими, технологическими и конструктивными решениями.

Таблица 3.6 — Микросхемы для построения телевизионных приемников

Тип ИМС	К174ПС4	К174УР1	К174УР2	К174УР3	К174УР4	К174УР5	К174УР10	К174УР20	К174ХА38
Усилитель радиочастоты	+							+	
Преобразователь частоты	+							+	
Усилитель промежуточной частоты канала изображения			+			+	+	+	+
Усилитель промежуточной частоты звукового канала		+		+	+				+
Видеодетектор			+			+			
Частотный детектор		+		+	+				
Автоматическая подстройка частоты						+		+	
Автоматическая регулировка усиления			+		+	+			+
Источник опорного напряжения	+							+	
Схема измерения уровня сигнала									
Предварительный видеоусилитель			+			+			+
Предварительный УНЧ		+		+	+				+

Основные электрические характеристики и схемы их включения микросхем представлены в приложении (П.4.2). При построении преселектора телевизионного приемника рекомендуется использовать ИМС К174УР20; если чувствительность приемника не будет обеспечена, необходимо использовать ИМС К174ПС1 в качестве УРЧ. При необходимости обеспечения второго преобразования (прием сигналов в дециметровом диапазоне длин волн) также рекомендуется использовать в качестве конвертора ИМС К174ПС4.

3.1.4 Элементная база радиоприемников систем связи

В таблице (табл. 3.7) представлен перечень микросхем серии К157, К237 и К174, рекомендованных для использования в радиоприемниках индивидуальных средств связи. Все микросхемы ориентированы на построение радиоприемников супергетеродинного типа с одно- или двукратным преобразованием частоты.

Микросхемы различаются схемотехническими, технологическими и конструктивными решениями.

Таблица 3.7 — Микросхемы для построения связных приемников

Тип ИМС	К174ПС1 К174ПС4	К157ХА1	К174ХА2	К174ХА10	К174ХА26	К174ХА34	К174ХА42
Усилитель радиочастоты	+	+		+		+	+
Преобразователь частоты	+	+		+	+	+	+
Усилитель промежуточной частоты			+	+		+	+
Амплитудный детектор			+	+			
Частотный детектор				+		+	+
Фазовый детектор					+		
Автоматическая подстройка частоты					+	+	+
Автоматическая регулировка усиления			+	+			
Источник опорного напряжения	+			+		+	+
Схема измерения уровня сигнала							
Предварительный УНЧ				+	+	+	
Элементы бесшумной настройки					+	+	+

При выборе ИМС для построения электрической принципиальной схемы радиоприемного устройства рекомендуется использовать приведенный выше перечень, а также микросхемы, предназначенные для работы в радиовещательных и телевизионных приемниках. При использовании ИМС необходимо обеспечить предписанный режим их работы выбором соответствующих источников питания. Основные технические характеристики и схемы включения ИМС приведены в приложениях (П.4.1, П.4.2, П.4.3).

3.1.5 Элементная база радиоприемных устройств радиолокационных систем

В таблице (табл. 3.8) представлен перечень микросхем серии К175, рекомендованных для использования в приемниках радиолокационных систем. Все микросхемы ориентированы на построение радиоприемников супергетеродинного типа с одно- или двукратным преобразованием частоты. Микросхемы различаются

схемотехническими, технологическими и конструктивными решениями.

Таблица 3.8 — Микросхемы для построения радиоприемников импульсных сигналов

Микросхема	Номинальное напряжение питания, В	Рабочий диапазон температур, °С	Гарантированная наработка на отказ, ч
K175 УВ1А, Б	$+6,3 \pm 0,63$	$-45 \dots +85$	10 000
K175 УВ2А, Б	$+6,0 \pm 0,6$	$-45 \dots +85$	10 000
K175 УВ3А, Б	$+6,0 \pm 0,6$	$-45 \dots +85$	10 000
K175 УВ4	$+6,0 \pm 0,63$	$-45 \dots +85$	10 000
K175 ДА1	$+6,0 \pm 0,6$	$-45 \dots +85$	10 000

При выборе микросхем рекомендуется использовать ИМС 175 серии, как правило, для построения тракта промежуточной частоты. При использовании другой микроэлементной базы необходимо в приложении к пояснительной записке привести электрическую принципиальную схему ИМС и типовую схему ее включения. При проектировании необходимо учесть особенность тракта усилителя промежуточной частоты радиоприемных устройств РЛС — большую величину изменения уровня входного сигнала на его входе (динамического диапазона), приводящего к искажению принимаемого сигнала. Для обеспечения работы УПЧ используют усилители с функциональной зависимостью его амплитудной характеристики. Принципы построения функциональных усилителей и их расчет будут представлены в разделе 3.3 настоящего пособия.

3.1.6 Общие рекомендации по выбору микросхем

При выполнении задания на курсовое проектирование рекомендуется перечень микросхем, представленный в приложении (Приложение 4). При использовании других микросхем необходимо в приложении к пояснительной записке представить их технические характеристики и типовые схемы включения. В процессе учебного проектирования необходимо учитывать: функциональные возможности микросхем; диапазон рабочих частот; вид модулированного сигнала; уровень сложности разрабатываемой аппаратуры;

требования к источнику питания и конструктивное исполнение корпусов микросхем. При выборе элементной базы предпочтение отдается современной элементной базе, имеющей широкие функциональные возможности. К таковым относятся микросхемы серий К157, К174 и их зарубежные аналоги.

3.2 Выбор и расчет электрической принципиальной схемы входной цепи

3.2.1 Выбор антенны, эквивалента антенны

Выбор типа антенного устройства определяется техническими характеристиками радиоприемного устройства. Для радиоприемных устройств диапазонного типа с перекрытием по диапазону, превышающем его полосу пропускания, используют *ненастроенные* антенны [1]. В радиоприемных устройствах с фиксированной настройкой, или имеющих малый коэффициент перекрытия по диапазону, используют *настроенные* антенны.

Конструкция антенн может быть достаточно сложной, но для правильного выбора и построения электрической принципиальной схемы входной цепи используют модели антенн или ее эквивалент. Выбор антенны, режим ее работы и связь с входной цепью на этапе проектирования радиоприемного устройства могут быть произведены на основе данных таблицы (табл. 3.9).

Таблица 3.9 — Выбор типа и режима работы антенны

Тип и режим работы антенн		Диапазон частот						
		ДВ	СВ	КВ	УКВ	МВ	ДМВ	СМВ
Тип антенны	Электрическая	+	+	+	+	+	+	+
	Магнитная	+	+	+				
	Настраенная				+	+	+	+
	Ненастроенная	+	+	+				
Настройка антенны	Диапазонная	+	+	+	+			
	Фиксированная				+	+	+	+
	Комбинированная	+	+	+	+	+	+	+
Режим работы антенны	Удлинения	+	+	+				
	Укорочения				+	+	+	+
	Настраенный				+	+	+	+
Связь антенны с входной цепью	Емкостная	+	+	+	+			
	Индуктивная			+	+	+	+	+
	Комбинированная	+	+					

В общем случае эквивалент антенны представляют собой последовательно соединенная э.д.с., наведенная в ней, и ее комплексное сопротивление (рис. 3.1) [1, 8].

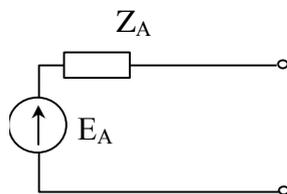


Рис. 3.1 — Эквивалентная схема антенны

При выборе настроенной антенны ее размеры и конструкцию выбирают так, чтобы ее резонансная частота равнялась частоте принимаемого сигнала. Таким образом, эквивалент антенны представляется в виде активного сопротивления (рис. 3.2). Такая антенна соединяется с входной цепью радиоприемного устройства фидером, волновое сопротивление которого равно активному сопротивлению антенны. Если это не представляется возможным, то для связи с входной цепью используют трансформатор.

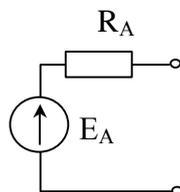


Рис. 3.2 — Эквивалентная схема настроенной антенны

При выборе ненастроенной антенны ее размеров и конструкций, исходя из условия $f_{0\max} \leq 1,7 \cdot f_{0A}$, то эквивалентная схема антенны приобретает вид (рис. 3.3, а). При длине антенны $l \ll \lambda_{\min}$ или $f_{0\max} \ll f_{0A}$ (например, штыревая автомобильная антенна подвижной радиостанции) эквивалентная схема имеет вид, представлены на рисунке (рис. 3.3, б). При использовании рамочных или магнитных антенн сопротивление антенны определяется выражением $Z_A = R_A + \omega L_A$ (рис. 3.3, в), а при условии,

что сопротивление антенны $R_A \ll \frac{1}{\omega C_A}$, сопротивление определяется выражением $Z_A = \frac{1}{\omega C_A}$ (рис. 3.3, г).

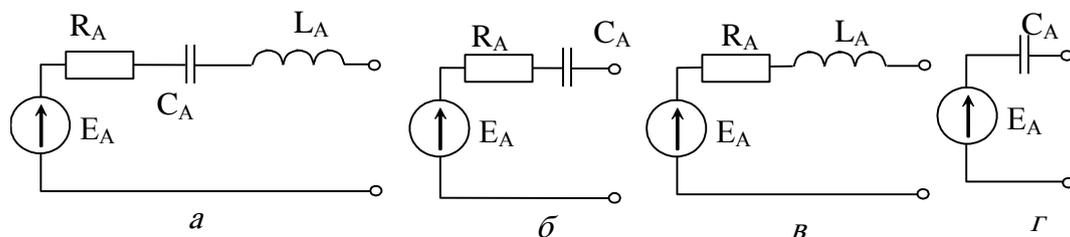


Рис. 3.3 — Эквивалентные схемы ненастроенной антенны

При проектировании входной цепи большое внимание уделяется выбору способа связи антенны с входной цепью приемника, определению параметров антенны, расчету электрической принципиальной схемы входной цепи и технических характеристик. Полные сведения об антеннах радиоприемных устройств и их эквивалентных схемах и параметры эквивалентных схем антенн приведены в литературе [1].

3.2.2 Выбор и обоснование электрической принципиальной схемы входной цепи радиоприемного устройства

Входные цепи определяют следующие основные параметры радиоприемного устройства: коэффициент шума, коэффициент передачи по мощности, избирательность по мешающим сигналам и динамический диапазон. При этом следует учитывать особенности технической реализации входной цепи на частоте принимаемого полезного сигнала (диапазон частот). Для радиоприемных устройств диапазонного типа необходимо также произвести выбор способа и устройства управления настройкой приемника. При низких требованиях к избирательности контуров входной цепи допускается фиксированная настройка. Возможные способы настройки входных цепей и контуров преселектора представлены в таблице (табл. 3.10). В таблице приведены максимальные значения коэффициентов перекрытия по частоте.

Таблица 3.10 — Способы настройки контуров входных цепей диапазонных радиоприемных устройств

Тип входной цепи	Способ настройки	Коэффициент перекрытия
Резонансный контур с сосредоточенными параметрами	Конденсатором переменной емкости	2,5...3
	Катушкой переменной индуктивности	1,4...1,5
	Варикапом	4,0...5,0
	Реактивным транзистором	1,1...1,2
Контур гибридный	–	1,3...5,0
Коаксиальная резонансная линия, четвертьволновая	Закорачивающим поршнем	1,4...2,0
	Подстроечным конденсатором	1,08...1,1
Объемный резонатор	Введением настроечных дисков и штырей	1,05...2,0
	Перемещением стенок-поршней	1,1...1,8
	Деформацией стенок	1,03...1,05

Управление настройкой радиоприемника производится механическим, электромеханическим или электронным способами, т.е. изменением напряжения на элементах настройкой.

Для определения минимального значения эквивалентной емкости контура входной цепи и селективного усилителя радиочастоты, которая складывается из минимальной емкости переменных конденсаторов, межвитковой емкости индуктивности и емкости монтажа и схемы, следует использовать данные, представленные в таблице (табл. 3.11).

Таблица 3.11 — Значения минимальной эквивалентной емкости перестраиваемого контура входной цепи

Диапазон частот, МГц	Минимальная эквивалентная емкость контура, пФ
до 0,1	50...80
0,1...1,5	40...60
1,5...30	30...50
30...300	10...25
Больше 300	2...5

Если в состав контура входной цепи будут включены дополнительные конденсаторы сопряжения, то минимальное значение эквивалентной емкости контура необходимо увеличить на 20...30 %.

Волновое сопротивление контура входной цепи на расчетной частоте определяется выражением

$$\rho_{\dot{Y}} = \frac{f_0}{2\pi C_{\dot{Y}\min} f_{0\max}^2}. \quad (3.1)$$

Эквивалентное резонансное сопротивление контура определяется выражением

$$R_{\dot{Y}} = \rho_{\dot{Y}} \cdot Q_{\dot{Y}}, \quad (3.2)$$

где $Q_{\dot{Y}}$ — эквивалентная добротность контура при резонансе.

Технические параметры элементов электронной перестройки входной цепи с помощью варикапов представлены в приложении (П.5.2), для механического способа — переменными и подстроечными конденсаторами в приложениях (П.7.1) и (П.7.2).

Основные электрические принципиальные схемы входных цепей с электронной перестройкой частоты на варикапах приведены на рисунке (рис. 3.4) [1, 4].

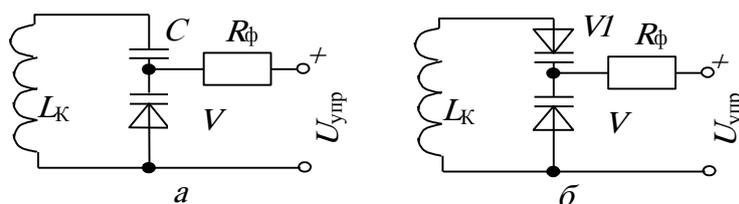


Рис. 3.4 — Электрические принципиальные схемы колебательных контуров входной цепи с электронной перестройкой по частоте с варикапом (а) и с варикапной матрицей (б)

Эквивалентные схемы колебательных контуров с электронной перестройкой, обеспечивающие заданное значение коэффициента перекрытия по частоте, приведены на (рис. 3.5) [1].

Если при использовании механических или электромеханических настроек добротность переменного конденсатора можно не учитывать (добротность емкостной ветви контура составляет 1000 и более), то при использовании варикапов необходимо учитывать вносимые ими в контур потери. Добротность контура с варикапом (рис. 3.5, а) определяется выражением

$$Q_K = \frac{Q_L Q_B}{Q_L + Q_B}, \quad (3.3)$$

где Q_L , Q_B — добротности индуктивности и варикапа соответственно.

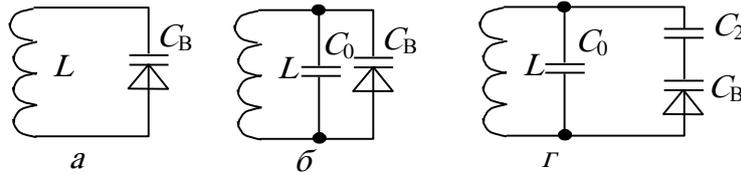


Рис. 3.5 — Эквивалентные схемы колебательных контуров входной цепи с электронной перестройкой частоты

Для контура (рис. 3.5, б) добротность контура определяется выражением

$$Q_K = Q_B \left(1 + \frac{C_0}{C_B} \right). \quad (3.4)$$

Для контура (рис. 3.5, в) добротность контура определяется выражением

$$Q_K = Q_B \left(1 + \frac{C_0}{C_2} + \frac{C_0}{C_B} \right) \cdot \left(1 + \frac{C_B}{C_2} \right). \quad (3.5)$$

При выборе электрической принципиальной схемы колебательного контура, для уменьшения вносимых потерь в колебательный контур используют встречно-последовательное включение варикапов (рис. 3.4). При использовании варикапных матриц с последовательно-встречным включением добротность емкостной ветви контура увеличивается в 2 раза. Справочные значения добротности варикапов приведены в приложении П.5.2.

Вольтфарадная характеристика варикапа описывается выражением

$$C_B(U) = C_{\text{СПР}} \cdot \left(\frac{U_{\text{СПР}}}{U_{\text{УПР}}} \right)^n, \quad (3.6)$$

где $C_{\text{СПР}}$ — справочное значение емкости варикапа;

$U_{\text{СПР}}$ — напряжение, при котором дано справочное значение емкости;

$U_{\text{УПР}}$ — управляющее напряжение на варикапе;

n — коэффициент, зависящий от технологии изготовления варикапа (для сплавной технологии $n = 0,33$; для диффузионной — $n = 0,5$).

Необходимый коэффициент перекрытия по частоте для колебательного контура с электронной перестройкой обеспечивается выбором типа варикапа и рабочих напряжений смещения на варикапах, определяемых выражением

$$K_f(U) = \sqrt{\frac{C_{\max}(U_{\min}) + C_{\Pi}}{C_{\min}(U_{\max}) + C_{\Pi}}}, \quad (3.7)$$

где C_{Π} — дополнительная подстроечная емкость контура, включая емкость монтажа, вносимую емкость схемы, антенны и паразитную емкость контурной катушки.

При окончательном расчете элементов входной цепи с электронной перестройкой по частоте и расчете избирательных свойств необходимо учитывать технические характеристики варикапов: величину изменения емкости, зависимость добротности варикапа от частоты, начального смещения и уровня воздействующего сигнала, приводящие к изменениям характеристик контура ВЦ. Более подробную информацию по этому вопросу рекомендуется взять из источника [1].

Схема управления частотой настройки варикапов осуществляется изменением обратного напряжения смещения на диоде через сопротивление R_{Φ} . Значение сопротивления R_{Φ} выбирается таким образом, чтобы оно не шунтировало колебательный контур (рис. 3.4).

Величина сопротивления фильтра в цепи управления варикапом определяется выражением

$$R_{\Phi} = 20 \dots 30 \cdot R_{\kappa}, \quad (3.8)$$

где R_{κ} — резонансное сопротивление контура.

Другой сложной задачей на этапе проектирования приемных устройств является выбор электрической принципиальной схемы входной цепи, основным элементом которой является колебательный контур, настроенный на частоту принимаемого сигнала. На этапе эскизного проектирования электрической принципиальной схемы входной цепи необходимо выбрать тип связи ВЦ с антенной и первым каскадом радиоприемного устройства.

Электрические принципиальные схемы входных цепей с ненастроенной антенной. Виды связи с ненастроенной антенной для различных типов приемных устройств представлены в таблице

(табл. 3.9). Для входных цепей с ненастроенной антенной рекомендуются следующие схемы [1, 5, 8]:

- одноконтурная входная цепь диапазонного приемника с внешнеемкостной связью с ненастроенной антенной (рис. 3.13);
- одноконтурная входная цепь диапазонного приемника с индуктивной связью с ненастроенной антенной (рис. 3.14);
- одноконтурная входная цепь диапазонного приемника с комбинированной связью с ненастроенной антенной (рис. 3.15);
- диапазонная входная цепь с магнитной (рамочной) антенной (рис. 3.22).

Для связи входной цепи с настроенной антенной используются следующие схемы:

- входная цепь с трансформаторной или автотрансформаторной связью с настроенной антенной;
- входная цепь с внутримкостной связью с настроенной антенной.

При выборе связи контура входной цепи с антенной необходимо учесть следующее. Непосредственная связь контура с антенной является наиболее простой (рис. 3.6). Однако данная схема обладает недостатками, а именно: большое влияние параметров антенны на коэффициент передачи, полосу пропускания и избирательность входной цепи. Поэтому непосредственная связь используется в простейших переносных радиоприемных устройствах, а также в переносных радиоприемниках с магнитной (ферритовой) антенной.

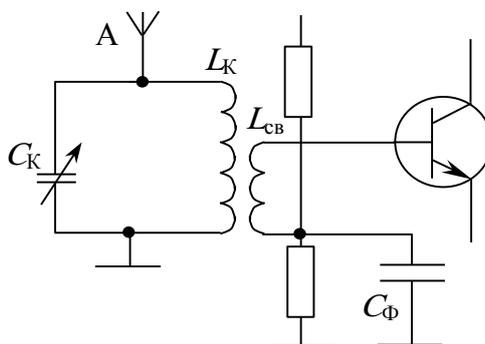


Рис. 3.6 — Схема входной цепи с непосредственной связью с антенной и индуктивной связью с транзистором

Непосредственная связь с магнитной антенной используется в переносных радиоприемных устройствах ДВ- и СВ-диапазонов, реже в приемниках КВ-диапазона длин волн. Магнитная антенна имеет малые размеры, а ее конструкция проста. Направленные свойства магнитной антенны позволяют улучшить помехозащищенность радиоприемника благодаря пространственной избирательности.

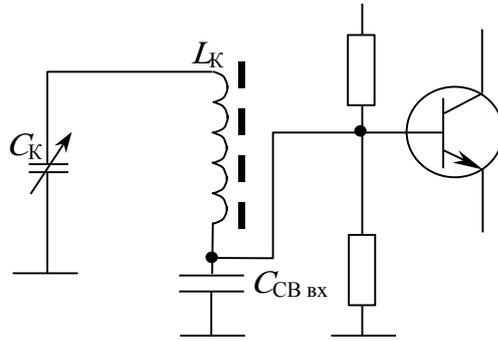


Рис. 3.7 — Схема входной цепи с непосредственной связью с магнитной антенной и внутриемкостной связью с транзистором

Схема входной цепи с внешнеемкостной связью с антенной приведена на рисунке (рис. 3.8). Основными особенностями этой схемы являются большой коэффициент передачи по напряжению и высокие избирательные свойства. К недостаткам относится большая неравномерность параметров входной цепи в диапазоне принимаемых частот. В диапазоне частот $f_{0\max} < f_{0A}$ (режим укорочения) коэффициент передачи изменяется пропорционально квадрату частоты, поэтому данная связь используется в низкокачественных радиоприемных устройствах.

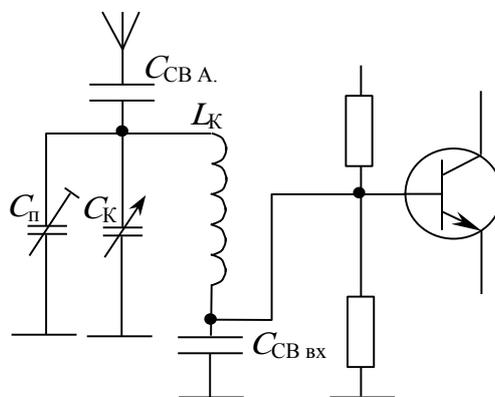


Рис. 3.8 — Схема входной цепи с внешнеемкостной связью с антенной и внутриемкостной связью с транзистором

Внутриемкостная связь с антенной при условии $f_{0\max} < f_{0A}$ обеспечивает постоянство коэффициента передачи по диапазону, но он в этом случае зависит от емкости антенны. Для малогабаритных антенн с малой емкостью или с малой действующей высотой коэффициент передачи имеет малое значение, поэтому данный вид связи не получил широкого распространения.

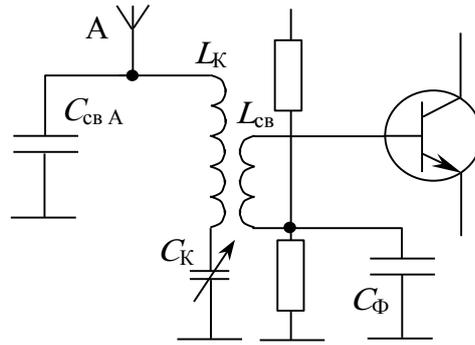


Рис. 3.9 — Схема входной цепи с внутриемкостной связью с антенной и индуктивной связью с транзистором

Индуктивная связь с антенной, образованная емкостью антенны и индуктивностью связи, может использоваться в режиме удлинения ($f_{0A} < f_{0\min}$), режиме укорочения ($f_{0\max} < f_{0A}$) и режиме, когда резонансная частота совпадает с частотой принимаемого сигнала $f_{0A} = f_{0\min} \dots f_{0\max}$ (рис. 3.14).

В режиме укорочения, когда связь с антенной имеет емкостный характер, коэффициент передачи по напряжению растет пропорционально квадрату или даже кубу частоты настройки входной цепи [1, 5, 8]. Поэтому данный режим используется при малом коэффициенте перекрытия по диапазону или в сочетании с внутриемкостной связью контура входной цепи с усилительным элементом.

Наибольшее распространение получил *режим удлинения*. При этом режиме работы связи с антенной отмечается незначительное уменьшение коэффициента передачи по напряжению с ростом частоты настройки. Однако на нижней частоте настройки входной цепи, при малом значении коэффициента удлинения, наблюдается уменьшение избирательных свойств [1, 5, 8].

Для устранения недостатков индуктивной связи с антенной, указанных ранее, используется комбинированная связь для слу-

чая режима удлинения (рис. 3.15). Данный вид связи обеспечивает малую неравномерность коэффициента передачи, большой коэффициент передачи. Однако на нижней границе принимаемых частот — пониженная избирательность. Комбинированная связь используется в высококачественных радиовещательных и связанных приемниках.

Во входных цепях применяются: внутриемкостная, автотрансформаторная, трансформаторная связь контура входной цепи с входом следующего каскада приемника.

Внутриемкостная связь контура с усилительным прибором характеризуется уменьшением коэффициента передачи с ростом частоты принимаемого сигнала. Поэтому данный вид связи целесообразно сочетать с внешнеемкостной связью с антенной или с индуктивной связью в режиме укорочения. Индуктивную связь контура с усилительным каскадом рекомендуется использовать при индуктивной связи (в режиме удлинения) или при комбинированной связи контура входной цепи с антенной.

Электрические принципиальные схемы входных цепей с настроенной антенной. При использовании настроенной антенны метровых волн применяют одноконтурные входные цепи. В профессиональных приемниках ДВ-, СВ- и КВ-диапазонах используют также двухконтурные входные цепи. При выборе связи контура входной цепи необходимо учитывать следующее.

При настроенной антенне, параметры которой мало меняются в процессе эксплуатации, применяется сильная связь с антенной. Это обеспечивает высокий коэффициент передачи. Максимальный коэффициент передачи достигается при согласовании входной цепи с антенной. Согласование обеспечивает бегущий режим в фидерной линии, соединяющей ВЦ с настроенной антенной, и применяется при профессиональном приеме релейных систем связи в КВ, при приеме метровых волн, а также в специальных приемниках СВ и ДВ (панорамных устройствах).

При выборе типа связи с антенной возможно использование следующих видов: трансформаторной, автотрансформаторной и внутриемкостной (с последовательной емкостью).

Трансформаторная связь используется при симметричном подключении ВЦ к антенне с помощью фидера (коаксиального кабеля) (рис. 3.10, а). При несимметричном подключении вход-

ной цепи к настроенной антенне используются схемы (рис. 3.10, б, рис. 3.11, рис. 3.12). Трансформаторная связь с антенной применяется до частот не выше 150 МГц, так как на больших частотах сложно получить необходимый коэффициент связи между катушками из-за физической нереализуемости (малые размеры). Для обеспечения контроля коэффициента связи между контуром входной цепи и катушкой связи устанавливается электростатический экран, который устраняет также емкостную связь между ними. Заземление средней точки катушки связи позволяет избежать накопления зарядов атмосферного электричества на проводах антенны и фидера, создающих помехи радиоприему.

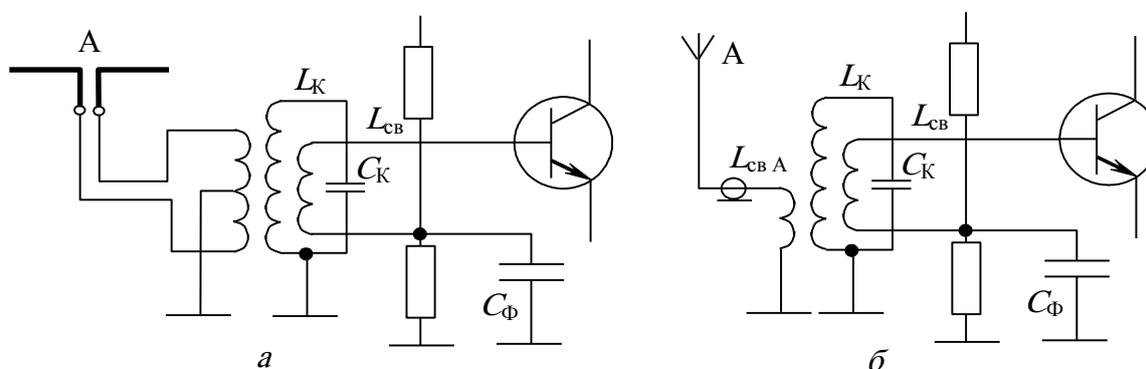


Рис. 3.10 — Схема входной цепи с индуктивной (двойной трансформаторной) симметричной (а) и несимметричной (б) связью с антенной

Автотрансформаторная связь с антенной применяется при несимметричном включении входной цепи к антенне через коаксиальный кабель (рис. 3.11). Данная связь используется на частотах до 350 МГц при сильной связи с антенной в режиме укорочения.

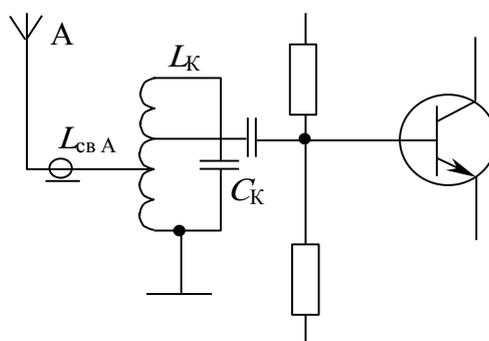


Рис. 3.11 — Схема входной цепи с двойной автотрансформаторной антенной и транзистором

Внутриемкостная связь с антенной (с последовательной емкостью) используется на частотах от 200...500 МГц и выше для работы на фиксированных частотах (рис. 3.12).

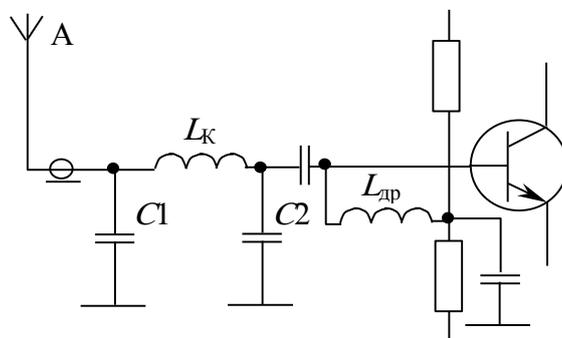


Рис. 3.12 — Схема входной цепи с внутриемкостной связью с настроенной антенной и усилительным каскадом (схема с последовательной индуктивностью)

При внутриемкостной связи полная емкость контура входной цепи оказывается меньше, чем при обычном параллельном включении индуктивности, из-за того, что в этом случае конденсатор контура включен последовательно (а не параллельно) емкости 1-го каскада радиоприемного устройства. Это позволяет производить настройку приемника на более высокие частоты.

3.2.3 Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с внешнеемкостной связью с ненастроенной антенной

Электрическая принципиальная схема входной цепи с внешнеемкостной связью с ненастроенной антенной и внутриемкостной связью с первым каскадом радиоприемного устройства представлена на рисунке (рис. 3.13). Данная входная цепь обеспечивает большой коэффициент передачи по напряжению, высокую избирательность, но приводит к большой неравномерности параметров по диапазону. Поэтому данная схема используется в приемниках низкого класса или с малым коэффициентом перекрытия по диапазону. Для настройки контура входной цепи используется одна секция двух- или трех секционного блока конденсаторов, выбранных из приложения (П.7.1). Эквивалентная емкость контура должна удовлетворять условиям таблицы (табл. 3.11).

Максимально допустимая емкость входной цепи определяется выражением

$$C_{CX} = \frac{C_{K \max} - k_f^2 \cdot C_{K \min}}{k_f^2 - 1}, \quad (3.9)$$

где k_f — коэффициент перекрытия по частоте;

$C_{K \max}$ и $C_{K \min}$ — максимальная и минимальная емкости выбранного блока конденсаторов.

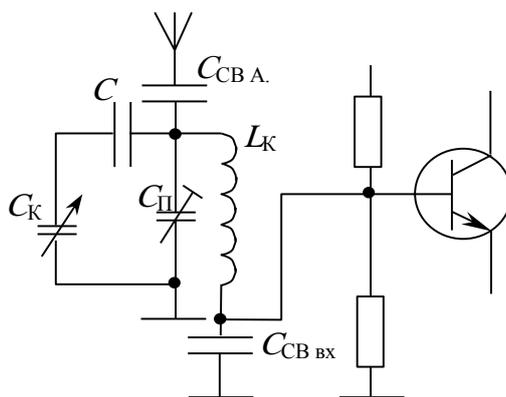


Рис. 3.13 — Схема входной цепи с внешнеемкостной связью с антенной и внутриемкостной связью с усилительным каскадом

Индуктивность контура входной цепи определяется выражением

$$L = \frac{k_f^2 - 1}{(2\pi f_{0 \max})^2 \cdot (C_{\hat{E} \max} - C_{\hat{E} \min})}. \quad (3.10)$$

Максимальная емкость связи с антенной, при которой параметры антенны вызывают допустимую расстройку контура входной цепи, с учетом влияния емкости первого каскада радиоприемного устройства определяется выражением.

$$C_{CB.A \Delta f} \leq C_{A \min} \cdot \sqrt{\frac{2d_{\Sigma} (C_{K \min} + C_{CX})}{C_{A \max} - C_{A \min}}}. \quad (3.11)$$

Емкость связи выбирается из условия

$$C_{CB.A} \leq C_{CB.A \Delta f}. \quad (3.12)$$

Определяется коэффициент включения контура к входу первого каскада, при котором обеспечивается заданная избиратель-

ность по дополнительным каналам приема. Выбор дополнительного канала прохождения производится для худшего случая (для супергетеродинного приемника дополнительными являются зеркальный или прямой каналы). Расчет коэффициента включения производится для максимальной частоты диапазона рабочих частот в соответствии с выражением

$$m_{\hat{A}\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{i}} = \sqrt{\frac{R_{\hat{A}\hat{O}} \cdot \left\{ d_{\hat{Y}} - d - \left(\frac{C_{\hat{n}\hat{a}\hat{A}}}{C_{\hat{n}\hat{a}\hat{A}} + C_{\hat{n}\hat{o}} + C_{\hat{E}\min}} \right)^2 \cdot \frac{R_{\hat{A}}}{\omega_0 L} \right\}}{\omega_0 L}}. \quad (3.13)$$

Емкость связи ВЦ с входом первого каскада для полученного коэффициента включения определяется соотношением

$$C_{\hat{n}\hat{a}\hat{a}\hat{o}} \geq \frac{(\tilde{N}_{\hat{E}\min} + C_{\hat{i}}) \cdot (1 - m_{\hat{A}\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{i}}^2) - \tilde{N}_{\hat{A}\hat{O}} \cdot m_{\hat{A}\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{i}}^2}{m_{\hat{A}\hat{O}\hat{a}\hat{i}\hat{i}}}. \quad (3.14)$$

Емкость подстроечного конденсатора

$$C_{\Pi} = C_{\text{СХ}} - C_{\text{М}} - m_1^2 \cdot m_2^2 \cdot C_{\text{А min}} - m_{\text{ВХ доп}}^2 \cdot C_{\text{ВХ}}, \quad (3.15)$$

где $m_1^2 = \frac{C_{\text{СВ А}}}{C_{\text{А min}}}$; $m_2^2 = \frac{C_{\text{СВ ВХ}} + C_{\text{ВХ}}}{C_{\text{К min}} + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{СВ ВХ}}}$;

$$m_{\text{ВХ доп}}^2 = \frac{C_{\text{К min}} + C_{\text{М}}}{C_{\text{К min}} + C_{\text{М}} + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{СВ ВХ}}}. \quad (3.16)$$

Если выражение (3.15) имеет отрицательное значение, необходимо уменьшить емкость связи или/и $m_{\text{ВХ доп}}$ и пересчитать эквивалентное затухание входной цепи, которое определяется для минимальной частоты диапазона $f_{0\min}$

$$d_{\hat{Y}\min} = d + \frac{m_{\hat{a}\hat{o}}^2 \omega_{0\min} L}{R_{\hat{a}\hat{o}}} + \left[\frac{\tilde{N}_{\hat{n}\hat{a}\hat{A}}}{\tilde{N}_{\hat{n}\hat{a}\hat{A}} + \tilde{N}_{\hat{n}\hat{o}} + \tilde{N}_{\hat{E}\max}} \right]^2 \cdot \frac{R_{\hat{A}}}{\omega_{0\min} L}. \quad (3.17)$$

Коэффициент передачи входной цепи для крайних частот диапазона определяется выражением

$$K_{0\hat{A}\hat{O}} = \frac{(2\pi f_0)^2 L \cdot \tilde{N}_{\hat{n}\hat{a}\hat{A}} \cdot m_{\hat{a}\hat{o}}}{d_{\hat{Y}}}, \quad (3.18)$$

$$m_{\text{ВХ}} = \frac{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}}}{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}} + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{СВ ВХ}}}, \quad (3.19)$$

где $m_{\text{вх}}$ — коэффициент связи контура входной цепи с первым каскадом радиоприемного устройства.

Расчет избирательности ВЦ с одиночным колебательным контуром по дополнительным каналам приема определяется выражением

$$\sigma_{\text{дд}} [\text{дд}] = 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \left[\frac{1}{d_y} \cdot \left(\frac{f_{\text{дд}}}{f_0} - \frac{f_0}{f_{\text{дд}}} \right) \right]^2}, \quad (3.20)$$

где $f_{\text{доп}}$ — наиболее опасная частота дополнительного канала относительно настройки радиоприемника (для супергетеродинного радиоприемника — прямой и зеркальный каналы).

Пример расчета входной цепи радиоприемника 4-го класса, предназначенного для приема передач звукового вещания в средневолновом диапазоне. Электрическая принципиальная схема входной цепи представлена на рисунке (рис. 3.13).

Исходные данные для расчета.

Диапазон рабочих частот:	500...1680 кГц
Промежуточная частота	465 кГц
Входное сопротивление первого каскада	1 кОм
Входная емкость первого каскада	115 пФ
Эквивалентное затухание контура	0,05
Конструктивное затухание контура	0,01
Сопротивление антенны	500 Ом
Минимальная емкость антенны	75 пФ
Максимальная емкость антенны	220 пФ

Порядок расчета. Расчет входной цепи, конструкторская проработка проводится в следующем порядке.

1. Коэффициента перекрытия по частоте контура ВЦ определяется выражением

$$K_f = \frac{f_{\text{max}}}{f_{\text{min}}} = \frac{408 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^3} = 2.72.$$

2. Для выбора элементов настройки контура, руководствуясь рекомендациями раздела п. 3.2, выбран блок конденсаторов с твердым диэлектриком типа КПТМ с параметрами $C_{\text{Кmin}} = 4$ пФ и $C_{\text{Кmax}} = 220$ пФ (см. приложение 7).

3. Максимальная допустимая емкость схемы входной цепи

$$C_{\text{сх}} = \frac{C_{\text{Кmax}} - k_f^2 \cdot C_{\text{Кmin}}}{k_f^2 - 1} = \frac{(220 \cdot 10^{-12})^2 - 2.72^2 \cdot 4 \cdot 10^{-12}}{2.72^2 - 1} = 17 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

4. Индуктивность контура входной цепи

$$L = \frac{k_f^2 - 1}{(2\pi f_{0\max})^2 \cdot (C_{\hat{E}\max} - C_{\hat{E}\min})} =$$

$$= \frac{2.72^2 - 1}{(2\pi \cdot 1.68 \cdot 10^6)^2 \cdot (220 \cdot 10^{-12} - 4 \cdot 10^{-12})} = 427.5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

5. Максимальная емкость связи с антенной по критерию допустимой расстройки контура входной цепи

$$C_{\text{св.АДф}} \leq C_{\text{А min}} \cdot \sqrt{\frac{2d_{\text{Э}}(C_{\text{К min}} + C_{\text{СХ}})}{C_{\text{А max}} - C_{\text{А min}}}} =$$

$$= 75 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0.05 \cdot (4 \cdot 10^{-12} + 17 \cdot 10^{-12})}{225 \cdot 10^{-12} - 75 \cdot 10^{-12}}} = 8.87 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

Величину емкости связи выбираем равной 5,1 пФ.

6. Коэффициент включения по критерию заданной избирательности по дополнительному (зеркальному) каналу приема

$$m_{\hat{\text{А}}\hat{\text{О}}\hat{\text{А}}\hat{\text{И}}} = \sqrt{\frac{R_{\hat{\text{А}}\hat{\text{О}}} \cdot \left\{ d_{\hat{\text{Y}}} - d - \left(\frac{C_{\hat{\text{н}}\hat{\text{А}}\hat{\text{А}}} }{C_{\hat{\text{н}}\hat{\text{А}}\hat{\text{А}}} + C_{\hat{\text{н}}\hat{\text{О}}} + C_{\hat{\text{Е}}\hat{\text{ min}}} \right)^2 \cdot \frac{R_{\hat{\text{А}}}}{\omega_0 L} \right\}}{\omega_0 L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1000 \cdot \left\{ 0.05 - 0.01 - \left(\frac{8.87 \cdot 10^{-12}}{(8.87 + 17 + 4) \cdot 10^{-12}} \right)^2 \cdot \frac{500}{2 \cdot \pi \cdot 1.68 \cdot 10^{-12} \cdot 427 \cdot 10^{-6}} \right\}}{2 \cdot \pi \cdot 1.68 \cdot 10^{-12} \cdot 427 \cdot 10^{-6}}} = 0.089 \cdot$$

7. Емкость связи контура входной цепи с первым каскадом радиоприемника, необходимая для получения заданного коэффициента включения, определяется выражением

$$C_{\text{св.ВХ}} \geq \frac{(4 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12}) \cdot (1 - 0.082^2) - 17 \cdot 10^{-12} \cdot 0.082^2}{0.082} = 90.06 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

Выбираем номинал емкости связи, равный 91 пФ.

8. Емкость подстроечного конденсатора

$$C_{\text{П}} = C_{\text{СХ}} - C_{\text{М}} - m_1^2 \cdot m_2^2 \cdot C_{\text{А min}} - m_{\text{ВХ доп}} \cdot C_{\text{ВХ}} =$$

$$= (17 - 5 - 0.068 \cdot 0.042 \cdot 75 - 0.042 \cdot 115) \cdot 10^{-12} = 2.15 \cdot 10^{-12} \text{ Ф,}$$

$$\text{где } m_1^2 = \frac{C_{\text{св.А}}}{C_{\text{А min}}} = 0.068; \quad m_2^2 = \frac{C_{\text{св.ВХ}} + C_{\text{ВХ}}}{C_{\text{К min}} + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{св.ВХ}}} = 0.981;$$

$$m_{\text{ВХ доп}}^2 = \frac{C_{\text{К min}} + C_{\text{М}}}{C_{\text{К min}} + C_{\text{М}} + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{св.ВХ}}} = 0.042.$$

9. Расчет резонансного коэффициента передачи входной цепи на краях диапазона принимаемых частот:

Расчет коэффициента передачи на частоте 500 кГц. Коэффициент включения контура входной цепи на частоте 500 кГц.

$$m_{\text{вх}} = \frac{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}}}{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}} + C_{\text{вх}} + C_{\text{св.вх}}} =$$

$$= \frac{220 \cdot 10^{-12} + 5,9 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12}}{220 \cdot 10^{-12} + 5,9 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12} + 1,01 \cdot 10^{-12} + 115 \cdot 10^{-12}} = 0,17.$$

Коэффициент передачи контура входной цепи на частоте 500 кГц.

$$K_{0\text{ВЦ}} = \frac{(2\pi f_0)^2 L \cdot C_{\text{св.А}} \cdot m_{\text{вх}}}{d_{\text{Э}}} =$$

$$= \frac{(2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6)^2 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5,1 \cdot 10^{-12} \cdot 0,17}{0,05} = 0,073.$$

Расчет коэффициента передачи на частоте 1680 кГц. Коэффициент включения контура входной цепи на частоте 500 кГц.

$$m_{\text{вх}} = \frac{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}}}{C_{\text{К}} + C_{\text{П}} + C_{\text{М}} + C_{\text{вх}} + C_{\text{св.вх}}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10^{-12} + 5,9 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 10^{-12} + 5,9 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12} + 1,01 \cdot 10^{-12} + 115 \cdot 10^{-12}} = 0,013.$$

Коэффициент передачи контура входной цепи на частоте 1680 кГц.

$$K_{0\text{АÖ}} = \frac{(2\pi f_0)^2 L \cdot \tilde{N}_{\text{нА}} \cdot m_{\text{аö}}}{d_{\text{Y}}} =$$

$$= \frac{(2 \cdot 3,14 \cdot 1,68 \cdot 10^6)^2 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6} \cdot 5,1 \cdot 10^{-12} \cdot 0,013}{0,05} = 0,064.$$

Анализ полученных результатов показывает незначительное изменение коэффициента передачи в диапазоне частот.

10. Оценка избирательности ВЦ по дополнительным каналам приема.

Оценка избирательности ВЦ по каналу прямого прохождения проводится для случая минимальной относительной настройки контура. Для нашего случая минимальное значение относительной расстройки контура ВЦ справедливо для частоты, равной 500 кГц. Для расчета избирательности по каналу прямого прохождения определим эквивалентное затухание контура ВЦ (3.9).

$$d_{\text{y min}} = d + \frac{m_{\text{аö}}^2 \omega_{0\text{min}} L}{R_{\text{аö}}} + \left[\frac{\tilde{N}_{\text{нА}}}{\tilde{N}_{\text{нА}} + \tilde{N}_{\text{нö}} + \tilde{N}_{\text{Е max}}} \right]^2 \cdot \frac{R_{\text{А}}}{\omega_{0\text{min}} L} =$$

$$= 0,01 + \frac{2 \cdot \pi \cdot 7,93 \cdot 10^{-3} \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6}}{1000} +$$

$$+ \left[\frac{5,1}{5,1 + 17 + 220} \right]^2 \cdot \frac{500}{2 \cdot \pi \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6}} = 0,021.$$

Избирательность по каналу прямого прохождения определяется выражением (3.20):

$$\sigma_{i\delta} [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \left[\frac{1}{d_{y\min}} \cdot \left(\frac{f_{i\delta}}{f_0} - \frac{f_0}{f_{i\delta}} \right) \right]^2} =$$

$$= 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \left[\frac{1}{0,021} \cdot \left(\frac{465}{500} - \frac{500}{465} \right) \right]^2} = 17 \text{ дБ.}$$

Оценка избирательности ВЦ по зеркальному каналу также проводится для случая минимальной относительной настройки контура. Для нашего случая минимальное значение относительной расстройки контура ВЦ справедливо для максимальной частоты диапазона, равной 1680 кГц. Для расчета избирательности по зеркальному каналу определим эквивалентное затухание контура ВЦ (3.9) на этой частоте.

$$d_{y\max} = d + \frac{m_{\text{ао}}^2 \omega_{0\min} L}{R_{\text{ао}}} + \left[\frac{\tilde{N}_{\text{н\grave{a} \grave{a}}}}{\tilde{N}_{\text{н\grave{a} \grave{a}}} + \tilde{N}_{\text{н\grave{o}}} + \tilde{N}_{\text{E max}}} \right]^2 \cdot \frac{R_{\text{А}}}{\omega_{0\min} L} =$$

$$= 0,01 + \frac{2 \cdot \pi \cdot 7,93 \cdot 10^{-3} \cdot 1680 \cdot 10^3 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6}}{1000} +$$

$$+ \left[\frac{5,1}{5,1 + 17 + 4} \right]^2 \cdot \frac{500}{2 \cdot \pi \cdot 1680 \cdot 10^3 \cdot 427,5 \cdot 10^{-6}} = 0,05.$$

Избирательность по зеркальному каналу для одиночного контура ВЦ определяется выражением (3.20):

$$\sigma_{\text{с\grave{a} \delta \text{е}} [\text{дБ}] = 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \left[\frac{1}{d_{y\max}} \cdot \left(\frac{f_0 + 2 \cdot f_{i\delta}}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 + 2 \cdot f_{i\delta}} \right) \right]^2} =$$

$$= 20 \cdot \lg \sqrt{1 + \left[\frac{1}{0,05} \cdot \left(\frac{1680 + 2 \cdot 465}{1680} - \frac{1680}{1680 + 2 \cdot 465} \right) \right]^2} = 25,2 \text{ дБ.}$$

Для увеличения избирательности по дополнительным каналам приема необходимо уменьшить емкость связи контура ВЦ с антенной и/или уменьшить коэффициент связи с первым каскадом радиоприемного устройства. На этом этапе расчета элементов

входной цепи радиоприемного устройства и оценки ее избирательных свойств окончен.

3.2.4 Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с индуктивной связью с ненастроенной антенной в режиме удлинения

Электрическая принципиальная схема входной цепи с индуктивной связью с ненастроенной антенной и первым каскадом радиоприемного устройства представлена на рисунке (рис. 3.14). Эта схема рекомендуется при использовании входной цепи в режиме удлиненной связи контура входной цепи с антенной. Основное достоинство предложенной схемы — уменьшение изменения резонансного коэффициента передачи в диапазоне принимаемых частот и большой коэффициент передачи.

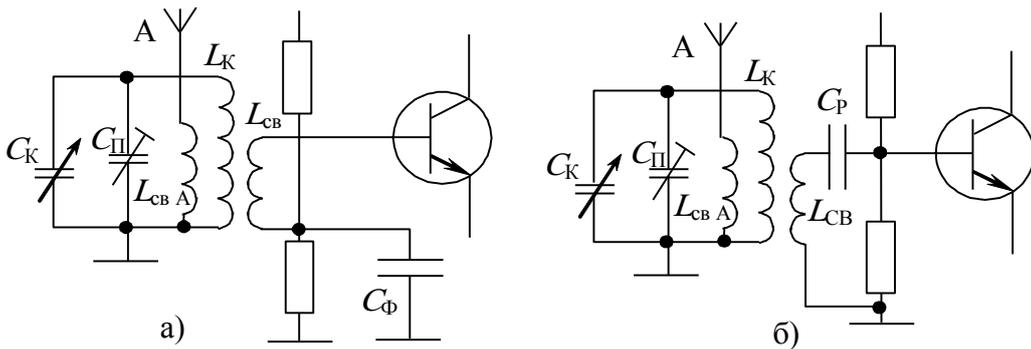


Рис. 3.14 — Схемы входной цепи с индуктивной связью с ненастроенной антенной и с усилительным каскадом

Проведя выбор конденсатора переменной емкости контура входной цепи, в соответствии с ранее изложенными рекомендациями, производится расчет емкости схемы по формуле (3.9). После расчета емкости схемы, вносимой в контур, проводится расчет индуктивности связи контура входной цепи с антенной

$$L_{\text{св. } \lambda} = \frac{k_{\text{о\ddot{a}\ddot{e}}}^2}{(2 \cdot \pi \cdot f_{0\text{min}})^2 \tilde{N}_{\text{Amin}}}, \quad (3.21)$$

где C_{Amin} — минимальная емкость антенны;

$k_{\text{удл}} = 1, 2 \dots 2$ — коэффициент удлинения антенны, с ростом которого падает коэффициент передачи входной цепи и уменьшается его неравномерность.

Величина индуктивности контурной катушки входной цепи определяется выражением (3.10).

Коэффициент связи с антенной и коэффициент включения контура входной цепи ко входу усилителя радиочастоты для получения требуемой избирательности по зеркальному каналу по условию равенства суммы затуханий на минимальной и максимальной частотах, вносимых антенной и УРЧ, определяется

$$k_{\text{св. А зерк}} = m_{\text{вх зерк}} \cdot \sqrt{A}, \quad (3.22)$$

где

$$m_{\text{ао сâèð}} = \left(1 - \frac{1}{K_{\text{оâè}}^2} \right) \sqrt{\frac{(d_Y - d) \cdot \omega_{0\text{min}} \cdot R_{\text{ао}} \cdot L_{\text{нâ}}}{A \cdot R_A \cdot R_{\text{ао}} + \omega_{0\text{min}}^2 \cdot L \cdot L_{\text{нâ}} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_{\text{оâè}}^2} \right)^2}}; \quad (3.23)$$

$$A = \frac{L L_{\text{нâ}}}{R_{\text{ао}} R_A} \cdot \frac{\omega_{0\text{min}}^2 \cdot (K_f - 1)}{\left(1 - \frac{1}{K_{\text{оâè}}^2} \right)^{-2} - \frac{\left(1 - \frac{1}{K_{\text{оâè}}^2 \cdot K_f^2} \right)}{K_f}};$$

$K_f = \frac{\omega_{0\text{min}}}{\omega_{0\text{max}}}$ — коэффициент перекрытия по диапазону;

R_A — активное сопротивление антенны;

$R_{\text{вх}}$ — активное входное сопротивление следующего каскада УРЧ или смесителя.

Для расчета коэффициента связи с антенной, обеспечивающего допустимую расстройку контура ВЦ, полагаем, что емкость антенны и входная емкость следующего каскада вносят одинаковую расстройку, не превышающую половины полосы пропускания приемника. Предполагается, что при регулировке и настройке будет скомпенсировано среднее значение индуктивности контурной катушки ВЦ. Неконтролируемой величиной будет изменение емкости антенны в процессе эксплуатации.

Коэффициент связи с антенной, обеспечивающий допустимую расстройку контура входной цепи, определяется выражением

$$k_{\text{св АΔf}} \leq \sqrt{\frac{(X_{\text{А min}}^2 - 1) \cdot (X_{\text{А max}}^2 - 1) \cdot d_3}{X_{\text{А max}}^2 - X_{\text{А min}}^2}}, \quad (3.24)$$

где $X_{\text{А min}} = \frac{f_{0\text{min}}}{f_{\text{А max}}}$, $X_{\text{А max}} = \frac{f_{0\text{max}}}{f_{\text{А min}}}$ — коэффициенты удлинения антенны для минимальной и максимальной частот настройки контура входной цепи соответственно;

$f_{\text{А max}}$, $f_{\text{А min}}$ — максимальная и минимальная частоты резонанса антенной цепи.

Минимальное и максимальное значения резонансных частот антенной цепи определяются выражениями

$$f_{\text{min А}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{\text{нâ}} \cdot C_{\text{А max}}}}, \quad (3.25)$$

$$f_{\text{max А}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{\text{нâ}} \cdot C_{\text{А min}}}}. \quad (3.26)$$

Для обоснованного расчета коэффициента связи необходимо провести анализ реализуемости конструкторских решений по изготовлению катушек связи и контура ВЦ исходя из следующих условий:

$$k_{\text{нâ А}} \leq k_{\text{э}}; \quad k_{\text{св А}} \leq k_{\text{св. А зерк}}; \quad k_{\text{св А}} \leq k_{\text{св АΔf}}, \quad (3.27)$$

где $k_{\text{к}}$ — конструктивно реализуемая связь для катушек с универсальной намоткой (0.5...0.6) и для катушек с однослойной намоткой (0.4...0.5).

Выбор индуктивности связи с последующим каскадом УРЧ производится из условия, что резонансная частота контура, образованная $L_{\text{св}}$ и емкостью $C_{\text{сх}}$, на верхней частоте должна быть больше частоты зеркального канала (при верхней настройке гетеродина) $f_{0\text{max}} + 2 \cdot f_{0\text{пр}}$. В связи с этим условием индуктивность связи определяется выражением

$$L_{\text{нâ аô}} \leq \frac{1}{4\pi^2 (f_{0\text{max}} + 2 \cdot f_{0\text{i δ}}) \cdot \tilde{N}_{\text{аô}}}. \quad (3.28)$$

Коэффициент связи между катушками связи и контурной катушкой, необходимой для получения $m_{\text{вх}}$,

$$k_{\text{св вх}} = m_{\text{вх зекр}} \sqrt{\frac{L}{L_{\text{св вх}}}}. \quad (3.29)$$

Находим емкость подстроечного конденсатора

$$C_{\text{п}} = C_{\text{сх}} - C_{\text{м}} - m_{\text{вх}}^2 \cdot C_{\text{вх}}. \quad (3.30)$$

Коэффициент передачи ВЦ на краях принимаемого диапазона определяется выражением

$$K_{0 \text{ \AA} \text{ \textcircled{O}}} = k_{\text{н\AA} \text{ \AA}} \cdot m_{\text{а\textcircled{O} \text{ \textcircled{A} \text{ \textcircled{E} \text{ \textcircled{D}}}}} \cdot \sqrt{\frac{L}{d_{\text{y}} \cdot \sqrt{L_{\text{н\AA} \text{ \AA}}} \cdot \left(1 - \frac{f_{0\text{min}}^2}{k_{\text{о\AA} \text{ \AA}}^2 \cdot f_0^2}\right)}}, \quad (3.31)$$

где f_0 — частота настройки входной цепи.

Расчет избирательных свойств ВЦ по зеркальному и прямому каналам определяется выражением для одноконтурной входной цепи (3.20).

Пример расчета входной цепи радиоприемника с индуктивной связью с антенной. Электрическая принципиальная схема ВЦ приемника, предназначенного для приема станций звукового вещания в КВ-диапазоне, представлена на рисунке (рис. 3.14, а).

Исходные данные для расчета.

Диапазон рабочих частот:	3.95...7.50 МГц
Промежуточная частота	465 кГц
Входное сопротивление первого каскада	200 Ом
Входная емкость первого каскада	115 пФ
Эквивалентное затухание контура ВЦ	0,02
Конструктивное затухание контура	0,011
Сопротивление антенны	405 Ом
Минимальная емкость антенны	50 пФ
Максимальная емкость антенны	150 пФ

Порядок расчета. Расчет входной цепи, конструкторская проработка проводятся в следующем порядке.

1. Выбор элемента перестройки контура ВЦ.

Предположим, что в состав преселектора супергетеродинного радиоприемного устройства входит только входная цепь, поэтому выбираем из приложения (П.7.1) двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости с твердым диэлектриком КПЕ-2 с параметрами:

Минимальная емкость: $C_{\text{Кmax}} = 7$ пФ.

Максимальная емкость: $C_{\text{Кmin}} = 210$ пФ.

2. Расчет емкости схемы, вносимой в контур ВЦ.

Коэффициент перекрытия по частоте

$$K_f = \frac{f_{0\max}}{f_{0\min}} = \frac{7.5 \cdot 10^6}{3.95 \cdot 10^6} = 1.9.$$

Емкость схемы, вносимой в контур ВЦ (3.9)

$$C_{\text{сх}} = \frac{210 - 1.9^2 \cdot 7}{1.9^2 - 1} = 70.92 \text{ пФ.}$$

3. Индуктивность контурной катушки (3.10)

$$L = \frac{1.9^2}{(2\pi 7.5 \cdot 10^6)^2 \cdot (210 - 7) \cdot 10^{-12}} = 5.8 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

4. Индуктивность катушки связи контура ВЦ с антенной (3.21)

$$L_{\text{св}} = \frac{1.5^2}{(2\pi 3.95 \cdot 10^6)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 73.1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн,}$$

где коэффициент удлинения $k_{\text{удл}} = 1.5$.

5. Расчет коэффициента связи контура ВЦ с антенной с учетом требований избирательности по зеркальному каналу (3.22)

$$k_{\text{св зерк}} = m_{\text{вх зерк}} \sqrt{A},$$

где $A = \frac{5.8 \cdot 73.1 \cdot 10^{-12} (2\pi 3.95 \cdot 10^6)^2 \cdot (1.9 - 1)}{200 \cdot 405 \cdot \left[\left(1 - \frac{1}{1.9^2}\right)^{-2} - \frac{\left(1 - \frac{1}{1.5^2 \cdot 1.9^2}\right)^{-2}}{1.9} \right]} = 1.13.$

Коэффициент включения антенны в контур ВЦ (3.23)

$$m_{\text{вх зерк}} = \left(1 - \frac{1}{1.5^2}\right) \times \sqrt{\frac{2\pi(0.02 - 0.011) \cdot 200 \cdot 71.3 \cdot 10^{-6}}{1.13 \cdot 200 \cdot 405 \cdot (2\pi \cdot 3.95 \cdot 10^6)^2 \cdot 5.78 \cdot 73.1 \cdot 10^{-12} \left(1 - \frac{1}{1.5^2}\right)^2}} = 0.077.$$

6. Расчет коэффициент связи с антенной при допустимой расстройке контура входной цепи (3.24)

$$k_{\text{св АΔf}} = \sqrt{\frac{(1.5^2 - 1) \cdot (4.93^2 - 1)}{4.93^2 - 1.5^2}} = 0.163,$$

где $X_{Amin} = \frac{f_{0min}}{f_{Amax}} = \frac{3.95 \cdot 10^6}{2.63 \cdot 10^6} = 1.5$; $X_{Amax} = \frac{f_{0max}}{f_{Amin}} = \frac{7.5 \cdot 10^6}{1.52 \cdot 10^6} = 4.93$.

Минимальная частота резонанса антенной цепи (3.25)

$$f_{Amin} = \frac{1}{2\pi\sqrt{71.3 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 10^{-12}}} = 1.52 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

Максимальная частота резонанса антенной цепи (3.26)

$$f_{Amax} = \frac{1}{2\pi\sqrt{71.3 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-12}}} = 2.63 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

7. Выбор и обоснование коэффициента связи ВЦ с антенной производится в соответствии с условиями (3.27).

$$k_{\text{на } \lambda} \leq 0.4; \quad k_{\text{на } \lambda} \leq 0.081; \quad k_{\text{св } A} \leq 0.163.$$

Выбираем меньшее значение коэффициента связи $k_{\text{на } \lambda} = 0.081$.

8. Расчет индуктивности связи с УРЧ (3.28)

$$L_{\text{на } \lambda} \leq \frac{1}{4\pi^2 (7.5 + 2 \cdot 0.465) \cdot 10^6 \cdot 115 \cdot 10^{-12}} = 3.1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

9. Расчет коэффициента связи ВЦ с последующим каскадом (3.29)

$$k_{\text{св } \text{вх}} = 0.077 \sqrt{\frac{5.78}{3.1}} = 0.105.$$

10. Емкость построечного конденсатора (3.30)

$$C_{\Pi} = (70.9 - 5 - 0.077^2 \cdot 115) \cdot 10^{-12} = 65.25 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

11. Расчет коэффициента передачи входной цепи (3.31):

Для частоты 3.95 МГц

$$K_{0\text{ВЦ}} = 0.08 \cdot 0.077 \cdot \sqrt{\frac{5.78 \cdot 10^{-6}}{0.02 \cdot \sqrt{3.1^{-6}} \cdot \left(1 - \frac{3.95}{1.5^2 \cdot 3.95 \cdot 10^6}\right)}} = 0.158.$$

Для частоты 7.5 МГц

$$K_{0\text{ВЦ}} = 0.08 \cdot 0.077 \cdot \sqrt{\frac{5.78 \cdot 10^{-6}}{0.02 \cdot \sqrt{3.1^{-6}} \cdot \left(1 - \frac{7.5}{1.5^2 \cdot 3.95 \cdot 10^6}\right)}} = 0.1.$$

Расчет избирательных свойств входной цепи проводится по формуле (3.20) для частот зеркального канала и канала прямого прохождения.

Анализ изменения коэффициента передачи показал достаточно малую неравномерность в диапазоне принимаемых частот. Для уменьшения

неравномерности коэффициента передачи ВЦ необходимо увеличить коэффициент удлинения $k_{удл}$ антенны, учитывая коэффициент передачи.

3.2.5 Расчет одноконтурной входной цепи диапазонного приемника с комбинированной связью с ненастроенной антенной

Электрическая принципиальная схема входной цепи с комбинированной связью с ненастроенной антенной приведена на рисунке (рис. 3.15).

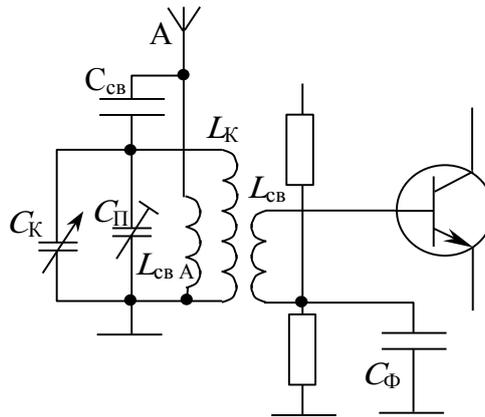


Рис. 3.15 — Схема входной цепи с комбинированной связью с антенной и индуктивной связью с транзистором

После выбора конденсатора переменной емкости контура входной цепи, в соответствии с ранее изложенными рекомендациями, производится расчет емкости схемы по формуле (3.9) и индуктивности контурной катушки по формуле (3.10). После расчета емкости схемы, вносимой в контур, проводится выбор емкости связи с антенной $C_{свА}$ равной $C_{свА} = 0.05...0.2 \cdot C_A$, и, как правило, составляющей 1...20 пФ. При увеличении емкости связи с антенной $C_{свА}$ усиливается влияние параметров антенны на колебательный контур ВЦ, а при уменьшении уменьшается коэффициент передачи.

Индуктивность связи контура входной цепи с антенной определяется выражением

$$L_{\text{св. А}} = \frac{k_{\text{о.а.}}^2}{(2 \cdot \pi \cdot f_{0\text{min}})^2 \tilde{N}_{\text{Аmin}}}, \quad (3.32)$$

где $C_{\text{Аmin}}$ — минимальная емкость антенны;

$k_{\text{удл}} = 1,2 \dots 2$ — коэффициент удлинения антенны, с увеличением которого падает коэффициент передачи входной цепи и уменьшается его неравномерность.

Если равномерность резонансного коэффициента передачи в диапазоне принимаемых частот обеспечивается комбинированной связью, то коэффициент удлинения принимаем $k_{\text{удл}} = 1,2$, а коэффициент передачи ВЦ при этом возрастет.

Коэффициент связи входной цепи с антенной и коэффициент включения ВЦ к входу следующего каскада должны обеспечивать требуемую избирательность и равенство коэффициентов передачи на минимальной и максимальной частоте диапазона принимаемых частот. Коэффициент связи ВЦ с антенной, обеспечивающий максимальную избирательность по зеркальному каналу (для приемников супергетеродинного типа), определяется выражением

$$k_{\text{н\grave{a} \grave{a} \grave{c} \grave{a} \grave{d} \grave{e}}} = \frac{4\pi^2 f_{0 \text{ min}}^2 \cdot \tilde{N}_{\text{н\grave{a} \grave{a}}} \cdot (K_f^2 - 1)}{K_{\text{о\grave{a} \grave{e}}}^2 \cdot \left[\frac{1}{K_{\text{о\grave{a} \grave{e}}}^2 - 1} - \frac{K_f^2}{K_{\text{о\grave{a} \grave{e}}}^2 \cdot K_f^2 - 1} \right]}. \quad (3.33)$$

Коэффициент включения ВЦ с входом следующего каскада

$$m_{\text{\grave{a} \text{õ} \grave{c} \grave{a} \grave{e} \text{õ}}} = \sqrt{\frac{R_{\text{а\grave{o}}} (d_{\text{y}} - d_{\text{e}} - d_{\text{а\grave{i}} \tilde{N}} - d_{\text{а\grave{i}} L})}{\omega_{0 \text{ max}} L}}, \quad (3.34)$$

где $d_{\text{а\grave{i}} \tilde{N}} = \frac{R_{\text{А}} \left(\frac{\tilde{N}_{\text{н\grave{a} \grave{a}}} \right)^2}{\tilde{N}_{\text{н\grave{o}}} + \tilde{N}_{\text{e min}} + \tilde{N}_{\text{н\grave{a} \grave{a}}}} \frac{1}{\omega_{0 \text{ max}} L}$ — внесенное затухание антенны в контур входной цепи через емкость связи;

$$d_{\text{а\grave{i}} L} = \frac{R_{\text{А}} K_{\text{н\grave{a} \grave{a}}}^2}{\omega_{0 \text{ max}} L_{\text{н\grave{a} \grave{a}}} \left(1 - \frac{1}{K_{\text{о\grave{a} \grave{e}}}^2 \cdot K_f^2} \right)^2} \text{ — внесенное затухание ан-}$$

тенны в контур входной цепи через индуктивность связи.

Расчет коэффициента связи ВЦ с антенной по условию обеспечения допустимой расстройки определяется выражением

$$k_{\text{св} \Delta f} \leq \sqrt{\frac{2 \cdot (X_{\text{Amin}}^2 - 1) \cdot (X_{\text{Amax}}^2 - 1) \cdot d_3}{3 \cdot (X_{\text{Amax}}^2 - X_{\text{Amin}}^2)}}, \quad (3.35)$$

где $X_{\text{Amin}} = \frac{f_{0\text{min}}}{f_{\text{Amax}}}$, $X_{\text{Amax}} = \frac{f_{0\text{max}}}{f_{\text{Amin}}}$ — коэффициенты удлинения антенны для минимальной и максимальной частоты настройки контура входной цепи соответственно;

f_{Amax} , f_{Amin} — максимальная и минимальная частота резонанса антенной цепи;

$$f_{\text{Amax}} = \frac{2}{2\pi \cdot \sqrt{L_{\text{н.л}} \cdot C_{\text{Amin}}}};$$

$$f_{\text{Amin}} = \frac{2}{2\pi \cdot \sqrt{L_{\text{н.л}} \cdot C_{\text{Amax}}}}.$$

Емкость связи, обеспечивающая минимум расстройки контура ВЦ, определяется по формуле

$$C_{\text{св} \Delta f} = C_{\text{A}} \sqrt{\frac{C_{\text{min}} \cdot d_3}{3\Delta C_{\text{A}}}}, \quad (3.36)$$

где $C_{\text{min}} = C_{\text{кmin}} + C_{\text{A}}$; $\Delta C_{\text{A}} = \frac{C_{\text{Amax}} - C_{\text{Amin}}}{2}$; $C_{\text{A}} = \frac{C_{\text{Amin}} + C_{\text{Amax}}}{2}$.

Выбор коэффициента связи ВЦ с антенной определяется анализом следующих условий (3.27) и производится, как и для схемы с индуктивной связью, в режиме удлинения антенны.

Расчет емкости подстроечного конденсатора производится по формуле

$$C_{\text{п}} = C_{\text{сх}} - C_{\text{м}} - m_{\text{А}}^2 C_{\text{А}} - m_{\text{вх}}^2 C_{\text{вх}}, \quad (3.37)$$

где $m_{\text{А}}^2 = \frac{C_{\text{св} \Delta f}}{C_{\text{А}}}$.

Коэффициент связи между контурной катушкой и последующим каскадом, обеспечивающий рассчитанный коэффициент включения $m_{\text{вх} \text{ зерк}}$

$$k_{\text{вх} \text{ зерк}} = m_{\text{вх} \text{ зерк}} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_{\text{св} \text{ вх}}}}, \quad (3.38)$$

где $L_{\text{св} \text{ вх}}$ — индуктивность связи контурной катушки с последующим каскадом.

Расчет индуктивности связи с последующим каскадом производится из условия, что частота резонанса, образованного индуктивностью катушки связи и входной емкостью последующего каскада, больше частоты зеркального канала при максимальной настройке радиоприемного устройства и определяется выражением

$$L_{\text{н\grave{a} \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}} = \frac{1}{\left[2\pi \cdot \left(f_{0\text{max}} + f_{\text{i} \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}} \right) \right]^2 \cdot \tilde{N}_{\text{a\text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}}}.$$

Коэффициент передачи ВЦ на минимальной и максимальной частотах определяется выражением

$$K_{0 \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}} = \frac{m_{\text{a\text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}}}{d_{\text{y}}} \left[4\pi^2 f_0^2 LC_{\text{н\grave{a} \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}} + \frac{k_{\text{н\grave{a} \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}} \sqrt{\frac{L}{L_{\text{н\grave{a} \text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}}}} \right], \quad (3.39)$$

$$1 - \frac{f_{0\text{min}}^2}{k_{\text{a\text{ \AA} \text{ \AA} \text{ \AA}}}^2 f_0^2}$$

где f_0 — текущая частота, для которой производится расчет резонансного коэффициента передачи.

Расчет избирательных свойств по дополнительным каналам приема ВЦ с комбинированной связью с антенной определяется выражением для одноконтурной входной цепи (3.20).

Примечание. В случае если используется автотрансформаторная связь контура ВЦ с последующим каскадом, то расчет индуктивности катушки связи и его коэффициента связи не производится, электрическая принципиальная схема включения ВЦ с последующим каскадом будет иметь вид, представленный на рисунке (рис. 3.14, б).

Пример расчета входной цепи радиоприемника с комбинированной связью с антенной. Электрическая принципиальная схема ВЦ приемника, предназначенного для приема радиостанций звукового вещания средневолнового диапазона, представлена на рисунке (рис. 3.15).

Исходные данные, необходимые для расчета входной цепи.

Диапазон рабочих частот:	0.50...1.68 МГц
Промежуточная частота	465 кГц
Входное сопротивление первого каскада	200 Ом
Входная емкость первого каскада	115 пФ
Эквивалентное затухание контура ВЦ	0,11

Конструктивное затухание контура	0,01
Сопrotивление антенны	505 Ом
Минимальная емкость антенны	50 пФ
Максимальная емкость антенны	150 пФ

Порядок расчета. Расчет входной цепи проводится в следующем порядке.

1. Выбор элемента перестройки контура ВЦ.

Предположим, что в состав преселектора входит только входная цепь, поэтому выбираем из приложения (П.7.1) двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости с твердым диэлектриком КПЕ-2 с параметрами:

Минимальная емкость $C_{K\max} = 7$ пФ.

Максимальная емкость $C_{K\min} = 210$ пФ.

2. Расчет емкости схемы, вносимой в контур ВЦ.

Коэффициент перекрытия по частоте

$$K_f = \frac{f_{0\max}}{f_{0\min}} = \frac{0.5 \cdot 10^6}{1.68 \cdot 10^6} = 3.36.$$

Емкость схемы, вносимой в контур ВЦ, (3.9)

$$C_{cx} = \frac{495 - 3.36^2 \cdot 10}{3.36^2 - 1} = 37.13 \text{ пФ.}$$

3. Индуктивность контурной катушки (3.10)

$$L = \frac{3.36^2}{(2\pi \cdot 1.68 \cdot 10^6)^2 \cdot (495 - 10) \cdot 10^{-12}} = 1.904 \cdot 10^{-4} \text{ Гн.}$$

4. Индуктивность катушки связи контура ВЦ с антенной (3.32)

$$L_{\text{на}} = \frac{1.2^2}{(2\pi \cdot 0.5 \cdot 10^6)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 73.1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн,}$$

где коэффициент удлинения $k_{\text{удл}} = 1.2$.

5. Коэффициент связи ВЦ с антенной по критерию избирательности по зеркальному каналу (3.33)

$$k_{\text{на}}^{\lambda_{\text{зад}}} = \frac{4\pi^2 (0.5 \cdot 10^6)^2 \cdot 10^{-11} \cdot (3.36^2 - 1)}{1.2^2 \cdot \left[\frac{1}{1.2^2 - 1} - \frac{K_f^2}{1.2^2 \cdot 3.36^2 - 1} \right]} = 0.343.$$

Коэффициент связи контура ВЦ со входом следующего каскада (3.34)

$$m_{\text{до сдв}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (0.11 - 0.01 - 7.697 \cdot 10^{-3} - 2.189 \cdot 10^{-3})}{2\pi \cdot 1.68 \cdot 10^6 \cdot 1.904 \cdot 10^{-4}}} = 0.095,$$

$$\text{где } d_{\text{дв}} \tilde{N} = \frac{505 \cdot \left(\frac{10^{-11}}{37.13 \cdot 10^{-12} + 10^{-11} + 10^{-11}} \right)^2}{2\pi \cdot 1.68 \cdot 10^6 \cdot 1.904 \cdot 10^{-4}} = 7.697 \cdot 10^{-3};$$

$$d_{\text{дв}} L = \frac{505 \cdot 0.343^2}{2 \cdot \pi \cdot 1.68 \cdot 10^6 \cdot 2.918 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{1}{1.2^2 \cdot 3.36^2} \right)^2} = 2.189 \cdot 10^{-3}.$$

6. Коэффициент связи ВЦ с антенной при допустимой расстройке контура входной цепи (3.35)

$$k_{\text{нв}} \Delta f \leq \sqrt{\frac{2 \cdot (1.2^2 - 1) \cdot (6.984^2 - 1) \cdot d_y}{3 \cdot (6.984^2 - 1.2^2)}} = 0.18,$$

$$\text{где } X_{\text{А min}} = \frac{0.5 \cdot 10^6}{4.167 \cdot 10^5} = 1.2 \quad X_{\text{А max}} = \frac{1.68 \cdot 10^6}{2.406 \cdot 10^6} = 6.984;$$

$$f_{\text{А max}} = \frac{2}{2\pi \cdot \sqrt{2.918 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-12}}} = 4.167 \cdot 10^5 \text{ Гц};$$

$$f_{\text{А min}} = \frac{2}{2\pi \cdot \sqrt{2.918 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot 10^{-12}}} = 2.406 \cdot 10^5 \text{ Гц}.$$

Емкость связи контура ВЦ с антенной, обеспечивающей допустимую расстройку (3.36)

$$C_{\text{нв}} \Delta f \leq C_{\text{А}} \sqrt{\frac{\tilde{N}_{\text{min}} \cdot d_y}{3\Delta\tilde{N}_{\text{А}}}} = 10^{-10} \cdot \sqrt{\frac{60 \cdot 10^{-12} \cdot 0.11}{3 \cdot 50 \cdot 10^{-12}}} = 20.98 \cdot 10^{-12} \text{ Ф},$$

$$\text{где } C_{\text{А}} = \frac{50 \cdot 10^{-12} + 150 \cdot 10^{-12}}{2} = 100 \cdot 10^{-12} \text{ Ф};$$

$$\tilde{N}_{\text{min}} = 10^{-11} + 50 \cdot 10^{-12} = 60 \cdot 10^{-12} \text{ Ф};$$

$$\Delta\tilde{N}_{\text{А}} = \frac{150 \cdot 10^{-12} - 50 \cdot 10^{-12}}{2} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}.$$

Величина емкости связи не должна превышать величины $C_{\text{нв}} \Delta f \leq 20.98$ пФ, поэтому выбираем первоначальное значение, равное $C_{\text{нв}} \Delta f = 10$ пФ.

7. Выбор коэффициента связи контура ВЦ с антенной из следующих условий (3.27) :

$$k_{\text{нв}} \leq k_{\text{е}} = 0.4; \quad k_{\text{нв}} \leq k_{\text{нв}} \text{ до сдв}} = 0.343; \quad k_{\text{нв}} \leq k_{\text{нв}} \Delta f = 0.18.$$

Выбираем минимальное значение $k_{\text{свА}} \leq k_{\text{свА}} \Delta f = 0.18$.

8. Расчет подстроечного конденсатора контура ВЦ (3.37).

$$C_i = C_{\text{нб}} - C_1 - m_A^2 C_A - m_{\text{ао}}^2 C_{\text{ао}} = \\ = 37.13 - 5 - 0.1^2 \cdot 100 - 0.095^2 \cdot 115 = 30.1 \text{ пФ},$$

где $m_A = \frac{\tilde{N}_{\text{нб}}}{\tilde{N}_A} = \frac{10}{100} = 0.1;$

$$C_M = 5 \text{ пФ}.$$

9. Коэффициент связи между контурной катушкой ВЦ и последующим каскадом, обеспечивающий расчетное значение коэффициента включения $m_{\text{ао}}^2$ (3.38)

$$k_{\text{ао}} = m_{\text{ао}} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_{\text{нб}}}} = 0.095 \cdot \sqrt{\frac{1.904 \cdot 10^{-4}}{3.233 \cdot 10^{-5}}} = 0.23,$$

где $L_{\text{нб}} = \frac{1}{\left[2\pi \cdot (1.68 \cdot 10^6 + 0.465 \cdot 10^6)\right]^2 \cdot 115 \cdot 10^{-12}} = 32.33 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}.$

10. Резонансный коэффициент передачи входной цепи с комбинированной связью с антенной на краях диапазона принимаемых частот производится по формуле, приведенной в (3.39).

Для частоты 500 кГц:

$$K_{0 \text{ ао}} = \frac{0.095}{0.11} \left[4\pi^2 \cdot (0.5 \cdot 10^6)^2 \cdot 1.904 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-11} + \right. \\ \left. + \frac{0.18 \cdot \sqrt{\frac{1.904 \cdot 10^{-4}}{2.918 \cdot 10^{-3}}}}{1 - \frac{(0.5 \cdot 10^6)^2}{1.2^2 \cdot (0.5 \cdot 10^6)^2}} \right] = 0.146.$$

Для частоты 1.68 МГц:

$$K_{0 \text{ ао}} = \frac{0.095}{0.11} \left[4\pi^2 \cdot (1.68 \cdot 10^6)^2 \cdot 1.904 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-11} + \right. \\ \left. + \frac{0.18 \cdot \sqrt{\frac{1.904 \cdot 10^{-4}}{2.918 \cdot 10^{-3}}}}{1 - \frac{(0.5 \cdot 10^6)^2}{1.2^2 \cdot (1.68 \cdot 10^6)^2}} \right] = 0.225.$$

Анализ неравномерности резонансного коэффициента передачи ВЦ показывает достаточно малое значение. При необходимости уменьшения неравномерности, необходимо уменьшить величину емкости связи контура

ВЦ с антенной и вновь произвести расчет электрической принципиальной схемы.

Расчет избирательных свойств по дополнительным каналам приема ВЦ с комбинированной связью с антенной определяется выражением для одноконтурной входной цепи (3.20). После оценки и анализа избирательных свойств расчет ВЦ считается окончанным.

3.2.6 Расчет диапазонной входной цепи с магнитной антенной

Входные цепи с магнитной антенной в основном используются в радиоприемных устройствах звукового вещания в ДВ- и СВ-, значительно реже в КВ- и УКВ-диапазонах. Размеры и конструкция магнитной антенны определяются группой сложности приемника, его конструктивными размерами и представляют собой ферритовый стержень, имеющий круглую или прямоугольную форму. Свойства прямоугольного стержня аналогичны свойствам круглого стержня с эквивалентным диаметром

$$d_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{hc}{\pi}}, \quad (3.40)$$

где h и c — высота и ширина прямоугольного стержня соответственно.

Конструкция магнитной антенны представляет собой стержень, на котором размещены каркасы с катушки входного контура и связи с последующим каскадом радиоприемника (рис. 3.16).

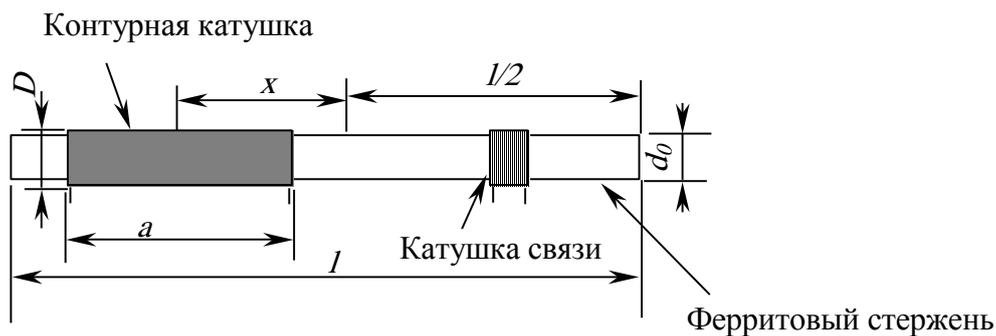


Рис. 3.16 — Конструкция магнитной антенны

Исходными данными для расчета элементов входной цепи с магнитной антенной являются: индуктивность контура L (либо параметры элемента настройки, необходимые для ее расчета), выходная проводимость, а также величина эквивалентного затухания $d_{ЭР}$ нагруженного контура входной цепи. Эквивалентное

затухание контура входной цепи характеризует избирательность приемника по дополнительным каналам приема.

Порядок расчета входной цепи с магнитной антенной начинается с выбора величины магнитной проницаемости ферромагнитного материала (табл. 3.12) и геометрических размеров (табл. 3.13). Окончательно марка феррита уточняется по данным в приложении (Приложение 8). При выборе антенны необходимо учитывать, что эффективность антенны растет с увеличением отношения длины стержня к его диаметру и площади его сечения. Однако размеры стержня могут быть ограничены конструктивными характеристиками радиоприемного устройства.

Таблица 3.12 — Выбор величины магнитной проницаемости ферромагнитного материала

Диапазон частот, МГц	Магнитная проницаемость, μ_0
Менее 0,5	2000...1000
0,5...2	1000...400
2...30	400...100
Более 30	50...10

Таблица 3.13 — Геометрические размеры магнитных антенн

Диаметр d_0 или сечение $h \times c$ стержня, мм	Длина стержня l , мм
8	80; 100; 125; 140; 160; 200
10	200
4 x 6	80; 100; 125
3 x 20	100, 125

По известному соотношению l/d_0 определяется значение действующей магнитной проницаемости выбранного ферритового стержня.

Таблица 3.14 — Таблица расчета действующей магнитной проницаемости

l/d_0	Действующая магнитная проницаемость при μ_0			
	8	10	100	Не менее 200
1	2,25	3,0	3,2	3,5
2	3,6	4,6	6,5	8,0
3	3,85	6,0	10	12
4	4,2	6,7	15	18
5	4,35	7,2	20	24
6	4,5	7,8	25	31
8	4,7	8,3	34	37
10	4,8	9,4	41	63
15	4,85	9,4	52	78
20	4,9	9,6	60	95

Количество витков контурной катушки рассчитывается по формуле

$$\varpi_{\hat{E}} = \sqrt{\frac{L}{L' D \mu_{\hat{A}} m_L P_L q_L}}, \quad (3.41)$$

где L — индуктивность контурной катушки, мкГн;

D — диаметр намотки контурной катушки, см;

$\mu_{\hat{A}}$ — действующая магнитная проницаемость сердечника;

L' — коэффициент, зависящий от удлинения сердечника;

m_L — коэффициент, зависящий от отношения длины намотки a к длине стержня l ;

P_L — коэффициент, учитывающий смещение центра катушки относительно середины стержня;

$$q_L = \left(\frac{d_0}{D}\right)^2. \quad (3.42)$$

Коэффициенты L' , m_L , P_L , необходимые для расчета числа витков контурной катушки, определяются по графикам, представленным на рисунках (рис. 3.17) — (рис. 3.19).

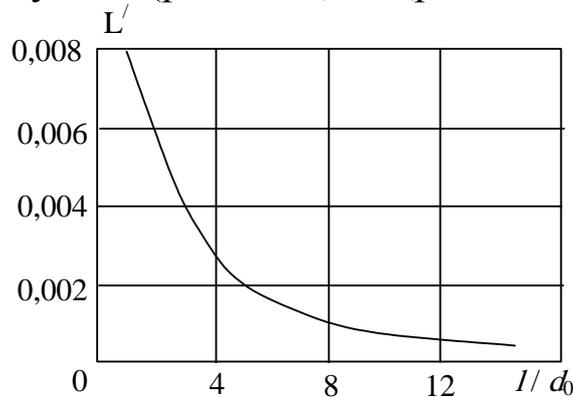


Рис. 3.17 — Зависимость коэффициента пропорциональности от отношения длины стержня к его диаметру

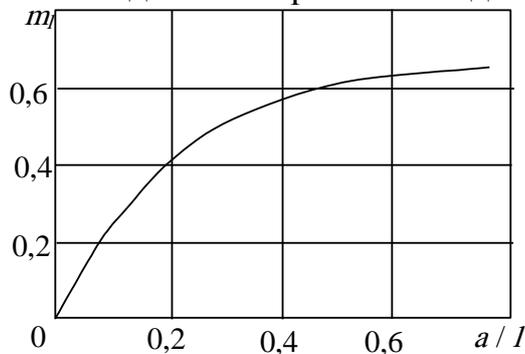


Рис. 3.18 — Зависимость коэффициента пропорциональности от относительной длины намотки катушки

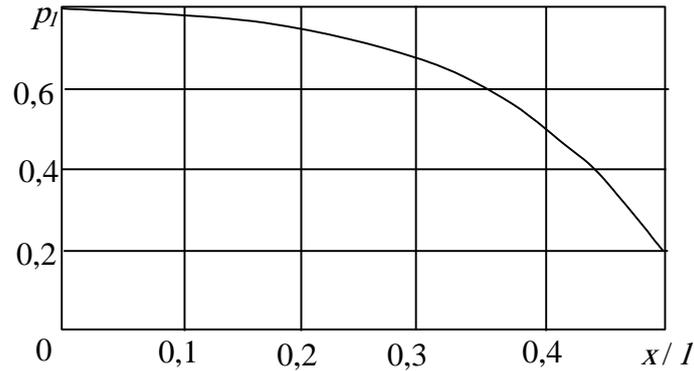


Рис. 3.19 — Зависимость коэффициента пропорциональности от относительного смещения катушки

При разработке конструкции катушки необходимо учесть, что длина катушки составляет 0,2, ее смещение относительно середины стержня (для обеспечения подстройки индуктивности перемещением катушки вдоль стержня) 0,2...0,3 от длины стержня.

Диаметр намотки D , во избежание увеличения собственной емкости катушки и диэлектрических потерь в ферритовом материале, должен быть примерно в 1,1 раза больше диаметра стержня d_0 . Для обеспечения этого условия необходимо выбрать требуемый диаметр каркаса катушки. Индуктивность катушки связи характеризуется необходимым коэффициентом трансформации

$$m = \sqrt{\frac{L_{\text{CB}}}{L}}. \quad (3.43)$$

Коэффициент трансформации m выбирается из условия заданной избирательности (в диапазоне ДВ и СВ) или минимума коэффициента шума входной цепи (в диапазонах КВ и менее длин волн). Расчет производится на минимальной частоте диапазона рабочих частот.

Расчет индуктивности связи по критерию минимума коэффициента шума определяется выражением

$$L_{\text{Н\AA}} = \frac{R_{\text{a.ii}\delta} \cdot d}{2\pi \cdot f_{0\text{min}} \cdot k^2}, \quad (3.44)$$

где L_{CB} — индуктивность катушки связи, мкГн;

$f_{0\text{min}}$ — минимальная частота диапазона;

$k_{св} \approx 0,8 \dots 0,9$ — коэффициент связи между контурной катушкой и катушкой связи;

$R_{г. опт}$ — оптимальное сопротивление генератора, Ом, при котором достигается минимум коэффициента шума для выбранного транзистора (указывается в справочнике);

d — собственное затухание контура.

При расчете *по заданной избирательности* входной цепи индуктивность катушки связи

$$L_{\tilde{N}\hat{A}} = \frac{(d_{\tilde{Y}} - d) R_{\hat{A}\tilde{O}}}{2\pi \cdot f_{0\min} \cdot k_{\tilde{n}\hat{a}}^2}, \quad (3.45)$$

где $R_{ВХ}$ — входное сопротивление 1-го каскада, Ом;

$d_{\tilde{Y}}$ — эквивалентное затухание контура, котором достигается заданная избирательность.

Число витков катушки связи

$$\varpi_{\tilde{N}\hat{A}} = \varpi_{\hat{e}} \sqrt{\frac{L_{\tilde{N}\hat{A}}}{L}} = \varpi \cdot m, \quad (3.46)$$

где $\varpi_{\hat{e}}$ и $\varpi_{\tilde{N}\hat{A}}$ — число витков в контурной катушке и катушки связи соответственно.

При практической реализации контурной катушке и катушке связи необходимо учитывать их физическую реализуемость. Если число витков в катушках контура и связи меньше 2—3 витков, то необходимо провести повторный расчет, с учетом данного замечания. Контурные катушки и катушки связи для длинноволнового диапазона выполняются проводом ПЭВ диаметром 0,1...0,12 мм, а для средневолнового диапазона — литцендратом ЛЭ 6×0,06 или ЛЭ 9×0,07 (рис. 3.20). Литцендрат представляет собой свитый жгут из 6-и и более проводников диаметром 0,06 или 0,07 мм. Проводники изолированы друг от друга, свиты в виде жгута и соединяются между собой только в месте контакта (пайки). Это позволяет существенно увеличить добротность контура в СВ-диапазоне. Катушка связи выполняется на одном каркасе с контурной катушкой.

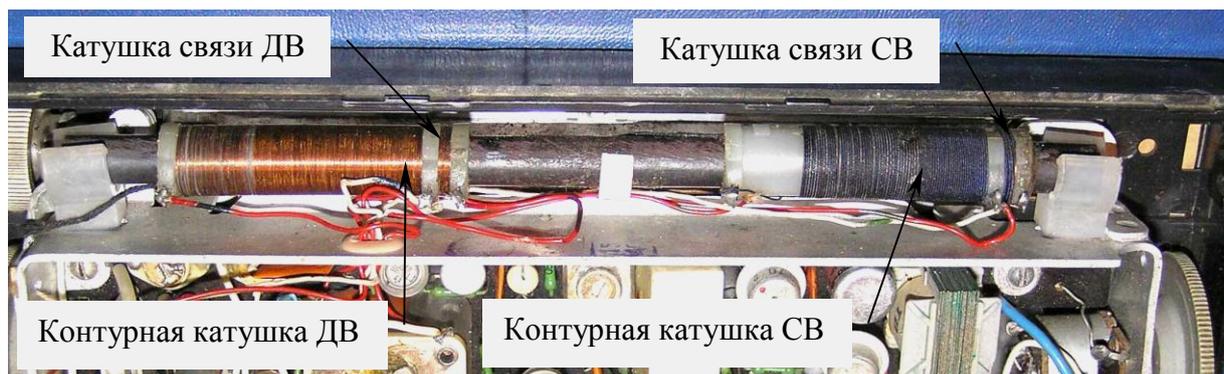


Рис. 3.20 — Конструкция магнитной антенны радиоприемника ДВ- и СВ-диапазонов

Для уменьшения межвитковой емкости (для малогабаритных магнитных антенн) контурные катушки рекомендуется выполнять в виде секций (рис. 3.21).



Рис. 3.21 — Конструкция магнитной антенны с секционированием контурных катушек ДВ- и СВ-диапазонов

Электрические принципиальные схемы входных цепей с магнитной антенной представлены на рисунке (рис. 3.22). При выборе схемы с точки зрения простоты конструкторской реализации предпочтительна схема (рис. 3.22, б), а с точки зрения шумовых свойств — схема, представленная на рис. 3.22, а. Колебательный контур входной цепи содержит контурную катушку L_K , переменный конденсатор C_K , подстроечный конденсатор C_{Π} и конденсатор, обеспечивающий заданный коэффициент перекрытия по частоте C . Подстройка частоты контура входной цепи осуществляется на верхней частоте диапазона емкостью C_{Π} (рис. 3.21), а на нижней — положением контурной катушки относительно середины ферритового стержня.

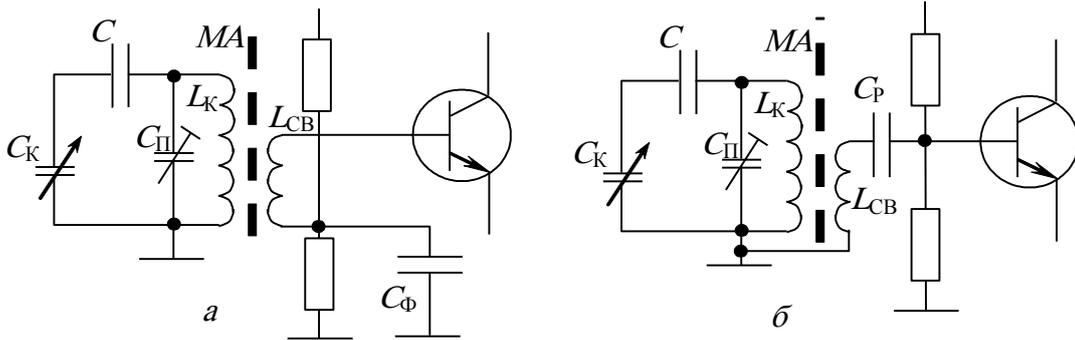


Рис. 3.22 — Электрические принципиальные схемы входных цепей с магнитной антенной

Величина разделительного конденсатора или емкости фильтра определяется выражением

$$C_P = \frac{2 \dots 5}{f_{\min} \cdot R_{\text{ВХ}}},$$

где $R_{\text{ВХ}}$ — входное сопротивление первого каскада радиоприемного устройства.

Пример расчета входной цепи с магнитной антенной длинноволнового диапазона.

Исходные данные для расчета.

Диапазон рабочих частот	150...408 кГц;
Эквивалентное затухание	0,04;
Минимальная емкость антенны	75 пФ;
Максимальная емкость антенны	225 пФ;
Входное сопротивление первого каскада	1 кОм.

Порядок расчета

1. Выбор электрической принципиальной схемы входной цепи. Электрическая принципиальная схема входной цепи с магнитной антенной представлена на рисунке (рис. 3.22, б). Конструкция входной цепи на основе магнитной антенны представлена на рис. 3.20. Расчет входной цепи, конструкторская проработка проводятся в следующем порядке.

2. Коэффициент перекрытия по частоте определяется выражением

$$K_f = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{408 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^3} = 2.72.$$

3. Для выбора элементов настройки контура, руководствуясь рекомендациями раздела п. 3.2 и справочными данными приложения П.7.1, выбирают блок конденсаторов с параметрами $C_{\text{Кmin}} = 10$ пФ и $C_{\text{Кmax}} = 365$ пФ.

4. Выбор сердечника магнитной антенны производится на основе рекомендаций, представленных в таблице (табл. 3.12). Допустимая вели-

чина магнитной проницаемости выбирается $\mu_0 = 2000 \dots 1000$. Выбираем феррит марки 600НН с начальной магнитной проницаемостью $\mu_0 = 600$. Из таблицы (табл. 3.13) производим геометрические параметры с размерами $d_0 = 8$ мм, $l = 80$ мм.

5. Расчет отношения $l/d_0 = 80/8 = 10$.

6. По данным таблицы (табл. 3.14) определяем значение действующей магнитной проницаемости $\mu_d = 63$.

7. Расчет контура и элемента связи входной цепи с последующим каскадом.

Индуктивность контура магнитной антенны

$$L = \frac{k_f^2 - 1}{(2\pi f_{0\max})^2 \cdot (C_{\hat{E}\max} - C_{\hat{E}\min})} = \frac{2,72^2 - 1}{(2 \cdot 3,14 \cdot 408 \cdot 10^3)^2 (365 - 10) \cdot 10^{-12}} = 2,743 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Расчет числа витков контурной катушки:

а) диаметр каркаса контурной катушки

$$D = 1,1 \cdot d_0 = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \text{ мм.}$$

б) коэффициенты, связанные с конструкцией магнитной антенны, определяются по графикам (рис. 3.17), (рис. 3.18) и (рис. 3.19):

$$L' = 0,001; m_L = 0,38 \text{ (принимая } \frac{a}{l} = 0,2), \quad p_L = 0,9 \text{ (принимая отно-}$$

шение смещения катушки относительно середины стержня $\frac{x}{l} = 0,2$);

$$\text{в) коэффициент } q_L = \left(\frac{d_0}{D}\right)^2 = \left(\frac{8}{8,8}\right)^2 = 0,83.$$

Число витков в контурной катушке

$$\varpi_{\hat{E}} = \sqrt{\frac{L}{L' D \mu_{\hat{A}} m_L p_L q_L}} = \sqrt{\frac{2,743 \cdot 10^{-3}}{0,001 \cdot 8,8 \cdot 63 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,83}} = 419 \text{ вит.}$$

Индуктивность катушки связи определяется из условия обеспечения заданной избирательности (3.8)

$$L_{\text{н\grave{a}}} = \frac{(d_{\hat{Y}} - d) \cdot R_{\hat{A}\hat{O}}}{2\pi \cdot f_{0\min} \cdot k_{\text{н\grave{a}}}^2} = \frac{(0,04 - 0,01) \cdot 1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 0,8^2} = 49,7 \text{ мкГн.}$$

Коэффициент трансформации (3.6)

$$m = \sqrt{\frac{L_{\text{CB}}}{L}} = \sqrt{\frac{49,7}{2743}} = 0,135.$$

Число витков в катушке связи

$$\varpi = \varpi_{\hat{e}} \cdot m = 419 \cdot 0,135 = 56 \text{ вит.}$$

8. Расчет действующей высоты магнитной антенны, необходимой для расчета реальной чувствительности радиоприемного устройства.

$$h_A = \frac{2\pi \cdot \varpi \cdot S \cdot \mu}{\lambda \cdot d_Y} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 419 \cdot 2,43 \cdot 10^{-4} \cdot 63}{2 \cdot 10^3 \cdot 0,04} = 0,504 \text{ м.}$$

9. Расчет разделительной емкости индуктивности связи с 1-м каскадом радиоприемного устройства определяется выражением

$$C_p = \frac{2 \dots 5}{f_{\min} \cdot R_{ВХ}} = \frac{5}{150 \cdot 10^3 \cdot 1000} = 33,3 \text{ нФ.}$$

Выберем ближайший номинал емкости разделительного конденсатора $C_p = 0,033 \text{ мкФ}$.

Расчет избирательных свойств по дополнительным каналам приема ВЦ с магнитной антенной определяется выражением для одноконтурной входной цепи (3.20). После оценки и анализа избирательных свойств расчет входной цепи с магнитной антенной окончен. При конструкторской реализации магнитной антенны ее необходимо, по возможности, разместить на максимальном расстоянии от катушки гетеродина для радиоприемников супергетеродинного типа.

3.2.7 Расчет входной цепи с трансформаторной или автотрансформаторной связью с настроенной антенной

Электрические принципиальные схемы входных цепей с трансформаторной или автотрансформаторной связью приведены на рисунках (рис. 3.10, *а*, *б*, рис. 3.11). Связь антенны с входной цепью осуществляется посредством фидера (коаксиального кабеля).

Порядок расчета ВЦ начинается с выбора полной емкости схемы (табл. 3.15) и определения конструктивного затухания контура по значениям, представленным в таблице (табл. 2.5).

Таблица 3.15 — Ориентировочные значения полной емкости схемы

f_0	0,3	0,3...1,5	1,5...6,0	6...30	30...100	>100
$C_{сх}$	500...300	300...200	200...100	100...50	50...15	<15

Расчет коэффициента включения фидера для согласования при заданном эквивалентном затухании контура входной цепи определяется выражением

$$m_a = \sqrt{0.5 \cdot d_y \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_{\text{нб}} \cdot W_\delta}, \quad (3.47)$$

где W_ϕ — волновое сопротивление фидера;

d_y — эквивалентное затухание контура.

Коэффициент включения входа УРЧ (последующего каскада) в контур входной цепи

$$m_{a\delta} = \sqrt{0.5 \cdot (d_y - 2d) \cdot \omega_0 \cdot \tilde{N}_{\text{нб}} \cdot W_\delta}, \quad (3.48)$$

где d — конструктивное затухание контура.

Емкость контура ВЦ

$$C_k = C_{\text{сх}} - C_L - m_{\text{вх}}^2 \cdot (C_M + C_{\text{вх}}), \quad (3.49)$$

где $C_L \approx 3$ пФ — паразитная емкость катушки контура.

Индуктивность контура входной цепи

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \cdot C_{\text{нб}}}. \quad (3.50)$$

Индуктивность катушки связи контура ВЦ с антенной

$$L_{\text{нб} \lambda} = \frac{W_\delta}{\omega_0}. \quad (3.51)$$

Для снижения паразитной емкости между контурной катушкой L и катушкой связи $L_{\text{св} \lambda}$ необходимо минимизировать коэффициент связи, при котором обеспечивается условие согласования

$$k_{\text{нб} \lambda} = \sqrt{2 \cdot \left(d + \frac{m_{a\delta}^2 \omega_0 L}{R_{a\delta}} \right)}. \quad (3.52)$$

Резонансный коэффициент передачи напряжения входной цепи

$$K_{0 \text{ ВЦ}} = L_\phi \cdot K_{0 \text{ с}}, \quad (3.53)$$

где L_ϕ — коэффициент передачи фидера (коаксиального кабеля);

$K_{0 \text{ с}}$ — резонансный коэффициент передачи контура входной цепи по напряжению в режиме согласования.

Коэффициент передачи фидера, определяемый по графику (рис. 3.23), где величина затухания сигнала в фидере определяется выражением

$$\gamma = \beta_\delta \cdot l_\phi,$$

где β_δ — величина погонного затухания в фидере, дБ/м;

l_ϕ — длина фидера, м.

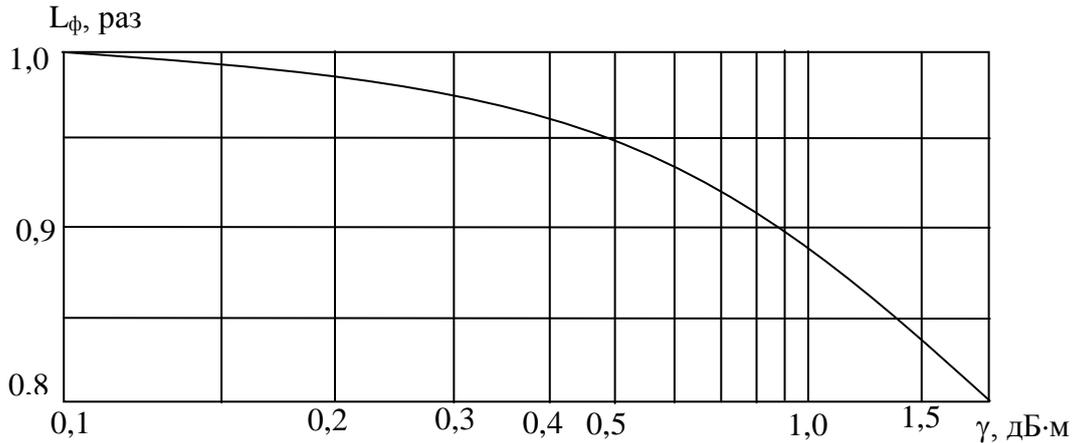


Рис. 3.23 — Зависимость коэффициента передачи фидера от величины затухания γ

Резонансный коэффициент передачи контура входной цепи в режиме согласования

$$K_{0c} = 0.5 \sqrt{\frac{\left(1 - \frac{2d}{d_0}\right) \cdot R_{\text{вх}}}{W_\phi}}, \quad (3.54)$$

где $R_{\text{вх}}$ — входное сопротивление последующего каскада.

Расчет избирательных свойств по дополнительным каналам приема ВЦ определяется выражением для одноконтурной входной цепи (3.20). После оценки и анализа избирательных свойств расчет ВЦ считается окончанным.

Пример расчета входной цепи с индуктивной, несимметричной связью с настроенной антенной коротковолнового диапазона.

Исходные данные для расчета.

Рабочая частота	10 МГц;
Эквивалентное затухание контура ВЦ	0,02;
Конструктивное затухание контура ВЦ	0.006;
Волновое сопротивление фидера	75 Ом;
Длина фидера	10 м;
Погонное затухание сигнала в фидере	0.1 дБ/м
Входное сопротивление последующего каскада	200 Ом;
Входная емкость последующего каскада	100 пФ;
Промежуточная частота	1 МГц.

Порядок расчета.

Электрическая принципиальная схема ВЦ с несимметричной трансформаторной связью с антенной представлена на рисунке (рис. 3.10).

1. Коэффициент включения фидера в контур входной цепи (3.47)

$$m_a = \sqrt{0.5 \cdot 0.02 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10^5 \cdot 10^{-10} \cdot 75} = 0.051.$$

2. Коэффициент включения ВЦ с последующим каскадом в режиме согласования передачи сигнала по мощности (3.48)

$$m_{\text{ао}} = \sqrt{0.5 \cdot (0.02 - 2 \cdot 0.006) \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10^5 \cdot 10^{-10} \cdot 200} = 0.053.$$

3. Емкость контура входной цепи (3.49)

$$C_{\text{е}} = [55 - 3 - 0.053^2 \cdot (3 + 100)] \cdot 10^{-12} = 51.72 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

4. Индуктивность контурной катушки (3.50)

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot 10^5)^2 \cdot 55 \cdot 10^{-12}} = 4.606 \cdot 10^{-6}.$$

5. Индуктивность катушки связи (3.51)

$$L_{\text{на } \lambda} = \frac{75}{2\pi \cdot 10^5} = 1.194 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

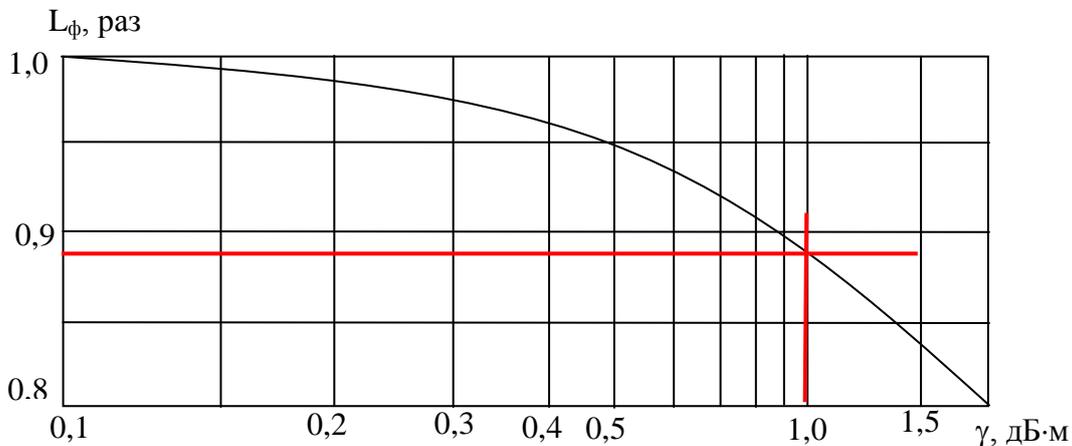
6. Коэффициент связи ВЦ с антенной в режиме согласования (3.52)

$$K_{\text{на } \lambda} = \sqrt{2 \cdot \left(0.006 + \frac{0.053^2 \cdot 2\pi \cdot 10^5 \cdot 4.606 \cdot 10^{-6}}{R_{\text{ао}}} \right)} = 0.141.$$

7. Резонансный коэффициент ВЦ передачи по напряжению

$$K_{0 \text{ } \lambda \text{ } \text{о}} = L_0 \cdot K_{0c} = 0.88 \cdot 0.516 = 0.454.$$

Коэффициент передачи сигнала в фидере (затухание) определяется из рисунка (рис. 3.23), $L_{\text{ф}} = 0.88$ (см. рисунок ниже). Затухание сигнала в фидере $\gamma = \beta_{\delta} \cdot l_{\delta} = 0.1 \cdot 10 = 1$ дБ.



Расчет избирательности ВЦ по промежуточному и зеркальному каналам производится для одноконтурной ВЦ (3.20). Если результаты расчета не обеспечивают заданных технических характеристик ВЦ, то необходимо провести тщательный анализ исходных данных и провести соответствующие корректировки.

3.2.8 Расчет входной цепи с внутриемкостной связью с настроенной антенной

Электрическая принципиальная схема ВЦ с внутриемкостной связью с настроенной антенной представлена на рисунке (рис. 3.12). Данная схема ВЦ используется для радиоприемных устройств с фиксированной настройкой. Данная схема наиболее часто используется при построении преселектора телевизионного приемника.

Порядок расчета начинается с определения коэффициента трансформации, обеспечивающего согласование сопротивления фидера и входного сопротивления последующего каскада (УРЧ или преобразователя частоты)

$$m_{А\text{ВХ}} = \sqrt{\frac{W_{\phi}}{R_{\text{ВХ}}}}. \quad (3.55)$$

Выбор емкости C_2 (рис. 3.12) из условия согласования сопротивления фидера и входа последующего каскада (УРЧ или преобразователя частоты). Как правило, емкость выбирают примерно равной входной емкости последующего каскада. Необходимо отметить, что с увеличением C_2 индуктивность контура уменьшается и может стать физически нереализуемой, при уменьшении увеличивается влияние разброса входной емкости. Величина емкости C_1 определяется выражением

$$C_1 = \frac{C_2 + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{М}}}{m_{А\text{ВХ}}}. \quad (3.56)$$

Полная емкость схемы входной цепи определяется выражением

$$C_{\text{сх}} = C_L + \frac{C_1 \cdot (C_2 + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{М}})}{C_1 + C_2 + C_{\text{ВХ}} + C_{\text{М}}}. \quad (3.57)$$

Индуктивность контура ВЦ

$$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 \cdot C_{\text{нб}}}. \quad (3.58)$$

Коэффициент передачи по напряжению в режиме согласования

$$K_{0\text{ВЦ}} = L_{\text{ф}} \cdot K_{0\text{с}}, \quad (3.59)$$

где $L_{\text{ф}}$ — коэффициент передачи фидера (коаксиального кабеля);
 $K_{0\text{с}}$ — резонансный коэффициент передачи контура входной цепи по напряжению в режиме согласования.

Коэффициент передачи фидера, определяемый по графику (рис. 3.23), где величина затухания сигнала в фидере определяется выражением

$$\gamma = \beta_{\delta} \cdot l_{\text{ф}},$$

где β_{δ} — величина погонного затухания в фидере, дБ/м;

$l_{\text{ф}}$ — длина фидера, м.

$$K_{0\text{с}} = 0.5 \sqrt{\frac{R_{\text{вх}}}{W_{\text{ф}}}}. \quad (3.60)$$

Полученное расчетное эквивалентное затухание контура входной цепи определяется выражением

$$d_{\text{уд}} = \frac{1}{\frac{W_{\delta} \cdot (1 + m_{\text{А ао}})}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C_2} + \frac{1}{R_{\text{ао}} \cdot (1 + m_{\text{А ао}})}}. \quad (3.61)$$

При эквивалентном затухании $d_{\text{эп}} < d_{\text{э}}$ необходимо параллельно емкости C_2 подключить шунтирующее сопротивление, при $d_{\text{эп}} > d_{\text{э}}$ — увеличить число избирательных контуров в преселекторе. После оценки избирательных свойств ВЦ, удовлетворяющих заданные требования, расчет считается завершенным.

Пример расчета входной цепи с внутриемкостной связью с настроенной антенной УКВ-диапазона.

Исходные данные для расчета.

Рабочая частота	100 МГц;
Эквивалентное затухание контура ВЦ	0,05;
Волновое сопротивление фидера	75 Ом;
Длина фидера	10 м;
Погонное затухание сигнала в фидере	0.1 дБ/м

Входное сопротивление последующего каскада	200 Ом;
Входная емкость последующего каскада	25 пФ;
Промежуточная частота	6 МГц.

Порядок расчета.

Электрическая принципиальная схема ВЦ с внутриемкостной связью с антенной представлена на рисунке (рис. 3.12).

1. Коэффициент трансформации в режиме согласования (3.55)

$$m_{A_{ВХ}} = \sqrt{\frac{W_{\Phi}}{R_{ВХ}}} = \sqrt{\frac{75}{200}} = 0.612.$$

2. Величина емкости связи C_1 (3.56)

$$C_1 = \frac{C_2 + C_{ВХ} + C_M}{m_{A_{ВХ}}} = \frac{25 + 25 + 5}{0.612} = 89.81 \text{ пФ},$$

где $C_2 = C_{\text{ао}} = 25$ пФ.

3. Полная емкость схемы (3.57)

$$C_{\text{сх}} = C_L + \frac{C_1 \cdot (C_2 + C_{ВХ} + C_M)}{C_1 + C_2 + C_{ВХ} + C_M} = 3 + \frac{89.81 \cdot (25 + 25 + 5)}{89.81 + 25 + 25 + 5} = 37.11 \text{ пФ}.$$

4. Индуктивность контура входной цепи (3.58)

$$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 \cdot C_{\text{но}}} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 10^8)^2 \cdot 37.11 \cdot 10^{-12}} = 6.826 \cdot 10^{-8} \text{ Гн}.$$

5. Резонансный коэффициент передачи ВЦ по напряжению в режиме согласования (3.59)

$$K_{0\text{ВЦ}} = L_{\Phi} \cdot K_{0\text{с}} = 0.88 \cdot 0.816 = 0.919.$$

Коэффициент передачи сигнала в фидере (из рис. 3.23) $L_6 = 0.88$. Величина затухания сигнала в фидере $\gamma = \beta_6 \cdot L_6 = 0.1 \cdot 10 = 1$ дБ.

6. Полученное затухание контура входной цепи

$$d_{\text{уо}} = \frac{1}{75 \cdot (1 + 0.612)} + \frac{1}{200 \cdot (1 + 0.612)} = 0.724.$$

Величина реализованного затухания $d_{\text{эп}} > d_{\text{э}}$. В связи с этим необходимо введение дополнительного колебательного контура в состав преселектора.

3.2.9 Рекомендации по расчету и конструкторской проработке входных цепей

При расчете входных цепей возникает необходимость оценка физической реализуемости конструкции контурных катушек и катушек связи, а также возможности реализации коэффициента включения в контур. Практически все контурные катушки преселектора выполняют в цилиндрическом исполнении. На частотах ниже 2 МГц (катушки диапазонов ДВ и СВ) целесообразно применение сердечников 600НН или 700НМ, а на частотах 3...30 МГц (контурные диапазоны КВ) — сердечников 13ВЧ, 30ВЧ2, 100НН или карбонильного железа.

Для получения возможно большей добротности и возможно большого предела изменения индуктивности внешний диаметр каркаса катушки не должен превышать диаметр ферритового сердечника более чем в 2...2,5 раза, а карбонильного в 1,2 раза. Длина намотки катушки должна составлять примерно 0,9 длины сердечника. Следует отметить также, что при значениях индуктивности с автотрансформаторной связью менее 10 нГн отвод от контурной катушки с коэффициентом включения $m < 0,1$ становится проблематичным. В этом случае рекомендуется использовать трансформаторную связь.

Расчет числа витков контурной катушки с однослойной намоткой производят по формуле [13]

$$\varpi = 100 \cdot \sqrt{\frac{L}{D \cdot k_1}},$$

где L — индуктивность катушки в мкГн;

D — диаметр однослойной намотки, в мм;

k_1 — коэффициент, зависящий от конструкции катушки.

Коэффициент k_1 определяется из графика (рис. 3.24).

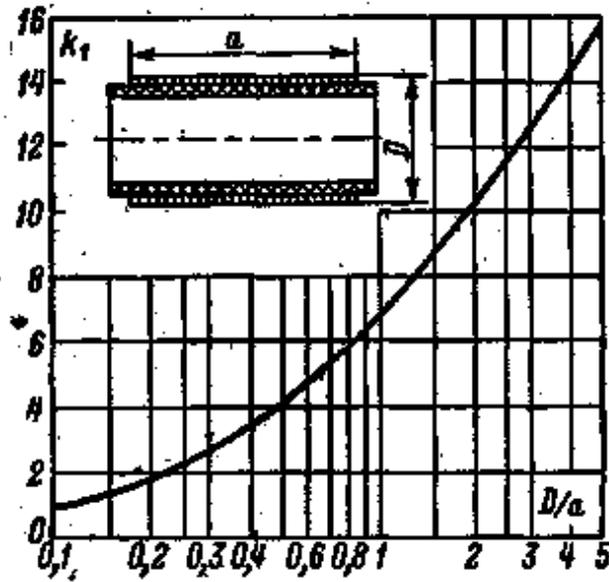


Рис. 3.24 — Зависимость коэффициента k_1 от конструктивных размеров однослойной катушки с плотной намоткой

Величина индуктивности для однослойных катушек, намотанных с определенным шагом P , определяется выражением

$$L = (\omega^2 \cdot D \cdot k_1 + \omega \cdot k_2) \cdot 10^{-4},$$

где k_1 и k_2 определяются из графиков (рис. 3.24 и рис. 3.25).

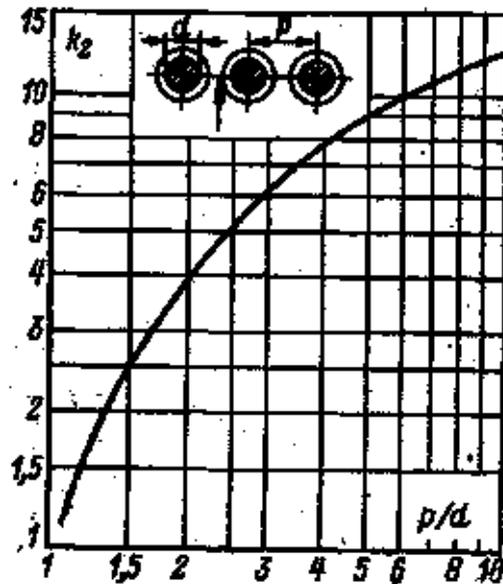


Рис. 3.25 — Зависимость коэффициента k_2 для однослойной катушки, намотанной с шагом

При величине индуктивности $L > 100$ мкГн (контуры диапазонов ДВ и СВ) катушки индуктивности выполняют в многослойном виде. Число витков многослойной катушки определяется формулой

$$\varpi = 100 \cdot \sqrt{\frac{L}{D_{\text{ср}} k_3}},$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр обмотки;

k_3 — коэффициент, определяется по графику (рис. 3.26).

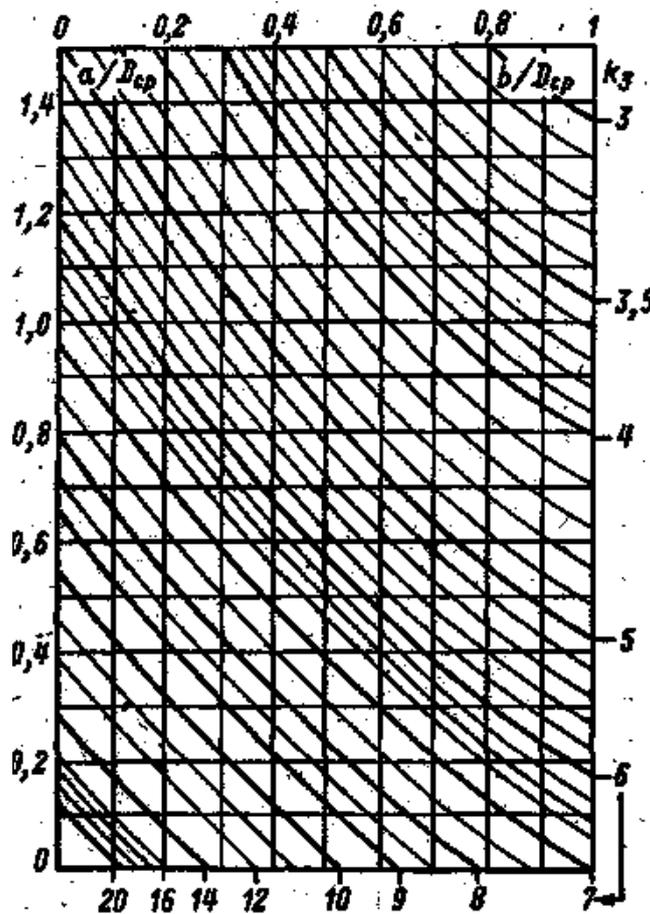


Рис. 3.26 — График зависимости коэффициента k_3 для многослойной катушки

Для расчета числа витков катушки, выполненной на унифицированном каркасе с сердечником, можно воспользоваться выражением [13]

$$\varpi = k \cdot \sqrt{L},$$

где k — коэффициент, зависящий от конструктивного исполнения контурной катушки;

L — величина индуктивности контурной катушки в мкГн.

Значения коэффициента k_4 приведены в таблице

№ п/п	Конструкция катушки	K_4
1.	Однослойная на унифицированном каркасе диаметром 6,5 мм со стержневым сердечником М100НН-СС02,8, намотка виток к витку проводом ПЭЛШО или ПЭЛ 0,1...0,27 мм ($L \leq 16$ мкГн)	10
2.	Многослойная на унифицированном трехсекционном каркасе со стержневым сердечником М600НН-СС-2,8x14, намотка в навал	11

При расчете числа витков катушки с ферритовым сердечником, величину индуктивности уменьшают в 1,3...1,5 раза, тогда при введении сердечника получим требуемое значение индуктивности. При использовании в качестве сердечника таких металлов, как латунь, медь или алюминий, величина индуктивности с введением сердечника уменьшается в 1,2...1,4 раза. Однако добротность таких катушек уменьшается.

Для увеличения добротности используют многожильный высокочастотный обмоточный провод марок ЛЭП, ЛЭЛ, ЛЭШО, ЛЭЩД, ЛЭЛОЮ ЛЭЛД. Добротность контуров при этом возрастает на частотах ДВ- и СВ-диапазонов в 1,5...2 раза.

Собственная емкость однослойной цилиндрической неэкранированной катушки, намотанной на каркасе диаметром D из полиэтилена, полистирола, органического стекла, картона, пропитанного лаком, может быть определена по формуле

$$C_L = k_5 \cdot D.$$

При плотной намотке витков катушки (виток к витку) коэффициент $k_5 = 0.65$, а при намотке шагом P он имеет следующие значения

$\frac{P}{D}$	2	3	4 и более
k_5	0.055	0.048	0.045

Если витки уложить по нарезке, предварительно сделанной на каркасе, то C_L увеличится на 15...20 %. Собственная емкость бескаркасных катушек уменьшается на 15...20 %.

Многослойные катушки имеют емкость в десятки пикофарад. Если катушка секционирована с расстояниями, равными длине секции, то емкость уменьшается: для 2-х секционных катушек в 1,5 раза, для 3-х — в 1,8 раза, для 4-х секционных — в 2 раза. Покрытие катушки лаком увеличивает емкость на 25...30 %. Сердечник или экран может увеличить емкость в 2...3 раза.

Контурные катушки входных цепей и других избирательных цепей преселектора необходимо размещать на расстоянии не менее 15...20 мм друг от друга вблизи разъема (гнезда) подключения внешней антенны.

3.3 Выбор и расчет электрической принципиальной схемы селективного усилителя

При определении конкретных требований к селективным усилителям необходимо учитывать их назначение и место в структурной схеме радиоприемного устройства [1]. Усилители радиочастоты используются во входных каскадах радиоприемника и могут быть с переменной (в диапазонных приемниках звукового вещания) и с фиксированной настройкой, что характерно для приемников телевизионного вещания, радиосвязи и других приемников профессионального назначения.

При выборе и обосновании усилителей радиочастоты необходимо учитывать следующие особенности:

1. Малый уровень сигнала на входе усилителя радиочастоты (поэтому усилитель должен иметь малые собственные шумы и высокую степень линейности амплитудной характеристики).

2. Широкий динамический диапазон входных воздействий на входе усилителя радиочастоты.

3. Малый уровень нелинейных искажений, обусловленных воздействием полезного сигнала и помех по основному и дополнительным (паразитным) каналам приема (поэтому необходимо

ослабить их влияние на селективный усилитель или смеситель с помощью избирательных цепей и цепей регулировки усиления).

4. Обеспечение в приемнике диапазонного типа заданного диапазона перестройки частоты.

5. Отсутствие влияния избирательных свойств УРЧ на изменение эффективной ширины спектра принимаемого сигнала.

6. Малая температурная зависимость основных качественных показателей усилителя радиочастоты.

При выборе усилительного элемента обращают внимание на его шумовые характеристики. Для усилителей радиочастоты диапазона УКВ и менее длин волн необходимо производить выбор с учетом нормированного коэффициента шума.

Исходные данные для расчета УРЧ

- способ перестройки;
- эквивалентные затухания контуров;
- требуемый коэффициент устойчивости усиления;
- допустимый коэффициент шума;
- коэффициент усиления по номинальной мощности;
- собственное (конструктивное) затухание;
- технические характеристики усилительного элемента или ИМС;
- напряжение источника питания;
- допустимые изменения показателей каскада при перестройке по диапазону.

Усилители радиочастоты, как правило, строятся по однокаскадной схеме. В качестве базовых усилительных элементов используются микросхемы, биполярные и полевые транзисторы.

Перечень рекомендуемых микросхем, биполярных и полевых транзисторов с необходимыми техническими характеристиками представлен в приложениях (Приложение 4 и Приложение 5) [12 — 16].

3.3.1 Общие рекомендации по выбору электрических принципиальных схем селективных усилителей

При проектировании селективного усилителя наиболее часто используются в качестве усилительного элемента биполярные транзисторы и ИМС. Схемы с использованием других базовых

усилительных элементов по способу включения избирательных цепей не отличаются от примеров, рассмотренных ниже.

По характеру включения контуров различают селективные усилители:

- с автотрансформаторной связью (рис. 3.27);
- с двойной автотрансформаторной связью (рис. 3.28);
- с трансформаторной связью (рис. 3.29);
- с внутриемкостной связью (рис. 3.30).

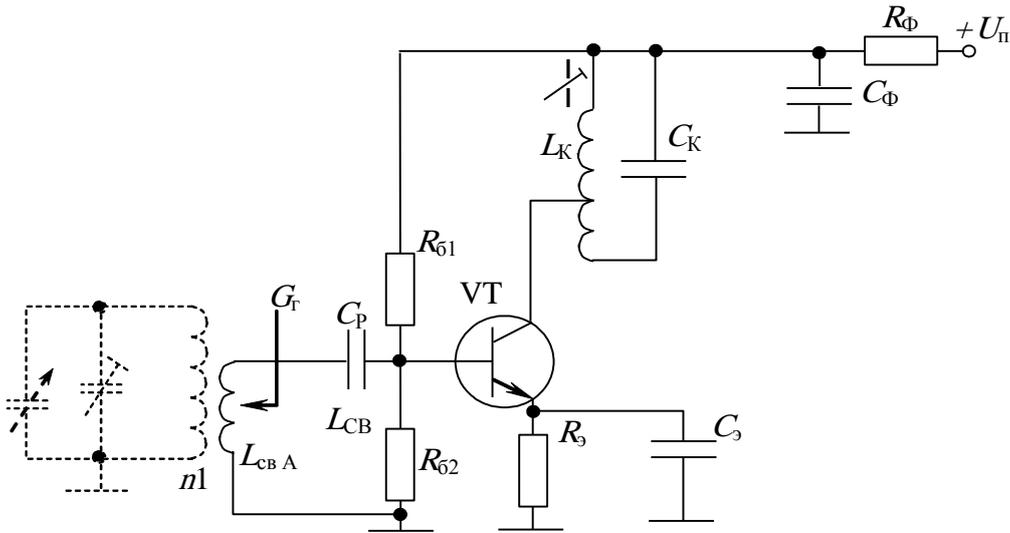


Рис. 3.27 — Электрическая принципиальная схема усилителя с автотрансформаторной связью

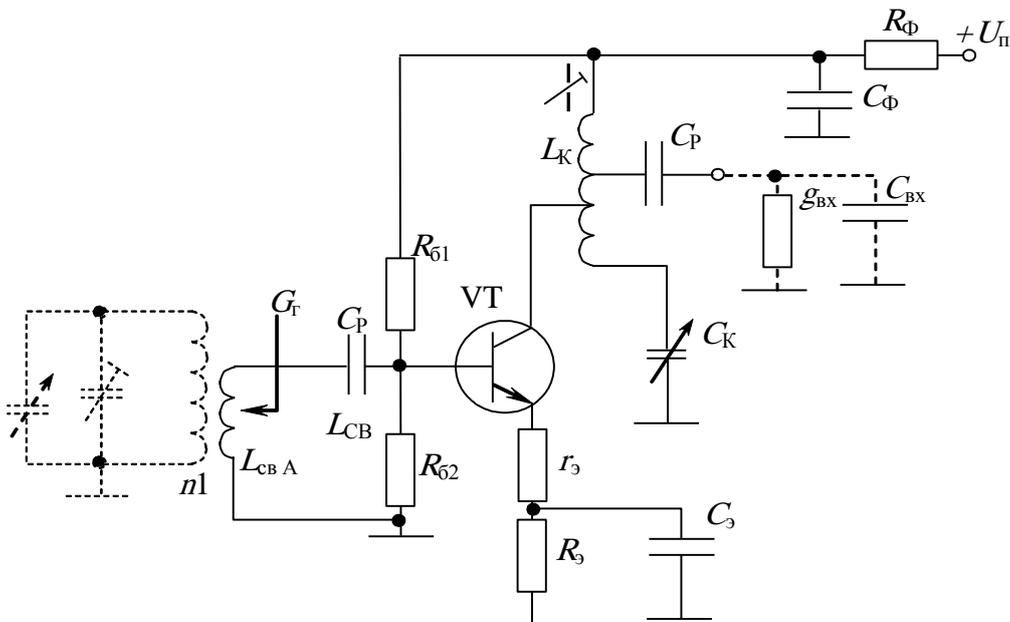


Рис. 3.28 — Электрическая принципиальная схема усилителя с двойной автотрансформаторной связью по схеме с ОЭ

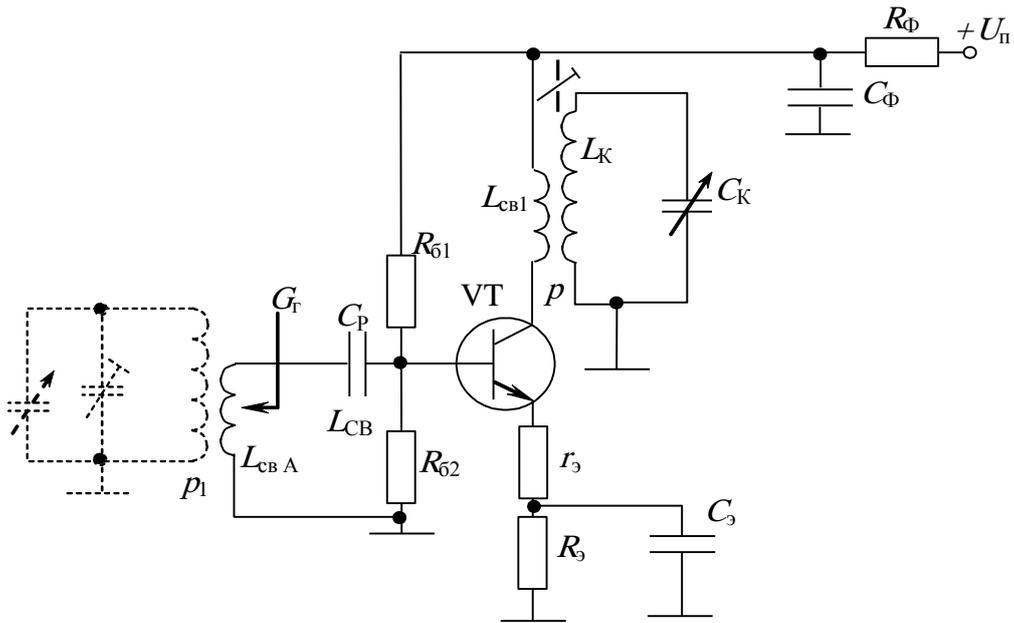


Рис. 3.29 — Электрическая принципиальная схема усилителя с трансформаторной связью

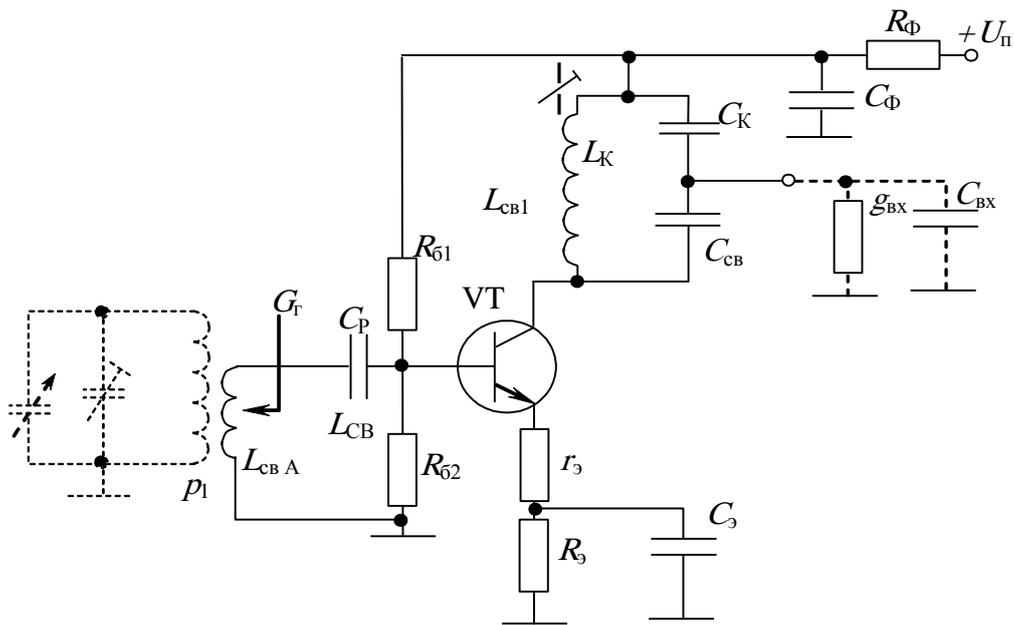


Рис. 3.30 — Электрическая принципиальная схема усилителя с внутриемкостной связью

Для схем усилителей радиочастоты, предназначенных для работы в составе преселектора, по количеству используемых контуров различают одноконтурные и двухконтурные. В перестраиваемых двухконтурных УРЧ связь между контурами выбирается индуктивной. В двухконтурных усилителях с фиксированной на-

стройкой используется индуктивная или неполная внешнеемкостная связь между контурами. В усилителях радиочастоты диапазоновых радиовещательных приемников используются одноконтурные каскады.

Для обеспечения устойчивости усиления используется дифференциальный каскад. Схема подключения контура представлена на рисунке (рис. 3.31). Для компенсации дестабилизирующих факторов, вызванных парафазными составляющими помех и шумов, в дифференциальном каскаде источник питания подключается к средней точке контурной катушки.

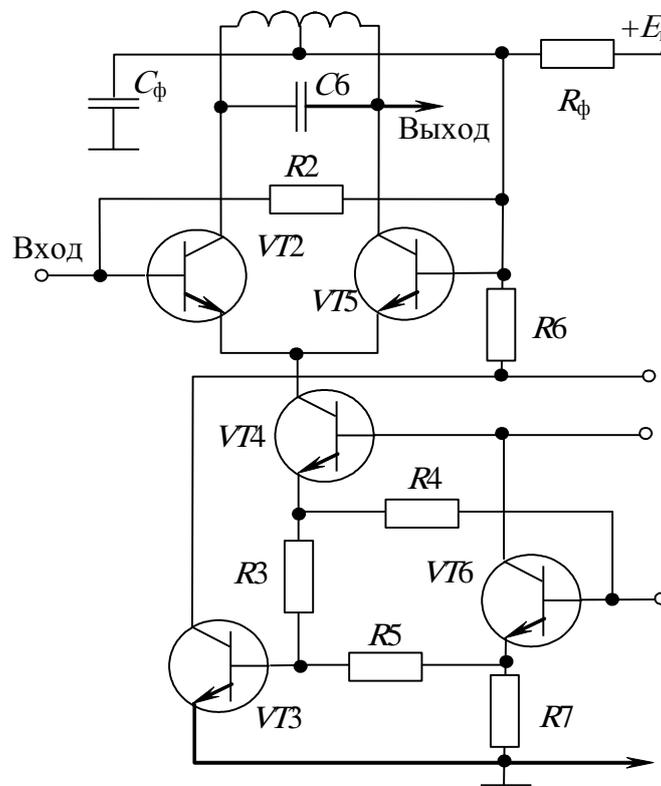


Рис. 3.31 — Схема подключения контура к выходу дифференциального каскада

Все одноконтурные селективные усилители могут быть представлены в виде эквивалентной однонаправленной линейной модели эквивалентной схемы с двойной индуктивной связью с одиночным резонансным контуром, представленной на рисунке (рис. 3.32). Входные и выходные цепи каскада представлены в виде параллельно соединенных проводимостей и емкостей. Значения входных и выходных комплексных проводимостей приве-

дены в справочной литературе или приложениях данного пособия. Подключение усилительного каскада и последующего каскада к контуру может быть трансформаторное или автотрансформаторное.

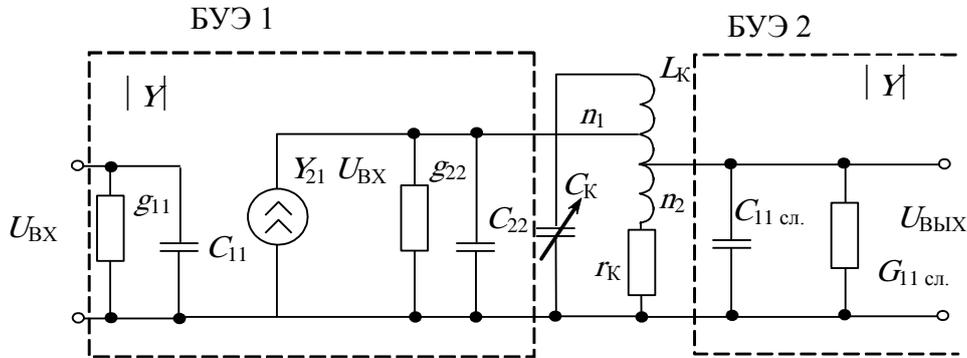


Рис. 3.32 — Эквивалентная схема перестраиваемого усилителя радиочастоты с одиночным колебательным контуром

В качестве базового усилительного элемента может быть использован усилительный каскад на дискретных элементах или микросхемах. Выбор усилительных элементов производится на этапе расчета структурной схемы радиоприемного устройства. При выборе элементной базы предпочтение отдается использованию микросхем. Усилительные каскады на дискретных элементах применяют в случае, когда не могут быть обеспечены какие-либо технические характеристики.

Электрические принципиальные схемы усилителей промежуточной частоты (усилители с фиксированной настройкой) строятся по тем же принципам, как и УРЧ. Усилители промежуточной частоты отличаются по реализации функции избирательности. Различают УПЧ по схемам распределенной или сосредоточенной избирательности. При распределенной избирательности функция селекции распределяется равномерно между каскадами, а при сосредоточенной — в многосвязном фильтре сосредоточенной селекции (ФСС).

Для электрических принципиальных схем УРЧ с одним транзистором для схем с ОЭ и ОИ необходим выбор транзистора с граничной частотой, равной

$$f_{\text{гр}} = 3 \cdot f_{0\text{max}},$$

где $f_{гр}$ — граничная частота крутизны транзистора по схеме с ОЭ;

f_{0max} — максимальная частота принимаемого сигнала.

При использовании каскадных схем (ОЭ-ОБ, ОИ-ОЗ) достаточно выполнение условия

$$f_{гр} = 2 \cdot f_{0max}.$$

При использовании микросхем во входных каскадах радиоприемных устройств также следует учитывать и шумовые свойства или их коэффициент шума. При выборе усилительного элемента необходимо учитывать также и его габариты, массу, потребляемую мощность, температурную нестабильность и стоимостные параметры.

3.3.2 Расчет усилителя радиочастоты с переменной настройкой

Электрическая принципиальная схема усилителя на дискретных элементах с двойной трансформаторной связью представлена на биполярном (рис. 3.33) и на полевом транзисторах (рис. 3.34).

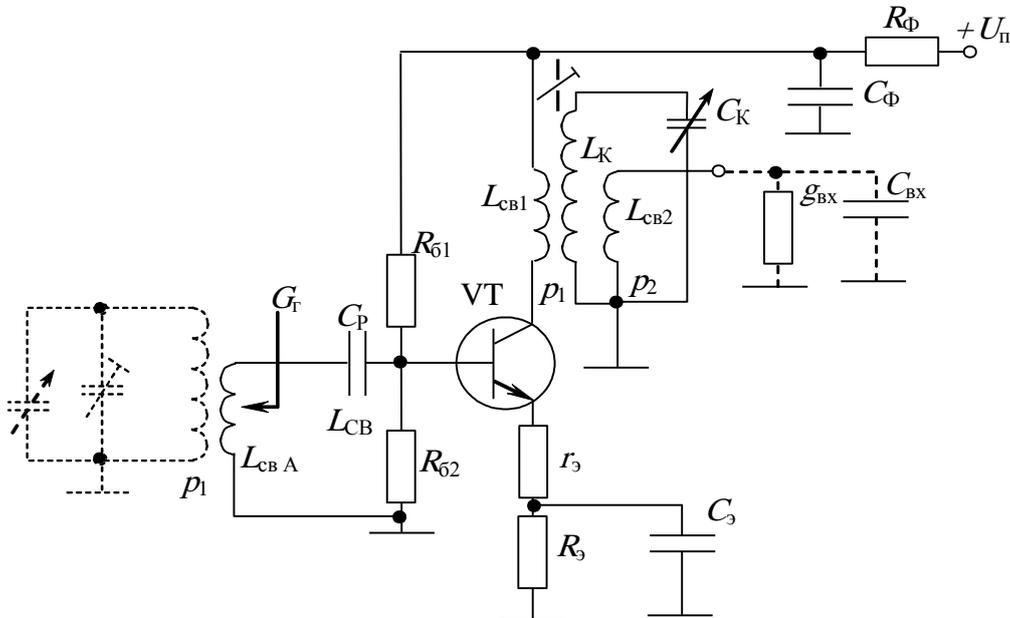


Рис. 3.33 — Электрическая принципиальная схема перестраиваемого УРЧ с двойной трансформаторной связью

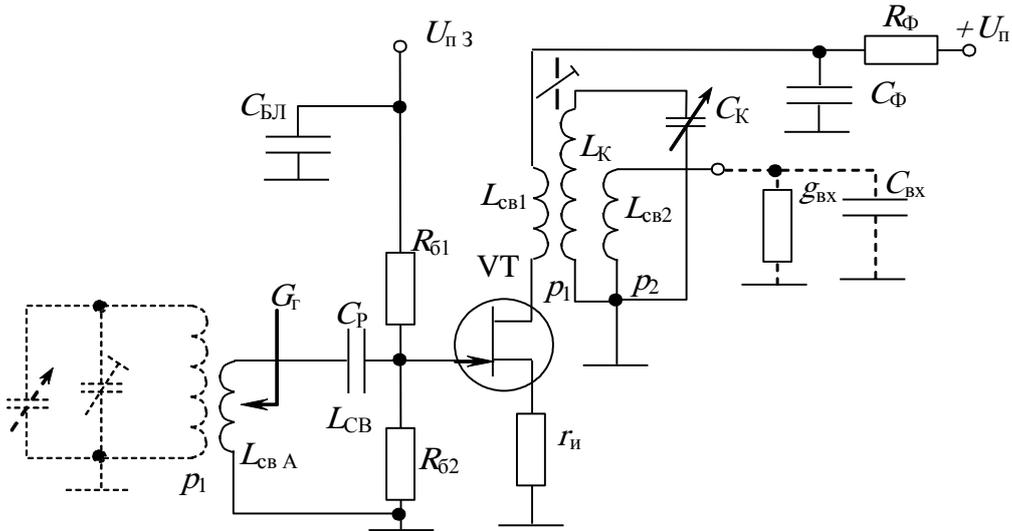


Рис. 3.34 — Электрическая принципиальная схема УРЧ с двойной трансформаторной связью

Расчет электрической принципиальной схемы усилителей радиочастоты по переменному току для представленных схем одинаков. Расчет схем по постоянному току (цепей питания) для каскадов на биполярном и полевом транзисторах имеет некоторые отличия.

Исходными данными для расчета являются параметры транзистора для выбранной рабочей точки, выбранной ранее при расчете структурной схемы с учетом требований многосигнальной избирательности (с учетом сопротивления резистора $r_э$, если он используется), а также:

Y_{21} — модуль проводимости прямой передачи;

C_{21} — проходная емкость транзистора;

$g_{вх} \cong g_{11}$ — вещественная составляющая входной проводимости;

$g_{вых} \cong g_{22}$ — вещественная составляющая выходной проводимости;

$C_{вх} \cong C_{11}$ и $C_{вых} \cong C_{22}$ — входная (следующего каскада) и выходная емкости активного элемента;

$\Delta C_{вх} \cong 0.3 \cdot C_{вх}$ — возможное отклонение входной емкости от заданного значения;

I_0 — постоянная составляющая тока коллектора транзистора;

$g_{\text{вх. сл}}$ — вещественная составляющая входной проводимости следующего каскада;

$C_{\text{вх. сл}}$ — входная емкость следующего каскада;

$N_{\text{ш. сл}}$ — коэффициент шума следующего каскада.

Исходными данными для расчета должны быть приняты и параметры колебательного контура УРЧ, который идентичен контуру входной цепи, а именно: L_k , Q_k , $C_{k \text{ min}}$, $g_k = \frac{1}{R_k}$.

Расчет УРЧ состоит из расчета элементов УРЧ и технических характеристик каскада для усиливаемого сигнала (по переменному току), а также расчета элементов цепей питания (по постоянному току).

Расчет УРЧ по переменному току (рис. 3.33). Расчет производится на тех же частотах настройки, что и расчет входной цепи. Элементы колебательного контура (системы) входной цепи и УРЧ, как отмечалось выше, идентичны и обеспечивают одинаковый закон перестройки контуров в диапазоне рабочих частот. Резонансный коэффициент усиления УРЧ $K_{0 \text{ урч}}$, зависящий от частоты настройки, для представленных схем имеет наибольшее значение на верхней частоте диапазона. Влияние внешних цепей на параметры колебательного контура будет наибольшим также на верхней частоте, поэтому коэффициенты включения (трансформации) p_2 и $p_{1 \text{ сл}}$ выбирают исходя из допустимого влияния внешних цепей на параметры колебательного контура, именно на максимальной расчетной частоте. В пределах рассчитываемого диапазона частот p_2 и $p_{1 \text{ сл}}$ от частоты настройки не зависят.

Коэффициент трансформации p_2 , из условия расширения полосы пропускания, определяется выражением:

$$p_{2 \text{ доп}} \leq \sqrt{\frac{D-1}{2} \cdot \frac{g_k}{g_{\text{вых}}}}, \quad (3.62)$$

где $D = \frac{Q_3}{Q_k}$ — параметр расширения полосы пропускания контура с учетом шунтирования внешними цепями ($D = 1.2 \dots 1.5$);

g_k — резонансная ненагруженная проводимость контура УРЧ;

$g_{\text{ВЫХ}}$ — выходная проводимость контура.

Коэффициент трансформации контура с нагрузкой p_2 , из условия влияния внутренней обратной связи на устойчивость работы УРЧ:

$$p_{2\delta} \leq \frac{D \cdot g_{\hat{e}}}{2 \cdot p_1 \cdot \sqrt{Y_{21} \cdot \omega_{\text{max}} \cdot C_{21}}}. \quad (3.63)$$

Коэффициент трансформации p_2 , из условия расстройки контура, обусловленной внесенной емкостью $\Delta C_{\text{ВХ}}$:

$$p_{2f} \leq \sqrt{\frac{C_{\text{к min}} D}{2 \cdot \Delta C_{\text{ВХ}} \cdot Q_{\text{к}}}}. \quad (3.64)$$

Из полученных значений коэффициентов трансформации выбирается наименьшее значение.

Коэффициент трансформации выходной проводимости активного элемента УРЧ в контур определяется выражениями:

– из условия допустимого расширения полосы пропускания

$$p_{1\text{слD}} \leq \sqrt{\frac{(D-1) \cdot g_{\text{к}} - p_2^2 \cdot g_{\text{ВЫХ}}}{g_{\text{ВЫХ}}}}; \quad (3.65)$$

– из условия допустимой расстройки контура;

$$p_{1\text{сл.f}} \leq \sqrt{\frac{C_{\text{к min}} - p_2^2 \cdot \Delta C_{\text{ВЫХ}} \cdot Q_{\text{к}}}{\Delta C_{\text{ВХ.сл.}} \cdot Q_{\text{к}}}}. \quad (3.66)$$

Из полученных двух значений выбирается меньший коэффициент трансформации.

Если коэффициенты $p_1 > 1$ и $p_2 > 1$, то значения коэффициентов принимаются равными единице, т.е. используется полное включение в контур. Если $p_1 < 1$ и $p_2 < 1$, то производится расчет катушек связи:

$$L_{\text{св.1}} = \frac{L_{\text{к}} p_1^2}{k^2}, \quad L_{\text{св.2}} = \frac{L_{\text{к}} p_{2\text{сл.}}^2}{k^2}, \quad (3.67)$$

где k — коэффициент магнитной связи между катушками (при однослойной намотке на катушке $k = 0.2 \dots 0.3$, при многослойной — $k = 0.4 \dots 0.5$).

Если значения индуктивностей связи превышают $0.3 \cdot L_k$, следует использовать автотрансформаторную схему включения.

Резонансный коэффициент передачи УРЧ определяется выражением

$$K_{0\text{УРЧ}} = \frac{Y_{21} \cdot p_2 \cdot p_{1\text{сл}}}{g_{\text{кэ}}}, \quad (3.68)$$

где $g_{\text{кэ}} = g_k + p_2^2 \cdot g_{\text{вых}} + p_{1\text{сл}}^2 \cdot g_{\text{вых}}$ — эквивалентная проводимость контура УРЧ;

g_k — конструктивная резонансная проводимость контура.

$$g_k = \frac{1}{\omega_0 \cdot L_k \cdot Q_k}.$$

Полоса пропускания одиночного контура УРЧ

$$P_{\text{УРЧ}} = \frac{f_0}{Q_{\text{кэ}}},$$

где $Q_{\text{кэ}} = \frac{1}{\omega_0 \cdot L_k \cdot g_{\text{кэ}}}$ — эквивалентная добротность.

Полученные расчетные данные следует сравнить с заданными требованиями, определенными на этапе расчета структурной схемы радиоприемного устройства, и с максимальным значением устойчивого коэффициента усиления. Максимальное значение устойчивого усиления для схем с ОЭ и ОИ определяется выражением [8]

$$K_{\text{уст}} = 0.45 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}}. \quad (3.69)$$

Устойчивый коэффициент для каскодных схем (ОЭ-ОБ, ОИ-ОЗ, ОЭ-ОЗ, ОИ-ОБ) определяется выражением

$$K_{\text{уст}} = 0.45 \cdot \frac{|Y_{21}|}{\sqrt{|Y_{12}| \cdot (|Y_{12}| + |Y_{22}|)}} \approx 0.45 \cdot \frac{|Y_{21}|}{\sqrt{|Y_{12}| \cdot |Y_{22}|}}. \quad (3.70)$$

Для уменьшения резонансного коэффициента усиления K_0 необходимо уменьшить коэффициент трансформации или установить шунт в колебательный контур усилителя. Уменьшение коэффициента усиления может быть достигнуто подбором (увеличением) сопротивления в цепи с обратной связью r_3 в схеме с общим эмиттером или $r_{\text{н}}$ — с общим истоком.

Увеличение резонансного коэффициента усиления возможно только за счет увеличения крутизны усиления активного элемента Y_{21} . Это достигается увеличением тока эмиттера (в схеме на биполярном транзисторе) или тока стока (в схеме на полевом транзисторе). Крутизна усиления связана с током эмиттера выражением

$$|Y_{21}|(I_{\text{э}}) = \frac{|Y_{21\text{max}}|}{1 + a \cdot \lg^2 \frac{I_{\text{э0}}}{I_{\text{эм}}} + 2 \cdot a \cdot \ln e \cdot \lg \frac{I_{\text{э0}}}{I_{\text{эм}}}},$$

где $|Y_{21\text{max}}|$ — максимальное значение модуля крутизны биполярного транзистора;

$I_{\text{э0}}$ — постоянная составляющая тока эмиттера в рабочей точке;

$I_{\text{эм}}$ — справочное значение тока эмиттера при максимальном значении модуля крутизны;

a — коэффициент аппроксимации зависимости (для маломощных кремниевых биполярных транзисторов $a = 0.5$).

Если расчет схемы по переменному току завершен, то производится расчет цепей питания. Расчет усилителя радиочастоты с фиксированной настройкой практически не отличается от приведенной ранее методики.

Расчет элементов цепей питания по постоянному току усилителей на биполярном транзисторе (рис. 3.33). Исходными данными для расчета цепей питания является значение постоянной составляющей тока. Напряжение между эмиттером и базой для маломощных кремниевых транзисторов можно принять 0.6 В, для германиевых — 0.15 В. Напряжение между эмиттером и коллектором берется из справочных данных. Оптимальное, с точки зре-

ния температурной стабильности каскада, сопротивление резистора $R_Э$ определяется по графику (рис. 3.35).

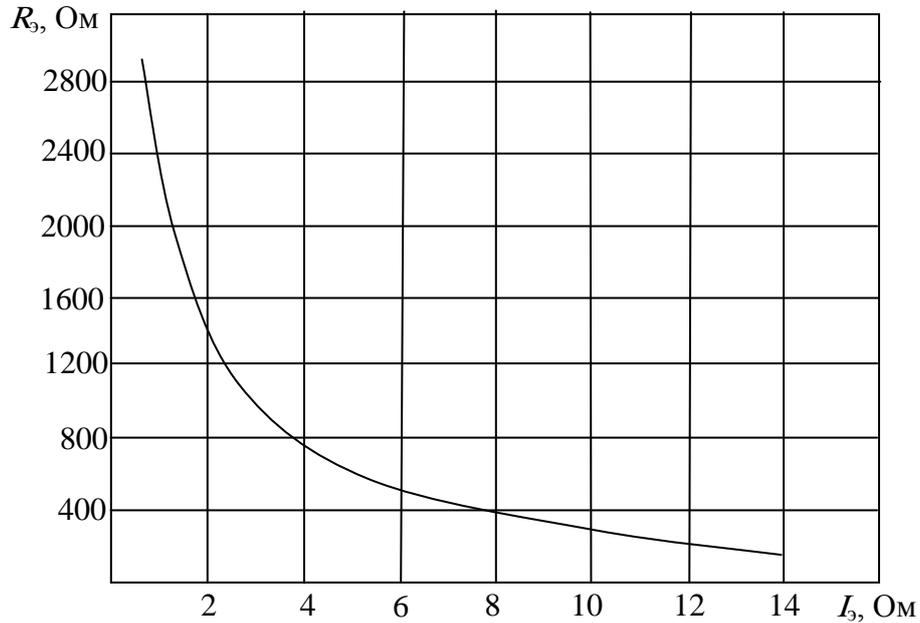


Рис. 3.35 — Зависимость сопротивления $R_Э$ от оптимального по температурной стабильности тока $I_э$

Расчет напряжения на эмиттере и коллекторе.

$$U_Э = \frac{I_0}{R_Э}, U_К = U_Э + U_{КЭ},$$

где I_0 — постоянная составляющая выходного тока ($I_0 \approx I_К \approx I_Э$).

Если $U_К < U_П$, то в цепи питания вводится сопротивление $R_Ф$, позволяющее обеспечить, кроме фильтрации переменного напряжения, дополнительную температурную стабилизацию режима работы транзистора по схеме с параллельной отрицательной обратной связью по постоянному напряжению. Сопротивление $R_Ф$ определяется выражением

$$R_Ф = \frac{U_П - U_К}{I_0}.$$

Ток в цепи делителя определяется выражением

$$I_Д = 0.1 \cdot I_0.$$

Производим расчет сопротивлений в цепи делителя:

$$R_{Б2} = \frac{U_{Б}}{I_{Д}}, \quad R_{Б1} = \frac{U_{К} - U_{Б}}{I_{Д}}.$$

Вещественная составляющая входной проводимости каскада УРЧ определяется выражением

$$g_{вхУРЧ} = g_{вх} + \frac{1}{R_{Б1}} + \frac{1}{R_{Б2}}.$$

Для устранения последовательной отрицательной обратной связи по переменному току вводится блокирующая емкость $C_{Э}$, величина которой на минимальной частоте рабочего диапазона УРЧ определяется выражением

$$C_{Э} = \frac{10 \cdot Y_{21}}{\omega_{\min}}.$$

Величина разделительного конденсатора на входе УРЧ определяется соотношением

$$C_{Д} = \frac{10 \cdot g_{\text{вх}}}{\omega_{\min}}.$$

Величина фильтрующего конденсатора по цепи питания УРЧ определяется соотношением

$$C_{\text{Ф}} = \frac{10 \cdot g_{\text{вх}}}{\omega_{\min}}.$$

При необходимости включения электролитических конденсаторов большой емкости параллельно им в схему включаются высокочастотные конденсаторы меньшей емкости.

Расчет элементов цепей питания по постоянному току усилителей на полевом транзисторе (рис. 3.34). На схеме представлен отдельный источник питания затвора $U_{ПЗ}$, так как полевые транзисторы разного типа требуют разной полярности напряжения на затворе. При одинаковой полярности напряжений на затворе и стоке может использоваться один общий источник питания, тогда схема питания затвора будет аналогична рис. 3.33. При разных полярностях напряжений на затворе и стоке чаще используют автоматическое смещение так, как показано на рисунках (рис. 3.36 и рис. 3.37).

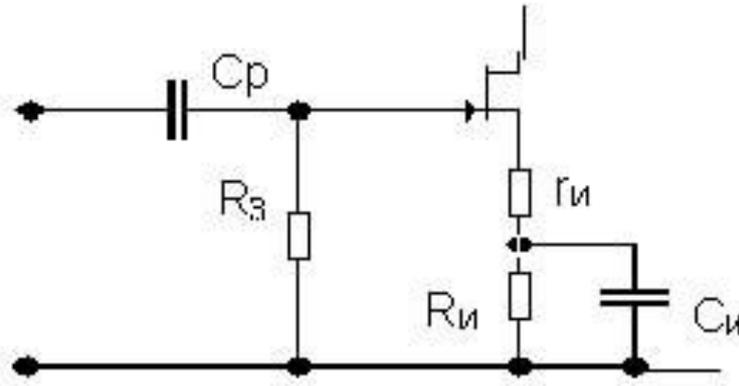


Рис. 3.36 — Схема автоматического смещения на затворе с разделительным конденсатором на входе

Исходными данными для расчета являются: $I_C = I_0$ — значение тока в исходном режиме, $U_{СИ}$ — напряжение между стоком и истоком.

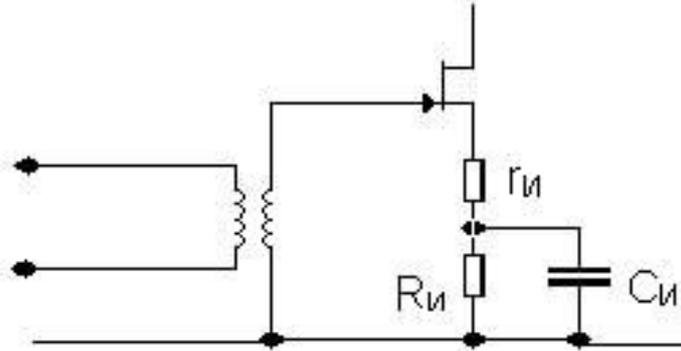


Рис. 3.37 — Схема автоматического смещения на затворе с разделительным трансформатором на входе

Требуемое значение напряжения на затворе $U_{ЗИ}$ следует выбрать по статическим характеристикам транзистора из справочных данных.

Рассчитываем сопротивление $R_{И}$, на котором создается это напряжение

$$R_{И} = \frac{U_{ЗИ}}{I_0}$$

и напряжение на стоке относительно корпуса

$$U_C = U_{ЗИ} + U_{СИ}.$$

Если $U_C < U_{П}$, то в цепь питания вводится сопротивление фильтра $R_{Ф}$ величиной

$$R_{Ф} = \frac{U_{П} - U_C}{I_0}.$$

Если $U_C > U_{\Pi}$, то схема с автосмещением не пригодна и следует вернуться к схеме на рис. 3.34.

Так как ток затвора ПТ пренебрежимо мал, то сопротивление утечки тока затвора R_3 не влияет на режим по постоянному току и его следует выбирать так, чтобы оно не шунтировало колебательный контур предшествующего каскада:

$$R_3 > \frac{5 \dots 10}{g_{\Gamma}}.$$

При использовании схемы (рис. 3.34) сопротивление резистора R_{32} выбираем аналогично. Затем определяем ток делителя

$$I_{\text{Д}} = \frac{U_{3\text{И}}}{R_{32}}$$

и рассчитываем

$$R_{31} = \frac{U_{\Pi} - U_{3\text{И}}}{I_{\text{Д}}}.$$

Вещественная составляющая входной проводимости каскада на ПТ в основном определяется резисторами:

$$g_{\text{вхУРЧ}} = \frac{1}{R_{31}} + \frac{1}{R_{32}} \quad (\text{рис. 3.34});$$

$$g_{\text{вхУРЧ}} = \frac{1}{R_3} \quad (\text{рис. 3.36});$$

$$g_{\text{вхУРЧ}} = \frac{U_3}{I_{\text{ут.3}}} \quad (\text{рис. 3.37}),$$

где $I_{\text{ут.3}}$ — ток утечки затвора.

Значения рассчитанных конденсаторов и резисторов усилителей радиочастоты выбираются по таблицам номинальных значений (табл. П6.1 и табл. П7.1).

3.3.3 Выбор и расчет усилителя промежуточной частоты радиовещательного и связного приемников

Проектирование усилителя промежуточной частоты радиовещательных и связных приемных устройств заключается в выборе ФСС, микросхемы, расчета цепей питания и частотно-задающих элементов схем. Выбор электрической принципиаль-

ной схемы УПЧ производится в соответствии с рекомендациями раздела 3.1 настоящего пособия и расчета структурной схемы приемника по критериям избирательности и усиления. В качестве фильтра, обеспечивающего избирательность по соседнему каналу, необходимо использовать серийно выпускаемые ультразвуковые ФСС (Приложение 3). Электрические принципиальные назначения и рекомендации по расчету элементов УПЧ радиовещательных и связных приемных устройств представлены в приложении (Приложение 4). При необходимости компенсации потерь мощности сигнала в пьезокерамических фильтрах и фильтрах на поверхностных акустических волнах на выходе преобразователя частоты включают усилительный каскад со слабоизбирательными свойствами. Для расчета электрической принципиальной схемы усилительного каскада с одиночными колебательными контурами можно воспользоваться методикой, изложенной в разделе 3.3.2 применительно к селективным усилителям с фиксированной настройкой частоты.

3.4 Выбор и расчет электрической принципиальной схемы преобразователя частоты

3.4.1 Выбор электрической принципиальной схемы преобразователя частоты

При выборе электрической принципиальной схемы предпочтение отдается многофункциональным микросхемам, в состав которых входят и преобразователи частоты. Перечень микросхем, необходимых для реализации преобразователя частоты, представлен в разделе 3.1. Расчету подлежат элементы частотно-задающих цепей и цепей питания. При невозможности использования многофункциональных микросхем, например в радиоприемниках с двойным и более преобразованием частоты, следует использовать специализированную ИМС К174ПС1 или К174ПС4, в зависимости от диапазона рабочих частот.

Принципиальные схемы К174ПС1 и К174ПС4, параметры которых при различных режимах работы приведены в приложениях (П.4.3.1 и П.4.3.2). Микросхема позволяет реализовать раз-

нообразные варианты построения преобразователя частоты. Варианты построения отличаются способом подключения нагрузки, видами связей с предшествующим каскадами и гетеродином. Преобразователь частоты на данной ИМС может быть выполнен по схеме с внешним и с совмещенным гетеродинами.

На рисунках (рис. 3.38, 3.39) приведены варианты подключения нагрузки к выходу ПЧ. Нагрузкой ПЧ является ФСС, подключаемый через согласующий контур L_K, C_K . В обоих случаях в ПЧ обеспечивается ослабление помехи с частотой, равной промежуточной. Достоинством схемы с симметричным включением являются высокие показатели подавления частоты гетеродина в выходном спектре сигнала преобразователя частоты.

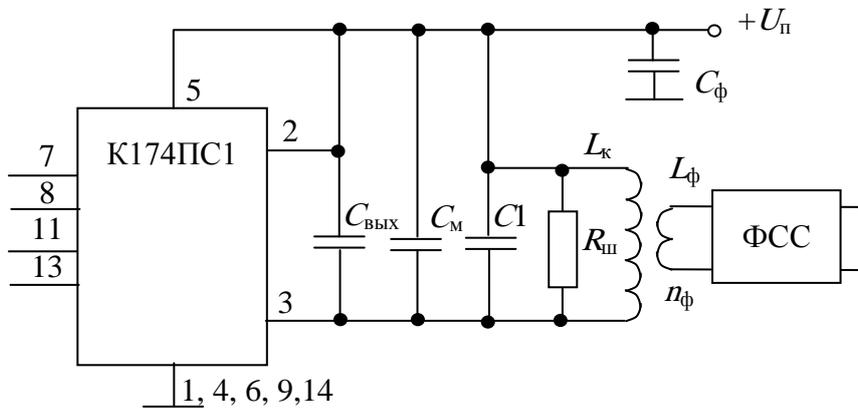


Рис. 3.38 — Схема несимметричного включения контура к выходу ИМС К174ПС1 (К174ПС4)

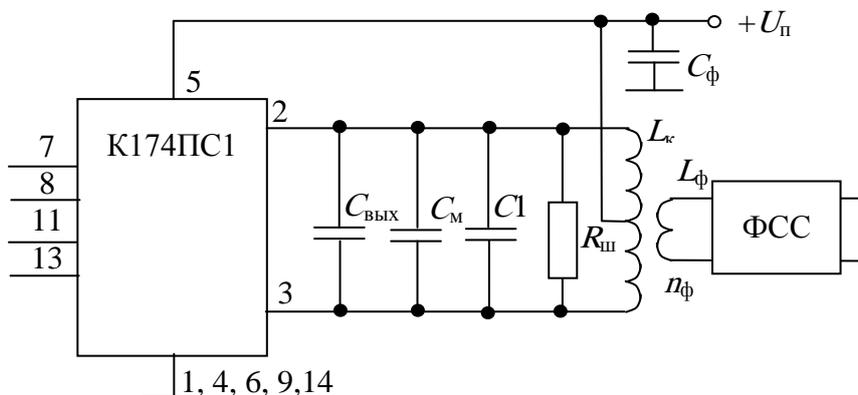


Рис. 3.39 — Схема симметричного включения нагрузки к выходу ИМС К174ПС1 (К174ПС4)

На рисунке (рис. 3.40) представлены схемы подключения микросхемы внешнего гетеродина и УРЧ с трансформаторной (а) и с емкостной (б) связями. Схема преобразователя частоты с внутренним гетеродином приведены в приложениях (П.4.3.1 и П.4.3.2).

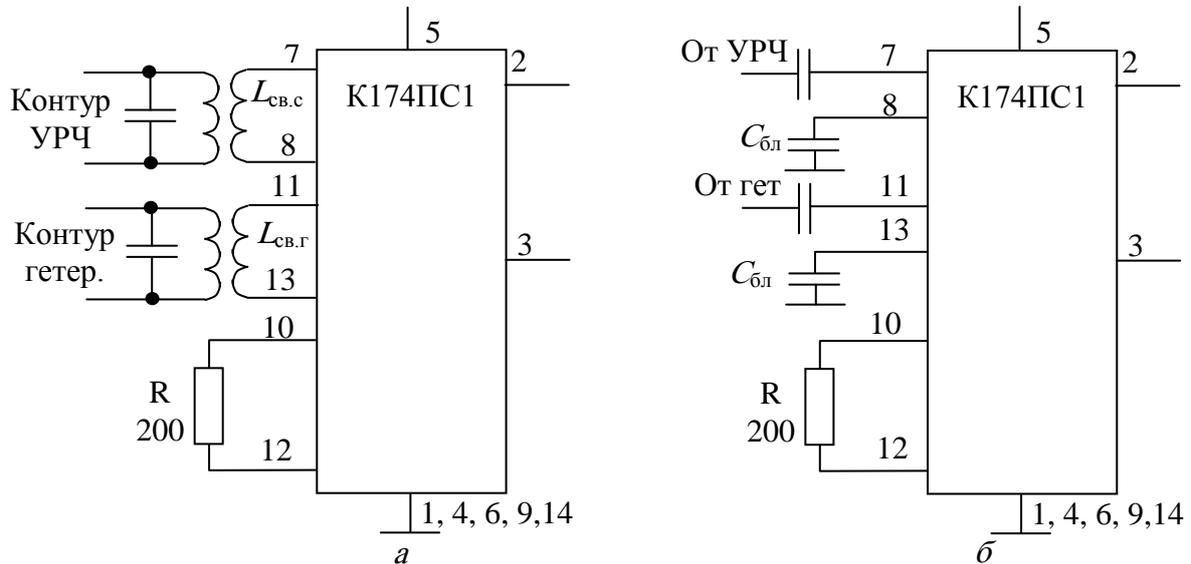


Рис. 3.40 — Схема включения ИМС с внешним гетеродином

Электрические принципиальные схемы преобразователей частоты, выполненных на ИМС К174ПС1 (К174ПС4) с внутренним гетеродином, приведены в приложениях (П.4.3.1) и (П.4.3.2).

3.4.2 Расчет электрической принципиальной схемы преобразователя частоты

Задачей расчета является определение параметров элементов согласующего контура (рис. 3.38, 3.39) и коэффициента его включения ρ_{Φ} во входную цепь ФСС.

Исходными данными для расчета являются:

- значение промежуточной частоты приемника, $f_{ПЧ}$;
- полоса пропускания ФСС, Δf_{Φ} ;
- входная проводимость ФСС, $g_{ВХ \Phi}$;
- конструктивная добротность катушки СК на $f_{ПЧ}$, Q_K ;
- крутизна преобразования ИМС, $Y_{21 ПР}$;
- выходная проводимость ИМС на $f_{ПЧ}$, $g_{ВЫХ}$.

Значения крутизны преобразования Y_{21} ПР и выходная проводимость $g_{\text{ВЫХ}}$ должны соответствовать выбранной схеме подключения нагрузки. Полоса пропускания согласующего контура выбирается существенно больше, чем полоса пропускания ФСС, чтобы избежать влияния согласующего контура на полосу пропускания тракта промежуточной частоты. С другой стороны, она не должна быть слишком большой, так как это приведет к снижению коэффициента усиления смесителя преобразователя частоты и к ухудшению избирательности при больших отстройках. Для обеспечения оптимальной полосы пропускания добротность согласующего контура рекомендуется выбрать из условия

$$Q_{\text{кэ}} = (2.5 \dots 3.5) Q_{\text{ф}}.$$

Величина индуктивности согласующего контура на выходе смесителя выбирается из таблицы

f , МГц	0,1...0,5	0,5...1,0	1...5	5...10	10...20	20...40	40...100	>100
L , мкГ	1000...400	400...250	250...20	20...10	10...5	5...0,8	0,8...0,05	>0,01

Эквивалентная емкость согласующего контура определяется выражением

$$C_{\text{ЭУ}} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\text{г}} \cdot L_{\text{э}}^2}.$$

Значение емкости конденсатора контура определяется выражением

$$C_{\text{к}} = C_{\text{кэ}} - C_{\text{м}} - C_{\text{л}}.$$

Полагая конструктивную добротность контура $Q = 80 \dots 150$ и убедившись, что она не менее чем в 2.5...3 раза выше значения нагруженной добротности $Q_{\text{э}}$, вычисляем проводимости ненагруженного и нагруженного (эквивалентного) контуров

$$g_{\text{э}} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\text{г}} \cdot L_{\text{э}} \cdot Q_{\text{э}}}, \quad g_{\text{эу}} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\text{г}} \cdot L_{\text{э}} \cdot Q_{\text{эу}}}.$$

и сопротивление шунтирующего резистора

$$R_{\text{ш}} = \frac{1}{0.5 \cdot g_{\text{кэ}} - g_{\text{к}} - g_{\text{ВЫХ}}}.$$

Коэффициент включения согласующего контура во входную цепь ФСС, при котором обеспечивается согласование:

$$n_{\phi} = \sqrt{\frac{g_{\kappa} + g_{\text{ВЫХ}} + g_{\text{Ш}}}{g_{\text{ВХ } \phi}}},$$

$g_{\text{ВХ } \phi}$ — входная проводимость ФСС.

Индуктивность катушки связи согласующего контура с ФСС

$$L_{\phi} = \frac{L_{\kappa} \cdot n_{\phi}^2}{k^2},$$

где k — коэффициент магнитной связи — зависит от типа применяемых сердечников; для броневых сердечников, используемых при $f_{\text{ПЧ}}=465$ кГц, он может достигать значений 0.8...0.9; для однослойных катушек с ферритовым подстроечным сердечником при $f_{\text{ПЧ}}=10.7$ МГц $k = 0.25...0.35$.

Коэффициент усиления преобразователя частоты:

$$K_{0\text{пр}} = \frac{U_{\text{ВХ } \phi}}{U_{\text{ВХ пр}}} = \frac{|Y_{21}| \cdot n_{\phi}}{g_{\text{кэ}}}.$$

Полученное значение коэффициента усиления преобразователя частоты сравнивается со значением, которым задавались при расчете структурной схемы. Изменение коэффициента преобразования $K_{0\text{ пр}}$ рекомендуется производить выбором сопротивления шунта $R_{\text{Ш}}$, а следовательно и коэффициента трансформации n_{ϕ} . Однако следует иметь в виду, что при увеличении $R_{\text{Ш}}$ уменьшается полоса пропускания $\Pi_{\text{кэ}}$, что нежелательно.

3.4.3 Выбор частотно-задающих цепей гетеродина

Выбор частотно-задающих цепей гетеродина заключается в разработке колебательного контура, схемы сопряжения контуров гетеродина и преселектора. Необходимость сопряжения контуров вызвана тем, что коэффициент перекрытия по частоте контуров преселектора и гетеродина различен [1]. На практике используется несколько способов сопряжения контуров, отличающихся числом частот, на которых обеспечивается точная настройка контуров преселектора и гетеродина, разность частот которых точно равна значению промежуточной частоты. Число выбранных частот, на которых обеспечивается сопряжение контуров, зависит от

коэффициента перекрытия по диапазону. В таблице представлены выражения определения частот сопряжения на одной, двух и трех точках диапазона принимаемых сигналов для различных коэффициентов перекрытия по частоте принимаемых сигналов k_f .

Коэфф. перекрытия	$k_f < 1$	$1.1 \leq k_f \leq 1.7$	$k_f > 1.7$
Частоты сопряжения	$f_1 = f_{\min} \cdot \frac{2 \cdot k_f}{1 + k_f}$	$f_1 = f_{\min} \cdot k_f^{0.147}$ $f_2 = f_{\min} \cdot k_f^{0.852}$	$f_1 = f_{\min} \cdot k_f^{0.067}$ $f_2 = f_{\min} \cdot k_f^{0.5}$ $f_3 = f_{\min} \cdot k_f^{0.933}$

После расчета частот сопряжения и выбора эквивалентной емкости контура гетеродина производится расчет индуктивности. Эквивалентная емкость контура гетеродина, как правило, выбирается такой же, как и в контурах преселектора:

$$L_{\hat{e}\hat{a}} = \frac{1}{(2\pi f_{\max})^2 \cdot C_{\hat{e}\hat{a}\min}}$$

Расчет элементов контура гетеродина заканчивается подбором номинальных значений емкостей конденсаторов, включаемых в принципиальную схему.

3.5 Выбор и расчет электрической принципиальной схемы детектора

3.5.1 Расчет электрической принципиальной схемы детектора АМ-сигналов

При выборе электрической принципиальной схемы детектора рекомендуется использовать многофункциональные ИМС, в состав которых входит и детектор АМ-сигналов. Но в ряде случаев требуется использование диодных детекторов. В настоящем пособии рассмотрим методику расчета АМ-детектора с разделенной нагрузкой.

Принципиальная схема диодного детектора приведена на рисунке (рис. 3.41). Для снижения искажений, обусловленных

различием сопротивлений по переменному и постоянному токам, и улучшения фильтрации высокочастотного напряжения сопротивление нагрузки детектора разделено на две части (R_1 и R_2). Потенциометр R_2 является одновременно регулятором громкости.

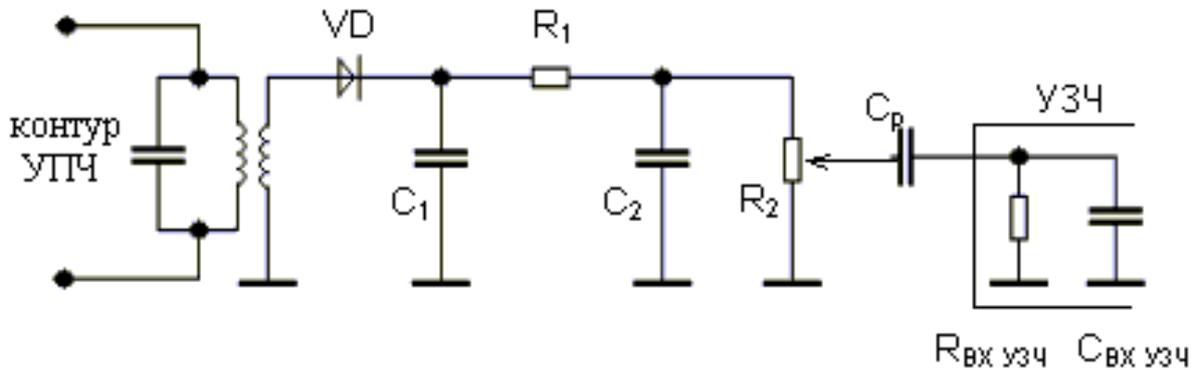


Рис. 3.41 — Электрическая принципиальная схема диодного детектора АМ-сигналов

Для расчета АМ-детектора исходными данными будут:

- нормальное и максимальное значения коэффициента модуляции $m_{\text{н}} = 0.3$, $m_{\text{макс}} = 0.9$;
- значения прямого ($r_{\text{пр}}$) и в обратного ($r_{\text{обр}}$) сопротивлений выбранного диода. Если в справочной литературе отсутствуют сведения о $r_{\text{пр}}$ и $r_{\text{обр}}$, их можно приближенно определить, используя значения прямого и обратного токов и соответствующих напряжений:

$$r_{\text{пр}} = U_{\text{пр}} / I_{\text{пр}}; \quad r_{\text{обр}} = U_{\text{обр}} / I_{\text{обр}}.$$

Расчет детектора проводим для режима сильных сигналов. Сопротивление нагрузки АМ-детектора по постоянному току $R_{\text{пт}} = 10 \dots 20$ кОм. Далее рассчитываем значения R_2 и R_1 :

$$R_2 = \frac{R_{\text{пт}} \cdot (1 - m_{\text{макс}})}{2} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot R_{\text{вх.узч}}}{(1 - m_{\text{макс}}) \cdot R_{\text{пт}}}} \right].$$

$$R_1 = R_{\text{пт}} - R_2.$$

Сопротивление нагрузки детектора по переменному току с частотой модуляции

$$R_{\text{н}\omega} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{\text{вх.узч}}}{R_2 + R_{\text{вх.узч}}}.$$

Входное сопротивление детектора

$$R_{\text{вх.д}} = \frac{R_{\text{пт}}}{2 + 3 \cdot \frac{R_{\text{пт}}}{r_{\text{обр}}}}.$$

Емкость нагрузки детектора выбирается из двух условий:

– допустимых линейных искажений на максимальной частоте модуляции, обусловленных инерционностью нагрузки детектора

$$C_1 \leq \frac{\sqrt{\dot{I}_{\text{а}}^2 - 1}}{2\pi \cdot F_{\text{а}} \cdot R_{\text{г}\Omega}},$$

– малых нелинейных искажений, обусловленных разницей по переменному и постоянному токам

$$C_1 \leq \frac{\sqrt{1 - m_{\text{max}}^2}}{m_{\text{max}} \cdot \pi \cdot F_{\text{а}} \cdot R_{\text{г}\delta}}.$$

Из двух значений выбирается меньшее, затем производится выбор стандартных значений конденсаторов:

$$C_1 = C_{\text{н}} / 2, C_2 = C_{\text{н}} - C_1 - C_{\text{вх узч}}.$$

Расчет емкости разделительного конденсатора, производят из условия минимума допустимых линейных искажений в области нижних частот модуляции

$$C_{\delta} \geq \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F_1 \cdot (R_2 + R_{\text{а}\delta.\text{о}\zeta\text{г}}) \cdot \sqrt{\dot{I}_{\text{а}}^2 - 1}}.$$

Коэффициент фильтрации напряжения промежуточной частоты определяется элементами схемы детектора, а именно:

– фильтром, образованным $R_{\text{вх д}}$, C_1

$$K_{\delta}^{\prime} = 2\pi \cdot f_{\text{г}\div} \cdot C_1 \cdot R_{\text{а}\delta.\text{а}};$$

– фильтром, образованным R_1 , C_2

$$K_{\delta}^{\prime\prime} = 2\pi \cdot f_{\text{г}\div} \cdot (C_2 + \tilde{N}_{\text{а}\delta.\text{о}\zeta\text{г}}) \cdot R_1.$$

Общий коэффициент фильтрации $K_{\text{ф}} = K_{\text{ф}}^{\prime} \cdot K_{\text{ф}}^{\prime\prime}$.

Угол отсечки тока диода $\Theta = \sqrt[3]{\frac{3\pi \cdot r_{\text{г}\delta}}{R_{\text{г}\delta}}}$.

Коэффициент передачи детектора

$$K_{\dot{a}\Omega} = \frac{\sin\Theta}{\Theta + \frac{\pi \cdot f_1 \delta}{K_{1\Omega}}}$$

Величина напряжения на входе УЗЧ на средних частотах модуляции

$$U_{\text{ВХ УЗЧ}} = U_{\text{ВХ Д}} m_H K_{\text{Д}\Omega} (R_{\text{Н}\Omega} - R_1) / R_{\text{Н}\Omega}.$$

После расчета элементов детектора производится выбор резисторов и конденсаторов из таблиц ряда номиналов, указанных в приложениях (Приложение 6, 7).

3.5.2 Расчет электрической принципиальной схемы детектора ЧМ-сигналов

Типовая структура ИМС, выполняющая функции ЧД (К174УР1, К174УР3, К174ХА6 и др.), включает в себя несколько каскадов усилителя-ограничителя, аналоговый перемножитель и каскад УЗЧ. На рисунке (рис. 3.42) приведена нумерация выводов ИМС К174УР3. Нумерацию выводов ИМС других типов следует уточнить с использованием справочной литературы.

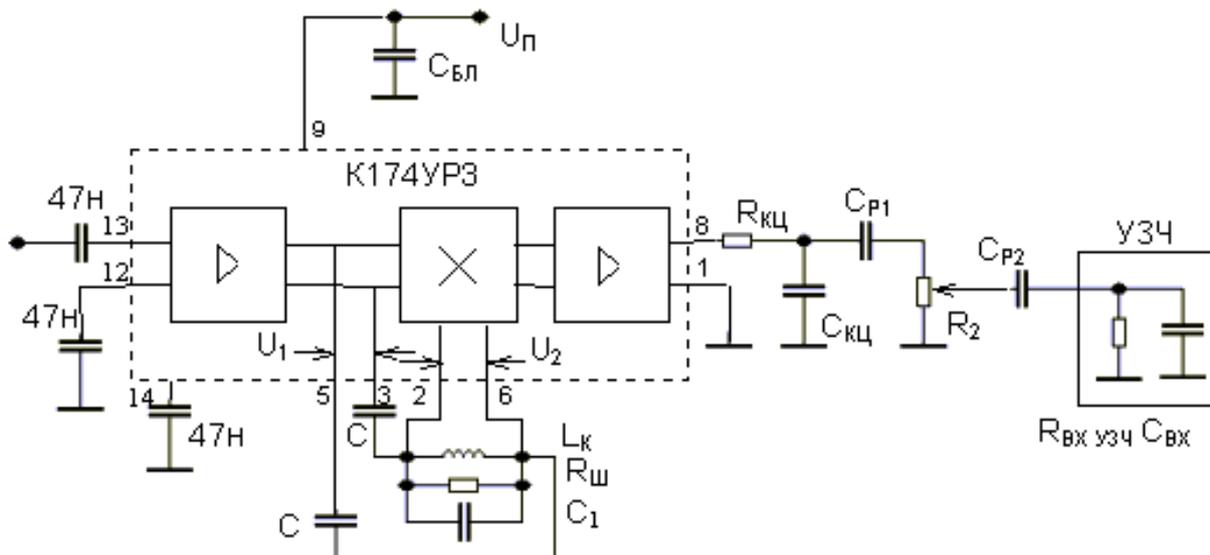


Рис. 3.42 — Пример реализации частотного детектора ЧМ-сигналов на ИМС К174УР3

Работа ЧД основана на преобразовании вида модуляции частотно-модулированного колебания (ЧМК) в колебание с частотно-фазовой модуляцией (ЧФМК) и последующего фазового детектирования путем перемножения принятого и преобразованного колебаний. Роль преобразователя ЧМК в ЧФМК выполняют параллельный фазосдвигающий контур $L_K C_1$ и два конденсатора малой емкости C , обеспечивающие начальный фазовый сдвиг между U_1 и U_2 , равный $\pi/2$. Контур настроен на промежуточную частоту $f_{ПЧ}$. Его ФЧХ вблизи резонансной частоты практически линейна. Для получения требуемой полосы пропускания контур зашунтирован резистором $R_{Ш}$.

Следует заметить, что функции фазосдвигающей цепи может выполнять и последовательный колебательный контур, образованный L_K и $2C$, с частотой настройки $\omega_{i\div} = \frac{1}{\sqrt{2CL_{\epsilon}}}$. В этом

случае емкость C_1 составляет несколько пикофарад и включается только для стабилизации собственной емкости катушки L_K .

Основной задачей расчета ЧД является определение параметров элементов фазосдвигающей цепи. Ниже приведен расчет для параллельного колебательного контура.

Полосы пропускания эквивалентного контура определяются выражением $P_{КЭ} = (2...3) P_{пр}$, учитывая, что при увеличении значения $L_{КЭ}$ снижаются нелинейные искажения сигнала, но одновременно происходит уменьшение крутизны детекторной характеристики. Определяем требуемое значение добротности эквивалентного контура $Q_{КЭ} = f_{ПЧ} P_{КЭ}$.

Выбираем емкость конденсатора C_1 . При $\square f_{ПЧ} = 10.7$ МГц емкость конденсатора должна составлять 300...470 пФ. С учетом влияния емкости монтажа и входной емкости ИМС принимаем значение емкости контура C_K приблизительно на 10...15 пФ больше емкости конденсатора C_1 . Рассчитываем индуктивность контура L_K . Задавшись конструктивной добротностью контура $Q_K = 80...100$, рассчитываем проводимости:

$$g_{\hat{\epsilon}} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{i\div} \cdot L_{\hat{\epsilon}} \cdot Q_{\hat{\epsilon}}}, \quad g_{\hat{\epsilon}y} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{i\div} \cdot L_{\hat{\epsilon}} \cdot Q_{\hat{\epsilon}y}}.$$

Сопротивление шунтирующего резистора

$$R_{\text{ш}} = \frac{1}{g_{\text{кэ}} - g_{\text{к}} - g_{\text{вх}}},$$

где $g_{\text{вх}}$ — проводимость ИМС со стороны входов, к которым подключен фазосдвигающий контур. Ее значение приблизительно $3 \cdot 10^{-5}$ См.

Значение емкостей последовательных конденсаторов

$$C \leq \frac{0.2 \cdot g_{\text{эу}}}{2\pi \cdot f_{\text{г}}},$$

Далее рассчитываем параметры цепи коррекции предискажений ($R_{\text{кц}}$, $C_{\text{кц}}$). Принимая сопротивление $R_{\text{кц}} = (0.07 \dots 0.1) R_{\text{вх}}$ узч, определяем

$$C \leq \frac{\tau_{\text{кц}}}{R_{\text{кц}}},$$

где $\tau_{\text{кц}}$ — постоянная времени корректирующей цепи (в системах телевизионного вещания — 75 мкс, радиовещания — 50 мкс).

На выходе ИМС помимо низкочастотного сигнала присутствует постоянное напряжение, приблизительно равное половине напряжения питания, поэтому потенциометр регулятора громкости R_2 подключают через разделительный конденсатор $C_{\text{р1}}$. Между потенциометром и входом ИМС УЗЧ необходим еще один разделительный конденсатор $C_{\text{р2}}$. Задаемся сопротивлением $R_2 = (0.3 \dots 0.5) R_{\text{вх}}$ узч. Рассчитываем

$$C_{\text{д1}} \leq \frac{1}{2\pi \cdot F_1 \cdot R_2 \cdot \sqrt{M_{\text{н}}^2 - 1}};$$

$$C_{\text{д1}} \leq \frac{1}{2\pi \cdot F_1 \cdot (R_2 + R_{\text{адог}}) \cdot \sqrt{M_{\text{н}}^2 - 1}},$$

где $M_{\text{н}} = 1.1 \dots 1.2$ — допустимые искажения на нижних частотах модуляции.

Входная проводимость детектора ($g_{\text{вх д}} = 1 / R_{\text{вх д}}$) равна входной проводимости ИМС.

Значение напряжения на выходе детектора определяется на основе справочных данных на используемую ИМС.

3.6 Общие рекомендации по выбору и расчету цепей питания элементов и узлов радиоприемника

При выборе постоянного напряжения источника питания рекомендуется использовать следующий ряд напряжений

Ряд напряжений источника питания, В									
1,5	3,0	4,5	6,0	9,0	12,0	15,0	24,0	28,0	36,0

Число источников постоянного напряжения должно быть минимальным, но не более 2-х. Предпочтение отдается использованию электрической принципиальной схемы с одним источником питания. При построении цепей источника питания используются последовательная или параллельная схемы включения.

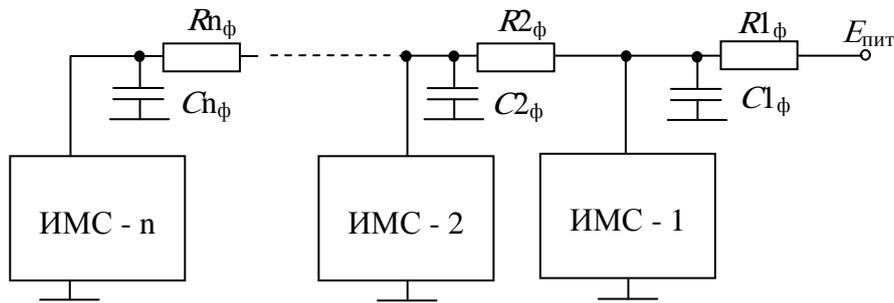


Рис. 3.43 — Схема последовательного включения ИМС

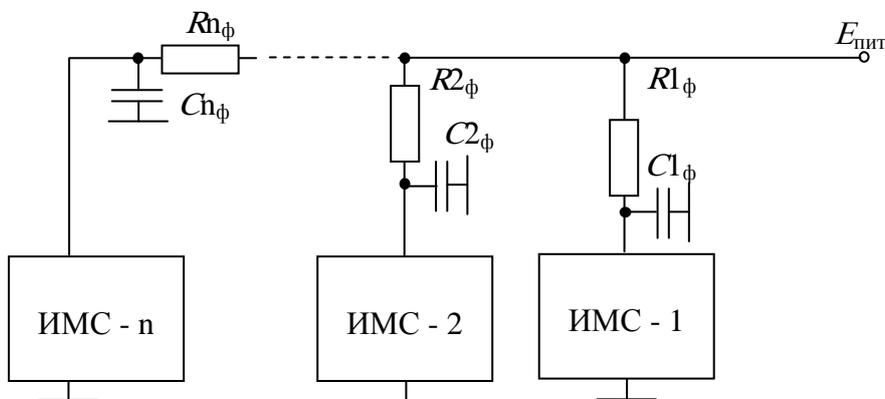


Рис. 3.44 — Схема параллельного включения ИМС

Последовательная схема включения микросхем или узлов радиоприемного устройства требует повышенного напряжения источника питания. Схема параллельного включения ИМС использует меньшее значение постоянного напряжения.

Сопротивление и емкость фильтра источника питания схемы с параллельным включением определяются выражениями

$$Rn_{\Phi} = \frac{\Delta U_{\Phi}}{I_{\text{ИМС}}} \quad \tilde{N}n_{\Phi} = \frac{50 \dots 100}{2\pi \cdot f \cdot Rn_{\Phi}},$$

где $\Delta U_{\Phi} = E_{\text{пит}} - E_{\text{ИМС}}$ — падение постоянного напряжения на сопротивлении фильтра источника питания;

$I_{\text{ИМС}}$ — потребляемый ток микросхемы или узла радиоприемника;

Cn_{Φ} — емкость фильтра;

f — частота обрабатываемого высокочастотного напряжения сигнала.

При использовании схемы последовательного включения узлов или ИМС самые мощные узлы необходимо подключить непосредственно к источнику питания, и далее подключаются ИМС, по мере уменьшения потребляемого тока УПЧ, преобразователь частоты и УРЧ. Падение постоянного напряжения ΔU_{Φ} на сопротивлении фильтра для схемы с последовательным включением ИМС или узлов определяется выражением

$$\Delta U_{\Phi} = \frac{E_{\text{пит}} - E_{\text{min}}}{n},$$

где E_{min} — минимальное напряжение источника питания.

Сопротивление фильтра для схемы с последовательным питанием определяется выражением

$$Rn_{\Phi} = \frac{\Delta U_{\Phi}}{\sum I_n - \sum I_{n-1}},$$

где $\sum I_n$ и $\sum I_{n-1}$ — суммарный ток всех и предыдущих ИМС соответственно.

3.7 Общие рекомендации по выбору системы автоматических регулировок в устройствах приема и обработки сигналов

При выборе системы автоматических регулировок следует использовать рекомендации, данные в разделе (2.7), в соответствии с назначением и видом обработки сигналов в радиоприемном устройстве. При составлении электрической принципиальной схемы цепей системы автоматического регулирования необходимо использовать рекомендуемые схемы, приведенные в приложениях со справочными данными для ИМС.

Структурную схему и порядок работы системы автоматического регулирования необходимо представить в пояснительной записке в виде краткого описания системы и принципа ее работы.

4 РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Завершающим этапом работы по проектированию устройства приема и обработки сигналов является расчет результирующих характеристик радиоприемного устройства. Такими характеристиками являются чувствительность и избирательность приемника по соседнему, зеркальному и прямому каналам приема. Процедура оценки показателей качества производится после полного расчета электрической структурной и электрической принципиальной схем всех основных узлов радиоприемного устройства.

4.1 Расчет чувствительности устройства приема и обработки сигналов

Расчет чувствительности радиоприемного устройства с ненастроенной антенной определяется выражением (2.20), для случая с настроенной антенной — выражениями (2.22) или (2.23). Расчет чувствительности производится на основе рассчитанных элементов и узлов радиоприемного устройства. Шумовые свойства определяются суммарным коэффициентом шума приемника в целом [1].

$$N_{\text{пр}} = L_{\text{ВХ}} \left[N_{\text{ВЦ}} + \frac{N_1 - 1}{K_{\text{РВЦ}}} + \frac{N_2 - 1}{K_{\text{РВЦ}} K_{\text{Р1}}} + \frac{N_3 - 1}{K_{\text{РВЦ}} K_{\text{Р1}} K_{\text{Р2}}} + \dots \right], \quad (4.1)$$

где $L_{\text{ВХ}}$ — затухание входного тракта радиоприемного устройства, равное обратной величине коэффициента передачи от антенны до входной цепи;

$N_{\text{ВЦ}}$ — коэффициент шума входной цепи;

N_1, N_2, \dots — коэффициенты шума последующих за входной цепью устройств;

$K_{\text{РВЦ}}$ — коэффициент передачи по мощности входной цепи;

$K_{\text{Р1}}, K_{\text{Р2}}, \dots$ — коэффициенты передачи по мощности последующих за входной цепью устройств.

При использовании входной цепи с механической настройкой коэффициент шума принимается равным единице. Для схемы входной цепи с электронной перестройкой контура по частоте с

встречно-последовательным соединением варикапов (рис. 4.1) коэффициент шума ВЦ определяется выражением

$$N_{\text{ВЦ}} = 1 + \frac{qI_{\text{ОБР}}R_{0Э}}{k \cdot T_0},$$

где $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ К — заряд электрона;

$I_{\text{ОБР}}$ — обратный ток p - n -перехода;

$R_{0Э}$ — резонансное сопротивление контура.

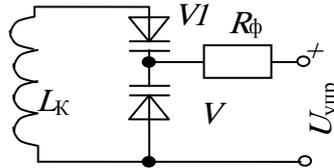


Рис. 4.1 — Электрическая принципиальная схема колебательного контура с электронной перестройкой по частоте

Для расчета коэффициента шума усилителя радиочастоты достаточно использовать выражение

$$N_{\text{УРЧ}} \approx 2 \cdot N_{\text{T}},$$

где N_{T} — справочное значение коэффициента шума транзистора или ИМС при заданном режиме источника питания.

Для расчета коэффициента шума преобразователя частоты достаточно использовать выражение

$$N_{\text{ПЧ}} \approx 2 \cdot N_{\text{T}},$$

где N_{T} — справочное значение коэффициента шума транзистора или ИМС при заданном режиме источника питания.

После расчета реальной чувствительности радиоприемного устройства производится сравнение полученного результата с требованием технического задания. Если полученная величина реальной чувствительности не превышает заданного значения, то данное требование выполнено. В противном случае необходимо произвести выбор транзистора с меньшим коэффициентом шума или изменить режим его работы. В случае если предпринятые меры не позволяют обеспечить требования по чувствительности, то следует представить обоснование невозможности выполнения данного пункта технического задания.

4.2 Расчет избирательности радиоприемного устройства

Расчет избирательности радиоприемного устройства необходим для проведения сравнения полученного параметра с требованиями технического задания. Проверке подлежит избирательность по соседнему, зеркальному и прямому каналам приема. На первом этапе производится выбор фильтров, обеспечивающих избирательность по соседнему каналу. На втором этапе производится выбор фильтров, обеспечивающих избирательность по зеркальному и промежуточному каналам приема.

Для приемника супергетеродинного типа избирательность по соседнему каналу обеспечивают фильтры усилителя промежуточной частоты. При использовании схемы с распределенной избирательностью (ФСС) достаточно представить справочные данные, характеризующие избирательные свойства. При использовании схемы с распределенной избирательностью необходимо определить полосу пропускания и добротность единичного колебательного контура. Используя выражения для соответствующих избирательных контуров и их количества, производят расчет избирательности.

Для одиночных колебательных контуров избирательность по соседнему каналу

$$\sigma_{\text{мн}}[\text{дБ}] = 20 \lg \left[\left(\sqrt{1 + \xi^2} \right)^n \right].$$

Для пары расстроенных контуров при критической расстройке

$$\sigma_{\text{мн}}[\text{дБ}] = 20 \lg \left[\frac{\left[\sqrt[4]{4 + \xi^4} \right]^n}{\sqrt{2^n}} \right].$$

Для двух связанных при критической связи

$$\sigma[\text{дБ}] = 20 \lg \left\{ \frac{\left[\sqrt[2]{4 + \xi^4} \right]^n}{2^n} \right\},$$

где $\xi = Q_{\text{дд}} \left(\frac{f_0}{f_0 + \Delta f_{\text{дд}}} - \frac{f_0 + \Delta f_{\text{дд}}}{f_0} \right)$ — обобщенная расстройка;

n — число каскадов селективного усилителя или УПЧ;

$$f_0 = f_{\text{пч}}.$$

Избирательности по зеркальному и прямому каналам (только для приемников супергетеродинного типа) обеспечивают колебательные контура преселектора. Как правило, это одиночные колебательные контура. В этом случае избирательность определяется выражением

$$\sigma_{\text{дд}}[\text{дд}] = 20 \lg \left[\left(\sqrt{1 + \xi^2} \right)^n \right],$$

где $\xi = \xi_{\text{дд}} = Q_{\text{дд}} \left(\frac{f_0}{f_0 + 2 f_{\text{дд}}} - \frac{f_0 + 2 f_{\text{дд}}}{f_0} \right)$ — обобщенная расстройка

по зеркальному каналу;

$\xi = \xi_{\text{дд}} = Q_{\text{дд}} \left(\frac{f_0}{f_{\text{дд}}} - \frac{f_{\text{дд}}}{f_0} \right)$ — обобщенная расстройка по прямому каналу;

f_0 — частота, на которой производится расчет избирательности по зеркальному и прямому каналам.

Для расчета избирательных свойств диапазонного радиоприемного устройства значение частоты принимается для случая минимальной обобщенной расстройки.

После расчета избирательных свойств радиоприемника производится сравнительный анализ с заданными требованиями и, при необходимости, проводятся мероприятия по улучшению избирательности. В случае если требования по избирательности радиоприемника звукового или телевизионного вещания выполнены, проводится присвоение класса или группы сложности (см. Приложение 9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пушкарев В.П. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие. — Томск, 2005. — 200 с.
2. Пушкарев В.П. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное методическое пособие. — Томск, 2005. — 69 с.
3. Пушкарев В.П., Пелявин Д.Ю. Радиоавтоматика: Учебное пособие. — Томск, 2004. — 153 с.
4. Пушкарев В.П., Пелявин Д.Ю. Радиоавтоматика: Учебное методическое пособие. — Томск, 2004. — 83 с.
5. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств / М.К. Белкин, В.Т. Белинский, Ю.А. Мазор, Р.М. Терещук. — 2-е изд. — К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. — 472 с.
6. Бобров Н.В. и др. Расчет радиоприемников. — М.: Воениздат, 1971. — 496 с.
7. Школин Ю.Д. Основы проектирования радиоприемников. (Расчет структурных схем). — ВАС, 1976. — 178 с.
8. Проектирование радиоприемных устройств: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.П. Сиверса. — М.: «Советское радио», 1976. — 488 с.
9. ОС ТАСУР 6.1-97. Система образовательных стандартов. Общие требования и правила оформления, 1997. — 39 с.
10. ГОСТ 5651-89 «Устройства радиоприемные бытовые. Общие технические условия».
11. 18198-89 «Телевизоры. Общие технические условия».
12. Аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / Б.П. Кудряшов, Ю.В. Назаров, Б.В. Тарабрин, В.А. Ушибышев. — М.: Радио и связь, 1981. — 160 с.
13. Справочник радиолюбителя-конструктора. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: «Энергия», 1977. — 752 с.
14. Атаев Д., Болотников В.А. Аналоговые интегральные микросхемы для телевизионной радиоаппаратуры: Справочник — М.: Изд-во МЭИ, ТОО «Позитив», 1993. — 184 с.
15. Атаев Д., Болотников В.А. Аналоговые интегральные микросхемы для телевизионной радиоаппаратуры: Справочник. — 2-е изд. — М.: Изд-во МЭИ, ТОО «Позитив», 1993. — 240 с.
16. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. — М.: ИП Радиософт. 2000. — Т.2. — 640 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

П.1.1 Образец титульного листа пояснительной записки

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное бюджетное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра средств радиосвязи (СРС)

ПРИЕМНИК РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ

Пояснительная записка к курсовому проекту
по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов»
РТФ КП 464324001 ПЗ

Выполнил:
студент гр.168
_____ Иванов И.И.

_____ 2005 г.

Проверил:
Доцент каф. СРС
_____ В.П. Пушкарев

П.1.2 Образец технического задания на курсовой проект

Министерство образования и науки Российской Федерации
Томский межвузовский центр дистанционного образования
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники (ТУСУР)
Кафедра радиоэлектроники и защиты информации (РЗИ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РЗИ
_____ А.С. Задорин
«__» _____ 200__ г.

ЗАДАНИЕ № _____
на курсовое проектирование
по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов» (УПОС)
студенту группы _____

Тема проекта _____

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Назначение и область применения _____

1.2. Диапазон принимаемых частот (волн) _____

1.3. Тип и характеристики модуляции принимаемого радиосигнала _____

1.4. Допустимые искажения в УПОС _____

1.5. Требования к способу настройки частоты _____

1.6. Требования к избирательности

1.6.1. Избирательность по соседнему каналу _____

1.6.2. Избирательность по зеркальному каналу _____

1.6.3. Избирательность по каналу прямого прохождения _____

1.7. Реальная чувствительность _____

1.8. Необходимые автоматические и ручные регулировки и пределы регулирования _____

1.9. Тип и размер антенно-фидерной системы _____

1.10. Условия эксплуатации _____

1.11. Требования к выходному сигналу _____

1.12. Параметры нагрузки _____

1.13. Дополнительные требования _____

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПОДЛЕЖАЩИХ РАЗРАБОТКЕ ВОПРОСОВ

- 2.1. Определение недостающих данных для проектирования
- 2.2. Выбор, обоснование и расчет структурной схемы радиоприемного тракта устройства приема и обработки сигналов
- 2.3. Разработка и расчет электрической принципиальной схемы радиоприемного тракта УПОС
- 2.4. Составление перечня и спецификации элементов и узлов УПОС
- 2.5. Расчет результирующих характеристик и сравнительный их анализ с требованиями технического задания

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

- 3.1. Схема электрическая структурная — 1 лист формата А3 (А4).
- 3.2. Схема электрическая принципиальная — 1 лист формата А2 (А3).
- 3.3. Амплитудно-частотная характеристика линейного тракта УПОС — лист формат А3 (А4).

Дата сдачи пояснительной записки на проверку _____

Дата выдачи технического задания и подпись руководителя _____

Фактическая дата сдачи на проверку и подпись студента _____

П.1.3 Пример оформления реферата

РЕФЕРАТ

Курсовой проект 51 с., 25 рис., 12 табл., 9 источников, 3 л. графического материала.

ПРИЕМНИК, РАДИОВЕЩАНИЕ, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ, СТРУКТУРНАЯ СХЕМА, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА.

Цель работы — учебное проектирование радиовещательного приемника УКВ-диапазона и расчет его характеристик.

В процессе работы над проектом производится сравнительный анализ отдельных блоков приемника и выбор наиболее приемлемого варианта построения.

В результате работы спроектирован радиовещательный УКВ-приемник, имеющий следующие расчетные характеристики: диапазон принимаемых частот 100...108 МГц, диапазон воспроизводимых звуковых частот 0,3...12 кГц, избирательность:

по соседнему каналу 48 дБ (при расстройке на 250 кГц),

по зеркальному каналу 36 дБ,

по каналу прямого прохождения более 90 дБ,

реальная чувствительность 3,5 мкВ.

Курсовой проект выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2000.

П.1.4 Пример оформления списка использованных источников

Список использованных источников

1. Бобров Н.В. и др. Расчет радиоприемников — М.: Воениздат, 1971. — 496 с.
2. Проектирование радиоприемных устройств / Под ред. А.П. Сиверса. — М.: Советское радио, 1975. — 486 с.
3. Пушкарев В.П. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие. — Томск, 2005. — 200 с.
4. Пушкарев В.П. Устройства приема и обработки сигналов. Учебное методическое пособие. — Томск, 2005. — 69 с.
5. Радиотехнические схемы на транзисторах и туннельных диодах (Теория и расчет) / Под ред. Р.А. Валитова. — М.: Связь, 1972. — 464 с.
6. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам, интегральным микросхемам / Под ред. Н.Н. Горюнова. — М.: Энергия, 1977. — 744 с.
7. ГОСТ 2.755-74 и др. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

П.1.5 Требования к оформлению спецификации элементов электрической принципиальной схемы радиоприемного устройства

Поз. обоз.	Наименование	Кол.	Примечание			
Конденсаторы						
C1,C2	K50-6-I-25-25 мкФ – НП ОЖО.464.031 ТУ	2				
C3,C4	K50-6-II-25-100 мкФ – НП ОЖО.464.031 ТУ	2				
C5,C6	КД-2Е-П33-22 ± 10 % – ОЖО.464.050 ТУ	2				
C7,C8	K10П-4-59 пФ±10 % – М750-В – ГОСТ 23898-79	2				
C9...C12	K73П-2-400В-0,1мкФ±10 %-В – ОЖО.464.034	4				
R1...R10		10	сопротивление тонкопленочное 3,3 кОм			
Резисторы ГОСТ 7113-77						
R11	МЛТ 0,125-150 кОм ± 10 %	1				
R12...R14	МЛТ 0,125-82 кОм ± 10 %	3				
R15	МЛТ 0,125-33 кОм ± 10 %	1				
R16...R17	МЛТ 0,125-430 Ом ± 10 %	2				
Приборы полупроводниковые						
V1,V2	Транзистор КП 312А аА0.336.167 ТУ	2				
V3,V4	Транзистор КП 306А ТФ0.336.002 ТУ	2				
РТФ КП. 468.742.001.ПЭ3						
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	ПРИЕМНИК РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ Перечень элементов	Лит. 3 Лист 59 Листов 1 ТУСУР, РТФ, каф. РЗИ гр. 145-1
Разраб.		Петров В.И.				
Пров.		Елегечев И.Ф.				
Н. Конт.						
Утв.						

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Номер задания на курсовое проектирование, выданного в ТМЦДО, определяет тип и назначение радиоприемного устройства. Тема курсового проекта определяется для нечетного номера варианта — «Приемник звукового вещания», для четного номера — «Приемник связной».

Техническое задание на курсовой проект:

Приемник звукового вещания

Вариант	Диапазон рабочих частот, МГц	Антенна	Чувствительность, не хуже	Избирательность, дБ, не менее			N _{АРУ} , дБ	Диапазон звуковых частот, кГц	Переходное затухание, дБ
				$\sigma_{ск}$	$\sigma_{зк}$	$\sigma_{пч}$			
1	0,15–0,285	Магнитная $h_d=0,05$ м	1,5мВ/м	40	20	20	50/10	0,1–4,0	
3	0,525–1,607	Магнитная $h_d=0,1$ м	0,7мВ/м	20	40	40	46/8	0,1–4,0	
5	3,95–5,7	Штыревая $h_d=1$ м	0,1мВ/м	40	20	60	54/10	0,1–3,15	
7	5,8–6,2	Штыревая $h_d=0,8$ м	0,2мВ/м	20	20	20	50/6	0,1–3,15	
9	7,0–7,3	Штыревая $h_d=1$ м	0,1мВ/м	40	40	40	46/6	0,1–3,15	
11	0,15–0,408	Внешняя	80мкВ	20	20	60	54/10	0,1–4,0	
13	0,525–1,607	Внешняя	60мкВ	40	40	20	52/8	0,1–3,5	
15	0,525–0,88	Внешняя	80мкВ	20	20	40	46/6	0,1–3,5	
17	0,88–1,607	Внешняя	75мкВ	40	40	60	50/10	0,1–3,5	
19	3,95–5,1	Внешняя	60мкВ	20	40	20	54/10	0,1–3,15	
21	5,95–6,2	Внешняя	60мкВ	40	20	40	50/10	0,1–3,15	
23	7,1–7,3	Внешняя	50мкВ	20	40	60	54/8	0,1–3,15	
25	11,7–12,0	Внешняя	50мкВ	40	20	20	54/8	0,1–3,15	
27	0,15–0,285	Штыревая $h_d=1$ м	300 мкВ/м	20	40	40	46/6	0,1–3,5	
29	0,525–1,607	Штыревая $h_d=1$ м	0,2мВ/м	40	20	60	48/8	0,1–3,5	
31	0,525–0,88	Штыревая $h_d=1$ м	0,3мВ/м	20	40	20	52/8	0,1–3,5	
33	0,88–1,607	Штыревая $h_d=1$ м	0,2мВ/м	40	20	40	50/6	0,1–3,5	
35	0,15–0,285	Магнитная $h_d=0,08$ м	1мВ/м	20	40	60	54/8	0,1–4,0	
37	0,525–0,9	Магнитная $h_d=0,12$ м	0,5мВ/м	40	40	20	54/10	0,1–4,0	

Вариант	Диапазон рабочих частот,	Антенна	Чувствительность, не хуже	Избирательность, дБ, не менее			N_{APY} , дБ	Диапазон звуковых частот,	Переходное затухание
39	0,9–1,607	Магнитная $h_d=0,15m$	0,5мВ/м	20	40	40	50/8	0,1–4,0	
41	65–75	Фидер 75 Ом	5 мкВ	40	20	60	60/10	0,1–8,0	–
43	65–75	Штыревая $\lambda/4$	6 мкВ	60	40	20	50/10	0,05–10,0	16
45	65–75	Фидер 75 Ом	7 мкВ	40	20	40	46/10	0,1–10,0	20
47	65–75	Штыревая $\lambda/4$	8 мкВ	60	40	60	40/16	0,1–12,5	26
49	100–108	Штыревая $\lambda/4$	10 мкВ	40	20	20	50/10	0,05–12,5	–
51	65–75	Фидер 75 Ом	4 мкВ	60	40	40	40/6	0,1–15,0	16
53	100–108	Фидер 75 Ом	5 мкВ	40	20	60	50/6	0,05–15,0	20
55	65–75	Штыревая $\lambda/4$	6 мкВ	60	40	20	40/10	0,1–12,5	26
57	100–108	Штыревая $\lambda/4$	7 мкВ	40	20	40	50/10	0,05–12,5	–
59	100–108	Фидер 75 Ом	8 мкВ	60	40	60	60/16	0,1–15,0	20

Примечания:

h_d — действующая высота магнитной антенны;

L — геометрическая длина штыревой антенны;

$\sigma_{ск}$ — избирательность по соседнему каналу в диапазоне рабочих частот 0.15...12 МГц избирательность по соседнему каналу при $\Delta f_{сос} = 10$ кГц (вид модуляции — АМ); в диапазоне рабочих частот 65...108 МГц избирательность по соседнему каналу при $\Delta f_{сос} = 250$ кГц (вид модуляции — ЧМ);

$\sigma_{зк}$ — избирательность по зеркальному каналу;

$\sigma_{пч}$ — избирательность по промежуточной частоте;

N_{APY} — эффективность АРУ (числитель — изменение входного сигнала, знаменатель — выходного, не более);

$U_{вых}$ — выходное напряжение;

величина переходного затухания дана для частоты модуляции 400 Гц;

в диапазоне частот 65...75 МГц используется КСС с полярной модуляции;

в диапазоне частот 100...108 МГц используется КСС с пилот-тоном;

сопротивление нагрузки детектора 1 кОм;

для радиоприемных устройств, где указана величина переходного затухания, необходимо произвести расчет с учетом требований приема и обработки комплексного стереосигнала (для УКВ-1 расчет производится с учетом спектра стереосигнала ПМК-КСС, для УКВ-2 спектра-КСС с ПТ).

*Техническое задание на курсовой проект:
Приемник связной.*

Ва- ри- ант	Назна- чение	Номера каналов/ частота	Антенна	Чувстви- тельность, не хуже, мкВ	Избирательность, дБ, не менее			N_{APY} , дБ	Диапазон звуковых частот, кГц
					$\sigma_{ск}$	$\sigma_{зк}$	$\sigma_{пч}$		
2	Любительская связь	1–7	Штыревая $h_d=0,5$ м	1.0	40	20	20	50/10	0.1–2.5
4		8–14	Штыревая $h_d=1$ м	2.0	20	40	40	46/8	0.1–3.0
6		15–18	Штыревая $h_d=1,5$ м	3.0	40	20	60	54/10	0.1–3.5
8		19–21	Штыревая $h_d=2,0$ м	5.0	20	20	20	50/6	0.1–4.0
10		22–25	Штыревая $h_d=1$ м	10.0	40	20	40	46/6	0,1–4,5
12	Связь гражданского на- значения (СиБи)	1–40	Внешняя	1.0	20	40	60	54/10	0.1–2.5
14			Внешняя	2.0	40	46	20	52/8	0.1–3.0
16			Внешняя	3.0	20	54	40	46/6	0.1–3.5
18			Внешняя	5.0	40	50	60	50/10	0.1–4.0
20			Внешняя	10.0	20	26	20	54/10	0,1–4,5
22			Внешняя	15.0	40	24	40	50/10	0.1–2.5
24			Внешняя	20.0	20	24	60	54/8	0.1–3.0
26			Внешняя	25.0	40	22	20	54/8	0.1–3.5
28	Прием подвиж- ными станциями сотовой системы связи	1–124	$\lambda/4$	1.0	20	40	40	46/6	–
30				1.5	40	34	60	48/8	–
32				2.0	20	38	20	52/8	–
34				2.5	40	34	40	50/6	–
36				3.0	20	46	60	54/8	–
38	Прием базовыми станциями сотовой системы связи	1–124	Фидер 75 Ом	1.0	40	50	20	54/10	–
40			Фидер 75 Ом	1.5	20	40	40	50/8	–
42			Фидер 75 Ом	2.0	40	20	60	60/10	–
44			Фидер 75 Ом	2.5	60	40	20	50/10	–
46			Фидер 75 Ом	3.0	40	20	40	46/10	–
48	Система лейджинго- вой системы связи стандарта RDS	66–75 МГц	Встроенная	2.0	60	40	60	40/16	–
50			Встроенная	2.5	40	20	20	50/10	–
52			Встроенная	3.0	60	40	40	40/6	–
54		100–108 МГц	Встроенная	2.0	40	20	60	50/6	–
56			Встроенная	2.5	60	40	20	40/10	–
58			Встроенная	3.0	40	20	40	50/10	–
60			Встроенная	5.0	60	40	60	60/16	–

Примечания:

h_d — действующая высота магнитной антенны;

L — геометрическая длина штыревой антенны;

$\sigma_{\text{ск}}$ — избирательность по соседнему каналу в диапазоне рабочих частот 0.15...26 МГц, избирательность по соседнему каналу при $\Delta f_{\text{сос}} = 10$ кГц (вид модуляции — АМ); в диапазоне рабочих частот 27...45 МГц избирательность по соседнему каналу при $\Delta f_{\text{сос}} = 25$ кГц (вид модуляции — ЧМ);

$\sigma_{\text{зк}}$ — избирательность по зеркальному каналу;

$\sigma_{\text{пч}}$ — избирательность по промежуточной частоте;

$N_{\text{АРУ}}$ — эффективность АРУ (числитель — изменение входного сигнала, знаменатель — выходного, не более);

$P_{\text{вых}}$ — выходная мощность;

сопротивление нагрузки детектора — 10 кОм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ФИЛЬТРАМ

Ультразвуковые фильтры являются основой построения избирательных систем радиотехнических устройств. Наибольшее распространение получили пьезокерамические фильтры, основой которых является пьезоэлемент. Пьезоэлемент представляет собой механическую колебательную систему с распределенными параметрами. Принцип работы пьезоэлемента заключается в следующем. При совпадении частоты внешнего электрического напряжения с частотой механических собственных колебаний пьезоэлемента возникает резонанс на частоте собственных колебаний, который слабо зависит от внешних условий. На входе пьезоэлемента электрическое напряжение промежуточной частоты преобразуется в механические колебания. Проходя через пьезоэлемент, механическая волна на выходе претерпевает обратное преобразование в электрическое напряжение с частотой равной частоте механического колебания. Поскольку скорость распространения волны в твердых телах составляет сотни метров, т.е. в $10^6 \dots 10^7$ короче чем электрическая волна ($3 \cdot 10^8$ м/сек), то и элементы конструкции фильтра будут иметь малые размеры.

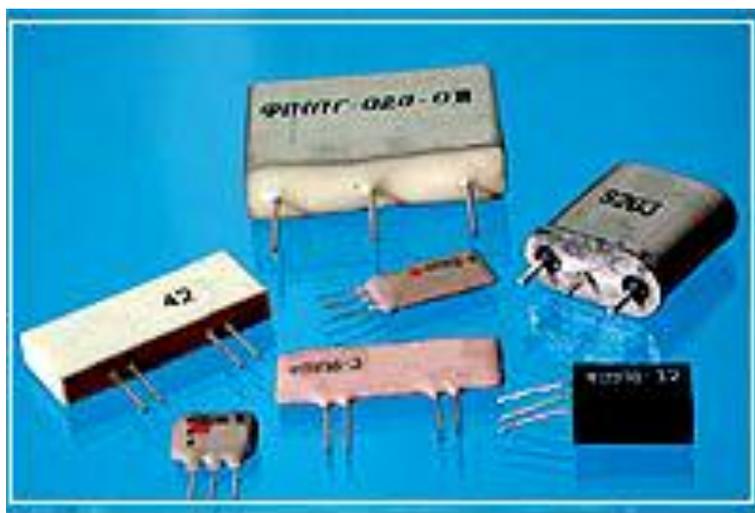


Рис. ПЗ.1 — Внешний вид пьезокерамических фильтров на основе пьезоэлементов

Другой тип, часто используемого фильтра – пьезокерамические фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ). В простейшем применении трансверсальный фильтр на ПАВ со-

стоит из двух преобразователей со встречными решетками проводящих электродов, расположенных на поверхности пьезоэлектрической подложки, например монокристаллического кварца, ниобата лития, танталата лития, германата висмута и др. (Рис. ПЗ.2).

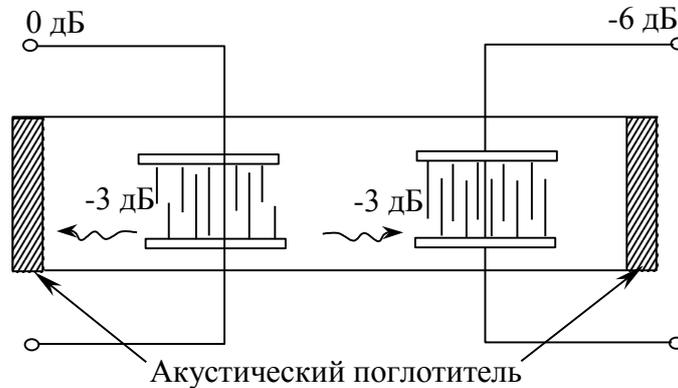


Рис. ПЗ.2 Описание принципа работы фильтра на ПАВ

Один из этих преобразователей возбуждает, а другой принимает рэлеевскую (акустическую) волну. Если подать на передающий преобразователь сигнал в виде дельта-функции, то импульсный отклик фильтра будет являться сверткой локальных импульсных откликов двух преобразователей. Расстояние между соседними электродами составляет половину длины рэлеевской волны. Скорость таких волн на пять порядков меньше скорости света. Отсюда становится ясно, что на маленькой подложке можно воспроизвести сотни или тысячи периодов требуемого радиоимпульса.

Фильтры на ПАВ применяют на частотах от 1 МГц до 3 ГГц с относительной полосой пропускания от 0,1 % до 90 %. Нижняя граница частотного диапазона определяется размерами подложки, а верхняя — технологической возможностью изготовления преобразователей. Достоинствами фильтров на ПАВ являются высокая селективность (коэффициент прямоугольности до 1,15 и менее), более плоская вершина АЧХ, большая крутизна скатов АЧХ на границе полосы пропускания, стабильность и точность, малые габариты, масса, возможность изготовления методами интегральной технологии, совместимость с интегральными модулями. При массовом производстве обеспечивается хорошая воспро-

изводимость характеристик и относительно низкая себестоимость, высокая надежность, стабильность характеристик.

Широкополосные и средне-полосные фильтры используются для канальной или групповой селекции сигналов и частотно-избирательных элементов, переставляемых по частоте и полосе.

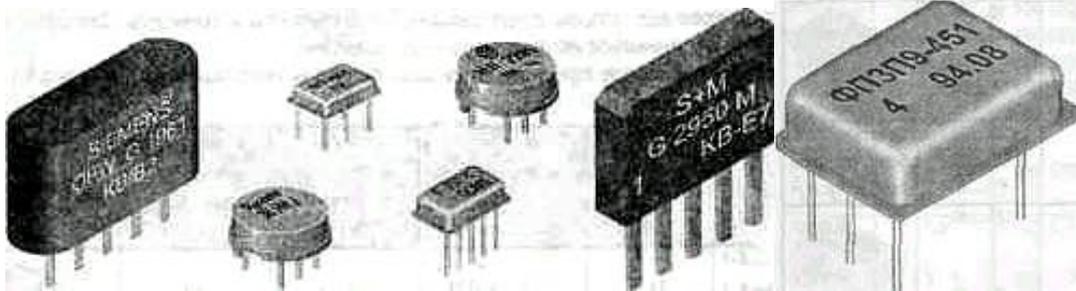


Рис. П3.3 — Внешний вид пьезокерамических фильтров на ПАВ

Эквивалентная схема фильтра как на пьезоэлементах, так и на поверхностных акустических волнах справедлива и для фильтра, выполненного на LC-элементах.

В данном приложении представлены технические характеристики фильтров, наиболее часто применяемые в радиоприемной аппаратуре.

П.3.1. Справочные данные пьезокерамических фильтров радиоприемных устройств звукового вещания

Эквивалентная схема и технические параметры пьезокерамических фильтров приведены на рисунке (рис. П.3.4).

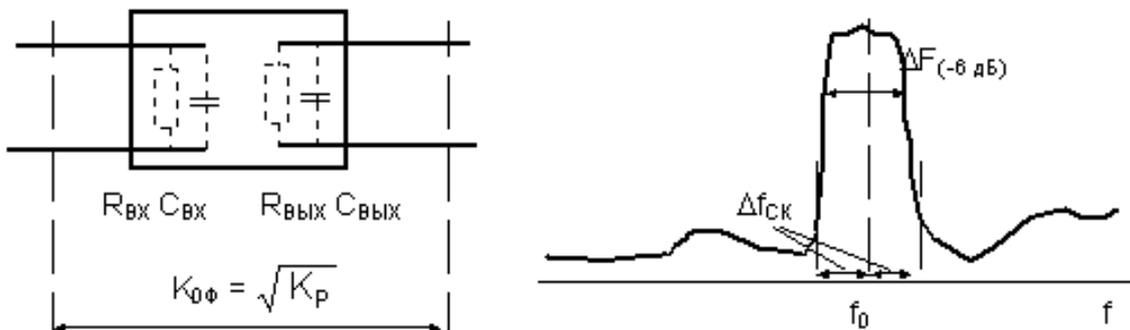


Рис. П3.4 — Параметры электромеханических фильтров сосредоточенной селекции

Величины входного и выходного сопротивлений ФСС указаны в таблице (табл. П3.1), величины входной и выходной емкости составляют 10 пФ.

Таблица ПЗ.1 — Технические характеристики пьезокерамических фильтров приемников звукового вещания

Тип	Средняя частота полосы пропускания, кГц	Полоса пропускания на уровне —6 дБ, кГц	Селективность при расстройке ± 9 кГц, дБ, не менее	Затухание в полосе пропускания, дБ, не более	Согласующие сопротивления, кОм, со стороны	
					источника сигнала	нагрузки
ПФ1П-1М	465 +2 –1,8	7... 9,5	40	8	1,2	0,6
ПФ1П-2	465 +2–1,8	8,5...12,5	40	8	1,2	0,6
ПФ1П-022	465 ± 2	10,5...14,5	26	9,5	2+–10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-023	465 ± 2	8...11,5	40	9,5	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-024	465 ± 2	8...11,5	35	9,5	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-025	465 ± 2	8...11,5	30	9,5	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-026	465 ± 2	7...10,5	26	9,5	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-027	465 ± 2	8...11,5	35	9,5	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-041	465 ± 2	4,6...7,8	55	12	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-042	465 ± 2	4,6...7,0	50	12	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-043	465 ± 2	4,3...7,0	46	12	2 ± 10 %	2 ± 10 %
ПФ1П-049а	10700 ± 100	150...200	—	10	0,33	0,33
ПФ1П-049б	10700 ± 100	200...280	—	10	0,33	0,33

Примечания:

1. Неравномерность затухания в полосе пропускания фильтров ПФ1П-049 не превышает 3 дБ, остальных фильтров — не более 2 дБ.
2. Полоса пропускания фильтра ПФ1П-049а на уровне 26 дБ — не более 505 кГц, ПФ1П-049б — не более 585 кГц.

П.3.2. Справочные данные пьезокерамических фильтров приемников телевизионного вещания

Таблица ПЗ.2 — Технические характеристики пьезокерамических фильтров в трактах звукового сопровождения телевизионных приемников

Тип	Номинальная частота, МГц	Ширина полосы, кГц, по уровню		Вносимое затухание, дБ, не более	Гарантированное затухание, дБ, не менее	Неравномерность затухания, дБ, не более	Сопротивление нагрузки $R_{вх} = R_{вых}$, Ом, ± 10 %	Габаритные размеры, мм
		3 дБ	20 дБ					
ФП1П6-5	6,5	>120	<600	6	25	2	470	10,5x7x4
ФП1П6-6	6,0	>120	<600	6	25	2	470	10,5x7x4
ФП1П6-7	5,5	>110	<600	6	25	2	620	10,5x7x4
ФП1П6-8	4,5	>110	<600	6	25	2	620	10,5x7x4
ФП1П8-6	#4,5	>120	<400	5	20	2	1000	16x8x4
ФП1П6-3,2	**5,5	>100	<350	10	40	2	330	14x8,6x4,6
ФП1П6-3,3	**5,72	>100	<350	10	40	2	330	14x8,6x4,6

- Примечания: # — для разделения сигналов ПАЛ/СЕКАМ в видеомагнитофонах
 ** — для формирования стереоканала в телевизионных приемниках

Таблица ПЗ.3 — Технические характеристики пьезокерамических фильтров на ПАВ в трактах изображения телевизионных приемников

Тип фильтра	Средняя несущая частота в МГц	Полоса пропускания в МГц (по уровню)	Неравномерность затухания в дБ (не более)	Гарантированное затухание в дБ (не менее)
ФПЗП7-464-1				
ВХОД 1	38,0	0,75...1,1(3)	1,2±2	34
ВЫХОД (5)	38,0	—	—	34
ВЫХОД (6)	31,5	—	—	17...26
ФПЗП7-464-2				
ВХОД 1	39,8	0,85...1,1(3)	2	30...34
ВЫХОД(5)	38,9	0,85...1,1(3)	2	30
ВЫХОД(6)	33,4	0,75...0,95(3)	—	34
ФПЗП7-464-3				
ВХОД	45,75	0,75...1,1(3)	2	—
ВЫХОД(5)	45,75	—	—	25
ВЫХОД(6)	41,25	—	—	17...25
ФПЗП9-451	38,0...45,7 41,25±1	3.5...5.5	1.2...2.5	10...40
ФПЗП9-451-01	41,25	5,5	2	28...40
ФПЗП9-458-1-1	37,4	5,5	2	28...40
ФПЗП9-458-1-2	43,75	5,5	2	28...40
ФПЗП9-458-2-1	37,4	5,5	2	28...40
ФПЗП9-458-2-2	43,75	5,5	2	28...40

П.3.3. Справочные данные пьезокерамических фильтров устройств приема и обработки сигналов аппаратуры связи

Таблица ПЗ.4 — Технические характеристики пьезокерамических фильтров связных радиоприемных устройств

Тип	Средняя частота полосы пропускания, кГц	Полоса пропускания на уровне 3 дБ, кГц	Коэффициент прямоугольности кп1000, не более	Затухание в полосе пропускания, дБ, не более	Согласующие сопротивления на входе и выходе, кОм	Примечание
ПФ2П-35	128	0,03	7,6	10	20	—
ПФ2П-36	128	0,15±0,02	7	14	5,6	—
ПФ2П-37	128	1,2±0,01	3	20	5,6	—
ПФ2П-174	100	0,05±0,01	6	18	0,5	1
ПФ2П-189	98.475	2,1...2,6	1,5	10	—	—
ПФ2П-190	101,525	2,1...2,6	1,5	10	—	—
ПФ2П-264-1	10 000	11±3	8	6	5 (0,25)	2
ПФ2П-264-2	10 500	11±3	8	6	5 (0,25)	2
ПФ2П-264-3	10 500	11±3	8	6	150 (400)	2
ПФ2П-266	465	0,9±0,07	9	10	5,6	1
ПФ2П-271	21 900	50±10	9,5	—	—	—
ПФ2П-276	10 700	30	3	6	1,6	3

Окончание табл. ПЗ.4

Тип	Средняя частота полосы пропускания, кГц	Полоса пропускания на уровне 3 дБ, кГц	Коэффициент прямоугольности кп1000, не более	Затухание в полосе пропускания, дБ, не более	Согласующие сопротивления на входе и выходе, кОм	Примечание
ПФ2П-293	5 000	3,5	4,3	5	2,2	—
ПФ2П-325	10 700	15	4	6	1,5	3
ПФ2П-379	10 700	18	3,6	6	1,5	3
ПФ2П-436	10 700	15	2,7	5	3,5	3

Примечания:

1. Полоса пропускания на уровне — 1,5 дБ.
2. В скобках указано согласующее сопротивление на выходе.
3. Коэффициент прямоугольности на уровне — 80 дБ.

Таблица ПЗ.5 — Характеристики пьезокерамических фильтров АМ-трактов радиоприемной аппаратуры и средств связи

Тип	Частота, кГц	Полоса по уровню 6 дБ, кГц	Избирательность при расстройке дБ, не менее	Затухание, дБ, не менее	Вносимое затухание дБ, не более	Вх./Вых. нагрузочное сопротивление, кОм	Габаритные размеры, мм
ФП1П1-459	459	8–11	45(±9 кГц)	40,0	8,0	3,0/3,0	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-6-1	465	6,5–9	40(±9 кГц)	38,0	6,0	5,0/3,0	7,7x8,0x7,6
ФП1П1-6-2	468	6,5–9	40(±9 кГц)	38,0	6,0	5,0/3,0	7,7x8,0x7,6
ФП1П1-7	465	22–26	40(±22,5 кГц)	30,0	4,0	3,0/1,5	7,7x8,0x7,6
ФП1П1-7-1	455	20–26	40(±22,5 кГц)	30,0	4,0	3,0/1,5	7,7x8,0x7,6
ФП1П1-7-М	465	16–20	50(±25 кГц)	38,0	4,0	3,0/1,5	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-8	465	38–40	50(±31,5 кГц)	40,0	4,0	2,0/2,0	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-8М	465	33–36	60(±35 кГц)	50,0	4,0	2,0/2,0	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-10-М2	465	6–9	60(±9 кГц)	50,0	8,0	3,6/3,6	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-10-М3	455	8–11	50(±10 кГц)	45,0	8,0	3,0/3,0	11,8x7,6x8,2
ФП1П1-11	455	22–26	60(±22 кГц)	50,0	4,0	2,4/2,4	11,8x7,6x8,2

Таблица ПЗ.6 — Характеристики пьезокерамических фильтров ЧМ-трактов радиоприемной аппаратуры и средств связи

Тип	Номинал. частота, МГц	Ширина полосы по уровню 6 дБ, кГц	Ширина полосы по уровню 20 дБ, кГц	Гарант. затухание, дБ, не менее	Вносимое затухание дБ, не более	Габаритные размеры, мм
ФП1П8-4	10,7	>180	<650,0	35,0	8,0	7,0x7,0x4,0
ФП1П8-5	10,7	<90	<t200,0	—	6,0	7,0x7,0x4,0
ФП1П8-3-1	10,7	240±40	<650,0	60,0	6–10	29,5x9,5x4,5
ФП1П8-3-2	10,7	240±40	<650,0	60,0	10–15	29,5x9,5x4,5

Таблица ПЗ.7 — Характеристики пьезокерамических фильтров для радио- и телефонной аппаратуры связи

Тип изделия	Диапазон частот, МГц	Полоса пропускания, % от номинальной частоты	Вносимое затухание, дБ, не более	Гарант. затухание, дБ, не менее	Сопротивл. нагрузки $R_{вх} = R_{вых}$, Ом, $\pm 10\%$	Габаритные размеры, мм
ФП1Г1-3	0,01 ... 0,1	0,5 ... 2,0	8,0	30,0	20,0/20,0	20x18x8
ФП1ПГ-022"М"	0,27 ... 0,4	1,0 ... 1,5	14,0	65,0	2,0/1,0	45x22x12
ФП1ПГ-020	0,37 ... 0,6	1,5 ... 2,0	10,0	50,0	3,0/3,0	34x22x9
ФП1Г1-2	1,0 ... 2,5	1,0 ... 1,5	10,0	50,0	0,33/0,33	57x18x6
ФП1Г4-1	10 ... 23	2,0 ... 3,5	14,0	60,0	0,33/0,33	27,5x9,5x4,5

Таблица ПЗ.8 — Номинальные частоты пьезокерамических фильтров радио- и телефонной аппаратуры связи (см. табл. ПЗ.7)

Тип изделия	Номинальные частоты, кГц
ФП1Г1-3	20,0; 20,4; 21,2; 21,7; 22,2,22,7; 23,2; 23,8; 24,4; 25,0; 25,6; 26,3; 27,0; 27,7; 28,6; 29,4
ФП1ПГ-022"М"	270; 280; 290; 300; 310; 320; 330; 340; 350. 360; 370; 380; 390; 400
ФП1ПГ-020	372; 412; 420; 444; 468; 496; 516; 564; 588; 612
ФП1Г1-2	1116; 1364; 1552; 1612; 1860; 2108; 2356
ФП1Г4-1	10560; 11096; 11880; 13200; 22000; 22370

П.3.4. Справочные данные электромеханических фильтров специального назначения

Таблица ПЗ.9 — Технические характеристики электромеханических фильтров

Тип	Средняя частота полосы пропускания, кГц	Частота среза со стороны несущей при ослаблении 3 дБ, кГц	Полоса пропускания, кГц	Коэффициент прямоугольности по уровню 60 дБ, не более	Селективность при расстройке + 10 кГц, дБ	Коэффициент передачи, не менее	Согласующие сопротивления на входе и выходе, кОм	Примечание
ФЭМ-004	120	—	1,5...2	1,8	—	0,4	2	2, 4
ФЭМ-005	120	—	1...1,6	3	—	0,4	2	2, 4
ЭМФ-9Д-500-3В	—	500,3 \pm 0,15	3 \pm 0,3	2	—	0,177	—	3
ЭМФ-9Д-500-3С	500 \pm 0,15	—	3=1:0,3	2	—	0,177	—	3

Окончание табл. ПЗ.9

Тип	Средняя частота полосы пропускания, кГц	Частота среза со стороны не-сущей при ослаблении 3 дБ, кГц	Полоса пропускания, кГц	Коэффициент прямоугольности по уровню 60 дБ, не более	Селективность при расстройке + 10 кГц, дБ	Коэффициент передачи, не менее	Согласующие сопротивления на входе и выходе, кОм	Примечание
ЭМФ-9Д-500-3Н	—	499,7±0,15	3±0,3	2	—	0,177	—	3
ЭМФДП-500Н-2,35	—	499,65±0,05	2,35±0,15	1,7	—	0,22(0,09)	75(2,7)	1, 3
ЭМФДП-500В-2,35	—	500,35±0,05	2,35±0,15	1,7	—	0,22(0,09)	75(2,7)	1, 3
ЭМФДП-500В-3,1	—	500,3±0,05	3,1±0,2	1,7	—	0,18(0,42)	—	1, 3
ЭМФДП-500Н-3,3	—	499,75±0,05	3,3±0,15	1,7	—	0,22(0,09)	75(2,7)	1, 3
ЭМФДП-500В-3,3	—	500,25±0,05	3,3±0,15	1,7	—	0,22(0,09)	75(2,7)	1, 3
ЭМФДПС-1,0	500±0,1	—	1,0±0,1	3,6	—	0,18	—	3
ЭМФП-5-465-6	465±1,5	—	5,6...6,4	—	56	0,118	110; 1	2
ЭМФП-5-465-9	465±1,5	—	8,4...9,6	—	42	0,143	10; 1	2
ЭМФП-5-465-13	465±1,5	—	12,2... 13,8	—	26	0,125	10; 1	2
ЭМФП-6-465	465±1,5	—	6±0,8	—	56	0,35	10; 1	2

Примечания:

1. В скобках приведены значения, соответствующие неполному включению фильтров.

2. Уровень отсчета полосы пропускания — 3 дБ.

3. Уровень отсчета полосы пропускания — 6 дБ.

4. Коэффициент прямоугольности по уровню — 40 дБ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ МИКРОСХЕМ

П.4.1. Микросхемы серии К157

Микросхемы серии К157 предназначены для использования в радиоприемных устройствах звукового вещания с АМ-ЧМ-модуляцией. Диапазон рабочих частот ИМС, предназначенных для приема сигналов с амплитудной модуляцией, составляет не более 25 МГц. Конструктивно микросхемы выполнены в прямоугольном пластмассовом корпусе в соответствии с требованиями ГОСТ 17467-72 (рис. П4.1). Выводы ИМС расположены за пределами основания, перпендикулярно ему.

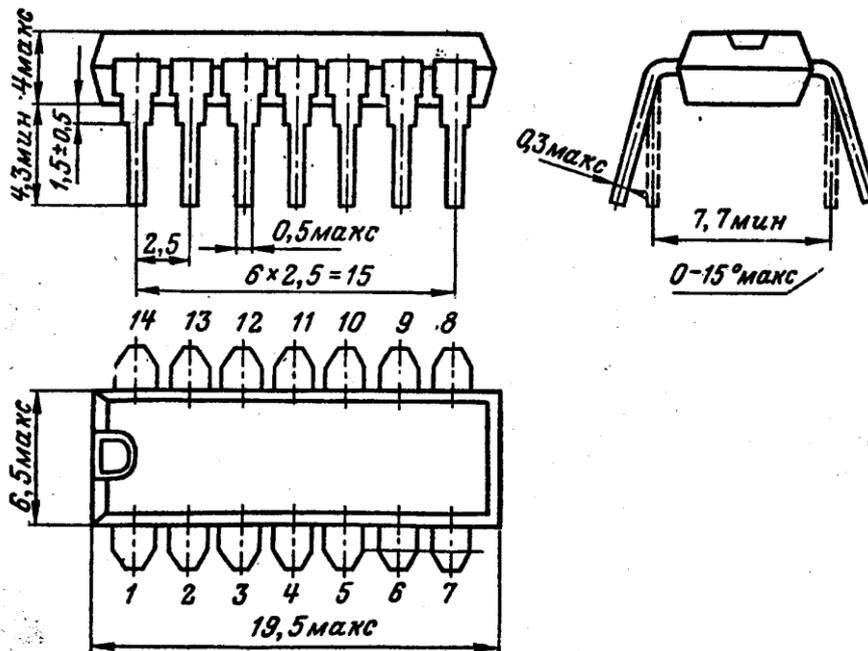


Рис. П4.1 — Корпус ИМС серии К157 типа 151.15-4

Микросхемы серии К157 выполнены в полупроводниковом исполнении в виде кристалла и могут быть применены в условиях эксплуатации, представленных в таблице, приведенной ниже.

Климатические воздействия			Механические воздействия			
Интервал температур $t, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность		Вибрация		Линейное ускорение, g	Многokrатные удары с ускорением, g
	%	при $t, ^\circ\text{C}$	Диапазон частот, Гц	Ускорение, g		
-25...+70	98	25	1...600	10	25	75

П.4.1.1. Микросхемы К157ХА1А, К157ХА1Б

Микросхема К157ХА1 предназначена для работы в составе преселектора и преобразователя частоты радиоприемного устройства на частотах не более 25 МГц. Микросхема выпускается в двух вариантах К157ХА1А и К157ХА1Б. ИМС К157ХА1А используется в диапазоне частот до 15 МГц, К157ХА1Б — до 25 МГц и имеет в своем составе однокаскадный усилитель радиочастоты по схеме с ОЭ и преобразователь частоты. Усилитель радиочастоты выполнен на транзисторе VT1 (рис. П4.2) по схеме с параллельной отрицательной связью по напряжению и может быть подключен к источнику питания или к цепям системы автоматической регулировки усиления. Смеситель преобразователя частоты выполнен на основе дифференциального каскада на транзисторах VT2 ... VT6 без коллекторных нагрузок. На транзисторах VT3, VT4, VT6 выполнен гетеродин, а на транзисторах VT2, VT5 — смеситель. Преобразованный сигнал снимается с выводов 10, 12, а напряжение автоматической регулировки усиления подается на вывод 13 [11].

Электрическая принципиальная схема ИМС К157ХА1Б показана на рисунке (рис. П4.2). Назначение выводов микросхемы К157ХА1Б показано на рисунке (рис. П.4.3).

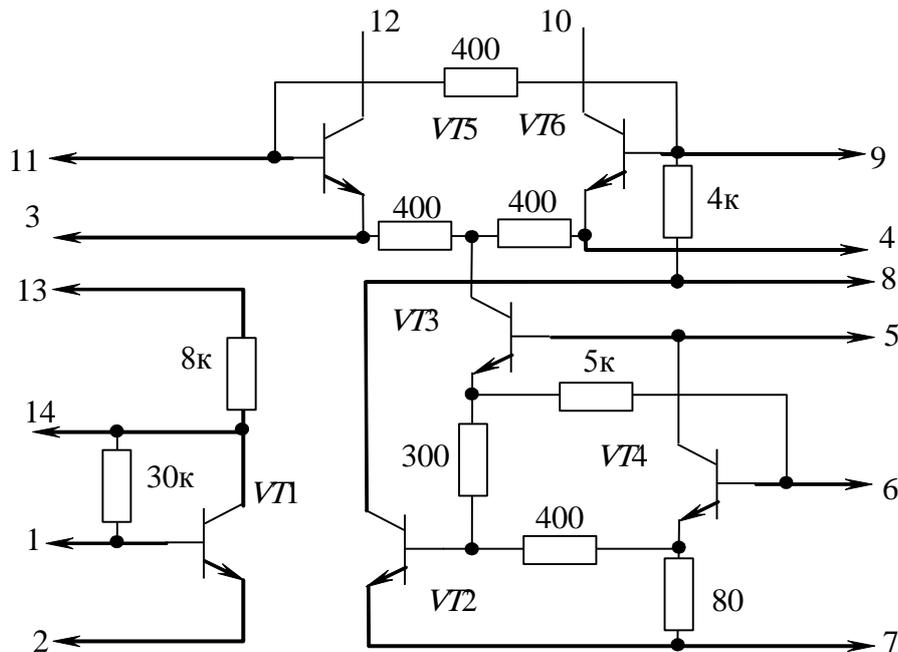


Рис. П4.2 — Электрическая принципиальная схема ИМС К157ХА1

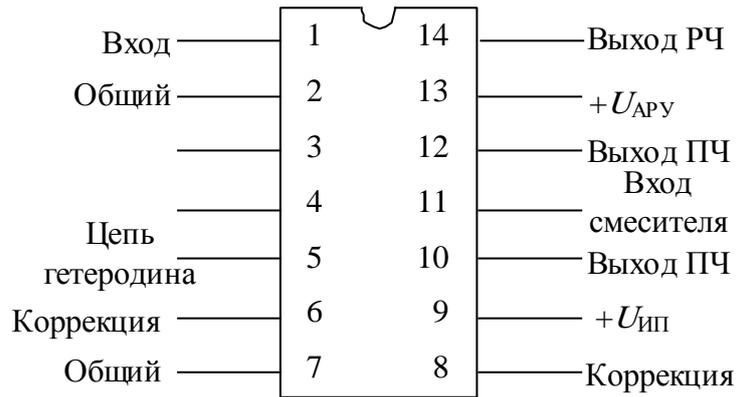


Рис. П4.3 — Назначение выводов микросхемы K157XA1

Типовая схема включения микросхемы приведена на рисунке (рис. П.4.4). В типовой схеме включения входной радиосигнал подводится к выводу 1, а преобразованный сигнал промежуточной частоты выделяется селективной нагрузкой, подключенной к выводам 10, 12. Контур гетеродина присоединен к ИМС к выводу 5 и через разделительный конденсатор C_6 к общей шине. Если требования по ослаблению канала прямого прохождения не могут быть выполнены, то для дополнительного его подавления к выводу 11 должен быть подключен режекторный фильтр $L1$, $C2$, настроенный на промежуточную частоту.

Цепь $R3$, $C8$ устанавливается при появлении паразитных колебаний и выбирается из условия $R < 1.5$ кОм, где R — сопротивление паразитного контура на его собственной частоте.

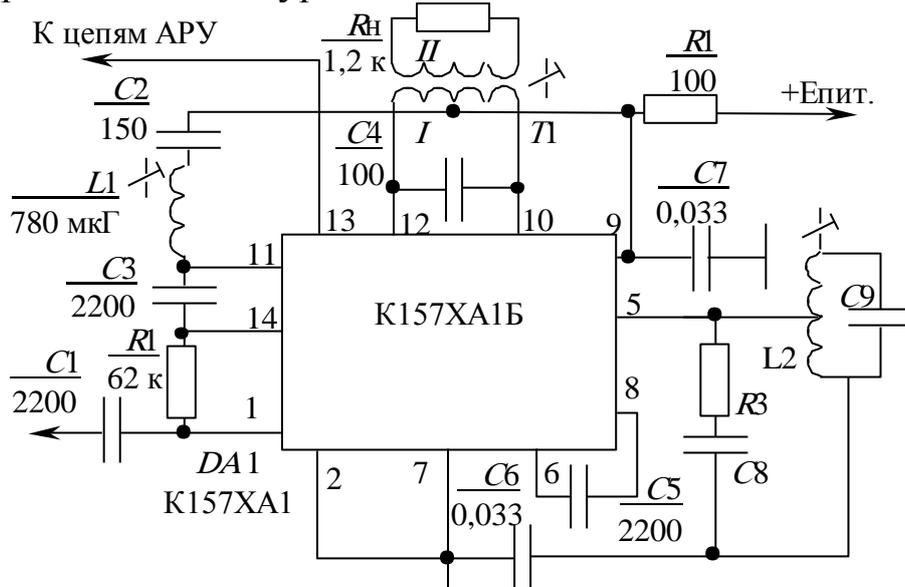


Рис. П4.4 — Типовая схема включения микросхемы K157XA1

Электрические параметры ИМС K157XA1
(температура окружающей среды $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$)

Параметры ¹	Режим измерения	K157XA1A	K157XA1B
$U_{и.п.}$, В	–	$5 \pm 0,5^2$	$5 \pm 0,5^2$
$P_{пот.}$, мВт	–	≤ 25	≤ 25
$I_{пот.}$, мА	$U_{вх}=0; R_{и.п.}=\infty$	$\leq 3,3$	$\leq 3,3$
$U_{гет.}^3$, мВ	$f_{вх} = 15,465$ МГц $f_{вх} = 25,465$ МГц	300...450 –	– 300...450
$K_{у.у}$	$f_{вх} = 0,15$ МГц; $U_{вх}=0,2$ мВ	150...350	150...350
$K_{ш}$, дБ	$f_{вх} = 15$ МГц	≤ 5	–
$K_{ш}$, дБ	$f_{вх} = 25$ МГц	–	≤ 5
$f_{в}$, МГц	$f_{вх} = 0,15$ МГц; $U_{вх}=0,2$ мВ	≤ 6	≤ 6
$U_{и.п. мин.}$, В	По уровню –5 дБ	15	25
$U_{и.п. макс.}$, В	–	3,6	3,6
$R_{вх.урч}$, кОм		0,5	0,5
$R_{вх.пч}$, кОм		1,0	1,0
$I_{4. макс.}$, мА	– При подключенной нагрузке	6 10	6 10

¹ При температуре 20 ± 5 °С и номинальном значении напряжения источника питания 5 В.
² Допустимые пульсации напряжения питания 1 мВ.
³ Напряжение гетеродина на эквивалентном сопротивлении контура гетеродина между выводами 5 и 8, равном 4 кОм.

Предельные эксплуатационные данные ИМС K157XA1

Параметры	Режим измерения	K157XA1A K157XA1B
$U_{и.п.}$, В минимальное максимальное		3,6 6
$I_{пот.}$, мА, не более	$U_{вх}=0, U_{и.п.}=6В, t=+70^0С$ $U_{вх}=0, U_{и.п.}=3,6В, t=-25^0С$	4 3,1
$K_{у.у}$	$t_{окр.ср.} = -25...+70^0С, U_{и.п.}=3,6...6 В$	100...400
$I_{4.}$, мА, не более		10
$P_{пот.}$, мВт, не более		25

Примечания. При разработке усилителя ВЧ и преобразователя на основе интегральной микросхемы K157XA1 необходимо учитывать следующее:

1) при апериодической нагрузке для получения оптимальных шумовых характеристик схемы внутреннее сопротивление источника сигнала должно составлять 0,5...1,0 кОм;

2) эквивалентное сопротивление гетеродинного контура $L2C9$, приведенное к выводам 5 и 8 микросхемы, рекомендуется выбирать в пределах 4...10 кОм. Уменьшение этого сопротивления приводит к ухудшению условий возбуждения, а его увеличение — к нарушению стабильности частоты;

3) для стабилизации напряжения гетеродина и изменения частоты генерации расстояние между конденсаторами $C5$ и $C6$ и выводами 6, 8 должно быть минимальным. Чтобы напряжение гетеродина не влияло на выход смесителя (выводы 10 и 12) и на вход УПЧ, обе половины первичной обмотки трансформатора смесителя должны быть симметричны по отношению к среднему выводу;

4) цепочка $R4$, $C8$ служит для подавления паразитных колебаний, частота которых определяется индуктивностью рассеяния обмотки связи гетеродинного контура с микросхемой. При выборе элементов $R4$ и $C4$ следует учитывать ее шунтирующее действие на основной частоте гетеродина;

5) эквивалентное сопротивление контура смесителя (между выводами 10 и 12) выбирается около 10 кОм, с учетом подключенной нагрузки (фильтра ПЧ) с сопротивлением 1,2 кОм;

6) параметры режекторного контура $L1C2$ нужно выбирать такими, чтобы они обеспечивали эффективное подавление частоты 465 кГц, т.е. его сопротивление на этой частоте должно быть значительно меньше сопротивления нагрузки УРЧ, равного приблизительно 240 Ом. В то же время на частотах, наиболее близких к промежуточной, в диапазоне длинных (408 кГц) и средних (525 кГц) волн контур не должен заметно шунтировать нагрузку УРЧ. Если избирательность по каналу прямого прохождения обеспечивается преселектором, то режекторный фильтр не используется.

П.4.1.2. Микросхема К157ХА2

Микросхема К157ХА2 предназначена для усиления и детектирования сигналов промежуточной частоты и имеет в своем составе апериодический усилитель, детектор амплитудно-модулированных сигналов и систему автоматической регулировки усиления.

Микросхема К157ХА2 представляет собой усилитель промежуточной частоты с системой автоматической регулировки усиления (рис. П4.5). Первый каскад УПЧ выполнен на транзисторах $T1$, $T2$. Коэффициент усиления этого каскада определяется режимом транзистора $T3$, включенного в цепь управления системы АРУ. Основное усиление сигнала в УПЧ обеспечивается каскадами, выполненными на транзисторах $T6$, $T9$... $T11$. Детектор АМ-сигнала выполнен на транзисторах $T12$, $T13$. На транзисторе $T14$ выполнен усилитель, а транзистор $T3$ используется в качестве регулируемого элемента системы АРУ.

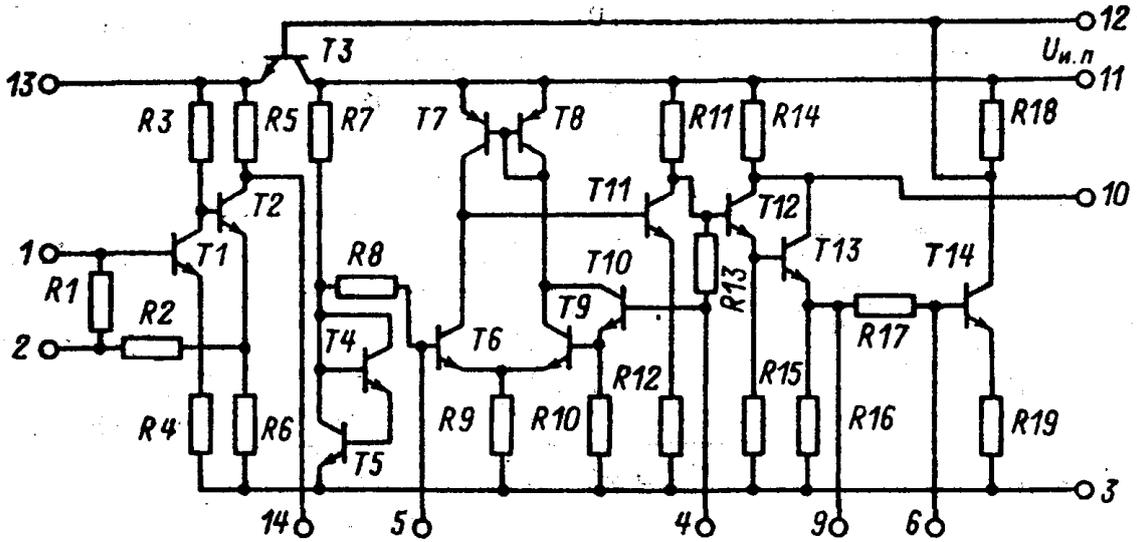


Рис. П4.5 — Электрическая принципиальная схема ИМС К157ХА2

Назначение выводов микросхемы представлено на рисунке (рис. П4.6).

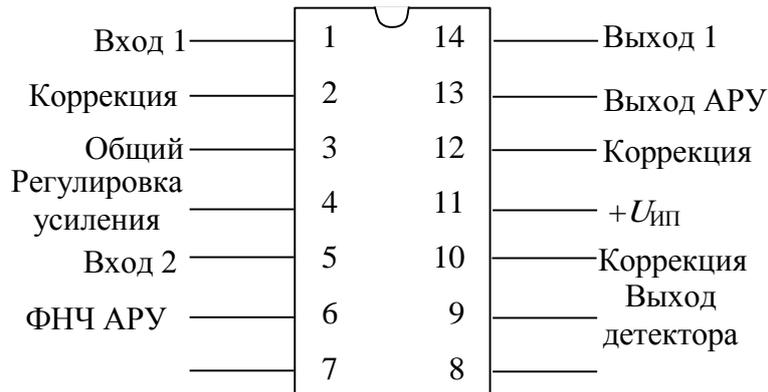


Рис. П4.6 — Назначение выводов микросхемы К157ХА2

Типовая схема включения микросхемы К157ХА2 приведена на рисунке (рис. П4.7). Для обеспечения устойчивой работы и улучшения характеристик УПЧ в его состав рекомендуется включить одиночный колебательный контур или полосовой фильтр. Одиночный контур включается между выводами 14, 3 и 5 (рис. П4.8). Волновое сопротивление части контура, подключаемого к выводам 3, 14, выбирается из условий получения требуемой полосы пропускания с учетом шунтирования контура сопротивлением микросхемы (между выводами 3,14).

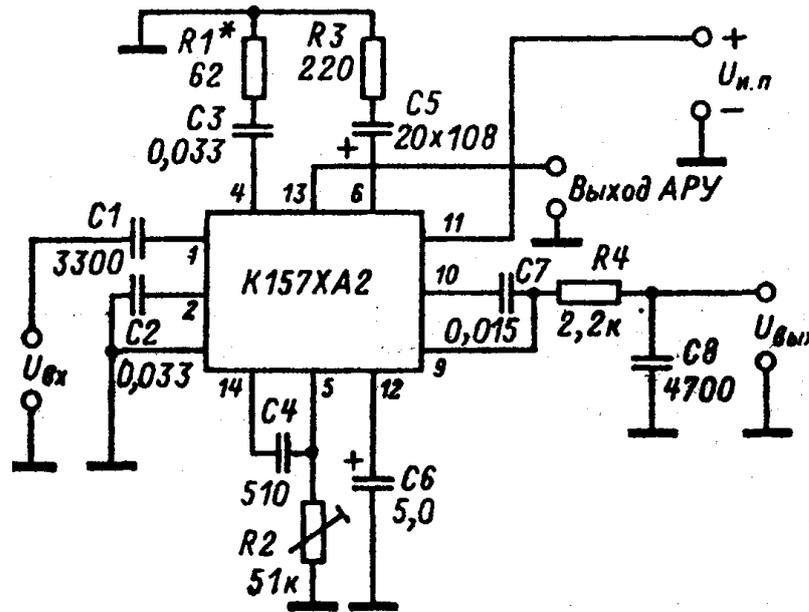


Рис. П4.7 — Типовая схема включения микросхемы К157ХА2

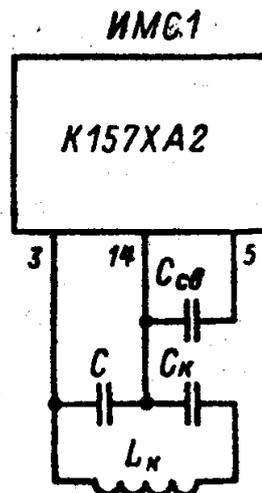


Рис. П4.8 — Схема подключения одиночного колебательного контура

Входные (выводы 2, 1) и выходные (выводы 9, 10) цепи интегральной микросхемы необходимо тщательно экранировать от электрических и магнитных полей и разносить их одну от другой. При разработке печатной платы и монтаже необходимо стремиться к тому, чтобы площадь петель, образованных входными и выходными токами микросхемы, была минимальной. Элементы схемы включения следует заземлять в одной точке с выводом 3. Особое внимание надо обращать на длину проводников, соединяющих выводы 9 и 10 с конденсатором C_6 , и площадь контура, образованную выводами 9, 10 и этим конденсатором.

Номинальное напряжение питания микросхемы плюс +5 В. Допустимые отклонения напряжения источника питания от номинального $\pm 10\%$. Электрические параметры микросхемы и предельно допустимые режимы эксплуатации микросхемы К157ХА2 приведены в таблицах ниже.

Электрические параметры ИМС К157ХА2

Параметр	Нормы на параметры	T, °C	Режим измерения
$I_{\text{потр.}}, \text{мА}$	4,0	+25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 0 \text{ В}, R_{\text{н}} = \infty$
	5,5	+70	$U_{\text{и.п.}} = 6 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 0 \text{ В}, R_{\text{н}} = \infty$
Чувствительность	9–30	+25	$U_{\text{и.п.}} = 6 \text{ В}, U_{\text{вых}} = 30 \text{ мВ}, m = 30\%$
$E_c, \text{мкВ}$	11–42	+25	$U_{\text{и.п.}} = 3,6 \text{ В}, U_{\text{вых}} = 30 \text{ мВ}, m = 30\%$
$U_{\text{ару}}, \text{В}$	3...4,5	+25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 0 \text{ В}, R_{\text{н}} = 3,9 \text{ кОм}$
$\Delta U_{\text{ару отн}}^*$	120	+25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 0,5...30 \text{ мВ}, R_{\text{н}} = \infty, m = 30\%$
	120	+70	$U_{\text{и.п.}} = 6 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 5...300 \text{ мВ}, R_{\text{н}} = \infty, m = 30\%$
	150	-25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 0,5...30 \text{ мВ}, R_{\text{н}} = \infty, m = 30\%$
$K_{\Gamma}, \%$	5	+25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 3 \text{ мВ}, R_{\text{н}} = \infty, m = 30\%$
$R_{\text{вх}}, \text{кОм}$	0,43...1	+25	$U_{\text{и.п.}} = 5 \text{ В}, R_{\text{н}} = \infty, U_{\text{вых}} = 20...40 \text{ мВ}, m = 30\%$

Примечание. Частота входного сигнала при измерениях параметров 465 кГц, частота модуляции 1000 Гц.

$\Delta U_{\text{ару отн}}^*$ определяется по формуле

$$\Delta U_{\text{ару отн}}^* = 60 \cdot \frac{U'_{\text{вых}}}{U''_{\text{вых}}},$$

где $U'_{\text{вых}}$ — наибольшее значение выходного напряжения; $U''_{\text{вых}}$ — наименьшее значение выходного напряжения.

Предельные эксплуатационные данные ИМС К157ХА2

Параметр	Нормы на параметр	
	не менее	не более
Напряжение источника питания $U_{\text{и.п.}}, \text{В}$	3,6	6
Напряжение между выводами 10 и 11 микросхемы $U_{10,11}, \text{В}$	–	1,75
Ток в цепи вывода 13 микросхемы при подключенной внешней нагрузке $I_{13}, \text{мА}$		1,5

П.4.2. Микросхемы серии К174

Микросхемы К174 серии используются в стационарных и переносных, портативных радиоприемниках звукового и телевизионного вещания.

В переносных экономичных приемниках звукового вещания часто используются микросхемы серии К174 с напряжением питания 2...9 В; т. е. при этом необходимо от двух до шести последовательно включенных гальванических элементов. Это микросхемы для приема и обработки радиосигналов с амплитудной модуляцией типов К174ХА2, К174ХА10 и различными диапазонами напряжения питания (за рубежом это ТДА1072А, ТЕА5550, ТЕА5570, работающие только от трех элементов, или ТЕА5591, работающие от двух элементов). Для этой же цели подходит микросхема К174ХА36, используемая в отечественном диапазоне коротких волн (до 12,1 МГц). На более высоких частотах ухудшается реальная чувствительность и может потребоваться подключение дополнительного УПЧ и внешнего гетеродина. Диапазон звуковых частот на выходе УЗЧ определяется параметрами использованного пьезокерамического фильтра (например, ФП1П-023), параметрами LC-контуров и емкостями разделительных конденсаторов. Напряжение звуковой частоты на выходе детектора и на выходе УЗЧ изменяется в рабочем диапазоне температур не более чем на 10... 15 % (1...1.5 дБ).

Для создания ЧМ-приемников звукового вещания выпускаются ИМС К174УР1, К174УР7, К174ХА6, К174ХА26 (для приемников с двойным преобразованием частоты), а также К174ХА34, построенная по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты, с высокоэффективной корреляционной системой бесшумной настройки на принимаемую станцию и системой обратной связи по частоте, что обеспечивает высокую чувствительность, малые нелинейные искажения и экономичность работы. Они применяются для создания низковольтных автономных радиоприемников, сувениров типа часов и авторучек, радиотелефонов и радиостанций различного назначения.

Для переносных радиоприемников программ стереофонического радиовещания с полярной модуляцией выпускаются стереодекодеры с номинальными напряжениями питания 12 В (К174ХА14) и 6 В (К174ХА35). В частности, последняя предназначена для работы в устройствах всех групп сложности в качестве стереодекодера, работающего по принципу временного разделения каналов, и имеет ряд дополнительных функциональных возможностей (индикацию режима «стерео», адаптацию к усло-

виям приема: переключение режимов «моно»/«стерео» в зависимости от вида принимаемого сигнала, автоматический плавный переход в режим «моно» или «стерео» в зависимости от значения отношения сигнал-шум, автоматическое переключение в режим «моно» при низком отношении сигнал-шум; автоматическое переключение в режим «моно» при $U_n = 4,2$ В; оптимизацию параметра «разделение стереоканалов» до 60 дБ; обеспечение экономичной работы путем переключения в режим «моно»).

Для приемников телевизионного вещания первого поколения были выпущены микросхемы К175АФ1, К174АФ4, К174ХА1, К174УН7, К174УП1, К174УР2 и другие, позволившие уменьшить потребляемую мощность до 150 Вт и улучшить качество воспроизведения цветного изображения по сравнению с ранее выпускавшимися моделями телевизоров.

Для телевизионных приемников второго поколения выпущен другой комплект микросхем (К174АФ5, К174УК1, К174УР5, К174ХА8, К174ХА9 и др.), позволивший снизить количество комплектующих элементов при сохранении качественных параметров телевизоров. Эти микросхемы предназначались для использования в малосигнальных узлах и блоках, осуществляющих усиление на высокой и промежуточных частотах, обработку сигналов цветности и звукового сопровождения, выделение синхроимпульсов, автоматическую регулировку усиления, а также в маломощных каскадах строчной и кадровой разверток.

Следующий комплект микросхем для телевизоров третьего поколения включал и цифровые (К174ГЛ2, К174ХА11, К174ХА28, К174ХА31, К174УН14, К586ВЕ1, К1009ЕН1, К1003КН1, К1003КН2, К1506ХЛ1, К1506ХЛ2, К1809ВГ1, К1809ВГ2 и др.). Микросхемы данной серии применялись в селекторе телевизионных каналов, блоке радиоканала, канале звука, блоке цветности, кадровой развертки, блоках автоматического и дистанционного управления телевизором. Появились такие новые функциональные возможности, как беспроводное дистанционное управление с непосредственным выбором программ, автопоиск программ с электронной памятью для индикации номера программ на экране, индикация текущего времени, приемопередатчик для беспроводной передачи звука на ИК-лучах, комплексное устройство микропроцессорного управления телевизором.

Комплект микросхем для телевизоров четвертого поколения обеспечил повышение качества приема, надежность и комфортность обслуживания, снижение габаритов, массы, потребляемой энергии и трудоемкости производства телевизоров, удовлетворяющих требованиям всех действующих телевизионных стандартов (К174УР11, К174УР12, К174ХА16, К174ХА17, К174ХА20, КМ193ПЦ1, КР558ХП2, КР1015ХКЗ, К1021ХА3, К1021ХА4, К1033ЕУ1, КР1816ВЕ31, КР1816ВЕ51 и др.). Существенное улучшение качества телевизионного изображения было достигнуто с переходом от аналоговых к аналого-цифровым и цифровым методам формирования, передачи и записи сигналов в телевидении (телевизоры пятого и шестого поколений).

В настоящее время для цветного телевизионного вещания, совместимого с черно-белым, используются три основные системы: SECAM (Sequence de Couleurs Avec Memoire), принятая во Франции, России, странах СНГ, Чехии, Словакии, Болгарии, Венгрии и ряде стран Северной Африки; PAL (Phase Alternation Line), разработанная фирмой Telefunken и принятая в качестве стандартной системы в ряде стран Западной Европы; NTSC (National Television System Comitee), принятая в США, Канаде, Японии и ряде стран американского континента. Перечень микросхем, обеспечивающих прием и обработку телевизионных сигналов, включает следующие ИМС: PAL, SECAM и NTSC (К174ХА16, К174ХА28, К174ХА31, К174ХА32, КА174ХА33).

Микросхемы серии К174 выполнены в полупроводниковом исполнении в виде кристалла и могут быть применены в условиях эксплуатации, представленных в таблице, приведенной ниже.

Климатические воздействия			Механические воздействия			
Интервал температур $t, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность		Вибрация		Линейное ускорение, g	Многokратные удары с ускорением, g
	%	при $t, ^\circ\text{C}$	Диапазон частот, Гц	Ускорение, g		
-25...+70	98	25	1...600	10	25	75

П.4.3.1. Микросхема К174ПС1 (КФ174ПС1)

Микросхема представляет собой двойной балансный смеситель (преобразователь частоты) для работы в радиоприемных устройствах диапазонов КВ и УКВ в радиоприемной и связной

аппаратуре для частот до 200 МГц и содержит 17 интегральных элементов. Микросхема К174ПС1 выпускается в корпусе 201.14-1, масса 1,5 г. КФ174ПС1 — в корпусе Ф04.10-1, масса 1 г.

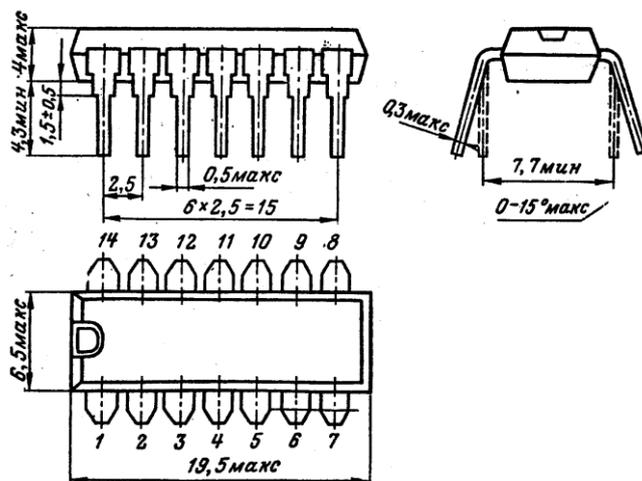


Рис. П.4.1 — Корпус ИМС К174ПС1 типа 201.14-1

Основным узлом ИМС (рис. П.4.2) является счетверенный дифференциальный усилитель с перекрестными связями на транзисторах VT_1 , VT_3 , VT_4 , VT_6 . Подавая разное напряжение на базы транзисторов VT_2 , VT_5 , регулируют токи эмиттеров. Внутренний стабилизатор (резистор R_1 и диоды $VD_1 \dots VD_4$) обеспечивает стабильную работу ИМС по постоянному току, задавая смещение на транзисторы.

Назначение выводов микросхем К174ПС1 и КФ174ПС1 (рис. П.4.3). Микросхема К174ПС1. Выводы: 1, 4, 6, 9, 14 — земля; 2, 3 — выход преобразователя частоты ПЧ; 5 — напряжение питания ($+U_{п}$); 11, 13 — вход напряжения гетеродина $U_{оп}$; 10, 12 — «коррекция»; 7, 8 — вход напряжения сигнала.

Микросхема КФ174ПС1. Выводы: 1 — напряжение питания ($+U_{п}$); 2, 3, 5, 7 — входы сигнала и гетеродина; 4, 6 — коррекция; 8 — земля; 9, 10 — выходы ПЧ.

Выводы 10 (4) и 12 (6) могут быть соединены через резисторы R_1 и R_2 с выводом 1 для увеличения крутизны преобразования. Допускается подача напряжения U — на выводы 7, 8 (2, 3), а U — на выводы 11, 13 (6, 7), а также подключение источника питания к выводам 2, 3 (9, 10). Номера выводов без скобок приведены для корпуса 201 14-1, в скобках — для корпуса Ф04.10-1.

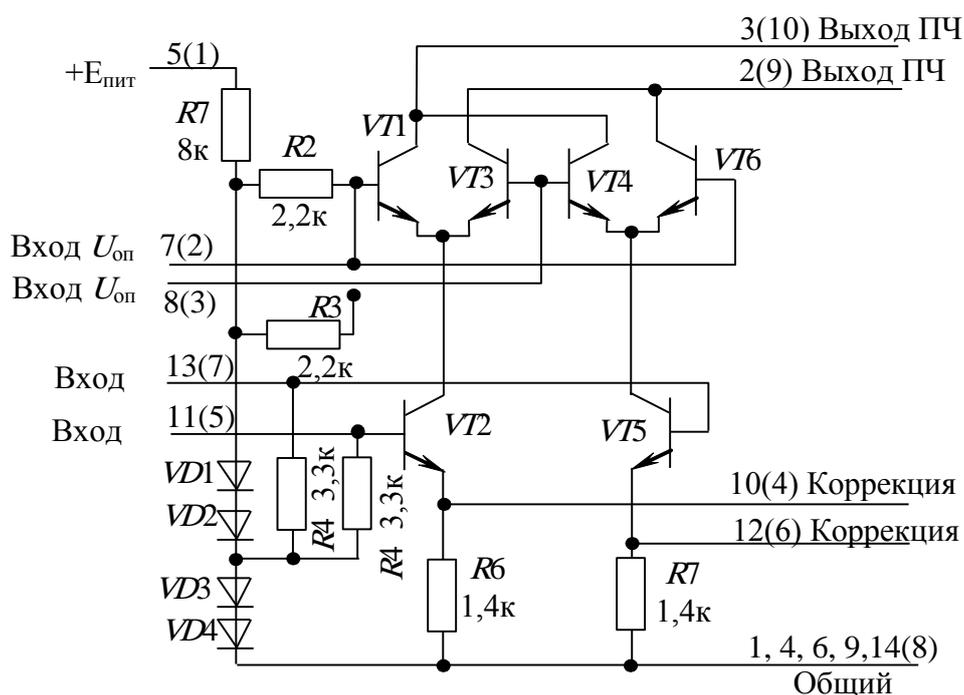


Рис. П.4.2 — Принципиальная электрическая схема ИМС К174ПС1 (КФ174ПС1)

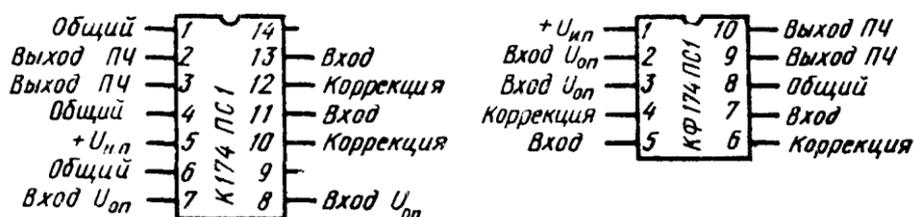


Рис. П.4.3 — Назначение выводов ИМС К174ПС1 (КФ174ПС1)

На рисунке (рис. П.4.5) приведена схема преобразования частоты радиовещательного приемника. Резонансная частота контура $L1C5$ равна промежуточной частоте. Настройка гетеродина определяется контуром $L2C4C7C9VD1$. При отсутствии варикапа элементы $C4$, $C9$, $R1$, $R2$ можно исключить и настраивать контур гетеродина конденсатором переменной емкости, включенным параллельно катушке индуктивности $L2$.

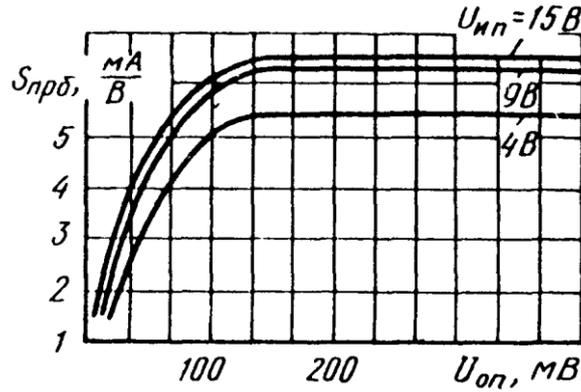


Рис. П.4.4 — Зависимость крутизны преобразования от амплитуды опорного напряжения для ИМС К174ПС1

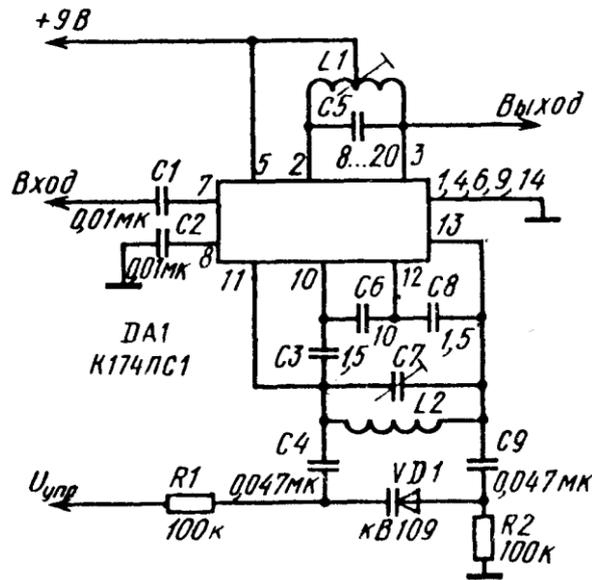


Рис. П.4.5 — Электрическая принципиальная схема преобразователя частоты радиовещательного приемника на ИМС К174ПС1

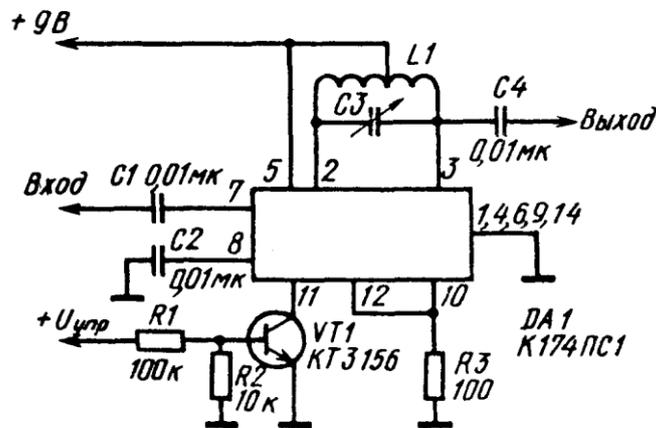


Рис. П.4.6 — Усилитель радиочастоты на ИМС К174ПС1

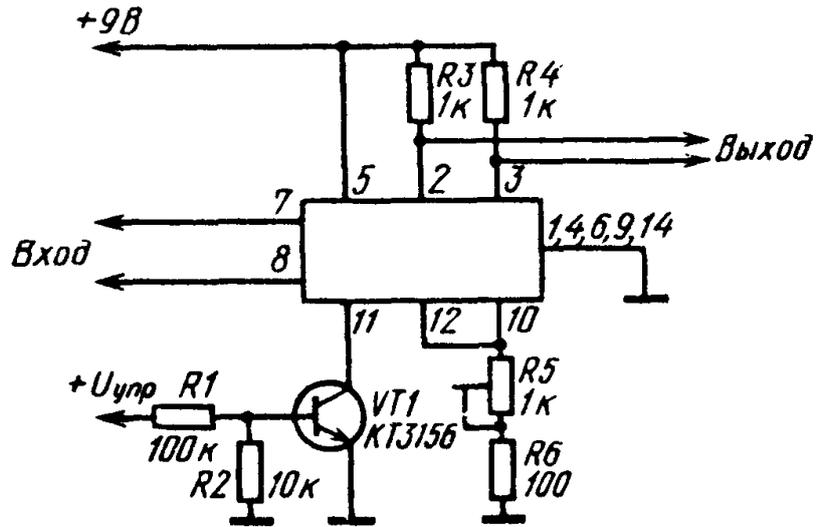


Рис. П.4.7 — Дифференциальный усилитель на ИМС К174ПС1 с подключением цепей АРУ

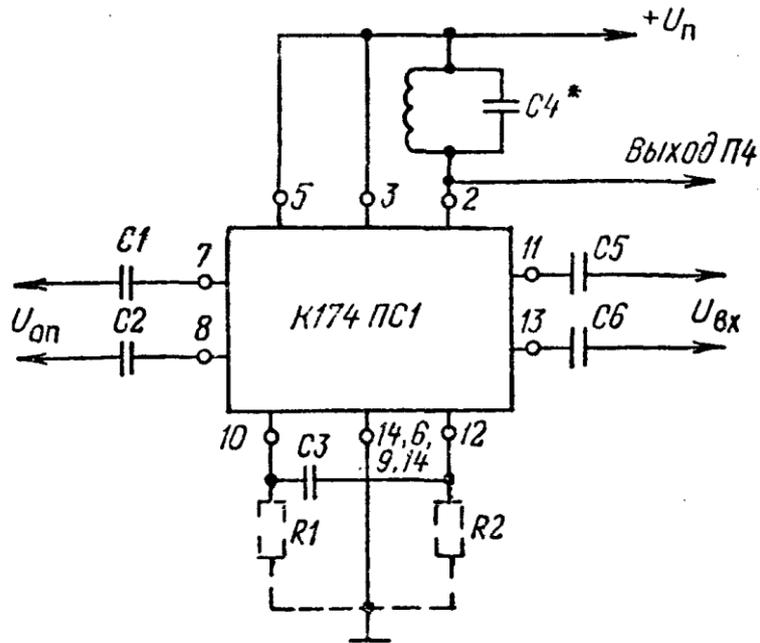


Рис. П.4.9 — Типовая схема включения К174ПС1 с несимметричным включением резонансного контура

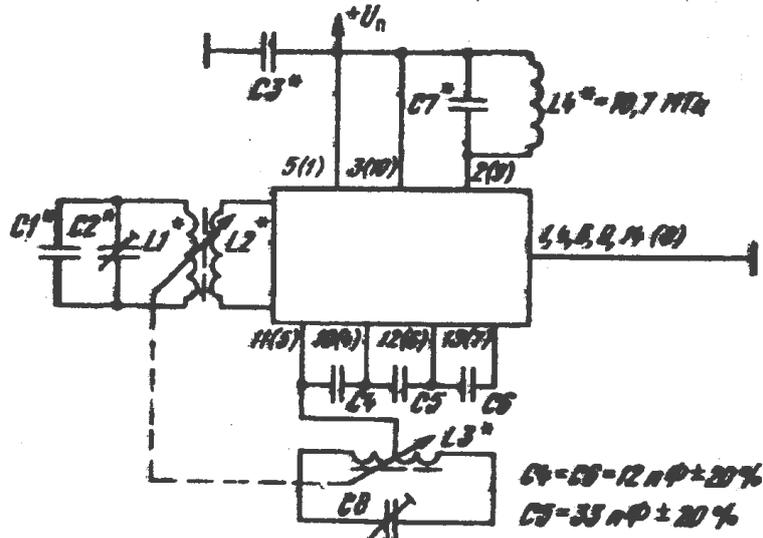


Рис. П.4.10 — Типовая схема включения ИМС К174ПС1 в качестве преобразователя частоты ЧМ-сигналов

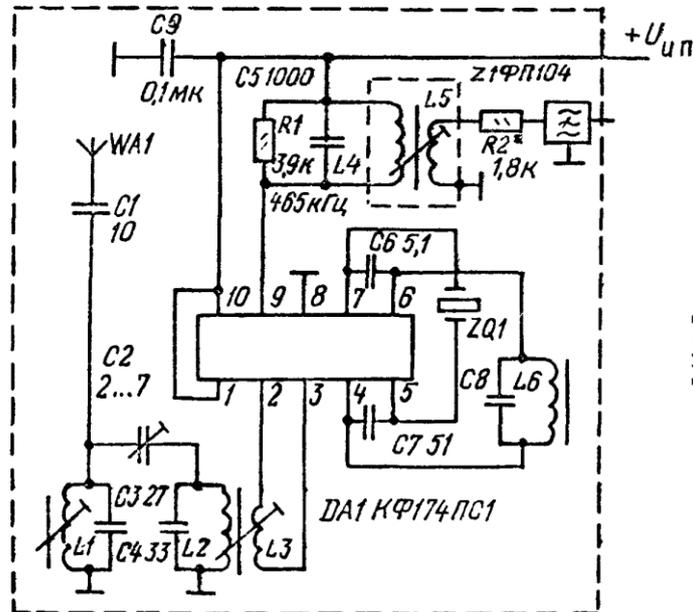


Рис. П.4.11 — Типовая схема включения К174ПС1 в качестве преобразователя частоты АМ-сигналов

Электрические параметры ИМС К174ПС1 (КФ174ПС1)

Номинальное напряжение питания	9 В ± 10 %
Ток потребления при $U_{п} = 9,9$ В	2,5 мА
Коэффициент шума на частоте 100 МГц	8 дБ
Крутизна преобразования	4,5 мА/В
Коэффициент ослабления входного напряжения на частоте 10 МГц	30 дБ
Коэффициент ослабления опорного напряжения на частоте 100 МГц	28 дБ

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	8,1...9,9 В
Входное напряжение (эффективное значение)	< 0,025 В
Входное напряжение на частоте опорного сигнала (эффективное значение)	< 0,2 В
Допустимое значение статического потенциала	200 В
Частота входного напряжения	< 100 МГц
Частота опорного напряжения	< 110,7 МГц
Сопротивление нагрузки	9,1 кОм
Температура окружающей среды	-25... + 55° С

Частотные характеристики

f , МГц		0,1	1,0	10	40	80	100
$g_{вх}$, мСм		0,41	0,45	0,70	1,3	1,7	1,9
Преобразователь частоты с несимметричным включением нагрузки	$Y_{21 пр}$, мСм	5					
	$C_{вых}$, пФ	6					
	$g_{вых}$, мСм	3,8	4,1	5,8	8,2	10	12
Преобразователь частоты с симметричным включением нагрузки	$Y_{21 пр}$, мСм	10					
	$C_{вых}$, пФ	3					
	$g_{вых}$, мСм	1,9	2,0	2,9	4,1	5	6
УПЧ с несимметричным включением нагрузки	$Y_{21 пр}$, мСм	15					
	$C_{вых}$, пФ	6					
	$g_{вых}$, мСм	5,1	5,5	7,7	11	13	18

П.4.3.2. Микросхема К174ПС4 (174ПС4)

Микросхема представляет собой двойной балансный смеситель. ИМС предназначена для использования в качестве смесителя частоты в диапазоне частот до 1000 МГц, модулятора, усилителя в блоках селекторов каналов телевизоров дециметрового диапазона.

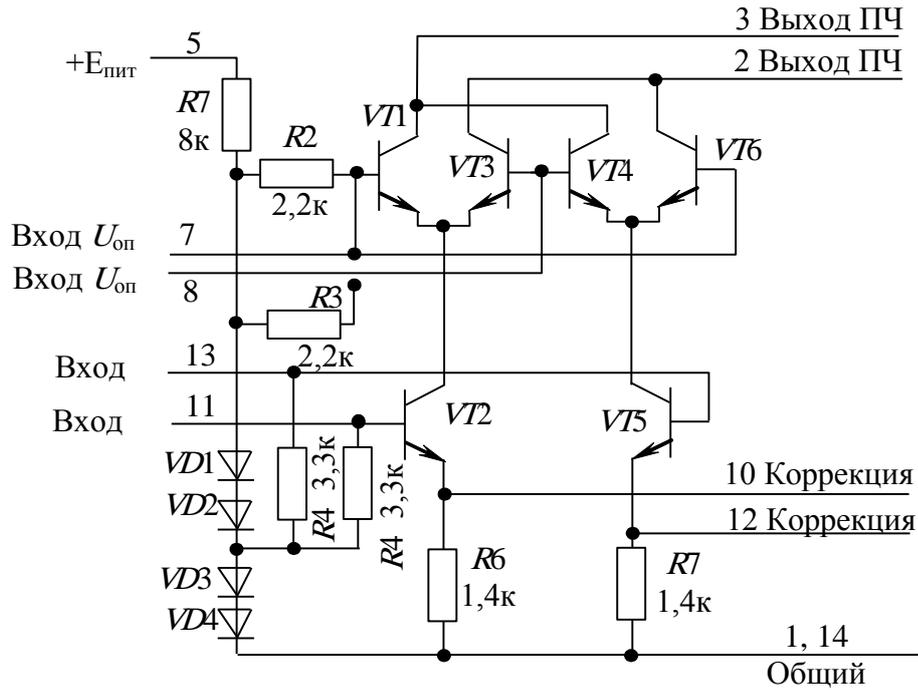


Рис. П.4.8 — Принципиальная электрическая схема ИМС К174ПС4

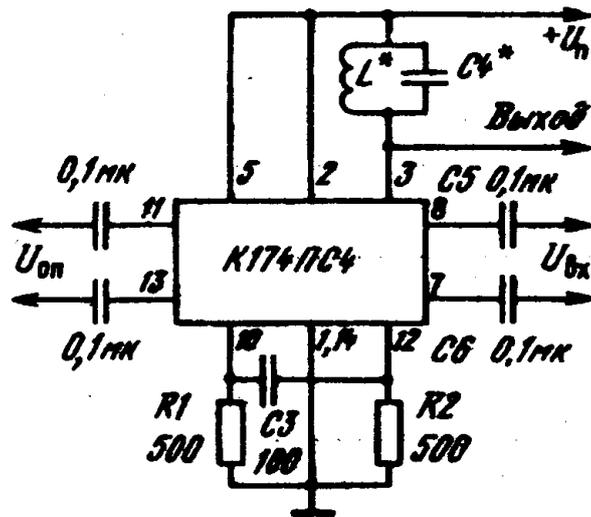


Рис. П.4.9 — Типовая схема включения К174ПС4 (174ПС4) в качестве преобразователя частоты с несимметричным включением контура на выходе

Микросхема К174ПС4 отличается от смесителей на дискретных приборах отсутствием или ослаблением в спектре выходного сигнала составляющих с частотами сигнала и гетеродина и хорошей развязкой между цепью гетеродина и входом. Просачивание напряжения гетеродина на вход приемника составляет

40... 50 дБ. Содержит 17 интегральных элементов. Корпус типа 201.14-1, масса не более 1,5 г.

Назначение выводов: 1, 14 — «земля»; 2, 3 — выходы промежуточной частоты; 5 — напряжение питания (+U_п), 7 — вход первого принимаемого сигнала (гетеродина); 8 — вход второго принимаемого сигнала (гетеродина); 10, 12 — обратная связь (коррекция); 11 — вход первого опорного сигнала; 13 — вход второго опорного сигнала; 4, 6, 9 — не используются.

Электрические параметры ИМС К174ПС4 (174ПС4)

Номинальное напряжение питания	6 В +10 %
Ток потребления при U _п =6,6 В	10 мА
Коэффициент шума:	
на частоте 100 МГц	< 12 дБ
на частоте 1000 МГц	14 дБ
Крутизна преобразования:	
на частоте 2,8 МГц	6 мА/В
на частоте 1000 МГц	5 мА/В
Коэффициент ослабления входного и опорного напряжений:	
на частоте входного сигнала 1000 МГц	20 дБ
на частоте опорного напряжения 989,3 МГц	20 дБ
Коэффициент ослабления входного и опорного напряжений:	
на частоте входного сигнала 2,8 МГц	30 дБ
на частоте опорного напряжения 3 МГц	30 дБ

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	5.4...6,6 В
в предельном режиме	5...9 В
Максимальное напряжение сигнала на выводах 7, 8, 11, 13	500 мВ
Максимальная частота входного сигнала	1000 МГц
Максимальная частота опорного сигнала	1000 МГц
Максимальное сопротивление нагрузки	> 50 Ом
в предельном режиме	10 Ом
Температура окружающей среды	-45... + 70° С

Общие рекомендации по применению

При проведении монтажных операций допускается не более трех перепаек выводов микросхемы.

Температура пайки микросхемы $235 \pm 5^\circ$ С. Расстояние от корпуса до места пайки $1 + 0,5$ мм, продолжительность пайки не более 4 сек.

Для увеличения крутизны $S_{пр}$ преобразования выводы 10 и 12 рекомендуется соединить с выводом 8 через резисторы R_1 и R_2 .

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.3. Микросхемы К174УР1, К174УР1М

Микросхемы представляют собой узлы обработки ЧМ-сигнала. Предназначены для усиления и ограничения напряжения промежуточной и разностной частот, частотного детектирования и электронной регулировки напряжения звуковой частоты в телевизионной и радиовещательной приемной аппаратуре. Содержат 101 интегральный элемент. Корпус К174УР1 типа 201 14-1, К174УР1М — типа 201.14-8, масса не более 1,2 г. В состав микросхемы входят: усилитель-ограничитель, демодулятор, предусилитель низкой частоты.

Назначение выводов: 1 — напряжения питания ($-U_n$), 2, 13 — блокировка; 5 — электронный аттенюатор; 6, 10 — выходы ВЧ; 7, 9 — фазосдвигающий контур; 8 — выход НЧ; 11 — напряжение питания ($+U_n$), 14 — вход.

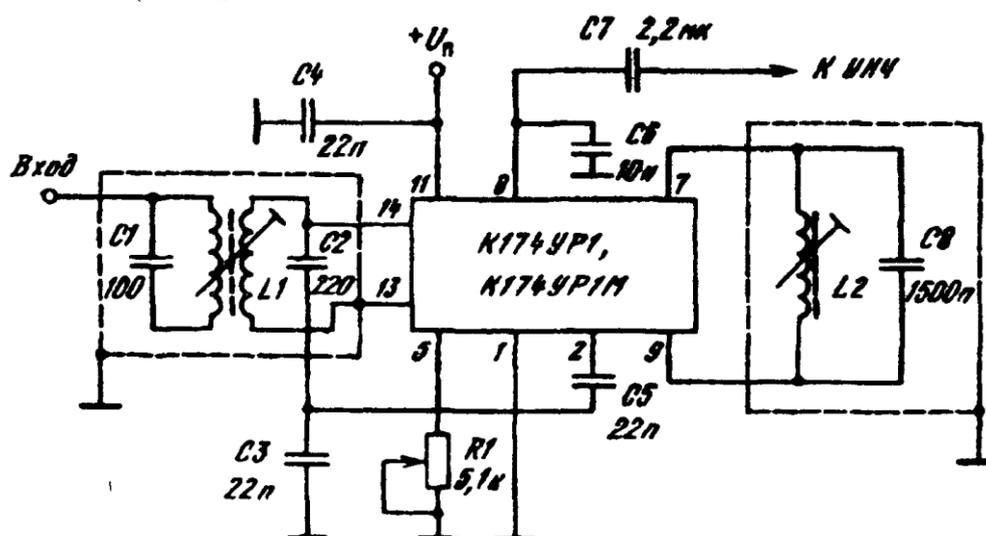


Рис. П.4.12 — Типовая схема включения К174УР1
Электрические параметры

Номинальное напряжение питания, В	12 В ±10 %
Выходное напряжение при $U_n=12$ В, $U_{вх}=1$ мВ, $f=6,5$ МГц, мВ	300
Ток потребления при $U_n=12$ В, мА	11..22
Коэффициент подавления амплитудной модуляции, дБ	>46
Коэффициент гармоник при $U_n=12$ В, $U_{вх}=1$ мВ, %	<1,5
Диапазон электронной регулировки выходного напряжения, дБ	>60
Сопротивление в цепи вывода 5 при $U_{вх}=1$ мВ, кОм	2...3,15
Выходное сопротивление, кОм	2,4...3,9
Частотный диапазон, не более, МГц	12
Потребляемая мощность, не более, мВт	400

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания, В	10,8... 13,2
Запирающий ток по выводу 13 и 2, не более, мкА	300
Сопротивление внешнего резистора между выводами 13 и 14, не более, кОм	1
Амплитуда входного сигнала, не более, мВ	150
Мощность рассеяния, мВт	400
Допустимое значение статического потенциала, В	200
Допустимое значение пульсаций напряжения питания, мВ	20
Температура окружающей среды, С ⁰	-10. +55

П.4.3.4. Микросхема К174УР2

Микросхема К174УР2 предназначена для использования в качестве усилителя промежуточной частоты канала изображения, синхронного детектирования, предварительного усиления видеосигнала, ключевой системы АРУ в телевизионных приемниках. ИМС содержит 165 интегральных элементов. Корпус типа 2103 16-9, масса не более 1.1 г.

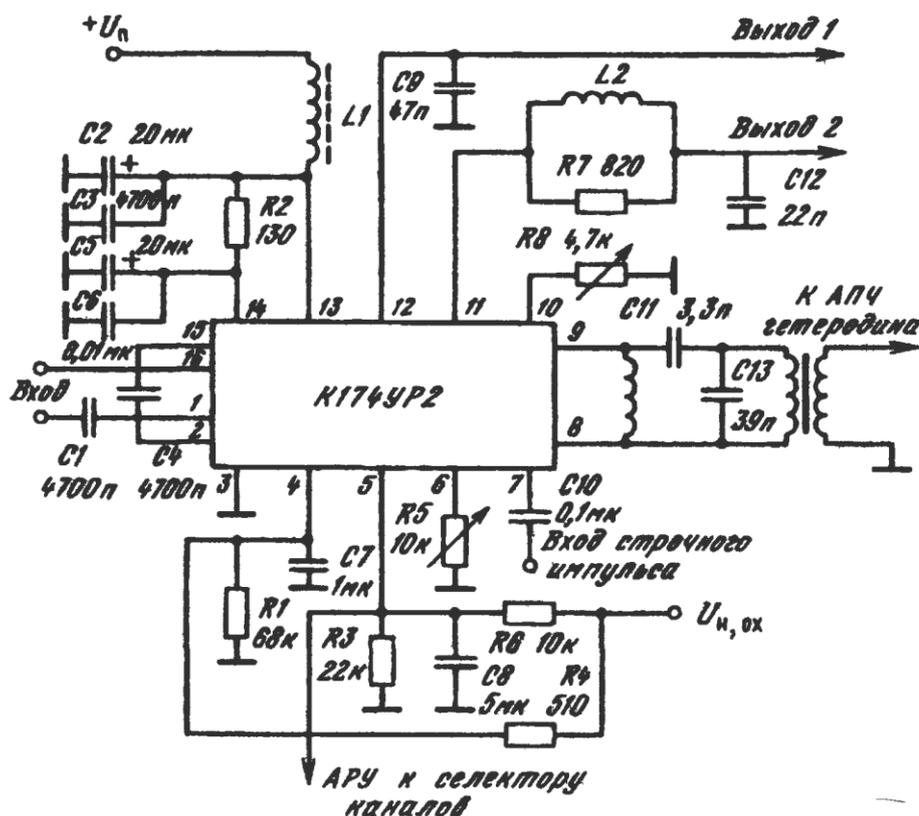


Рис. П4.13 — Типовая схем включения К174УР2 в качестве УПЧ изображения ($L1=100$ мкГн; $L2=8$ мкГн; $L3=10$ мкГн)

Назначение выводов: 1 — вход; 2, 15 — фильтр цепи ОСС; 3 — напряжение питания ($-U_n$); 4 — фильтр АРУ; 5 — выход АРУ на селектор каналов; 6 — регулировка задержки АРУ; 7 — вход строчного импульса; 8,

9 — опорный контур демодулятора; 10 — регулировка усиления; 11, 12 — выход видеосигнала; 13, 14 — напряжение питания ($+U_n$); 16 — вход.

Электрические параметры

Номинальное напряжение питания, В	12 ±10 %
Постоянное напряжение при $U_n = 12$ В, $U_{11} 5,5 \pm 0,1$ В	
на выводе 5, не более, В	<2
на выводе 12, В	5 7
Напряжение на выводе 10, не более, В	1
Выходное переменное напряжение при $U_n = 12$ В, $U_{11} 5,5 \pm 0,1$ В, $f_{вх} = 32 \dots 39$ МГц.	
на выводе 12	2,4 4,2
на выводе 11	2,4 4,2 В
Напряжение первой гармоники промежуточной частоты видеосигнала на частоте 38 МГц	<30 мВ
Амплитуда стробирующего импульса, В	-1,5. +5
Напряжение на выводе 14 при $I_{14} = (40 \pm 1)$ мА, В	5,5 6,5
Чувствительность при $C_n = 12$ В, $U_{11} = (5,5 \pm 0,1)$ В, $U_{вх} = 32 \dots 39$ МГц, мкВ	< 300
Ток потребления при $U_n = 12$ В, $U_{11} = (5,5 \pm 0,1)$ В, мА	50 75
Ток потребления, мА	
по выводу 13	10 24
по выводу 14	40 55
Эффективность АРУ при $U_n = 12$ В	
$U_{11} = (5,5 \pm 0,1)$ В, $f_{вх} = 32 \dots 39$ МГц	>50 дБ
Изменение частотной характеристики:	
в полосе пропускания	0 5 МГц
в диапазоне АРУ	2 дБ
Полоса пропускания, МГц:	
по выводу 12	> 6,5
по выводу 11	>7
Коэффициент подавления интермодуляционных помех на видеовыходах	>40 дБ
Коэффициент дифференциальных искажений	< 15 %
Фактор импульсной характеристики	<4 %

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания, В	10,8...13,2
Амплитуда напряжения входного сигнала, В	≤ 0,3
Амплитуда напряжения строб-импульса по выводу 7 (форма импульса — обратный ход строчной развертки), В	-5...-2
Максимальная амплитуда тока в нагрузке, мА	≤ 14
Температура окружающей среды, С ⁰	-10...+55

Рекомендации по применению

При проведении монтажных операций допускается не более двух перепаек выводов микросхемы.

При эксплуатации микросхемы допускаются пульсации питания 20 мВ.

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.5. Микросхемы К174УРЗ, К174УРЗМ

Микросхемы представляют собой усилители и детекторы ЧМ-сигналов с предварительным усилением. Предназначены для усиления, ограничения промежуточной частоты, частотного детектирования и предварительного усиления низкой частоты в радиовещательных приемниках. Микросхема содержит 114 интегральных элементов. Корпус К174УРЗ типа 201.14-1, масса не более 1,5 г, К174УРЗМ — типа 201 14-8, масса не более 2,5 г.

Структурная схема микросхемы, представленной на рисунке (рис. П4.14), содержит УПЧ (усилитель-ограничитель) А1, частотный детектор У1 и предварительный усилитель звуковой частоты А2. Усилитель звуковой частоты имеет электронный аттенюатор, позволяющий дистанционно регулировать уровень выходного сигнала. ИМС и предназначена для применения в трактах радиоприемных устройств.

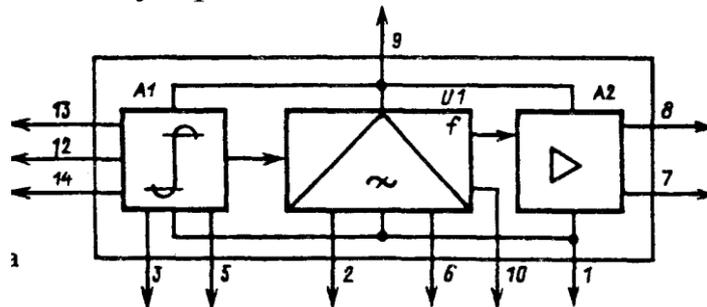
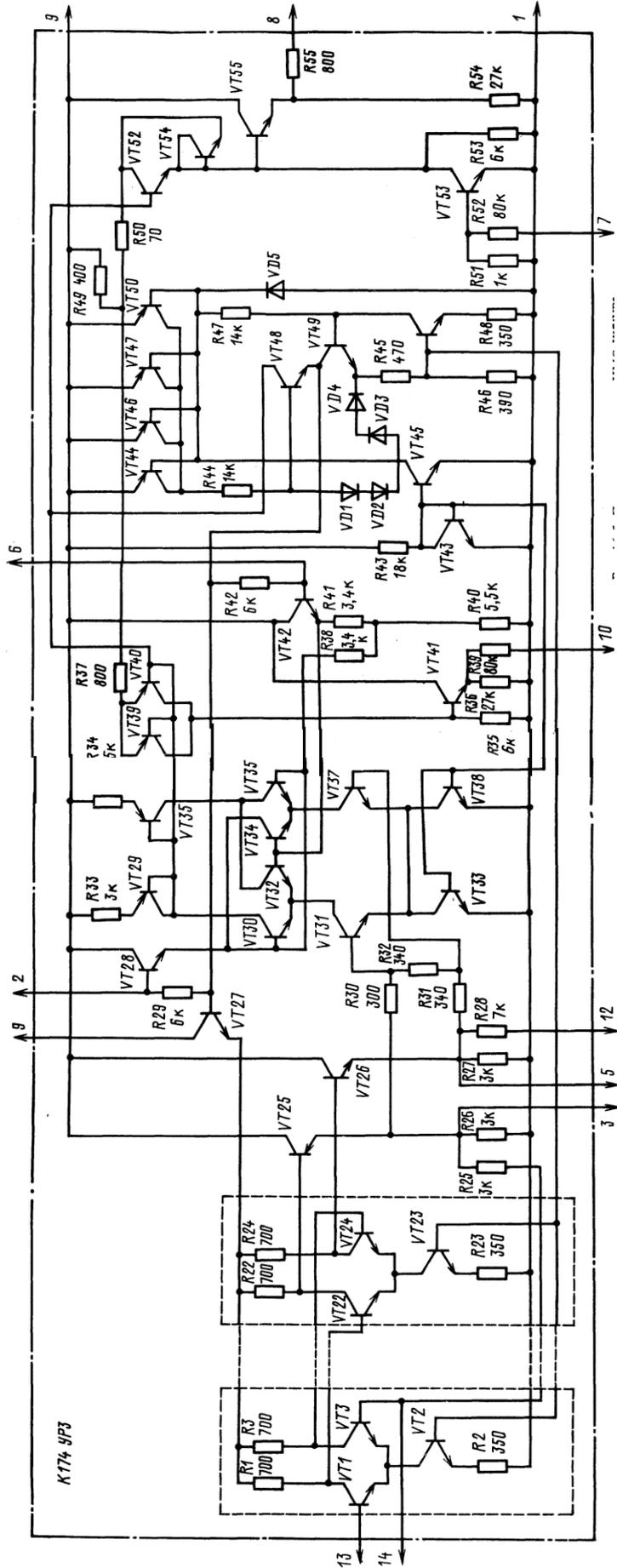


Рис. П4.14 — Структурная схема ИМС К174УРЗ

Входной сигнал поступает на усилитель-ограничитель, который состоит из восьми последовательно связанных дифференциальных усилителей на транзисторах $VT1...VT24$ и двух выходных эмиттерных повторителей на транзисторах $VT25, VT26$. Усилитель-ограничитель охвачен глубокой ООС через резистор $R5$, что обеспечивает подавление паразитной амплитудной модуляции (40 дБ) в широком динамическом диапазоне уровней входных сигналов.



С выхода каскадов усиления ограниченный сигнал подается на вход частотного квадратурного детектора, который представляет собой балансный модулятор, построенный на транзисторах $VT30...VT38$. Чтобы получить сдвинутый по фазе относительно входного сигнал, для управления базами транзисторов узла умножения детектора (транзисторы $VT28, VT42$) к выводам 2, 6, должен быть подключен внешний параллельный контур, настроенный на частоту 10,7 МГц. Предварительный усилитель сигнала звуковой частоты выполнен на транзисторах $VT52...VT55$.

Сигнал электронной регулировки усиления подают на вывод 7. Так как ЗГ-сигнал не проходит по цепи регулировки громкости, он не подвержен влиянию фоновых наводок. Внутренний стабилизатор, выполненный на распределенных транзисторах, уменьшает влияние изменения напряжения питания на параметры ИМС.

Зависимости основных электрических характеристик ИМС от режимов эксплуатации приведены на рисунках (рис. П4.16) и (рис. П4.17).

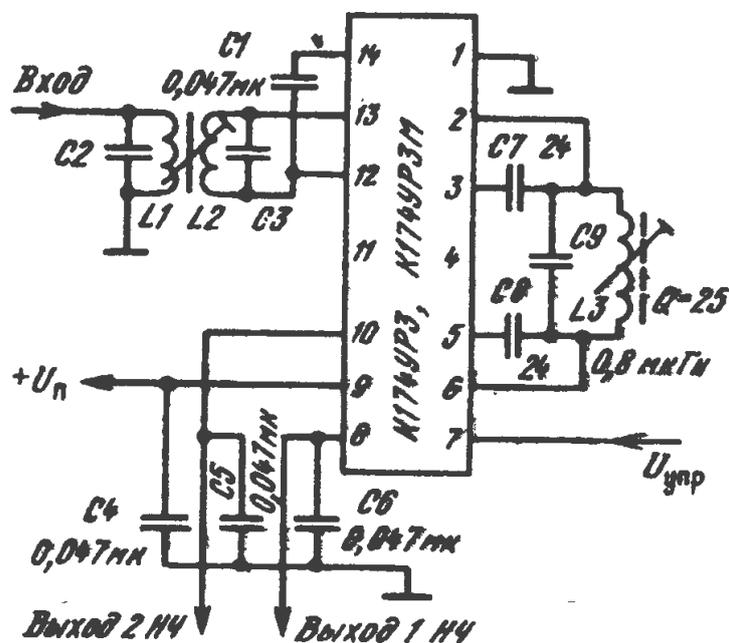


Рис. П4.15 — Типовая схема включения К174УР3, К174УР3М в качестве усилителя ограничителя промежуточной частоты

Назначение выводов 1 — напряжение питания ($-U_n$), 2, 6 — фазосдвигающий контур, 3, 5 — выходы ВЧ, 7 — вывод $U_{упр}$. 8, 10 — выход НЧ; 9 — напряжение питания ($+U_n$); 12, 14 — блокировка; 13 — вход

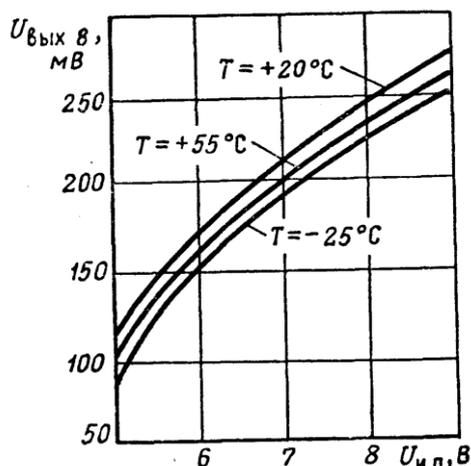


Рис. П4.16 — Зависимость выходного напряжения НЧ (с вывода 8) ИМС К174УР3 от напряжения источника питания при различных температурах окружающей среды

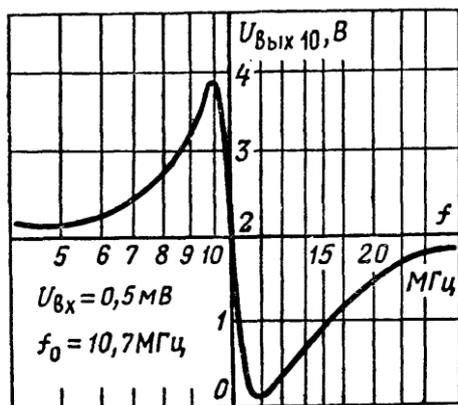


Рис. П4.17 — Зависимость выходного постоянного напряжения (с вывода 10) К174УР3 от частоты расстройки частоты входного сигнала

Электрические параметры

Номинальное напряжение питания, В	$6 \pm 5 \%$
Выходное напряжение низкой частоты при $U_{п} = 6$ В, $f_{вх} = 10.7$ МГц, $U_{вх} = 0.5$ мВ, $f_{мод} = 1$ кГц	> 100 мВ
Выходное напряжение ограничения	< 100 мкВ
Изменение выходного напряжения по выводу 8 при наличии тока на выводе 7	> 60 дБ
Ток управления по выводу 7	$0.05 \dots 1$ мА
Ток потребления при $L_{п} = 6$ В	< 12 мА
Коэффициент ослабления амплитудной модуляции	> 40 дБ
Коэффициент гармоник на частоте $f = 10.7$ МГц	$< 2 \%$
Входное сопротивление на частоте $f = 15$ МГц	> 3.9 кОм
Выходное сопротивление	< 1.5 кОм
Сопротивление постоянному току между выводами 12 и 13	< 500 Ом

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	5,7.6,3 В
в предельном режиме	5..9 В
Входное напряжение	< 100 мВ
Сопротивление нагрузки	> 1,5 кОм
Температура окружающей среды	-25 +70° С

Рекомендации по применению

При проведении монтажных операций допускается не более трех перепаек выводов микросхем. Температура пайки не более 265° С в течение не более 4-х с.

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.6. Микросхема К174УР4

Микросхема представляет собой тракт обработки сигналов промежуточной частоты с частотной модуляцией. Она предназначена для работы в качестве усилителя промежуточной частоты звука телевизионных приемников, а также для усиления и ограничения сигнала промежуточной частоты звукового сопровождения, частотного детектирования с электронной регулировкой выходного сигнала. Содержит 129 интегральных элементов. Корпус типа 201.14-1, масса не более 1,1 г.

Назначение выводов: — напряжение литания ($-U_{п}$); 2, 13 — блокировка; 3 — вход низкой частоты; 4 — контрольный выход; 5 — регулятор громкости; 6, 10 — выходы высокой частоты; 7, 9 — фазосдвигающий контур; 8 — регулируемый выход низкой частоты; 11 — напряжение питания ($+U_{п}$); 12 — нерегулируемый выход низкой частоты; 14 — вход.

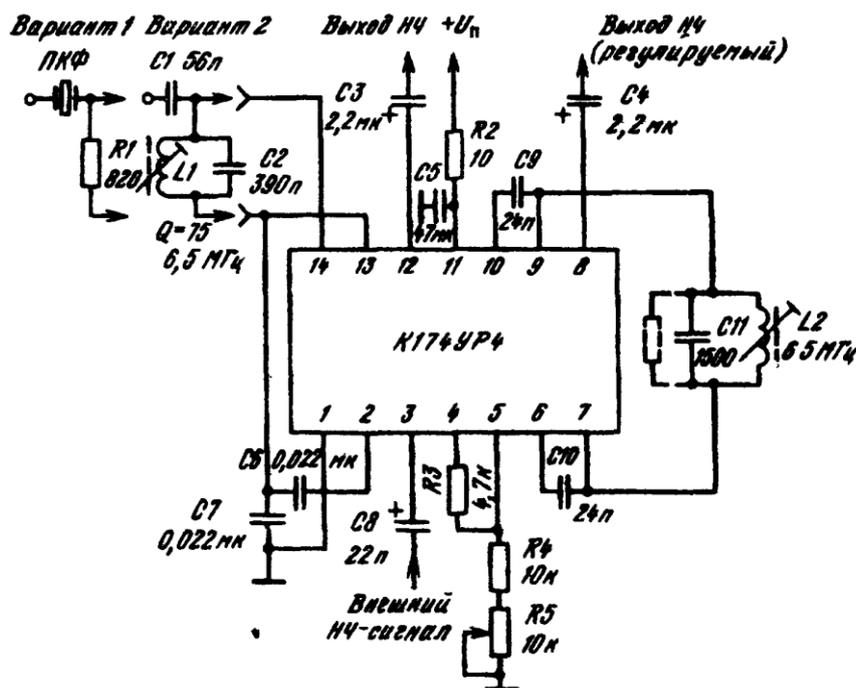


Рис. П4.18 — Типовая схема включения К174УР2 в качестве УПЧ
Электрические параметры

Номинальное напряжение питания	12 В
Входное напряжение ограничения	≤ 100 мкВ
Выходное напряжение:	
по выводу 8	300...900 мВ
по выводу 12	250...900 мВ
Выходное стабилизированное напряжение на выводе 4	4,2...5,3 В
Ток потребления	9,5. 17,5 мА
Коэффициент усиления тракта низкой частоты	
при $U_{п} = 12$ В, $U_{нч} = 100$ мВ, $f_{вх} = 1$ кГц	> 10 дБ
при $U_{п} = 13,2$ В, ($U_{нч} = 350$ мВ, $f_{вх} = 1$ кГц.	$> 2,3$ дБ
Коэффициент подавления амплитудной модуляции ($K_{ос(AM)}$)	> 46 дБ
Коэффициент гармоник....	$\leq 1,5$ %
Диапазон электронной регулировки усиления ($\Delta K_{ару}$)	> 65 дБ
Выходное сопротивление по выводам 8 и 12	1,1 кОм

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	10,8 13,2 В
Постоянное управляющее напряжение на выводе 5	≤ 6 В
Выходной ток по выводу 4	≤ 5 мА
Сопротивление внешнего резистора между выводами 13 и 14	≤ 1 кОм
Температура окружающей среды	-10. +60° С

Рекомендации по применению

При добротности контура $Q = 45$ и несущей частоте 5,5 МГц 95 % микросхем обеспечивают следующие параметры: $U_{02} > 780$ мВ, $U_{12} > 650$ мВ, $K_{ос(AM)} > 50$ дБ и $\Delta K_{ару} > 70$ дБ.

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.7. Микросхема К174УР5

Микросхема представляет собой усилитель промежуточной частоты канала изображения для работы в телевизионных приемниках черно-белого и цветного изображения. Содержит 281 интегральный элемент. Корпус типа 2103.16-9, масса не более 1,5 г.

В состав микросхемы входят: усилитель промежуточной частоты, демодулятор, предварительный видеоусилитель, усилитель-ограничитель, устройство автоматической подстройки частоты, детектор и усилитель АРУ, распределитель АРУ, усилитель внешнего АРУ, выходной каскад видеоусилителя, подавители импульсных помех, «белых» и «черных».

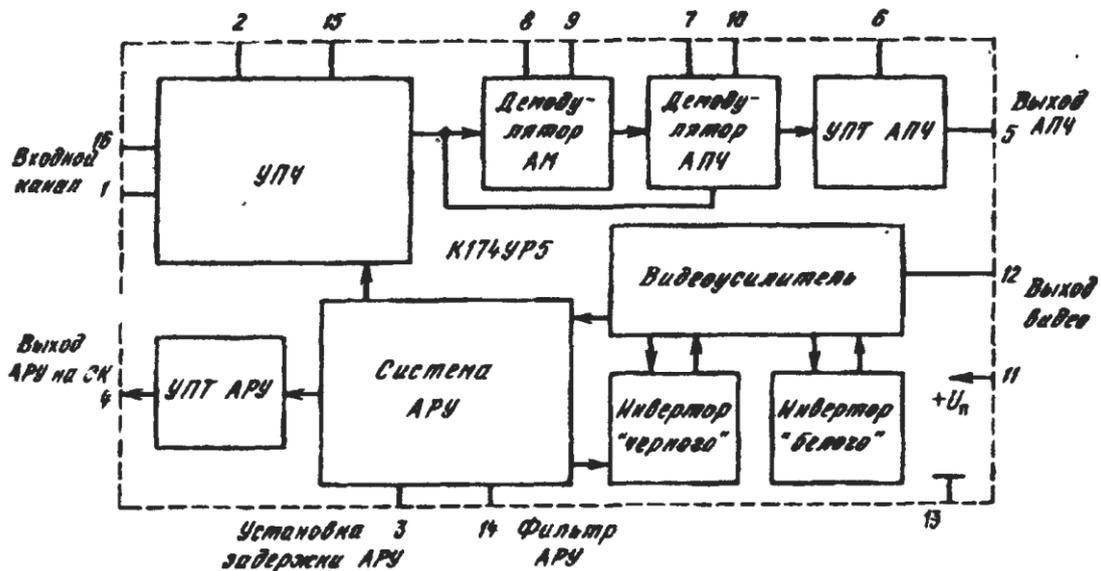


Рис. П4.19 — Структурная схема микросхемы К174УР5

Назначение выводов: 1, 16 — вход; 2, 16 — фильтр ООС; 3 — установка задержки АРУ на СК; 4 — выход АРУ на СК; 5 — выход АПЧ; 6 — выключение АПЧ; 7, 10 — опорный контур АПЧ; 8, 9 — опорный контур демодулятора АМ; 11 — напряжение питания (+ (U_p)); 12 — выход видеосигнала; 13 — напряжение питания (- (U_p)); 14 — фильтр АРУ и блокировка АПЧ.

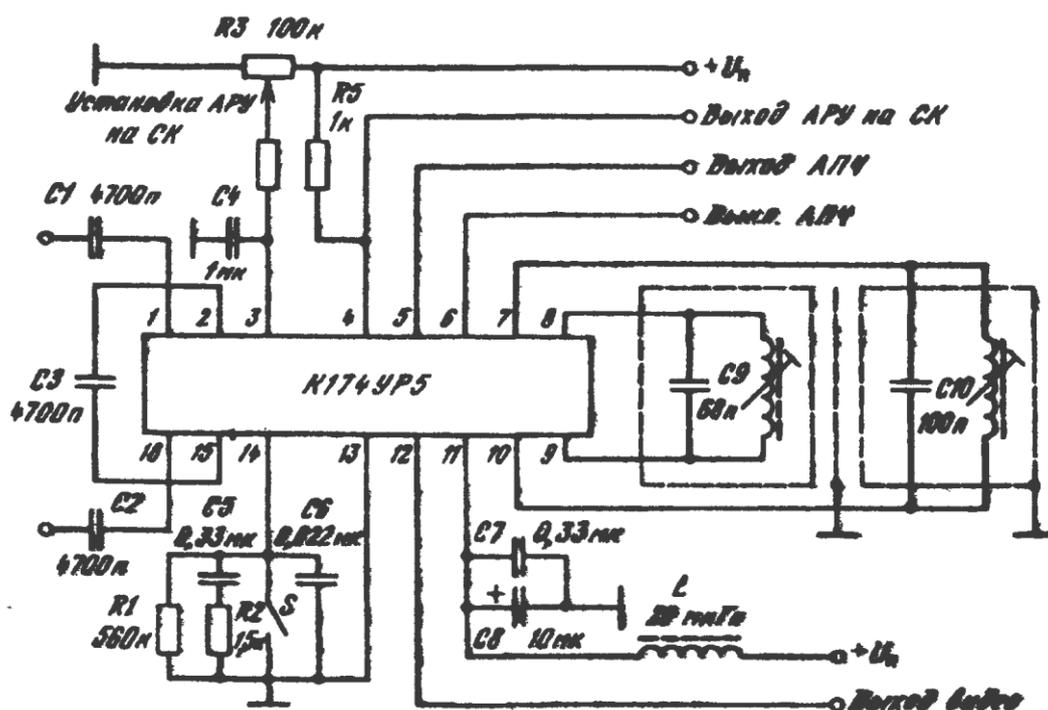


Рис. П4.20 — Типовая схема включения К174УР5 в качестве УПЧ изображения $f_{вх}=38$ МГц, $Q \geq 50$

В типовой схеме выключения:

переключатель S служит для выключения АПЧ;

между выводами 13 и 14 допускается подключение конденсатора емкостью 3 ... 10 нФ;

на входе допускается применение фильтра на поверхностно-акустических волнах

Электрические параметры

Номинальное напряжение питания	12 В ± 10 %
Выходное напряжение при $U_n = 12$ В, $f_{вх} = 38$ МГц, $U_{вх} = 10$ мВ	2.6...3.5 В
Напряжение на выводе 4 при $I_d = 10$ мА	< 0,3 В
Размах выходного напряжения АПЧ	> 10 В
Напряжение блокировки АПЧ	< 2 В
Диапазон входных напряжений при модуляции видеосигналом	0,2...9,5 мВ
Напряжение включения АПЧ	< 3 В
Напряжение блокировки УПЧ (по выводу 14)	< 1 В
Постоянное напряжение на выводе 12 при $U_{вх} = 0$	(6 ± 0,3) В
Чувствительность при $U_{вых} = 2.6...3.5$ В	< 200 мкВ
Ток потребления при $U_{пит} = 12$ В	30...65 мА
Ток АРУ на селектор каналов СК при $U_n = 12$ В, $f_{вх} = 38$ МГц, $U_{вх} = 20$ мВ	> 10 мА
Диапазон АРУ по напряжению при $U_{пит} = 12$ В, $f_{вх} = 3.8$ МГц, $U_{вх} = 65$ мВ	> 50 дБ
Коэффициент подавления ПЧ и ее второй гармоники на выходе	> 40 дБ
Интермодуляция при $f = 1,1$ и 3,3 МГц	> 46 дБ
Входная емкость	< 2 пФ
Уход частоты при $\Delta U_{05} = 10$ В	< 200 кГц
Искажения типа «дифференциальная фаза»	< 10°

Крутизна регулирования АРУ на СК при $U_{вх} = 20\text{мВ}$	0,4–1,5 В/мВ
Входное сопротивление	>2 кОм
Крутизна детектора АПЧ	> 50 В/МГц
Дифференциальные искажения при коэффициенте модуляции 0,85 и частоте модуляции 15,625 кГц	<10 %
Полоса пропускания при коэффициенте модуляции 0,2 и частоте модуляции 0,1...6 МГц на уровне 3 дБ	> 6 МГц

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	10.8...13.2 В
Амплитуда входного сигнала на выводах 1 и 16	<0.14
Выходной ток АРУ на СК	<15 мА
Ток по выводу 3	-0,3...+0,3 мА
Ток нагрузки	< 10 мА
Рассеиваемая мощность	< 850 мВт
Сопротивление нагрузки	. > 600 Ом
Температура окружающей среды	-10...+ 55°C

Рекомендации по применению

При проведении монтажных операций допускается не более двух перепаек выводов микросхемы.

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.8. Микросхема К174УР7

ИМС К174УР7 (рис. П4.21) представляет собой специализированную ИМС для радиоприемников, содержащую усилитель-ограничитель промежуточной частоты ЧМ-тракта А1, балансный ЧМ-детектор U1 и предварительный усилитель низкой частоты А2.

Функциональная схема ИМС К174УР7 представлена на рисунке (рис. П4.21). Входной сигнал поступает на вход усилителя-ограничителя А1, с выхода которого ограниченный сигнал поступает на вход частотного детектора U1. Выход частотного детектора соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя А2, который осуществляет предварительное усиление звуковой частоты.

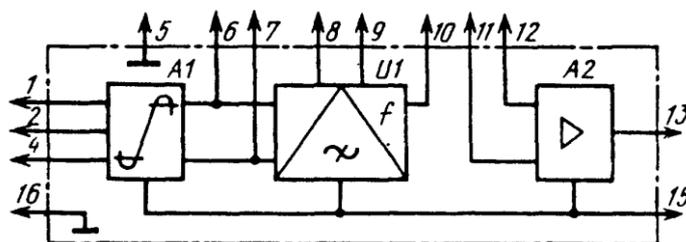


Рис. П4.21 — Функциональная схема К174УР7

Назначение выводов представлено на рисунке (рис. П4.22).

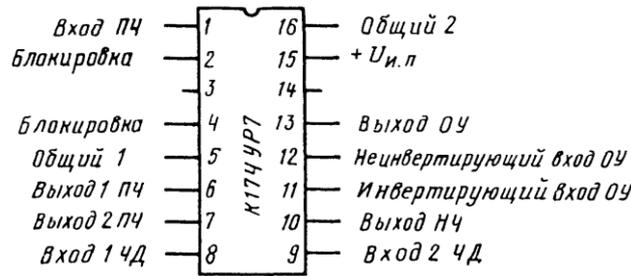


Рис. П4.22 — Назначение выводов ИМС К174УР7

Типовая схема включения показана на рисунке (рис. П4.23).

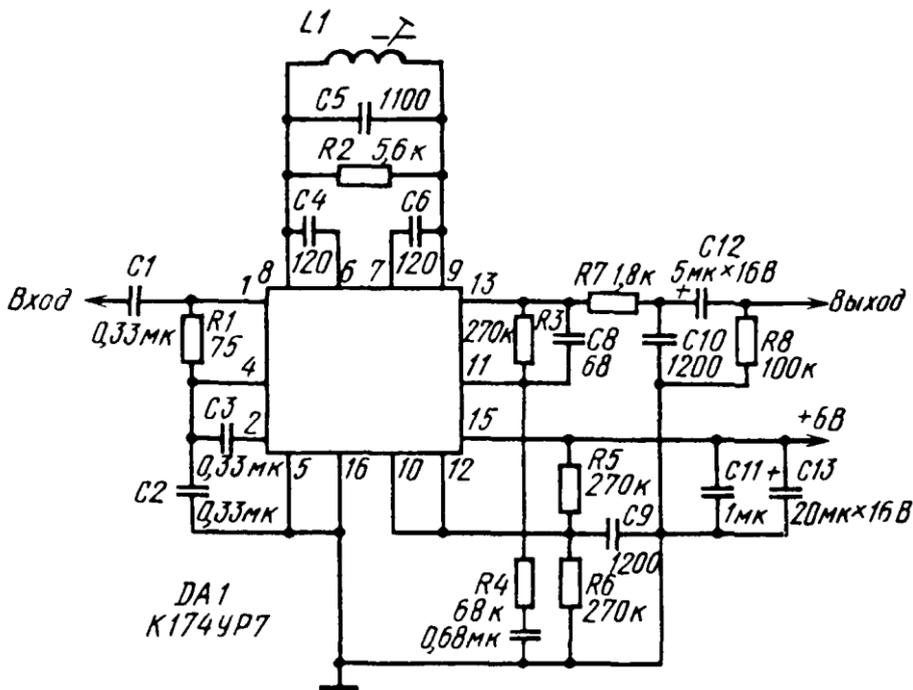


Рис. П4.23 — Типовая схема ИМС К174УР7

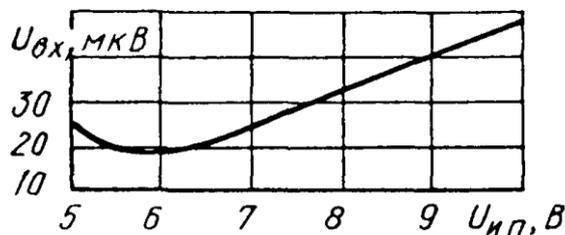
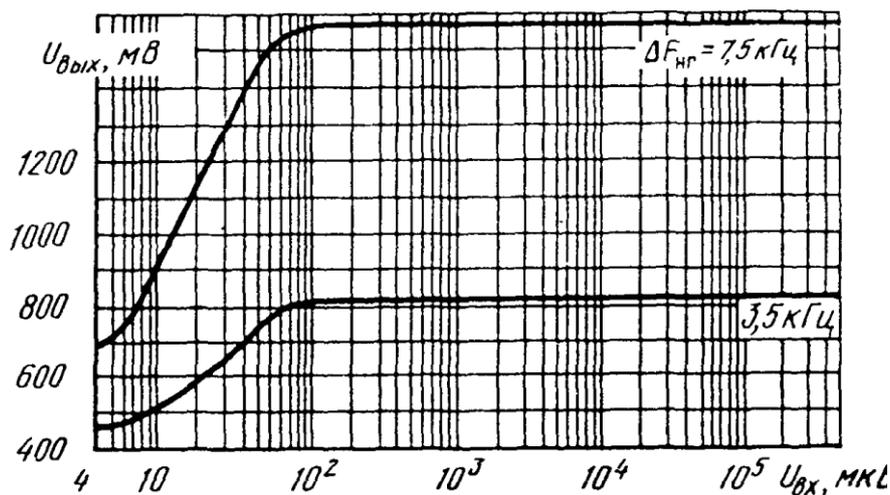


Рис. П4.24 — Зависимость входного напряжения ограничения от напряжения питания К174УР7 при $f_{вх} = 250$ кГц, $F_{\text{мод чм}} = 1$ кГц, $f_{\text{дсв}} = 3.5$ кГц

Рис. П4.25 — Зависимость $U_{\text{вых}}$ НЧ от $U_{\text{вх}}$ при $U_{\text{пит}}=6\text{В}$

Электрические параметры

Ток потребления $I_{\text{пот}}$, мА, не более	0.6
Входное напряжение ограничения $U_{\text{вх.огр.}}$, мкВ, при $f_{\text{вх}} = 0.25$ МГц, $f_{\text{мод.}} = 1$ кГц, не более	70
Выходное напряжение ограничения $U_{\text{вых.нч}}$, мВ, при $U_{\text{вх.}} = 10$ мВ, $f_{\text{вх}} = 0.25$ МГц, 90 $f_{\text{мод.}} = 1$ кГц, не более	
Коэффициент подавления амплитудной модуляции $K_{\text{п.ам}}$ дБ, при $U_{\text{вх.}} = 10$ мВ, $f_{\text{вх}} = 30$ $= 0.25$ МГц, $f_{\text{мод.}} = 1$ кГц, не более	

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания $U_{\text{пит}}$, В:	
минимальное	5.4
максимальное	6.6
Напряжение входного сигнала $U_{\text{вх.}}$, мВ, не более	100
Выходной ток I , мА, не более	0.1

П.4.3.9. Микросхема К174УР10

Микросхема представляет собой компенсирующий усилитель промежуточной частоты и предназначена для усиления сигналов промежуточных частот изображения и звука, компенсации ослабления сигнала в фильтрах сосредоточенной селекции на поверхностно-акустических волнах черно-белых и цветных телевизоров. Содержит 32 интегральных элемента. Корпус типа 2101.8-1, масса не более 0,7 г.

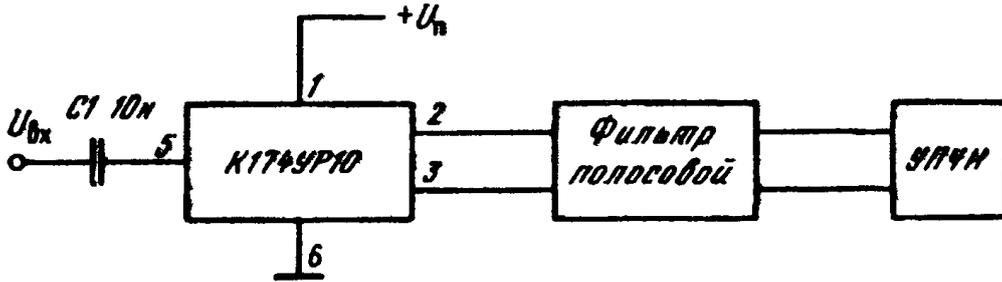


Рис. П4.26 — Типовая схема включения К174УР10 в качестве УПЧ-канала звука телевизионного приемника

Назначение выводов: 1 — напряжение питания (+ U_n); 2, 3 — выходы; 5 — вход; 6 — напряжение питания (– U_n).

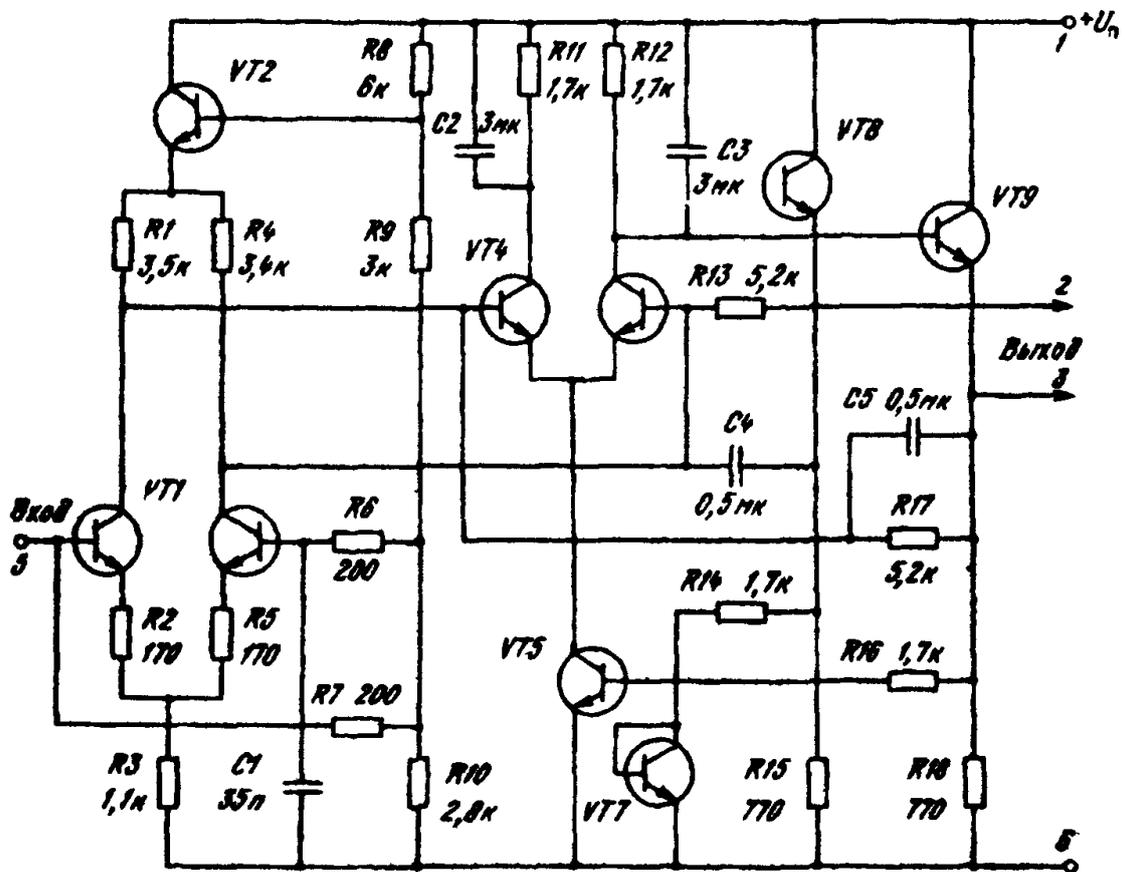


Рис. П4.27 — Принципиальная схема К174УР10

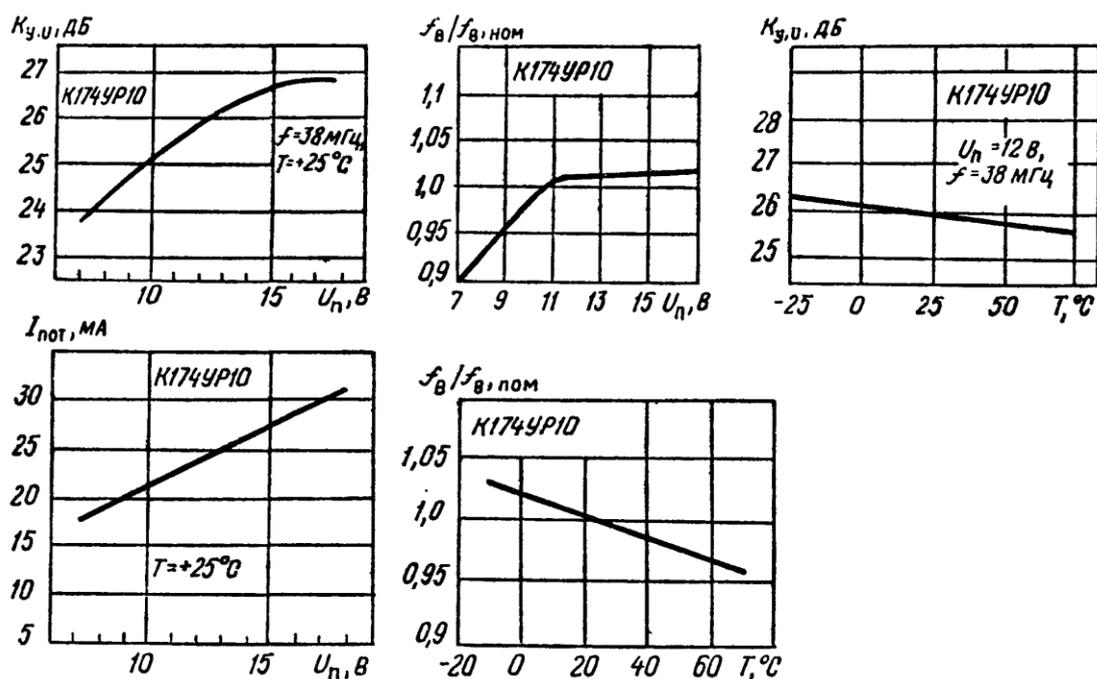


Рис. П4.28 — Основные технические характеристики К174УР10

Электрические параметры

Номинальное напряжение питания...	12 В ±10 %
Разность постоянных выходных напряжений при $U_n=13.2$ В	<1,3В
Ток потребления при $U_n = 13,2$ В	15..35 мА
Коэффициент усиления напряжения при $U_n = 10,8$ В, ($U_{вх1} = 10$ мВ, $f_{вх1} = 38$ МГц)	21..30 дБ
Интермодуляционные искажения при $U_n = 10.8$ В, $U_{вх} = 1$ мВ, $U_{вх2} = 50$ мВ, $f_{вх1} = 38$ МГц, $f_{вх2} = 39,5$ МГц	>40дБ
Перекрестные искажения при $U_n = 10,8$ В, $U_{вх1} = 1$ мВ, $U_{вх2} = 40$ мВ, $f_{вх1} = 38$ МГц, $f_{вх2} = 39,5$ МГц; $K_{мод} = 50$ %, $F_{мод} = 1$ кГц	<1 %
Верхняя граничная частота полосы пропускания (по уровню — 3 дБ) при $U_n = 10,8$ В, $U_{вх} = 10$ мВ	> 60 МГц
Коэффициент шума	<22дБ

П.4.3.10. Микросхема К174ХА2, К174ХА02

Микросхемы предназначены для усиления и преобразования радиосигналов высокой частоты с системой АРУ и генерирования сигналов гетеродина. Микросхемы содержат 112 интегральных элементов. Корпус К174ХА2 типа 238.16-1, масса не более 1,5 г, К174ХА02 — типа 238.16-5, масса не более 1,5 г. В состав микросхем входят: усилители высокой частоты, усилители АРУ, гетеродин, смеситель, стабилизатор напряжения и усилитель промежуточной частоты.

Назначение выводов (рис. П4.29): 1,2 — входы УРЧ; 3 — вход УПТ; 4, 5, 6 — выводы гетеродина; 7 — выход УПЧ; 8 — напряжение питания ($-U_n$), 9 — вход УПТ; 10 — выход индикации; 11, 12 — вход УПЧ; 13 — вывод УПЧ; 14 — напряжение питания ($+U_n$); 15, 16 — выходы смесителя.

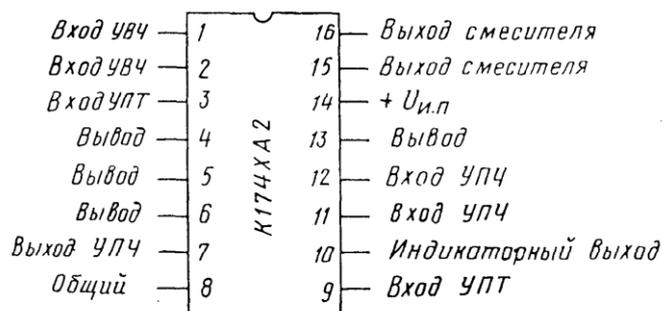


Рис. П4.29 — Назначение выводов ИМС К174ХА2, К174ХА02

ИМС К174ХА2 (рис. П4.30) предназначена для работы в радиовещательных приемниках АМ-сигналов третьей группы сложности, но может также использоваться и в радиовещательных приемниках второй группы сложности с внешним гетеродином, что дает повышенную устойчивость к перекрестной помехе. ИМС содержит усилитель сигналов радиочастоты А1 с системой АРУ А2, смеситель УЗ1, усилитель промежуточной частоты А4 с системой АРУ А5, гетеродин G1 и стабилизатор АЗ.

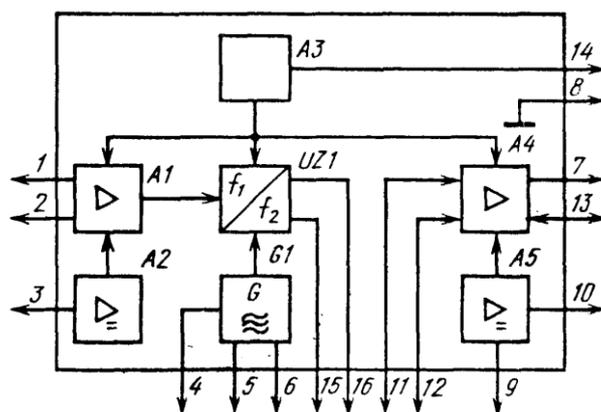


Рис. П4.30 — Структурная схема ИМС К174ХА2, К174ХА02

Типовая схема включения ИМС К174ХА2 для приемника АМ-сигналов с индикатором напряженности поля приведена на рисунке (рис. П4.31).

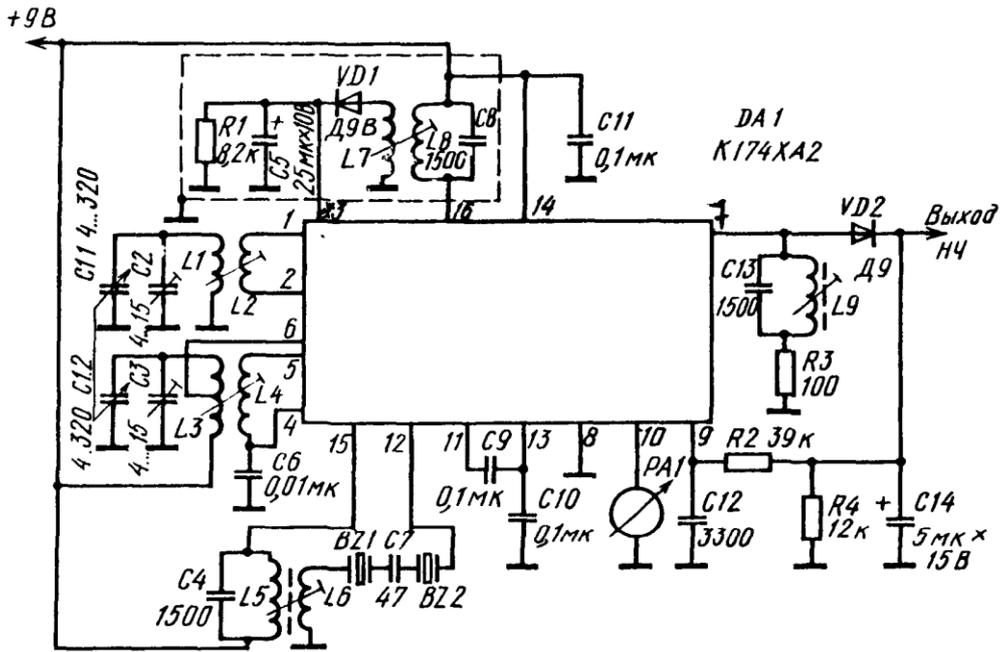


Рис. П4.31 — Схема приемника АМ-сигналов на ИМС К174ХА2

Схема включения К174ХА2 (рис. П4.32) и зависимости от $U_{вх}$ показаны на рисунках (рис. П4.33 и рис. П4.34).

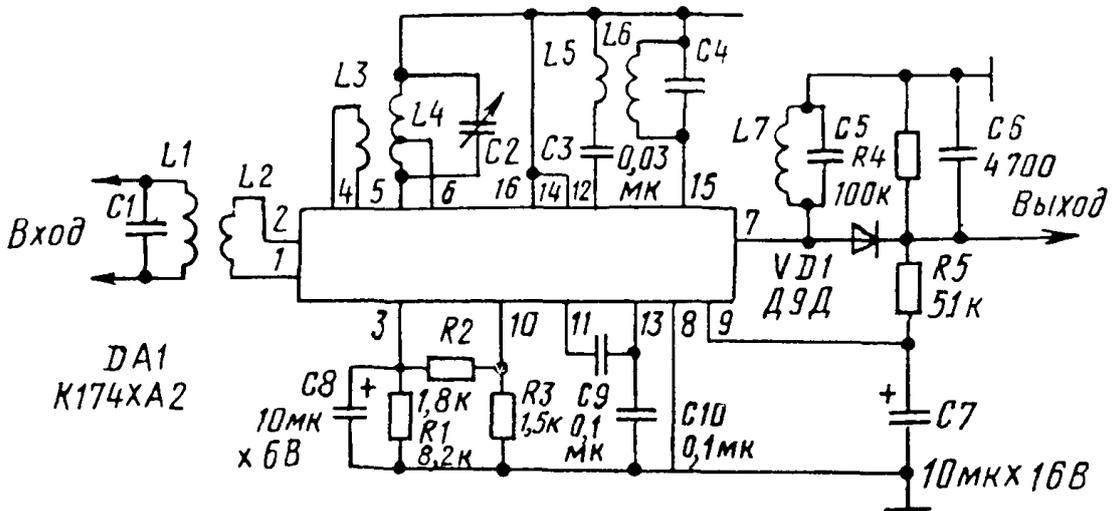


Рис. П4.32 — Вариант включения ИМС К174ХА2

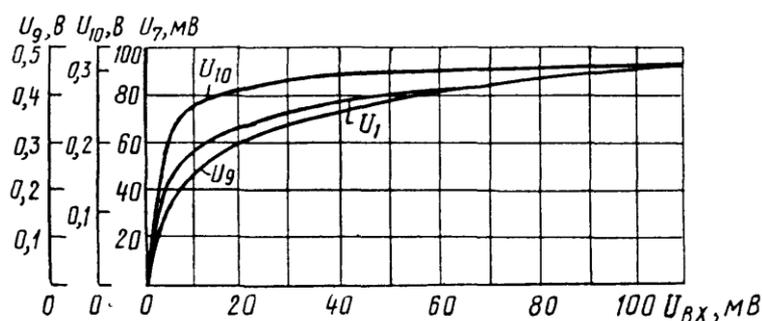


Рис. П4.33 — Зависимости напряжения на выводах 7, 9 и 10 ИМС К174ХА2 от амплитуды входного сигнала (до 100 мВ)

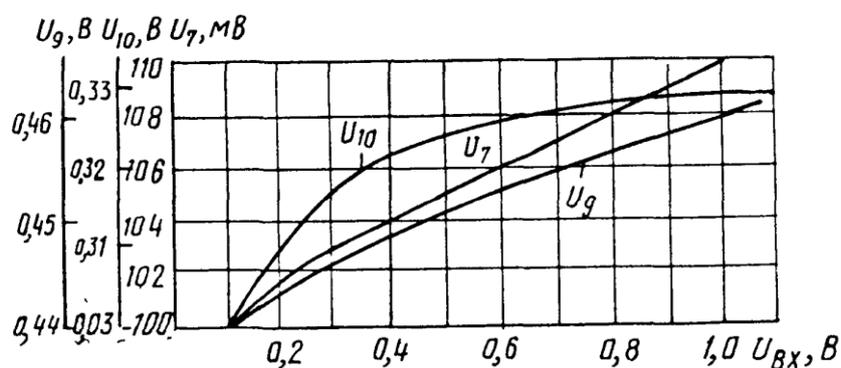


Рис. П4.34 — Зависимости напряжения на выводах 7, 9 и 10 ИМС К174ХА2 от амплитуды входного сигнала (до 1 В)

Микросхемы можно использовать в качестве приемника, построенного по схеме, изображенной на рисунке (рис. П4.35).

На рисунке (рис. П4.35) индуктивность катушки $L1=36$ мкГн; контур $L1C1$, настроенный на частоту 1,465 МГц, имеет добротность 50; коэффициент включения катушки $L1$ — 0,28, коэффициент трансформации трансформатора, образованного катушками $L1, L2$, равен 0,125. Индуктивность катушки $L3$ — 110 мкГн. Трансформатор рассчитан на прием сигнала с частотой 1 МГц. Индуктивность катушки $L4$ определяется коэффициентом трансформации, равным единице. Индуктивность катушки $L5$ равна 78 мкГн, контур $L5C5$ с добротностью 50 рассчитан на частоту 465 кГц.

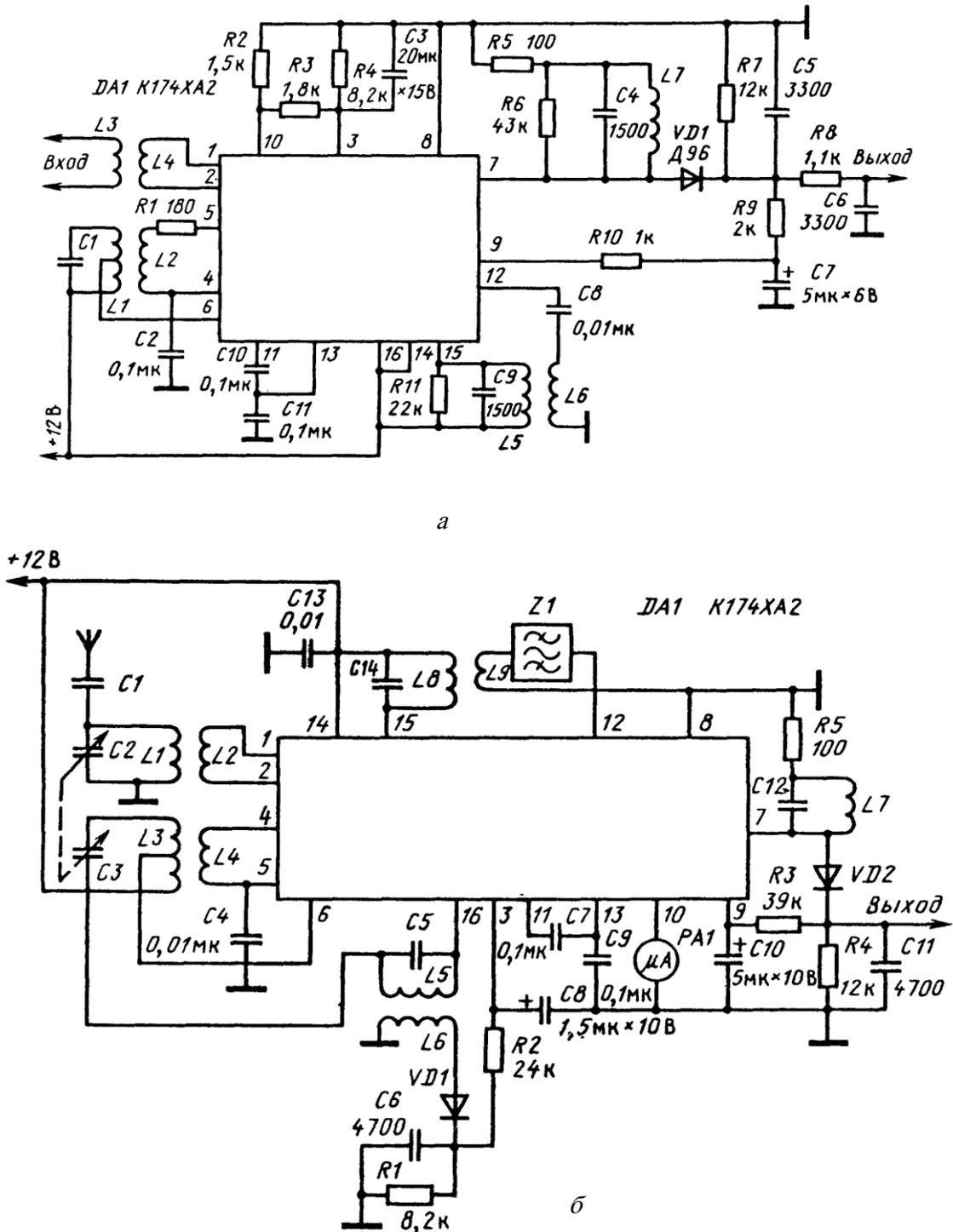


Рис. П4.35 — Варианты включения ИМС К174ХА2

В приемниках, где входной сигнал превышает 5 мВ, целесообразно применять двухпетлевую систему АРУ (рис. П.4.35, б). Здесь два детектора АРУ: первый детектор — диод *VD1* используется для выполнения регулировки в усилителе УРЧ, а второй — диод *VD2* — в усилителе ПЧ. При малых уровнях входного сигнала (до -60 дБ) действует АРУ в усилителе ПЧ, при больших

уровнях (до -40 дБ) — АРУ в усилителе УРЧ. Необходимо иметь в виду, что тип диода, кремниевый или германиевый, влияет на уровень выходного сигнала микросхемы. Тип диода в детекторе АРУ усилителя УРЧ выбирают таким образом, чтобы начало работы системы АРУ в усилителе по уровням входного сигнала совпадало с окончанием действия АРУ в усилителе УПЧ.

На рисунке (рис. П4.36, а) приведена схема УРЧ-ПЧ-тракта, состоящего из усилителя радиочастоты, двойного балансного смесителя, усилителя ПЧ и усилителя постоянного тока системы АРУ. Настройка на сигналы станции осуществляется с помощью варикапной матрицы. В контур $L3C4C5$ гетеродина входит один варикап. Во входной контур $L1C1C2$ — два параллельно включенных. Смеситель нагружен на резисторы $R10$, $R12$ и пьезокерамический фильтр $Z1$, настроенный на промежуточную частоту, равную 465 кГц. Выделенный фильтром сигнал промежуточной частоты через катушку связи $L5$ поступает на фильтр ПЧ $L6C17C18$ и далее на вход усилителя ПЧ ИМС, на фильтр $L7C7$ и на детектор. Выделенный сигнал через резистор $R6$ поступает на усилитель АРУ. На транзисторе $VT1$ собран предварительный усилитель. С контура $L3C4$ сигнал поступает в ИМС, где взаимодействует с колебаниями гетеродина, частоту которого можно подстроить резистором $R7$. Сигнал ПЧ (вывод 15) поступает на фильтр из элементов $R17$, $R18$, $C16...C18$. Сигнал НЧ из ИМС поступает на усилитель на транзисторе $VT2$. Чувствительность приемника (3...5 мкВ) регулируют переменным резистором $R9$. Параметры элементов контуров выбирают в зависимости от частоты входного сигнала.

Схема включения микросхемы с предварительным усилителем на полевом транзисторе приведена на рисунке (рис. П4.37). Селекцию входного сигнала осуществляет контур $L2C1C2.1$. Частота колебаний гетеродина определяется контуром $L3C2.2C6C7$. Сигнал разностной частоты выделяется контуром $L5C9$ и последующим полосовым фильтром $Z1$. С усилителя ПЧ через контур $L7C15$ сигнал приходит в детектор на диоде $VD1$. RC-фильтр $R10C16$ выделяет напряжение АРУ и оно подается на вывод 9.

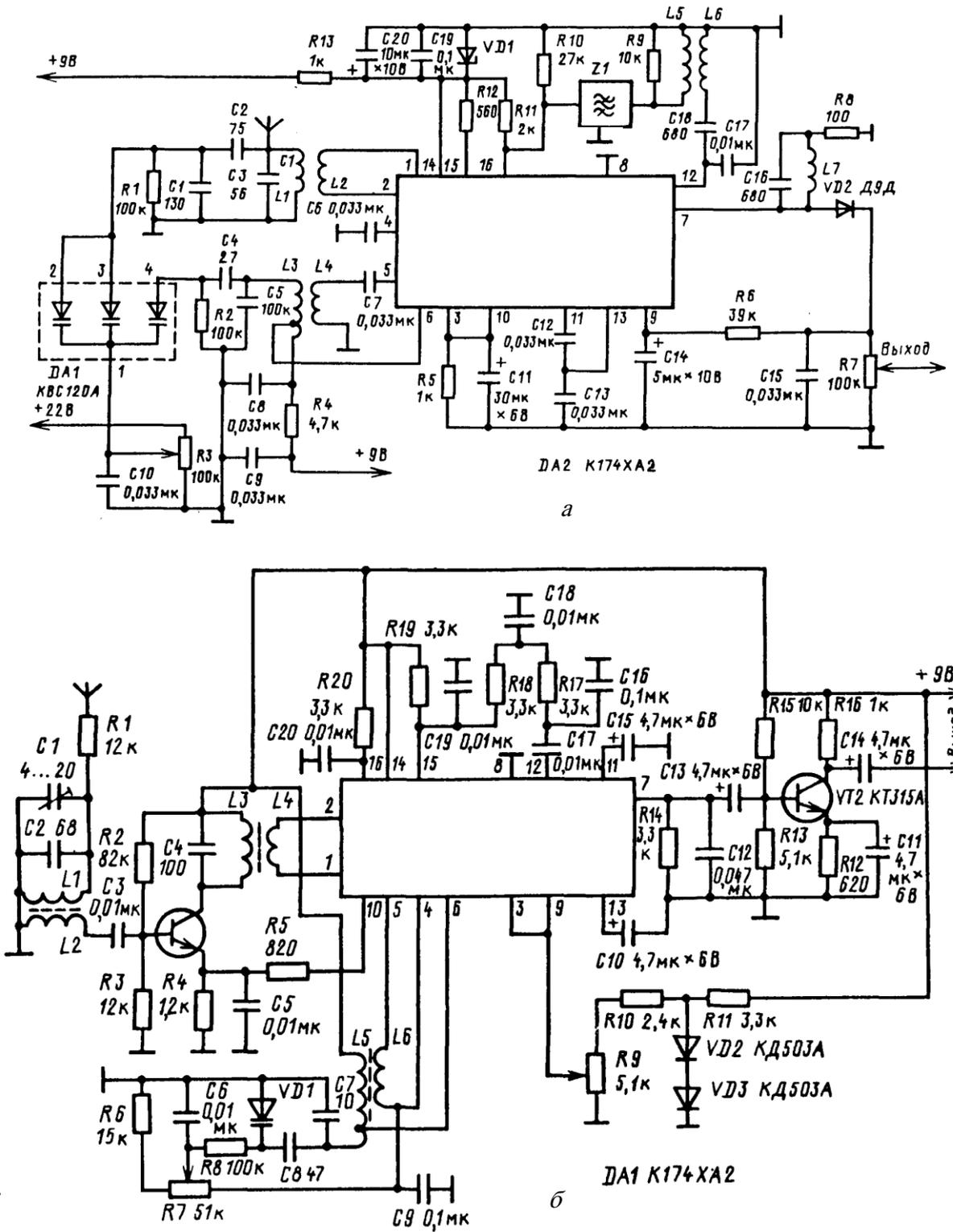


Рис. П4.36 — Электрическая принципиальная схема с электронной перестройкой по частоте

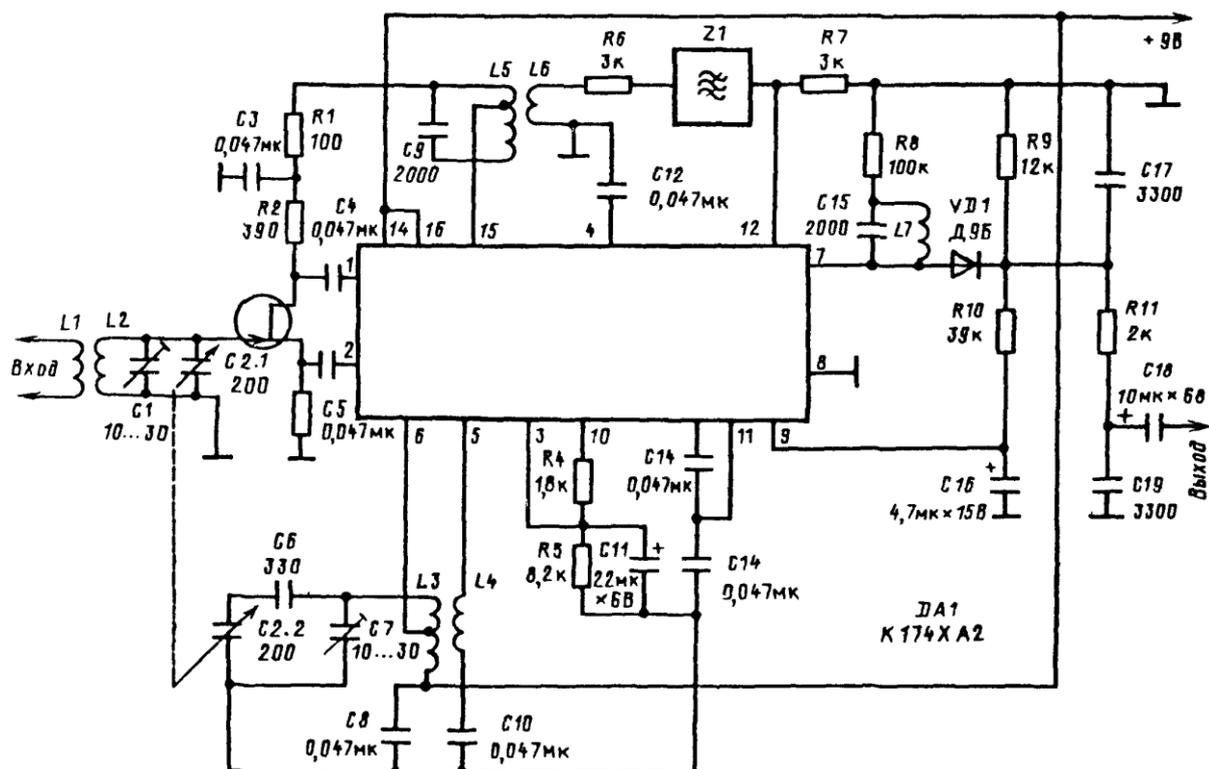


Рис. П4.37 — Схема радиоприемного устройства на ИМС К174ХА2 с УРЧ на полевом транзисторе

При отсутствии входного сигнала на выводах ИМС должны быть постоянные напряжения

Номер вывода	1, 2, 4, 5	3, 7–10		6	11, 12	14–16
Напряжение, В	2	0		8,4	1,8	9

Электрические параметры ИМС К174ХА2

при $25 \pm 10^0 \text{C}$ и $U_{\text{и.п.}} = 9 \text{ В}$

Номинальное напряжение питания	$9 \text{ В} \pm 10 \%$
Выходное напряжение НЧ:	
$U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, U_{\text{ВХ}} = 20 \text{ мкВ}, f_{\text{ВХ}} = 1 \text{ МГц}$	$> 60 \text{ мВ}$
$U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, U_{\text{ВХ}} = 350 \text{ мкВ}, f_{\text{ВХ}} = 1 \text{ МГц}$	$100.. 560 \text{ мВ}$
$U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, U_{\text{ВХ}} = 20 \text{ мкВ}, f_{\text{ВХ}} = 465 \text{ кГц}$	$135.. 640 \text{ мВ}$
Ток потребления при $U_{\text{п}} = 9 \text{ В}$	$< 16 \text{ мА}$
Коэффициент гармоник при $U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, m = 80 \%, f_{\text{ВХ}} = 1 \text{ МГц}, f_{\text{М}} = 1 \text{ кГц}$:	
$U_{\text{ВХ}} = 350 \text{ мВ}$	$< 10 \%$
$U_{\text{ВХ}} = 30 \text{ мВ}$	$< 8 \%$
$U_{\text{ВХ}} = 1 \text{ мВ}$	$< 3 \%$
Отношение сигнал-шум:	
$U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, U_{\text{ВХ}} = 20 \text{ мкВ}$	$> 26 \text{ дБ}$ (20 отн. ед.)

$U_{\text{п}} = 9 \text{ В}, U_{\text{вх}} = 3 \text{ мВ}$	> 54 дБ (500 отн. ед.)
Ослабление сигнала ПЧ по сравнению с сигналом на частоте 1 МГц в типовой схеме включения	≥ 20 дБ
Входное сопротивление:	
УПЧ	>3 кОм
УВЧ	>3 кОм
Выходное сопротивление УПЧ на выводе 7	> 60 кОм
Изменение выходного напряжения НЧ при изменении напряжения питания от 9 до 4,8 В при $U_{\text{вх}} = 10 \text{ мкВ}, m = 30 \%$	≤ 6 дБ
Частота входного сигнала	27 МГц

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	8,1..9,9 В
Входное напряжение (эффективное значение)	< 0,35 В
Сопротивление нагрузки по постоянному току	
по выводу 7	> 0,1 кОм
по выводу 10	> 1,5 кОм
Частота входного сигнала	< 1 МГц -
Температура окружающей среды	25...+ 55° С

Общие рекомендации по применению

При проведении монтажных операций допускается не более трех перепаек выводов микросхем.

Допустимое значение статического потенциала 200 В.

П.4.3.11. Микросхема К174ХА5

Микросхема К174ХА5 представляет собой специализированную микросхему, содержащую комбинацию усилителя-ограничителя и квадратурного частотного детектора, предназначена для применения в трактах ПЧ и в детекторе ЧМ-приемников (рис. П4.38). В состав ИМС входят усилитель-ограничитель А7; детектор уровня А2; частотный детектор УЗ1; стабилизатор напряжения А3; усилитель А4; триггер А5.

Основной тракт ИМС (усилитель-ограничитель и детектор ЧМ) дополнен трактом бесшумной настройки (БШН). Это же напряжение может использоваться для индикации уровня сигнала на входе. Кроме того, имеются цепи коммутации тракта БШН и АПЧ ($S1, S2$).

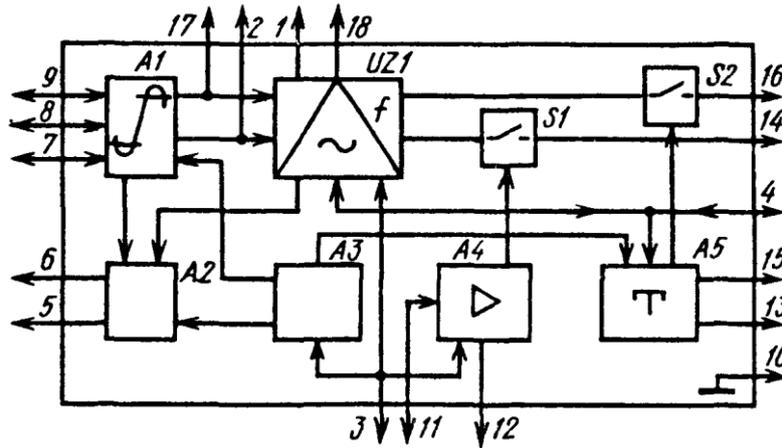


Рис. П4.38 — Структурная схема ИМС К174ХА5



Рис. П4.39 — Назначение выводов ИМС К174ХА5

Входной контур ПЧ $L1C2$ и фазосдвигающий контур частотного детектора $L2C13$, добротность которого определяется сопротивлением резистора $R4$, настраивают на частоту 10,7 МГц. Резистор $R6$ устанавливает желаемый уровень срабатывания тракта БШН (рис. П4.40).

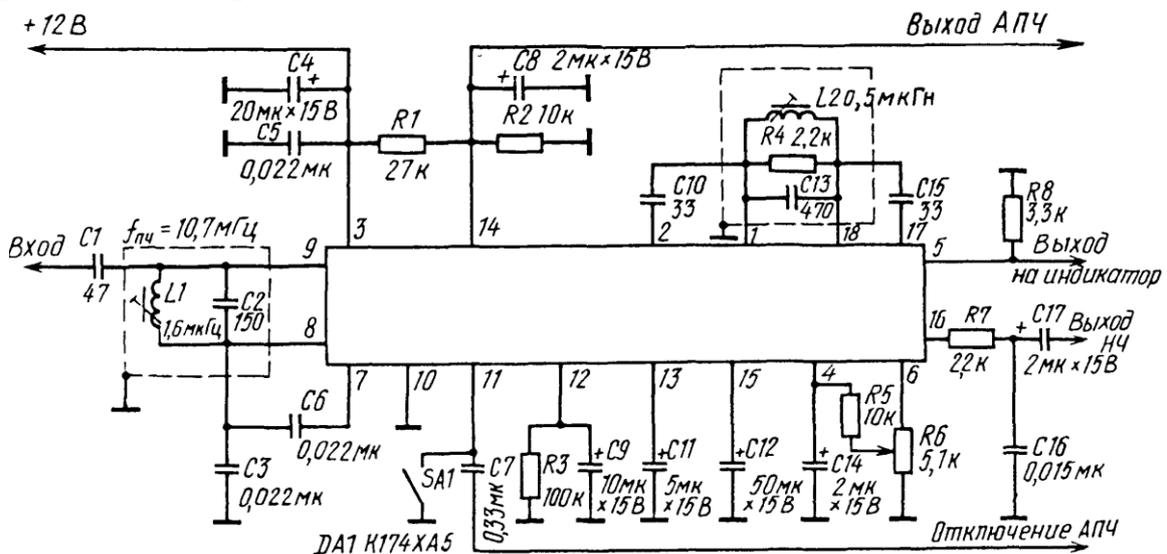


Рис. П4.40 — Типовая схема включения ИМС К175ХА5

Электрические параметры ИМС К174ХА5

Ток потребления, мА, не более	30
Входное пороговое напряжение ограничения $U_{вх.огр}$, мВ, при $f_{вх}=10,7$ МГц, $F_{мод}=1$ кГц, не более	100
Выходное напряжение низкой частоты $U_{вых.нч}$ мВ при $U_{вх}=10$ мВ $f_{вх}=10,7$ МГц $F_{мод}=1$ кГц, $F_{дев}=\pm 50$ кГц, не менее	140
Постоянное напряжение на выводах 5 и 6, В не менее	1
Коэффициент ослабления амплитудной модуляции $K_{осАМ}$, дБ, $U_{вх}=10$ мВ $f_{вх}=10,7$ МГц $F_{мод}=1$ кГц, $F_{дев}=\pm 50$ кГц, не менее	40

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания $U_{пит}$, В:

минимальное	5
максимальное	15

П.4.3.12. Микросхема К174ХА6

ИМС К174ХА6 представляет собой многофункциональную микросхему, предназначенную для построения трактов промежуточной частоты УКВ ЧМ-приемников. Она обеспечивает усиление, ограничение входного сигнала, бесшумную настройку, формирование напряжения для индикации, автоматическую настройку частоты и детектирование ЧМ-сигнала. По выполняемым функциям она аналогична ИМС К174ХА5, но обладает лучшими характеристиками и отличается разводкой цепей по номерам выводов корпуса.

Микросхема содержит усилитель-ограничитель $A1$, детектор уровня $A2$, частотный детектор $UZ1$, стабилизатор напряжения $A3$, усилитель $A4$, триггер $A5$ и ключи $S1$, $S2$. Основной тракт ИМС (рис. П4.43), состоящий из многокаскадного усилителя-ограничителя на транзисторах $VT1...VT3$, $VT5...VT7$, $VT13...VT15$, $VT18$, $VT20$, $VT21$, $VT24...VT26$, $VT32...VT34$, $VT37$, $VT38$, $VT43$ и детектор ЧМ (на транзисторах $VT53...VT62$) дополнен трактом бесшумной настройки (БШН), управляющий сигнал которого снимают с каскада усилителя-ограничителя через детектор уровня. Это же напряжение используется для индикации уровня сигнала на входе.

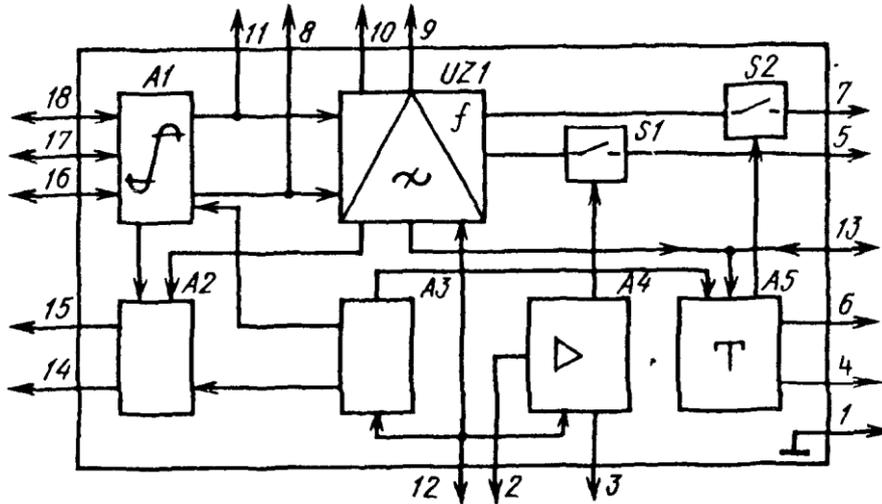


Рис. П4.41 — Структурная схема ИМС К174ХА6

На рисунке (рис. П4.42) представлено обозначение выводов микросхемы К174ХА6.



Рис. П4.42 — Назначение выводов ИМС К174ХА6

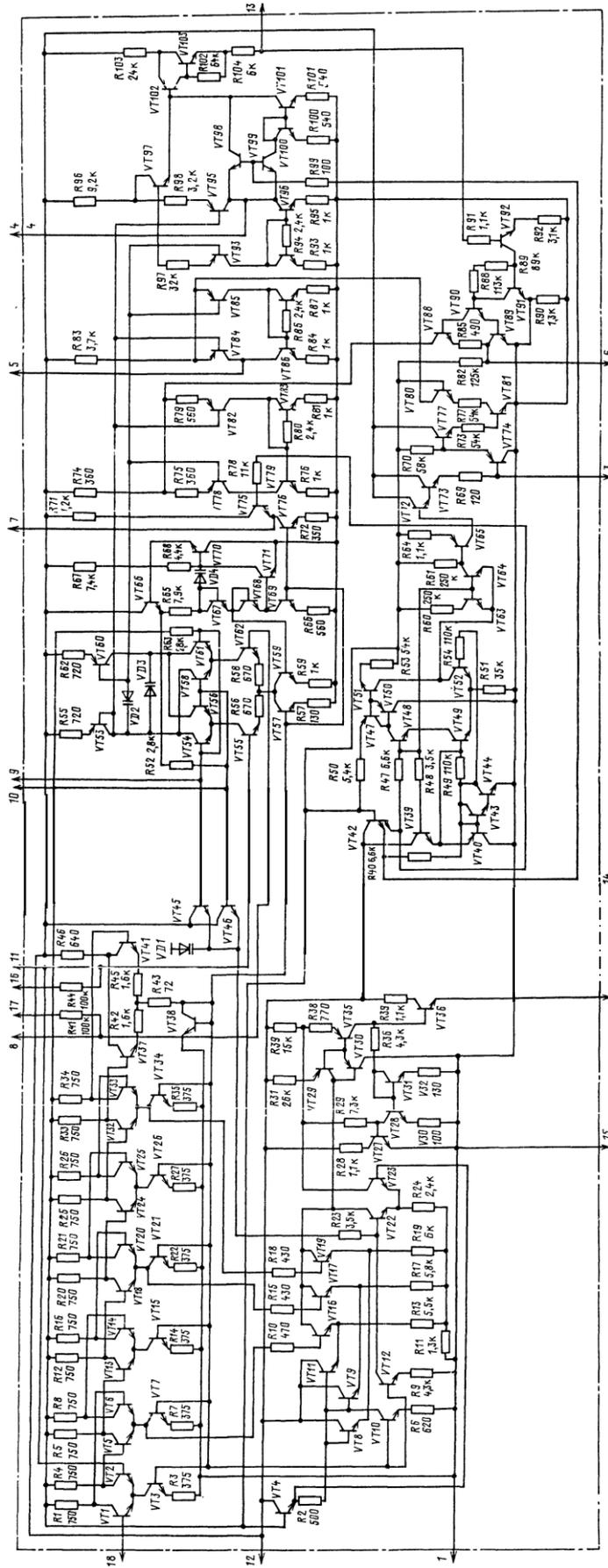


Рис. П4.43 — Электрическая принципиальная схема К174ХА6

На рисунке (рис. П4.44) показана типовая схема включения ИМС. Порог срабатывания устройства БШН устанавливается подстроечным резистором R_6 . Во время настройки на принимаемую частоту система АПЧ может быть отключена либо подключением вывода 2 ИМС к общему проводу, либо автоматически — подачей управляющего напряжения на вывод 2 через конденсатор C_7 . Минимальное напряжение управляющего сигнала, при котором система АПЧ отключается, не превышает 20 мВ. Напряжение сигнала АПЧ на выводе 5 равно 2...4,5 В. Сопротивление цепей по постоянному току, включенных между выводами 17 и 18, не должно превышать 390 Ом. Выводы 14, 15 предназначены соответственно для подключения индикатора напряженности поля и управления системой БШН. При включенной системе БШН входной сигнал подавляется не менее, чем на 60 дБ. Система бесшумной настройки отключается, если вывод 75 соединить с общим проводом. Остаточный уровень сигнала при отсутствии несущей частоты определяется резистором (не менее 10 кОм), включаемым между 6 и 12. Полоса пропускания УПЧ и коэффициент гармоник определяются резистором R_4 . Для входного напряжения 10 мВ и добротности контура, подключенного к выводам 9, 10, равной 35, коэффициент гармоник выходного напряжения не превышает 1 %, а при том же входном напряжении и добротности, равной 20, коэффициент гармоник становится равным менее 0,25 %.

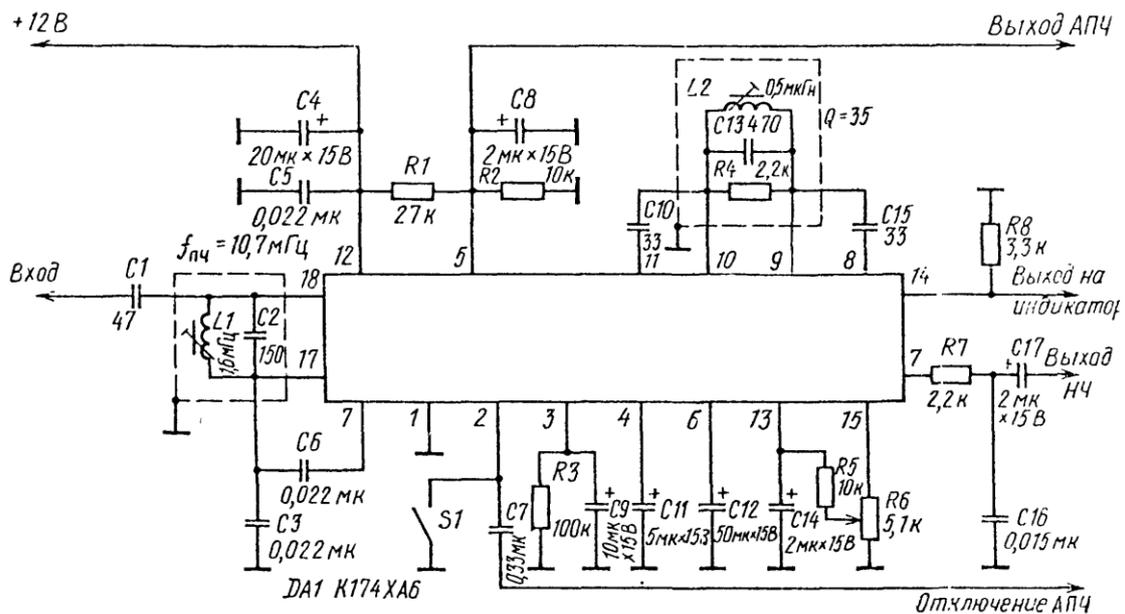


Рис. П4.44 — Типовая схема включения ИМС К174ХА6

Зависимости параметров ИМС от режимов эксплуатации приведены на рис. 4.25. Все приведенные характеристики сняты при напряжении питания 12 В, частоте входного сигнала 10,7 МГц, девиации несущей частоты ± 50 кГц, частоте модуляции 1 кГц и коэффициенте модуляции 30 %.

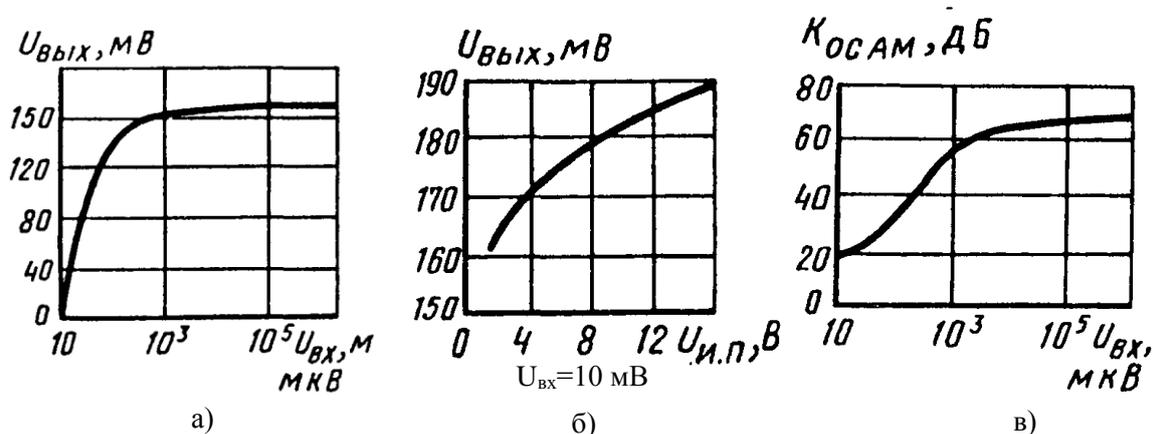


Рис. П4.45 — Зависимости технических характеристик ИМС К174ХА6 от режимов эксплуатации

Электрические параметры ИМС К174ХА6

Ток потребления $I_{\text{пот}}$, не более	16
Входное напряжение ограничения $U_{\text{вх}} \text{ огр.}$ при $f_{\text{вх}}=10.7$ МГц, не более	60
Выходное напряжение низкой частоты $U_{\text{вых}} \text{ онч}$, В при $U_{\text{вх}}=10$ мВ, $f_{\text{вх}}=10.7$ МГц, $\Delta f_{\text{вх}}=\pm 50$ кГц, $F_{\text{мод}}=1$ кГц, не менее	160
Коэффициент ослабления амплитудной модуляции $K_{\text{осам}}$ при $U_{\text{вх}}=10$ мВ, $f_{\text{вх}}=10.7$ МГц, $\Delta f_{\text{вх}}=\pm 50$ кГц, $F_{\text{мод}}=1$ кГц, $m=30$ %, не менее	46
Коэффициент гармоник $K_{\text{г}}$, %, при $U_{\text{вх}}=10$ мВ, $f_{\text{вх}}=10.7$ МГц, $\Delta f_{\text{вх}}=\pm 50$ кГц, $F_{\text{мод}}=1$ кГц, не более	1

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания $U_{\text{пит}}$, В:	
Минимальное	4.5
Максимальное	18
Ток потребления $I_{\text{пот}}$, мА, при $U_{\text{пит}}=18$ В, не более	21
Максимальный ток, мА	
через вывод 14	3
через вывод 15	1
Максимальное сопротивление по постоянному току между выводами 17 и 18, Ом	390

П.4.3.13. Микросхема К174ХА10

ИМС К174ХА10 представляет собой многофункциональную схему с элементами АМ- и ЧМ-трактов, предназначена для использования в АМ- и АМ/ЧМ-супергетеродинных приемниках не

выше третьей группы сложности (рис. П4.41). В состав ИМС входят усилители промежуточной (УПЧ) $A1$, радио-(УРЧ) $A2$ и звуковой (УЗЧ) $A3$ частоты, где модулятор АМ- и ЧМ-сигналов $UR1$, стабилизатор $A4$, смеситель $UZ1$ и гетеродин $G1$.

При приеме в АМ диапазоне сигнал поступает на вывод 6, усиливается УВЧ (транзисторы $VT30, VT34$) и подается на смеситель (транзисторы $VT29, VT31... VT33$). Сюда же поступают и колебания гетеродина (транзисторы $VT35... VT45$), внешний контур которого подключают к выводу 5. С выхода смесителя (вывод 4) преобразованный сигнал через внешний контур и входной пьезокерамический фильтр ПЧ поступает через вывод 2 на УПЧ, состоящий из пяти последовательно гальванически связанных дифференциальных усилителей на транзисторах $VT1... VT10$ и далее на АМ-детектор. После детектирования и усиления сигнал звуковой частоты с вывода 8 подают на регулятор громкости и далее через вывод 9 на вход УЗЧ (на транзисторах $VT46... VT66$). Выходное напряжение снимают с вывода 12. Сигнал АРУ внутри микросхемы поступает на УВЧ и УПЧ (рис. П.4.47).

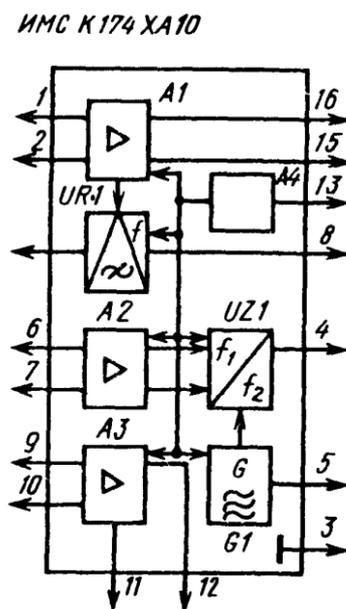


Рис. П4.46 — Структурная схема ИМС К174ХА10

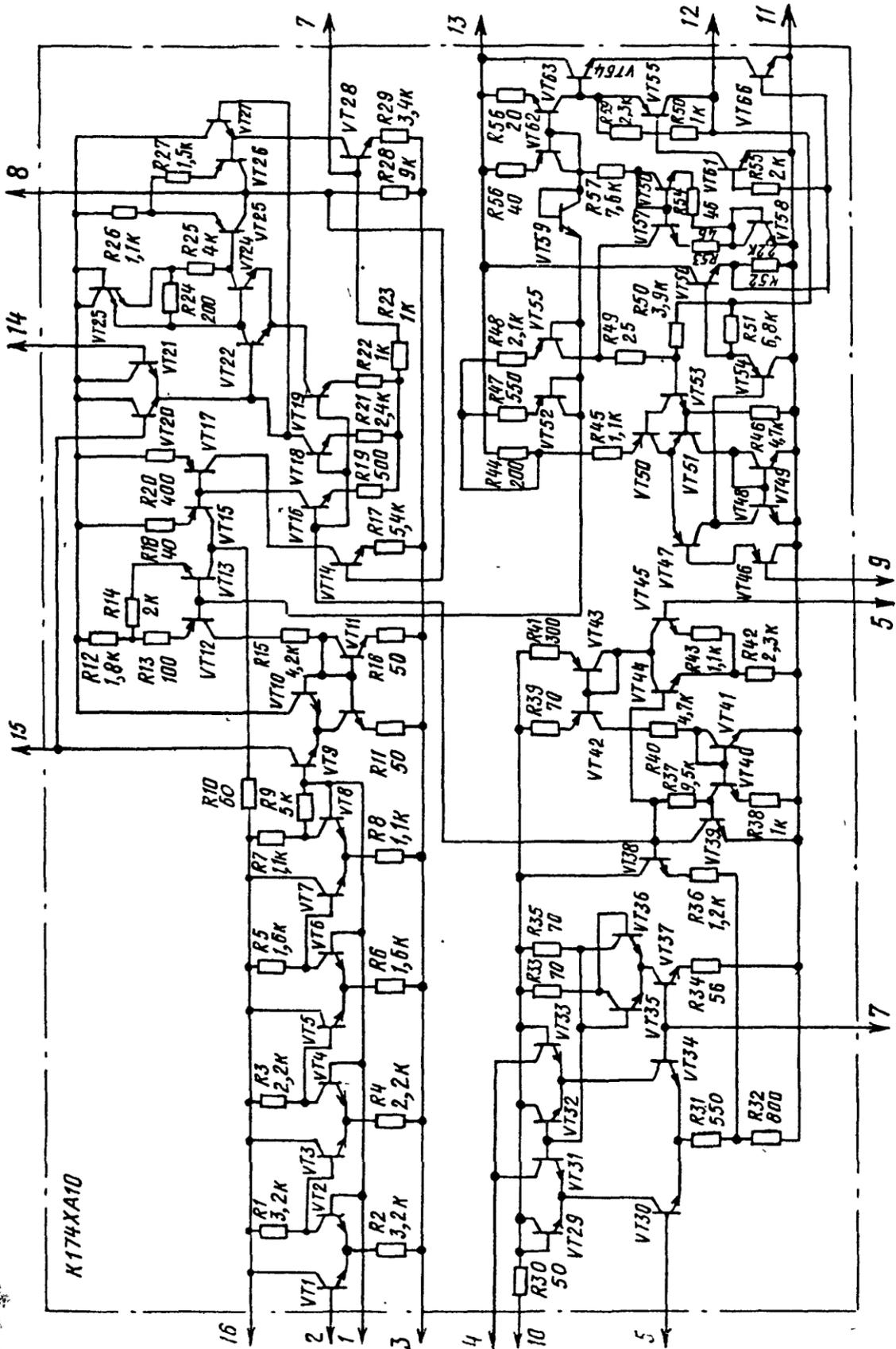


Рис. П4.47 — Принципиальная схема ИМС К174ХА10

При приеме в диапазоне УКВ сигнал после внешнего блока УКВ и пьезофильтра поступает на вывод 2 УПЧ. При этом с помощью переключателя меняют потенциал на выводе 7 и микросхема оказывается переключенной в режим приема ЧМ-колебаний. УПЧ (транзисторы VT1...VT10) работает как усилитель-ограничитель, а перемножитель — как квадратурный ЧМ-детектор. Через выводы 14 и 15 к детектору подключают фазосдвигающий контур. Постоянное напряжение на выводе 16 может при этом использоваться как напряжение АПЧ для управления варикапами УКВ блока (рис. П.4.47).



Рис. П.4.48 — Назначение выводов ИМС К174ХА10

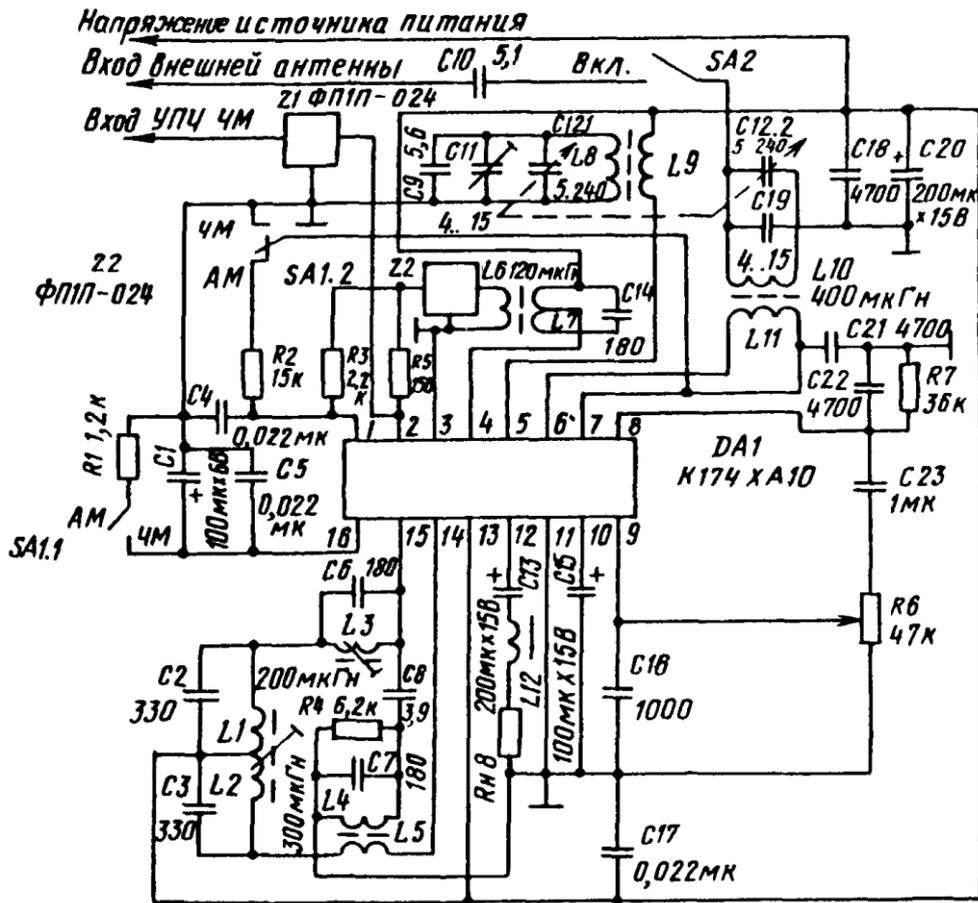


Рис. П.4.49 — Типовая схема включения ИМС К174ХА10

Электрические параметры ИМС К174ХА10

Ток потребления, $I_{пот}$, мА, не более	16
Выходное напряжение УНЧ $U_{выхУНЧ}$ В, $U_{вх} = 25$ мВ, $F_{мод} = 1$ кГц, не менее	1,55
Выходное напряжение низкой частоты АМ-тракта $U_{выхУНЧ АМ}$, мВ, при $U_{вх} = 50$ мВ, $f_{вх} = 1$ МГц, $F_{мод} = 1$ кГц, $m = 30$ %	30
Напряжение ограничения ЧМ-тракта $U_{выхУНЧ ЧМ}$, мкВ, при $U_{вх} = 50$ мВ, $f_{вх} = 10.7$ МГц, $f_{дев} = \pm 50$ кГц, $F_{мод} = 1$ кГц, не более	50
Отношение сигнал-шум АМ-тракта при $K_{шАМ}$, дБ, $U_{вх} = 50$ мВ, $f_{вх} = 1$ МГц, $F_{мод} = 1$ кГц, $m = 30$ %	20
Коэффициент гармоник УНЧ, $K_{г}$, % при $P_{вых} = 0.3$ Вт, не более	2
Верхняя граничная частота УНЧ, кГц, не менее	25
Входное сопротивление УНЧ, кОм, не менее	100
Нижняя граничная частота входного напряжения АМ-тракта, кГц, не более	100
Верхняя граничная частота входного сигнала АМ-тракта в режиме преобразования (по уровню 6 дБ), МГц, не менее	12,5
Коэффициент гармоник АМ-тракта $K_{г АМ}$, %, при $U_{вх} = 50$ мВ, $f_{вх} = 1$ МГц, $F_{мод} = 1$ кГц, не более	5
Коэффициент подавления АМ-сигнала ЧМ-тракта $K_{ж АМ}$, дБ, не менее	40
Отношение сигнал-шум ЧМ-тракта, дБ, не менее	36
Коэффициент гармоник ЧМ-тракта, %, не более	3

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение источника питания:	
минимальное	3
максимальное	12
Максимальное входное напряжение АМ-тракта, В, не более	0.5
Максимальное входное напряжение УНЧ (на выводе 9), мВ, не более	30
Максимальный выходной ток УНЧ, (на выводе 12, А, не более	0.5
Максимальная выходная мощность УНЧ, при $R_n = 10$ Ом, $K_{г} = 10\%$, не менее	0,7
Рассеиваемая мощность, Вт, не более	1
Максимальный коэффициент гармоник, % при $P_{вых} = 0.1$ Вт, не более	10

П.4.3.14. Микросхема К174ХА15

ИМС К174ХА15 (рис. П4.50) представляет собой многофункциональную схему, предназначенную для УКВ-блоков (аппаратов любой категории сложности до высшей). Достижение высоких параметров УКВ приема связано (рис. П4.50) с тем, что ИМС содержит симметричный смеситель-перемножитель $U1$ с глубокой обратной связью, большим входным сопротивлением и значительным усилением, балансный гетеродин $G1$, буферный каскад $A3$, предохраняющий гетеродин от входных сигналов, усилитель АРУ $A2$, повышающий устойчивость блока УКВ к образованию паразитных каналов приема, и высококачественный стабилизатор напряжения $A4$, обеспечивающий, в частности, ста-

бильность частоты гетеродина при колебаниях питающего напряжения. Кроме того, в состав ИМС входят усилитель высокой частоты $A1$ и фильтр низкой частоты $Z1$.

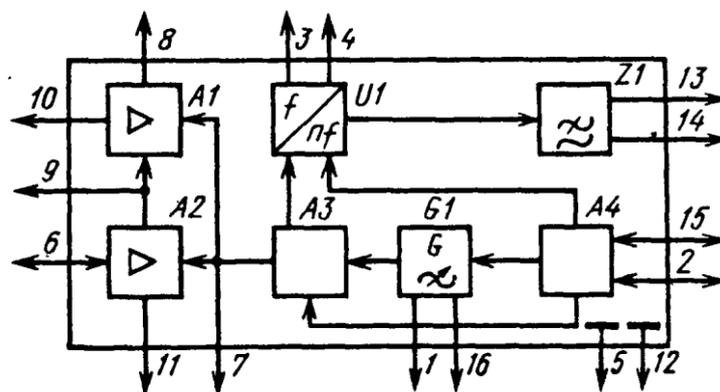


Рис. П4.50 — Структурная схема ИМС К174ХА15

На рисунке (рис. П4.51) представлено описание назначения выводов микросхемы.



Рис. П4.51 — Назначение выводов ИМС К174ХА15

ИМС содержит все активные элементы (рис. П4.52), необходимые для построения УКВ-блока. На транзисторе $VT12$ собирают усилитель ВЧ, на который сигнал поступает с входного контура через вывод 10, а усиленное напряжение с вывода 8 подают на настраиваемый контур и затем через выводы 3, 4 на смеситель-перемножитель (на транзисторах $VT6$, $VT8$, $VT10$). Активными элементами гетеродина служат транзисторы $VT2$ и $VT3$ (контур подключают к выводам 1 и 16). Колебания гетеродина через буферный усилитель на транзисторах $VT4$, $VT5$ подают на пере-

множитель с помощью транзисторов $VT7$, $VT11$. Сигнал ПЧ поступает с коллекторов перемножителя на фильтры нижних частот на RC -структурах и снимается с выводов 13, 14.

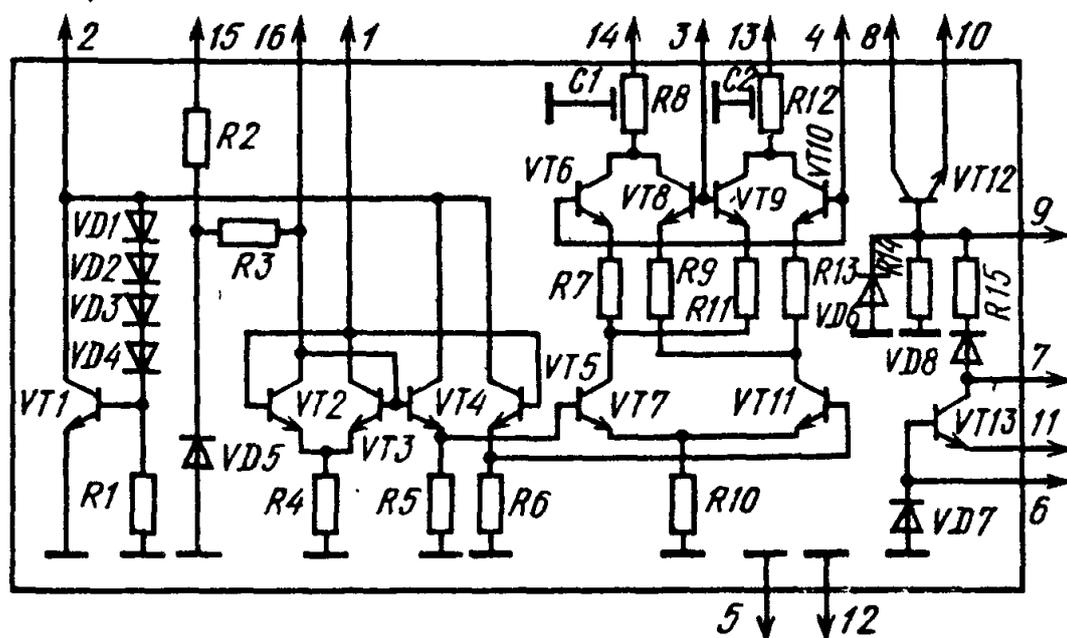


Рис. П4.52 — Принципиальная схема ИМС К174ХА15

В ИМС предусмотрены также каскад на транзисторе ($VT13$) внутренней АРУ для предотвращения перегрузки при сильных сигналах и стабилизатор напряжения на транзисторе $VT1$ и диодах $VD1...VD5$.

Блок УКВ на базе ИМС имеет электронную настройку. Частотой настройки управляют переменным резистором $R1$ (рис. П4.53). Подстроечные резисторы $R2...R5$ служат для обеспечения точного сопряжения контуров. Сопряжение контуров подстроечными сопротивлениями производят на средней частоте принимаемого диапазона частот. Основные параметры блока УКВ: промежуточная частота 10,7 МГц, ток потребления около 30 мА, коэффициент шума 6 дБ, усиление мощности 28 дБ, полоса пропускания по ВЧ — 1,7 МГц, по ПЧ — 0,5 МГц, подавление зеркального канала 80 дБ, ПЧ — 100 дБ.

Зависимости основных параметров ИМС от режимов эксплуатации приведены на рис. 4.36.

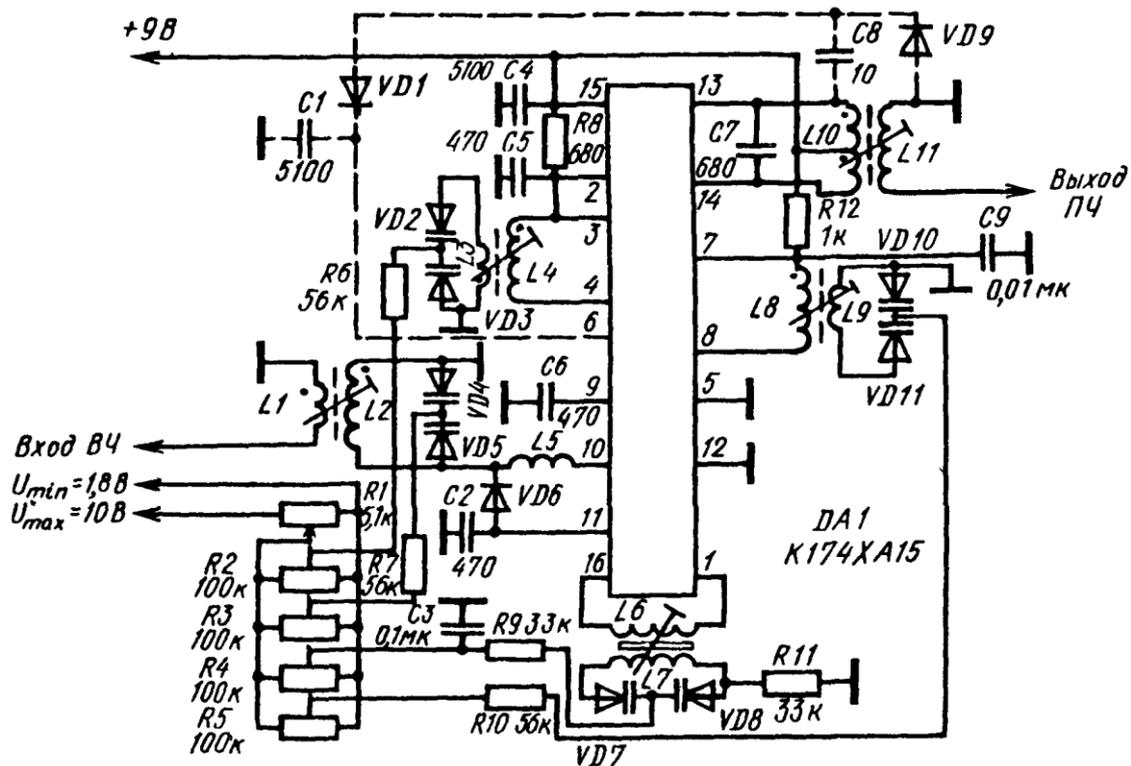


Рис. П4.53 — Типовая схема включения ИМС К174ХА15

Электрические параметры ИМС К174ХА10

Ток потребления, Лют, мА, не более	30
Коэффициент усиления по напряжению, дБ, при $U_{вх} = 1$ мВ, $f_{вх} = 69$ МГц	72
Коэффициент шума, дБ, не более	10

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение источника питания:	
Минимальное	8.1
Максимальное	15.6
Частота входного сигнала, МГц, не более	108
Сопротивление нагрузки, Ом, не менее	50

П.4.3.15. Микросхема К174ХА26

Микросхема выполняет функции преобразования частоты, усиления и ограничения промежуточной частоты, частотного детектирования, предварительного усиления низкой частоты, бесшумной настройки. Предназначена для работы в ЧМ-трактах радиоприемных устройств (переносных связных приемников) с двойным преобразованием частоты. Может быть использована также в сканирующих связных приемниках, радиотелефонных устройствах, узкополосных ЧМ-системах, принимающих анало-

говую или цифровую информацию. Содержит 149 интегральных элементов. Корпус типа 238.18-3, масса не более 1,8 г.

В состав микросхемы входят: смеситель; ключевое устройство; усилители НЧ; гетеродин; усилитель-ограничитель и фазовый детектор.

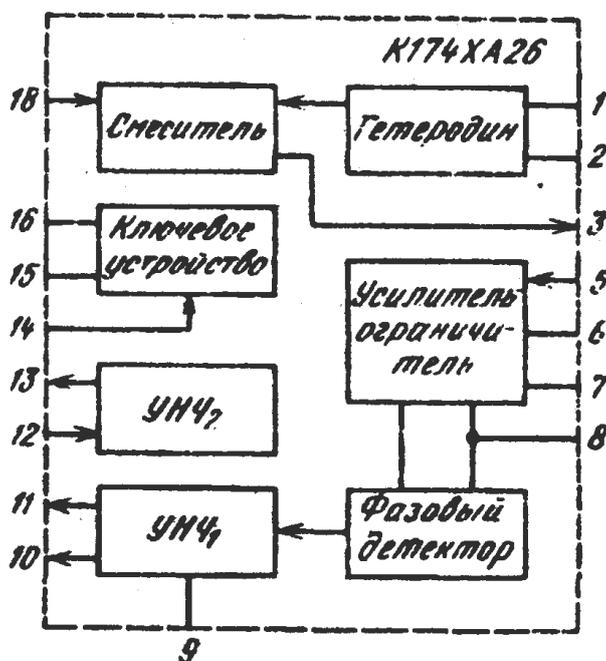


Рис. П4.54 — Структурная схема ИМС К174ХА26

Назначение выводов: 1,2 — резонансные системы цепей гетеродина; 3 — выход преобразователя частоты; 4 — напряжение источника питания (+ 6В); 5 — вход усилителя промежуточной частоты; 6, 7 — цепи подавления шумов; 8 — фазосдвигающая цепь детектора ЧМ-сигналов; 9 — фильтр низкой частоты; 10 — выход 1 УНЧ1; 11 — выход 2 УНЧ2; 12 — вход УНЧ2; 13 — выход УНЧ2; 14 — управление ключевым устройством; 15 — вы-ход.

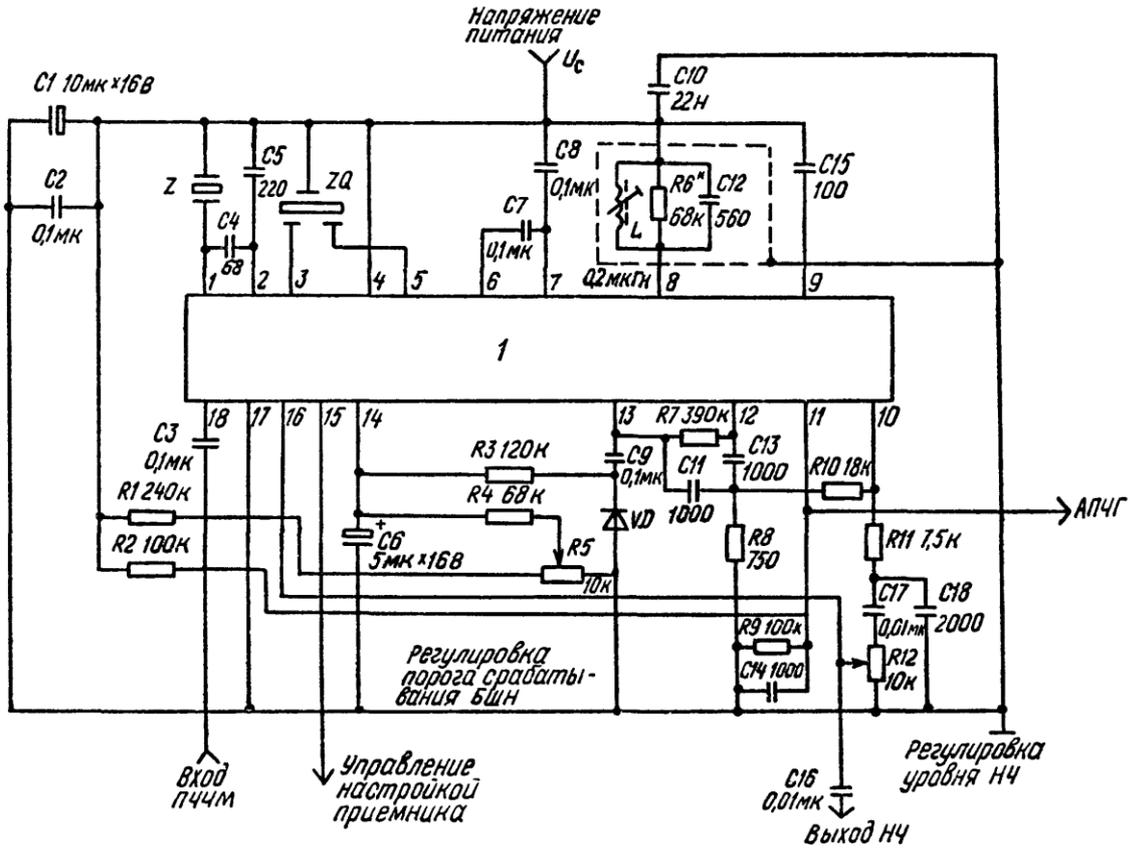


Рис. П4.55 — Типовая схема включения ИМС К174ХА26

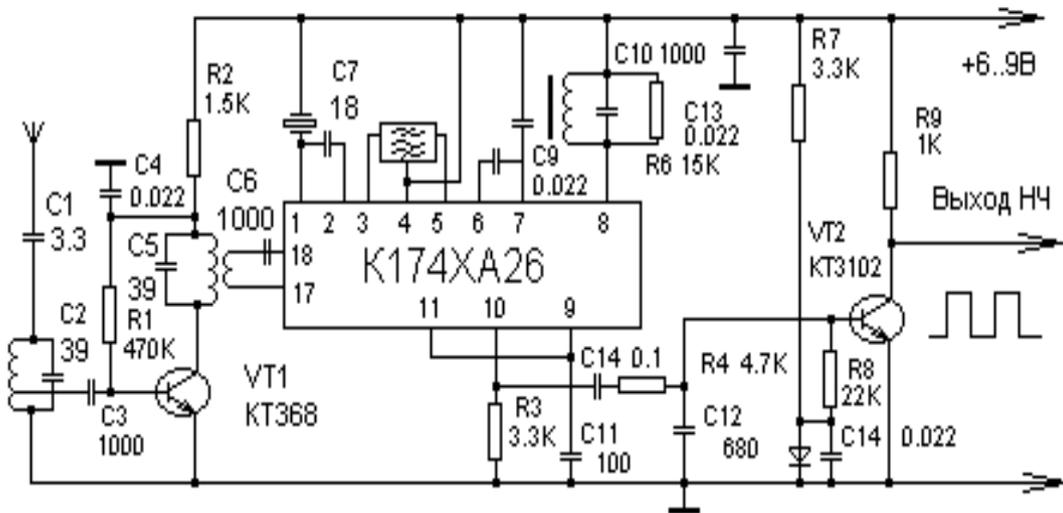


Рис. П4.56 — Вариант включения ИМС К174ХА15

Конструктивные данные: катушки L1, L2 — 20 витков ПЭВ 0.2 на каркасе диаметром 4мм, катушка связи L3 — 6 витков, контур ПЧ — готовый на 455 или 465 КГц в зависимости от выбранной ПЧ.

Технические параметры. чувствительность 2–3 мкВ. Напряжение питания 4.5–9 В. Потребляемый ток 5–7 мА. Модуляция — частотная. Девиация частоты 3 кГц.

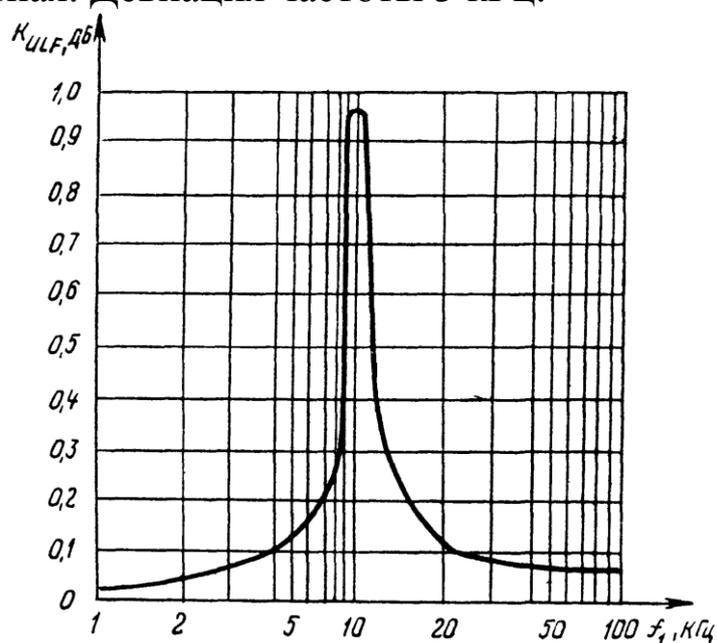


Рис. П4.57 — Типовая АЧХ активного полосового фильтра на ИМС К174ХА26

Электрические параметры

Номинальное напряжение питания	6 В ± 10 %
Входное напряжение ограничения при $U_n = 5,4$ В, $U_{ВХ} = 3$ мВ, $f_{ВХ} = 10,7$ МГц, $\Delta f = \pm 3$ кГц, $F_m = 1$ кГц	< 8 мкВ
Выходное напряжение низкой частоты при ($U_n = 5,4$ В, $U_{ВХ} = 3$ мВ, $f_{ВХ} = 10,7$ МГц, $\Delta f = \pm 3$ кГц, $F_{мод} = 1$ кГц)	3*450 мВ
Ток потребления при $U_n = 6,6$ В.....	2,6 мА
Выходной ток по выводу 15 при $U_n = 6,6$ В	> 1,5 мА
Коэффициент усиления напряжения низкой частоты при $U_n = 5,4$ В, $U_{ВХ} = 3$ мВ, $f_{ВХ} = 1$ кГц.	> 40 дБ
Коэффициент ослабления амплитудной модуляции при $U_n = 6$ В, $U_{ВХ} = 1$ мВ, $f_{ВХ} = 10,7$ МГц, $\Delta f = \pm 3$ кГц, $F_m = 1$ кГц, $m = 30$ %	> 40 дБ
Выходное сопротивление по выводу 16 при $U_n = 6$ В, $U_{ВХ} = 0,7$ В	< 10 Ом
Входное сопротивление по входу ПЧ (вывод 18)	3,5 кОм

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение питания	5,4...6,6 В
Входное напряжение на выводах:	
5	< 0,3 В
12	< 0,5 В
14	< 0,7 В
16	< 0,7... U_n
18	< 0,5 В

Выходной ток по выводам:

15	< 4 мА
16	<2,5мА
Температура окружающей среды	-45...+70° С

Рекомендации по применению

Допускается использование микросхемы в иной схеме включения, отличающейся от типовой, при условии соблюдения электрических режимов.

Предельное значение напряжения питания 4...9 В.

Допускается работа микросхемы при пониженной температуре (до -50° С).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

П.5.1. Варикапы KB101–AB151

Варикап	$C_v / U_{об}$ пФ / В	$K_c(U_1-U_2)$ (В)	ТКЕ* 1000 (U)	Q (U/F) (В/МГц) [пФ/МГц]	I_o/U_o мкА/В	$U_{ом}$ В
KB101A	160–240/0.8	1.2–		12(0.8/10)	1/4	4
KB102A	14–23 /4	2.5–		40(4/50)	1/45	45
KB102Б	19–30 /4	2.5–		40(4/50)	1/45	45
KB102B	25–40 /4	2.5–		40(4/50)	1/45	45
KB102Г	19–30 /4	2.5–		100(4/50)	1/45	45
KB102Д	19–30 /4	3.5–		40(4/50)	1/80	80
2B102E	25–37 /4	2.1–		100(4/50)	1/45	45
2B102Ж	19–28 /4	2.1–		50(4/50)	1/80	80
KB103A	18–32 /4			50(4/50)	10/80	80
KB103Б	28–48 /4			40(4/50)	10/80	80
KB104A	90–120/4	2.5–		100(4/10)	5/45	45
KB104Б	106–144/4	2.5–		100(4/10)	5/45	45
KB104B	128–192/4	2.5–		100(4/10)	5/45	45
KB104Г	95–143/4	3.5–		100(4/10)	5/80	80
KB104Д	128–192/4	3.5–		100(4/10)	5/80	80
KB104E	95–143/4	2.5–		150(4/10)	5/45	45
KB105A	400–600/4	3.8–(4–90)	0.5/4	500(4/1)	30/90	90
KB105Б	400–600/4	3.0–(4–50)	0.5/4	500(4/1)	30/50	50
KB106A	20–50 /4	–		40(4/50)	20/120	120
KB106Б	15–35 /4	–		60(4/50)	20/90	90
KB107A	10–40 /	1.5–		20(/10)	100/	6–16
KB107Б	10–40 /	1.5–		20(/10)	100/	–31
KB107B	30–65 /	1.5–		20(/10)	100/	6–16
KB107Г	30–65 /	1.5–		20(/10)	100/	–31
KB109A	2.3–2.8/25	4.0–5.5(3–25)		300(3/50)	0.5/25	28
KB109Б	2.0–2.3/25	4.5–6.5(3–25)		300(3/50)	0.5/25	28
KB109B	8.0–16 /3	4.0–6.0(3–25)		160(3/50)	0.5/25	28
KB109Г	8.0–17 /3	4.0– (3–25)		160(3/50)	0.5/25	28
KB109E	2.0–2.3/25	4.5–6.0(3–25)		450(3/50)	0.02/25	28
KB109Ж	1.8–2.8/25	4.0–6.0(3–25)		300(3/50)	0.5/25	28
2B110A	12.0–28.0/4	2.5–		300(4/50)	1/45	45
2B110Б	14.4–21.6/4	2.5–		300(4/50)	1/45	45
2B110B	17.6–26.4/4	2.5–		300(4/50)	1/45	45
2B110Г	12.0–28.0/4	2.5–		150(4/50)	1/45	45
2B110Д	14.4–21.6/4	2.5–		150(4/50)	1/45	45
2B110E	17.6–26.4/4	2.5–		150(4/50)	1/45	45
2B110Ж	32.0–30.0/4	2.5–3.0		300(4/50)	1/45	45

Варикап	Св /Уоб пФ / В	Кс(У1–У2) (В)	ТКЕ* 1000 (У)	Q (У/Ф) (В/МГц) [пФ/МГц]	Ю/Уо мкА/В	Уом В
КВС111А	19.7–36.3/4	2.1–(4–30)	0.5/	200(4/50)	1/30	30
КВС111Б	19.7–36.3/4	2.1–(4–30)	0.5/	150(4/50)	1/30	30
КВ112А	9.6–14.4/4	1.8–(4–25)	0.5/4	200(4/50)	1/25	25
КВ112Б	12.0–18.0/4	1.8–(4–25)	0.5/4	200(4/50)	1/25	25
2В112Б9	12.0–18.0/4	1.8–(4–25)	–	200(4/50)	1/25	25
КВ113А	54.4–81.6/4	4.4–	0.5/4	300(4/10)	10/135	150
КВ113Б	54.4–81.6/4	4.4–	0.5/4	300(4/10)	10/100	115
КВ114А1	54.4–81.6/4	4.4–(4–135)	0.5/4	300(4/10)	10/135	150
КВ114А1	54.4–81.6/4	3.9–(4–100)	0.5/4	300(4/10)	10/100	115
КВ115А	100–700/0	–			0.1/	0.1
КВ115Б	100–700/0	–			0.05/	0.1
КВ115В	100–700/0	–			0.01/	0.1
КВ116А1	168–252/1	18–(1–10)	2.0/4	100(1/1)	1/10	10
2В116Б1	168–210/1	18–(1–10)	2.0/4	200(1/1)	1/12	12
2В116В1	195–252/1	18–(1–10)	2.0/4	200(1/1)	1/12	12
КВ117А	26.4–39.6/3	5–7 (3–25)	0.6/3	180(3/50)	1/25	25
КВ117Б	26.4–39.6/3	4–7 (3–25)	0.6/3	150(3/50)	1/25	25
2ВС118А	54.4–81.6/4	3.6–4.4(4–Уом)		200[55/10]	1/100	115
2ВС118Б	54.4–81.6/4	2.7–3.3(4–Уом)		250[55/10]	1/50	60
КВ119А	168–252/1	18–(1–10)	2.0/4	100(1/1)	1/10	12
КВС120А	230–320/1	20–(1–30)		100(1/1)	0.5/30	32
КВС120Б	230–320/1	20–(1–30)		100(1/1)	0.5/30	32
КВС120А1	230–320/1	20–(1–30)		100(1/1)	0.5/30	32
КВ121А	4.3–6.0/25	7.6–(1.5–25)	–	200[27/50]	0.5/28	30
КВ121Б	4.3–6.0/25	7.6–(1.5–25)	0.8/4	150[27/50]	0.5/28	30
КВ122А	2.3–2.8/25	4.0–5.5 (3–25)	0.8/3	450[9/50]	0.2/28	30
КВ122Б	2.0–2.3/25	4.5–6.5 (3–25)	0.8/3	450[9/50]	0.2/28	30
КВ122В	1.9–3.1/25	4.0–6.0 (3–25)	0.8/3	300[9/50]	0.2/28	30
КВ122А9	2.3–2.8/25	4.0–5.5 (3–25)	0.8/3	450[9/50]	0.05/28	30
КВ122АГ9	2.3–2.8/25	4.0–5.5	–	450[9/50]	0.05	30
КВ122АТ9	2.3–2.8/25	4.0–5.5	–	450[9/50]	0.05	30
КВ122Б9	2.0–2.3/25	4.5–6.5 (3–25)	0.8/3	450[9/50]	0.02/28	30
КВ122БГ9	2.0–2.3/25	4.5–6.5	–	450[9/50]	0.02/28	30
КВ122БТ9	2.0–2.3/25	4.5–6.5	–	450[9/50]	0.02/28	30
КВ122В9	1.9–3.1/25	4.0–6.0 (3–25)	0.8/3	300[9/50]	0.05/28	30
КВ122ВГ9	1.9–3.1/25	4.0–6.0	–	300[9/50]	0.05	30
КВ122ВТ9	1.9–3.1/25	4.0–6.0	–	300[9/50]	0.05	30
КВ122Г9	2.3–2.8/25	4.0–5.5 (3–25)	–	450[/50]	0.05/28	30
КВ123А	2.6–3.8/25	6.8–(3–25)	0.8/3	250[12/50]	0.05/28	28
КВ123АГ	2.6–3.8/25	6.8–		250[12/50]	0.05/25	28

Варикап	Св /Уоб пФ / В	Кс(У1–У2) (В)	ТКЕ* 1000 (У)	Q (У/Ф) (В/МГц) [пФ/МГц]	Io/Уо мкА/В	Uом В
2В124А	24.3–29.7/3	4.7–6.7 (3–25)	–	200[25/50]	0.5/25	28
2В124Б	9.0–11.0/3	4 –6.5 (3–25)	–	250[25/50]	0.5/25	30
2В124А9	24.3–29.7/3	4.7–6.7 (3–25)	0.5/4	200[25/50]	0.5/25	28
2В125А	24–36 /1 2.9–4.3/12	5.6–12. (1–12)		150[10/50]	0.5/12	14
КВ126А5	2.6–3.8/25	6.8–(3–25)	0.8/4	200[12/50]	0.5/25	28
КВ127А	230–280/1	20–(1–30)		140(1/1)	0.5/30	30
КВ127Б	260–320/1	20–(1–30)		140(1/1)	0.5/30	30
КВ127В	230–260/1	20–(1–30)		140(1/1)	0.05/32	32
КВ127Г	230–320/1	20–(1–30)		100(1/1)	0.5/30	30
КВ128А	22–28 /1	1.9–(1–9)	0.8/4	300[20/50]	0.05/10	12
КВ128АК	22–28 /1	1.9–(1–9)	–	300[20/50]	0.05/10	12
КВ129А	7.2–11 /3	4–5.5	0.8/	50[9/50]	0.5/8	28
КВ130А	3.7–4.5/28	12– (1–28)	–	300(/50)	0.05/	28
КВ130А9	3.7–4.5/28	12 –18 (1–28)	0.8/3	300[12/50]	0.05/	28
КВ130АГ9	3.7–4.5/28	12 –18 (1–28)	–	300[12/50]	0.05/	28
КВ130АТ9	3.7–4.5/28	12 –18 (1–28)	–	300[12/50]	0.05/	28
КВ131А	440–530/1	18–(1–8.5)	2.0/1	130(1/1)	0.05/10	14
КВ132А	26.4–39.6/2	3.5–4.4 (2–5)	2.0/2	300(4/500)	0.05/5	12
КВ132АГ	26.4–39.6/2	3.5–(2–5)	2.0/2	300(4/50)	0.05/5	12
КВ132АР	26.4–39.6/2	3.5–(2–5)	–	300(4/50)	0.05/5	12
КВ132АТ	26.4–39.6/2	3.5–(2–5)	–	300(4/50)	0.05/5	12
2В133А	120–180 /4	8–(4–27)		100[120/10]	1/27	32
КВ134А	18–22 /1	3–(1–10)		400(4/500)	0.05/10	23
КВ134А9	18–22 /1 –6 /10	3 –3.9 (1–10)		400(4/500)	0.05/10	25
КВ134АТ9	18–22 /1 –6 /10	3–(1–10)		400(4/500)	0.05/10	25
КВ135А	486–594/1 –30/10	16.2–(1–10)		150(1/1)	0.5/10	13
КВ136А	17–19/4	2.6–3.1 (2–30)	0.4/4	500(4/50)	0.02/25	30
КВ136Б	20–24/4	2.6–3.2 (2–30)	0.4/4	500(4/50)	0.02/25	30
КВ138А	14–18/2	3.5–4.8 (2–5)	0.8/2	200(3/50)	0.05/5	12
КВ138Б	17–21/2	3.5–4.8 (2–5)	0.8/2	200(3/50)	0.05/5	12
КВ139А	500–620/1	18–25 (1–5)	0.8/1	160[500/1]	0.5/12	16
КВ139АГ	500–620/1	18–25 (1–5)	–	160[500/1]	0.5/	16
КВ139АР	500–620/1	18–25 (1–5)	–	160[500/1]	0.5/	16
КВ139АТ	500–620/1	18–25 (1–5)	–	160[500/1]	0.5/	16
КВ140А1	170–210/1	18–(1–10)	0.8/1	200(1/1)	0.5/10	15

Варикап	Св /Уоб пФ / В	Кс(U1-U2) (В)	ТКЕ* 1000 (U)	Q (U/F) (В/МГц) [пФ/МГц]	Io/Uo мкА/В	Uом В
KB140Б1	195-240/1	18-(1-10)	0.8/1	200(1/1)	0.5/10	15
2В141А6	5.4-6.6/8	3-(1-8)	0.8/		0.2/14	16
KB142А	230-260/1	19-25 (1-30)	0.4/1	300[200/1]	0.05/32	32
KB142АГ	230-260/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
KB142АР	230-260/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
KB142АТ	230-260/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
KB142Б	250-320/1	19-25 (1-30)	0.4/1	300[200/1]	0.05/32	32
KB142БГ	250-320/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
KB142БР	250-320/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
KB142БТ	250-320/1	19-25 (1-30)	-	300[200/1]	0.05/	32
2В143А	24.3-29.7/3	3.2-4.1 (3-15)		400(/50)	0.05/15	18
2В143Б	24.3-29.7/3	3.8-4.8 (3-15)		400(/50)	0.05/15	18
2В143В	24.3-29.7/3	4.9-6.5 (3-25)		350(/50)	0.05/25	28
KB144А	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144А1	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		100[30/50]	0.02	32
KB144АГ	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144АТ	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144Б	2.8-3.2/25 33.5-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144Б1	2.8-3.2/25 33.5-1	12-15 (1-28)		100[30/50]	0.02	32
KB144БГ	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144БТ	2.6-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		110[30/50]	0.01	32
KB144В	-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		90[30/50]	0.01	32
KB144В1	-3.0/25 31.0-1	12-15 (1-28)		90[30/50]	0.01	32
KB144Г	-3.2/25 33.0-1	12-15 (1-28)		90[30/50]	0.01	32
KB144Г1	-3.2/25 33.0-1	12-15 (1-28)		90[30/50]	0.01	32
KB146А	10-16/10	2.4-(0-10)		100(4/50)	0.05	32
KB147А	85-105/4	2.8-3.5 (4-)		65(4/50)	5	50

Варикап	$C_v / U_{об}$ пФ / В	$K_c(U_1-U_2)$ (В)	ТКЕ* 1000 (U)	$Q(U/F)$ (В/МГц) [пФ/МГц]	I_o/U_o мкА/В	$U_{ом}$ В
KB147Б	95–115/4	2.8–3.5 (4–)		65(4/50)	5	50
KB149A1	1.9–2.4/28	7.7–9.4 (1–)		450(/50)	0.02	30
KB149B1	1.8–2.4/28	7.5–9.5 (1–)		350(/50)	0.02	30
KB149B1	2.2–2.7/28	7.0–9.0 (1–)		450(/50)	0.02	30
AB151A5	0.75+–10 %/ /25	8–(1.5–25)		50(/1000) 1000(/50)		27

П.5.2. Справочные данные полевых транзисторов

КП 307 — кремниевый планарно-эпитаксиальный полевой транзистор с диффузионным затвором и каналом n -типа.

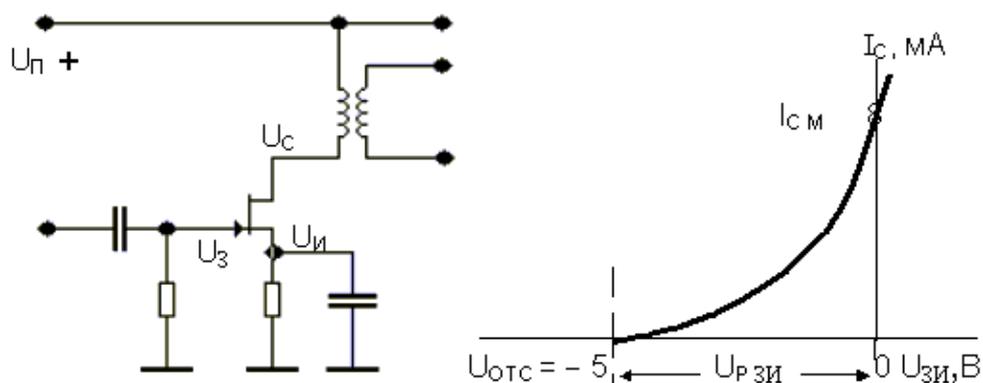


Рис. П5.1 — Электрическая принципиальная схема включения и статические характеристики полевого транзистора КП307

КП350 — кремниевый планарный полевой транзистор с двумя изолированными затворами и встроенным каналом n -типа.

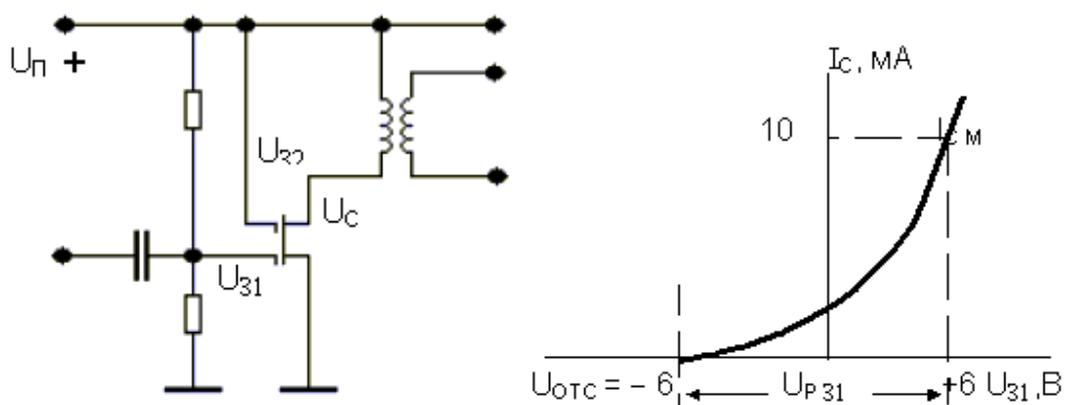


Рис. П5.2 — Электрическая принципиальная схема включения и статические характеристики полевого транзистора КП350

Таблица П5.1 — Технические характеристики полевых транзисторов

Параметры		КП307	КП350
Режим измерений	I_C , мА	8.0	10.0
	$U_{3и}$, В	5.0	7.0
$U_{си}$			
Y_{21} , мСм		6	7
C_{12} , пФ		1.5	0.07
C_{11} , пФ		5	6
C_{22} , пФ		5	6
g_{11} , мкСм		0.1	0.1
g_{22} , мкСм		200	250
$N_{ш}$, дБ		6	6
$g_{Г\text{ опт}}$, мкСм		1	1

П.5.3. Справочные данные биполярных транзисторов

Таблица П5.2 — Технические характеристики биполярных транзисторов

Параметры		КТ315	КТ368	КТ339
Режим измерений	I_K , мА	1.0	1.0	1.0
	$U_{кэ}$, В	5.0	5.0	5.0
C_{12} , пФ		5.0	0.9	0.8
C_{11} , пФ		40	10	12
C_{22} , пФ		10	2.0	10
r'_B , Ом		75	40	30
$N_{ш}$, дБ		4	3	3
$g_{Г\text{ опт}}$, мСм		2.5	0.5	0.7

f , МГц	g_{11} , мСм			g_{22} , мкСм		
	КТ315	КТ368	КТ339	КТ315	КТ368	КТ339
0.1	0.8	0.12	0.23	7.6	10	4.8
1.0	0.9	0.13	0.26	8.2	11	5.1
10	1.2	0.17	0.35	11.5	15	7.1
40	3.0	0.45	0.87	27	17	16
80	6.5	0.92	2.1	54	28	35
100	9.0	1.35	2.6	70	34	43

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ РЕЗИСТОРОВ

Таблица П6.1 — Шкала номинальных значений сопротивлений резисторов от 1.0 Ом до 9.1 ГОм

Ряд E6 $\Delta = 20\%$	Ряд E12 $\Delta = 10\%$	Ряд E24 $\Delta = 5\%$
1.0	1.0	1.0
		1.1
	1.2	1.2
		1.3
1.5	1.5	1.5
		1.6
	1.8	1.8
		2.0
2.2	2.2	2.2
		2.4
	2.7	2.7
		3.0
3.3	3.3	3.3
		3.6
	3.9	3.9
		4.3
4.7	4.7	4.7
		5.1
	5.6	5.6
		6.2
6.8	6.8	6.8
		7.5
	8.2	8.2
		9.1

Примечание. Знак $\Delta\%$ — допустимое отклонение от номинала в процентах, для получения номинального значения число из таблицы надо умножить на 10^n .

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ КОНДЕНСАТОРОВ

Таблица П7. 1 — Шкала номинальных значений сопротивлений емкостей конденсаторов

Ряд E6 $\Delta = 20\%$	Ряд E12 $\Delta = 10\%$	Ряд E24 $\Delta = 5\%$
Емкости конденсаторов от 0.1 мкФ до 1.0 мкФ	Емкости конденсаторов от 10.0 нФ до 1.0 мкФ	Емкости конденсаторов от 1.0 пФ до 1.0 мкФ
1.0	1.0	1.0
		1.1
	1.2	1.2
		1.3
1.5	1.5	1.5
		1.6
	1.8	1.8
		2.0
2.2	2.2	2.2
		2.4
	2.7	2.7
		3.0
3.3	3.3	3.3
		3.6
	3.9	3.9
		4.3
4.7	4.7	4.7
		5.1
	5.6	5.6
		6.2
6.8	6.8	6.8
		7.5
	8.2	8.2
		9.1

Примечание. Знак $\Delta\%$ — допустимое отклонение от номинала в процентах, для получения номинального значения число из таблицы надо умножить на 10^n .

Номинальные значения емкостей электролитических конденсаторов, мкФ: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 1000, 2000, 5000.

П.7.1. Справочные данные конденсаторов переменной емкости

Технические характеристики блоков конденсаторов переменной емкости

КПЕ с воздушным диэлектриком	Емкость секции блока, пФ		КПЕ с твердым диэлектриком	Емкость секции блока, пФ	
	$C_{\text{нmin}}$	$C_{\text{нmax}}$		$C_{\text{нmin}}$	$C_{\text{нmax}}$
КПЕ	12	495	КПЕ-2	3	150
КПЕ-3	10	430	КПЕ-3	7	210
КПЕ-4	10	365	КПЕ-5	5	240
КПЕ-2	9	280	КПТМ	4	220
			КПТМ1	6	240
			КПП-2Х	5	285
			КП4-3Г	8	220
			КП4-3В	5	150
			КПВМ	7	280

П.7.2. Справочные данные подстроечных конденсаторов

КПЕ с воздушным диэлектриком	Емкость секции блока, пФ	
	$C_{\text{нmin}}$	$C_{\text{нmax}}$
КПК-МН для навесного монтажа	4	15
	5	20
	6	25
	8	30
КПК-МП для печатного монтажа	4	15
	5	20
	6	25
	8	30
КТ2-1Г КТ4-2	3	20
	4	15
КПК-1	2	7
	4	15
	6	25
	8	30
КПК-1	6	10
	10	100
	25	150

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ФЕРРИТОВ МАГНИТНЫХ АНТЕНН

Никель-цинковые ферриты

Марка феррита	2000НН	1000НН	600НН	400НН	200НН	150ВЧ	50ВЧ2	30ВЧ2	20ВЧ	10ВЧ1
Начальная магнитная проницаемость	2000	1000	600	400	200	150	50	30	20	10

Марганец — цинковые ферриты

Марка феррита	6000НМ	4000НМ	3000НМ	2000НМ	1500НМ	1000НМ	700НМ	1500НМ2
Начальная магнитная проницаемость	6000	4000	3000	2000	1500	1000	700	1500

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ

П.9.1. Технические требования на радиоприемные устройства звукового вещания

Технические требования на радиоприемные устройства звукового вещания должны соответствовать ГОСТ 5651-89 «Устройства радиоприемные бытовые. Общие технические условия». Настоящий стандарт распространяется на бытовые радиоприемные устройства: радиовещательные приемники, тюнеры, радиолы, магнитолы и другую радиоприемную аппаратуру (далее — устройства), предназначенную для приема передач радиовещательных станций.

1. Классификация

1.1. Устройства, в зависимости от условий эксплуатации, разделяют на стационарные и переносные.

1.2. Устройства по электрическим и электроакустическим параметрам и комплексу потребительских (эксплуатационных) удобств разделяют на 4 группы сложности: 0 (высшую), 1, 2 и 3.

1.3. В качестве компонентов устройства могут быть использованы:

- ЧМ-тракт — тракт приема программ радиовещательных станций в диапазоне УКВ;
- АМ-тракт — тракт приема программ радиовещательных станций в диапазонах ДВ, СВ и КВ;
- электропроигрывающее устройство (ЭПУ);
- магнитофонная панель (МП);
- выносные акустические системы (АС);
- тракт усилителя низкой частоты (УНЧ), включая встроенные акустические системы (для устройств со встроенными акустическими системами), со входом для подключения внешних источников программ.

1.4. Группы сложности и параметры компонентов: ЭПУ, МП и выносных АС должны соответствовать ГОСТ 18631-83, ГОСТ 24863-81 и ГОСТ 23262-83 соответственно. Тюнеры и тюнеры-усилители должны выпускаться только высшей и первой групп сложности.

1.5. Группа сложности устройства определяется наивысшей группой сложности компонентов сквозного тракта: источник программ — тракт УНЧ-АС. Компоненты УНЧ и АС должны соответствовать наивысшей группе сложности используемых источников программ.

1.6. В устройствах с тремя и более компонентами допускается применять тракты АМ и МП на одну-две группы сложности устройства. Для тюнеров-усилителей, имеющих диапазоны тракта АМ, допускается применять тракт АМ 3-й группы сложности.

2. Основные параметры

2.1. Устройства должны обеспечивать прием сигналов радиовещательных станций в следующих (одном или нескольких) диапазонах частот (волн):

ДВ — 148,0–285,0 кГц (2027,0–1050,0 м);

СВ — 525,0–1607,0 кГц (571,4–186,7 м);

КВ — 3,95–12,1 МГц (75,9–24,8 м);

УКВ 1 — 65,8–74,0 МГц (4,56–4,06 м);

УКВ 2 — 100,0–108,0 МГц (3,00–2,78 м).

Состав диапазонов должен соответствовать таблице (табл. П9.1).

Таблица П9.1 — Частотные диапазоны, выделенные для звукового вещания

Диапазон	Группы сложности				
	Для устройств				Для тюнеров
	0	1	2	3	0 и 1
УКВ	О	О	О	Н	О
ДВ	О	О	О	О	Н
СВ	О	О	О	О	Н
КВ	О	О	Н	Н	Н

Примечания:

1. О — обязательно; Н — необязательно.

2. Диапазон СВ может быть разбит на два поддиапазона.

3. Диапазон КВ может быть разбит на ряд поддиапазонов, охватывающих отдельные частотные участки. При этом допускается отсутствие некоторых поддиапазонов с сужением общего диапазона КВ.

Границы поддиапазонов устанавливаются регламентом радиосвязи:

КВ1 (75 м) — 3,95–5,06 МГц;

КВ2 (49 м) — 5,95–6,20 МГц;
КВ3 (41 м) — 7,1–7,3 МГц;
КВ4 (31 м) — 9,500–9,775 МГц;
КВ5 (25 м) — 11,700–11,975 МГц.

2.2. Номинальные значения промежуточных частот и допуски на них должны выбираться из ряда: $(0,465 \pm 0,002)$; $(1,84 \pm 0,008)$; $(2,9 \pm 0,01)$; $(10,7 \pm 0,1)$; $(24,975 \pm 0,1)$ МГц.

2.3. Напряженность поля излучения, создаваемая гетеродином в диапазоне УКВ, — по ГОСТ 22505-77.

2.4. Электрические и электроакустические параметры устройств при температуре (25 ± 10) °С, относительной влажности воздуха 45–80 % и атмосферном давлении 84–106 кПа и номинальном напряжении электропитания должны соответствовать нормам, указанным в таблице П.8.1 (для тракта АМ), в таблице П.8.2 (для тракта ЧМ), в таблице П.8.3 (для тракта УНЧ), а также нормам, указанным в ТУ. Для устройств объемом менее $0,0003 \text{ м}^3$ нормы и требования устанавливаются в технических условиях (ТУ).

2.5. Наименование устройства должно состоять:

из слова, обозначающего вид устройства (тюнер, радиола, магнитола и др.);

условного обозначения, состоящего из торгового названия и числового индекса, первая цифра которого обозначает группу сложности устройства, вторая и третья цифры — порядковый номер разработки модели;

слова «стерео» (для стереофонических устройств);
обозначения настоящего стандарта.

2.6. В ТУ на устройства конкретного типа должны быть включены нормы на параметры, перечень которых указан в пункте 4 настоящего приложения.

2.7. Нормы массы и потребляемой мощности приведены в пункте 5 настоящего приложения.

3. Технические требования

3.1. Устройства должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта, ТУ на конкретный тип устройств и рабочими чертежами, утвержденным в установленном порядке.

3.2. По внешнему виду и качеству исполнения устройства должны соответствовать образцам, утвержденным в установленном порядке в соответствии с ГОСТ 15.002-78.

3.3. Качество звучания устройства должно быть не хуже образца, утвержденного в установленном порядке для каждой группы сложности.

3.4. Стационарные устройства высшей и 1-й группы сложности обеспечивают прием стереофонических передач в диапазоне УКВ. Возможность приема стереофонического сигнала в диапазоне УКВ для стационарных устройств других групп сложности и переносных устройств высшей, первой и второй групп сложности оговаривается в ТУ. Допускается возможность приема стереофонических передач в диапазоне УКВ для переносных магнитол 3-й группы сложности при условии выполнения требований настоящего стандарта по 2-й группе сложности по следующим параметрам:

- диапазону воспроизводимых частот по звуковому давлению;
- отношению сигнал/шум;
- разделению стереоканалов;
- выходной мощности.

3.5. Устройства с трактом ЧМ, имеющие вход для подключения внешней антенны, следует рассчитывать на подключение антенны с номинальным значением волнового сопротивления 75 Ом.

3.6. Полные электрические входные и выходные сопротивления и уровни сигналов для внешних подключений — по ГОСТ 24838-81.

3.7. Значения номинальной выходной мощности устройства следует выбирать из ряда: 0,1; 0,25; 0,5; 1; 3; 6; 10; 15; 25; 35; 50; 75; 100 Вт.

3.8. Устройства с питанием от сети переменного тока должны быть рассчитаны на напряжение 220 В с допускаемым отклонением.

Таблица П9.2 — Параметры линейного тракта приемника АМ-колебаний

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
1. Чувствительность стационарных устройств, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже, в диапазонах:				
ДВ	50	100	150	200
СВ	40	100	100	150
КВ	40	100	150	200
2. Чувствительность переносных устройств, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 20 дБ, по напряженности поля, мВ/м, не хуже, в диапазонах:				
ДВ	1,0	1,5	2,0	2,5
СВ	0,5	0,7	1,5	1,5
КВ	0,1	0,15	0,3	0,5
3. Односигнальная избирательность по соседнему каналу при расстройке ± 9 кГц, дБ, не менее	56	40	36	26
4. Односигнальная избирательность по зеркальному каналу, дБ, не менее:				
а) для стационарных устройств в диапазонах:				
ДВ (на частоте 200 кГц)	70	50	40	34
СВ (на частоте 1000 кГц)	60	36	34	34
КВ (на частоте 11,8 МГц)	30	16	12	10
б) для переносных устройств в диапазонах:				
ДВ (на частоте 200 кГц)	60	40	30	26
СВ (на частоте 1000 кГц)	54	36	26	20
КВ (на частоте 11,8 МГц)	30	16	12	10
5. Односигнальная избирательность по промежуточной частоте на частотах 280 и 560 кГц, дБ, не менее:				
для стационарных устройств	40	34	34	26
для переносных устройств	34	30	26	12
6. Допускаемое напряжение помехи для стационарных устройств, мВ, не менее, в диапазонах:				
ДВ	250	150	100	100
СВ	250	150	100	100
КВ	50	30	20	10

Окончание табл. П9.2

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
7. Допускаемая напряженность поля перекрестной помехи для переносных устройств, мВ/м, не менее, в диапазонах: ДВ СВ КВ	500 300 50	200 200 30	200 200 20	200 200 10
8. Действие автоматической регулировки усиления: а) изменение уровня сигнала на входе, дБ б) изменение уровня сигнала на выходе, дБ	60 10	46 10	40 10	30 10
9. Диапазон воспроизводимых частот всего тракта по звуковому давлению при неравномерности 14 дБ в диапазоне СВ и 18 дБ в диапазоне ДВ, Гц, не уже: 1) для стационарных устройств: а) с выносными АС б) с выносными АС в положении "Местный прием" в) с встроенными АС г) с встроенными АС в положении "Местный прием" 2) для переносных устройств: 3) для переносных устройств в положении "Местный прием"	31,5–6300 31,5–8000 – – 80–4000 80–5600	50–4000 50–6300 – – 125–4000 125–5600	80–4000 80–6300 125–4000 125–6300 200–3500 200–4000	125–3550 – 200–3150 – 315–3150 –
10. Коэффициент гармоник по электрическому напряжению, %, не более, на частотах модуляции: от 200 до 400 Гц свыше 400 Гц	4 2	5 4	6 5	– 5
11. Отношение сигнал/фон с антенного входа для устройств с питанием от сети переменного тока, дБ, не менее	54	46	40	40

Таблица П8.1 — Параметры линейного тракта приемника ЧМ-колебаний

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
1. Чувствительность стационарных устройств, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 26 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже	2	5	5	15
2. Чувствительность переносных устройств, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 26 дБ, по напряженности поля, мВ/м, не хуже	5	10	50	100

Продолжение табл. П8.1

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
3. Чувствительность, ограниченная шумами в стереорежиме, при соотношении сигнал/шум 50 дБ, по напряжению со входа для внешней антенны, мкВ, не хуже	275	275	275	275
4. Отношение сигнал/шум в стереорежиме при входном сигнале 1 мВ, дБ, не менее	60	50	50	–
5. Односигнальная избирательность по зеркальному каналу, дБ, не менее: для стационарных устройств для переносных устройств	70 60	50 42	32 32	26 26
6. Односигнальная избирательность по промежуточной частоте на частоте 66 МГц, дБ, не менее: для стационарных устройств для переносных устройств	70 60	60 50	42 42	36 36
7. Двухсигнальная избирательность по соседнему каналу в монорежиме (при расстройках ± 120 кГц и ± 180 кГц) при выключенной АПЧ: отношение сигнал/помеха на выходе, дБ отношение сигнал/помеха на входе, дБ	20 0	20 0	20 0	20 0
8. Разделение стереоканалов, дБ, не менее, на частотах: а) для стационарных устройств: 250 Гц (315 Гц) 1000 Гц 5000 Гц (6300 Гц) б) для переносных устройств: 250 Гц (315 Гц) 1000 Гц 5000 Гц (6300 Гц)	30 36 30	24 30 24	20 26 20	14 20 14
9. Отношение сигнал/фон с антенного входа для устройств с питанием от сети переменного тока, дБ, не менее: в стереорежиме в монорежиме	54 60	46 50	40 44	40 40
10. Диапазон воспроизводимых частот по звуковому давлению при неравномерности 14 дБ (кроме тюнеров) Гц, не уже: 1) для стационарных устройств: а) с выносными АС б) с встроенными АС 2) для переносных устройств	31,5– 15000 – 80–12500	50–15000 – 125–10000	80–12500 125–12500 160–10000	100–8000 200–8000 315–6300
11. Диапазон воспроизводимых частот по электрическому напряжению при	20–15000	31,5–15000	–	–

Окончание табл. П8.1

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
неравномерности 3 дБ для тюнеров, Гц, не уже				
12. Коэффициент гармоник по электрическому напряжению, %, не более:				
1) для стационарных устройств:				
а) в стереорежиме на частотах, Гц:				
315	2,0	3,0	5,0	5,0
1000	1,0	1,5	2,5	3,0
6300	3,0	4,0	5,0	5,0
б) в монорежиме на частотах, Гц:				
315	1,5	2,0	4,0	6,0
1000	0,7	1,0	2,0	3,0
6300	1,5	2,0	4,0	6,0
2) для переносных устройств:				
а) в стереорежиме на частотах, Гц:				
315	4,0	5,0	6,0	–
1000	2,0	2,5	3,0	–
6300	4,0	5,0	6,0	–
б) в монорежиме на частотах, Гц:				
315	3,0	3,0	4,0	6,0
1000	1,5	1,5	2,0	3,0
6300	3,0	3,0	4,0	6,0
13. Подавление АМ, измеренное одновременно методом, дБ, не менее	30	26	22	20

Таблица П8.2 — Параметры усилителей низкой частоты радиоприемников звукового вещания

Наименование параметра	Нормы для устройств группы сложности			
	0	1	2	3
1. Выходная мощность стационарных устройств при питании от сети переменного тока, Вт, не менее	25	10		
2. Выходная мощность переносных устройств при питании от источника автономного источника постоянного тока, Вт, не менее	1	0,5	0,25	0,1
3. Диапазон воспроизводимых частот по электрическому напряжению на уровне 3 дБ, Гц, не уже				
В стационарных устройствах	20–20000	31,5–16000	40–12500	80–8000
В переносных устройствах	40–16000	63–12500	100–10000	250–7100
4. Коэффициент гармоник по электрическому напряжению на частоте 1000 Гц, %, не более				
в стационарных устройствах	0,3	0,7	1,0	2,0
в переносных устройствах	0,5	1,0	1,0	2,0

Таблица П9.3 — Потребительские (эксплуатационные) удобства приемников АМ-сигналов

Потребительские (эксплуатационные) удобства	Наличие по группам сложности			
	0	1	2	3
1. Розетки для подключения: внешней антенны магнитофона на запись	О О	О О	О О	О Н
2. Магнитная антенна в диапазонах ДВ и СВ в стационарных устройствах	О	О	Н	Н
3. Встроенная антенна на всех имеющихся диапазонах в переносных устройствах	О	О	О	О
4. Регулятор полосы пропускания по промежуточной частоте ("широкая-узкая")	О	О	Н	Н
5. Фиксированное положение "Местный прием"	О	О	Н	Н
6. Индикатор настройки или уровня поля	О	О	Н	Н

Примечание: О — обязательно; Н — необязательно.

Таблица П8.3 — Потребительские (эксплуатационные) удобства приемников ЧМ-сигналов

Потребительские (эксплуатационные) удобства	Наличие по группам сложности			
	0	1	2	3
1. Розетки для подключения: внешней антенны магнитофона на запись	О О	О О	О* О	О* Н
2. Встроенная антенна в устройствах: стационарных переносных	Н О	Н О	Н О	Н О
3. Автоподстройка частоты**	О	О	О	Н
4. Индикатор наличия стереопередачи в стереофонических устройствах	О	О	О	О
5. Автоматическое переключение "Моно-стерео" (отключаемое)	О	О	Н	Н
6. Индикатор настройки	О	О	Н	Н
7. Индикатор многолучевого приема (или выход для подключения индикатора)	О*	Н	Н	Н
8. Бесшумная настройка	О	О	О*	Н

Примечание:

* В переносных монофонических устройствах не обязательно.

** В устройствах с синтезаторами частоты и кварцованными гетеродинами не обязательно.

Устройства должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандарта и ТУ (технических условий) на конкретное изделие.

4. Перечень параметров и требований, которые должны быть установлены в ТУ на устройство конкретного типа

4.1. Чувствительность, ограниченная шумами, по напряженности поля в диапазонах ДВ и СВ (для стационарных устройств со встроенной магнитной антенной).

4.2. Чувствительность, ограниченная усилением, в диапазонах тракта АМ.

4.3. Чувствительность, ограниченная шумами, с гнезда для подключения внешней антенны (для переносных устройств).

4.4. Чувствительность, ограниченная шумами в диапазоне УКВ при девиации ± 50 кГц и соотношении сигнал/шум 50 дБ (для устройств высшей, 1 и 2-й групп сложности).

4.5. Чувствительность, ограниченная шумами, в режиме стереоприема в диапазоне УКВ.

4.6. Чувствительность, ограниченная шумами, при включенном устройстве бесшумной настройки (БШН).

4.7. Отношение сигнал/шум в диапазонах СВ и УКВ в режимах «моно» и «стерео» (для устройств высшей и 1-й групп сложности).

4.8. Избирательность по дополнительным каналам приема.

4.9. Двухсигнальная избирательность по соседнему каналу в диапазоне СВ.

4.10. Двухсигнальная избирательность по зеркальному каналу в диапазонах ДВ, СВ и УКВ.

4.11. Уровень возникновения ограничения в диапазоне УКВ (для переносных устройств).

4.12. Ослабление боковых настроек в диапазоне УКВ.

4.13. Допускаемые уровни перекрестной помехи в диапазоне УКВ.

4.14. Подавление АМ в диапазоне УКВ на частоте 10000 Гц (для устройств, обеспечивающих прием стереофонических передач).

4.15. Уровень комбинационной помехи, вызванной интерференцией гармоник звуковой частоты и поднесущей в стереорежиме.

4.16. Нелинейные переходные помехи между стереоканалами.

4.17. Изменение выходного напряжения при переходе со стерео — на монофонический режим и обратно.

4.18. Пределы регулирования стереобаланса (при наличии соответствующего регулятора).

4.19. Рассогласования стереоканалов по усилению в диапазоне воспроизводимых частот всего тракта.

4.20. Рассогласование стереоканалов при изменении положения регулятора громкости.

4.21. Степень подавления составляющих с частотами 31,25 и 62,5 кГц в стереорежиме.

4.22. Полосы захвата и удержания АПЧ. Не распространяется на устройства с синтезаторами частот и кварцованными гетеродинами.

4.23. Пределы изменения уровня входного сигнала.

4.24. Коэффициент захвата в диапазоне УКВ.

4.25. Коэффициент гармоник со входа УНЧ по звуковому давлению.

4.26. Коэффициент гармоник в тракте АМ по электрическому напряжению ниже 200 Гц в пределах заданной частотной характеристики.

4.27. Коэффициент интермодуляционных искажений по тракту ЧМ (для стационарных устройств 0 группы сложности).

4.28. Выходная мощность, характеризующая устойчивость к микрофонному эффекту, устройств со встроенной АС.

4.29. Критичность настройки в диапазоне УКВ (для устройств с одновременно отключаемыми системами АПЧ и БШН).

4.30. Максимальная выходная мощность.

4.31. Уровень среднего звукового давления при нормальной выходной мощности.

4.32. Неравномерность частотной характеристики, измеренной на выходе для подключения магнитофона на запись в заданном диапазоне воспроизводимых частот.

4.33. Ток потребления при $P_{\text{вых}} = 0$ и $P_{\text{вых}} = 0,4P_{\text{ном}}$ (для переносных устройств).

4.34. Ток потребления при $P_{\text{вых}} = 0,4P_{\text{ном}}$ (для стационарных устройств).

4.35. Перечень параметров, значения которых измеряются при граничных напряжениях питания, и допускаемые отклонения нормы этих параметров.

4.36. Погрешность градуировки шкалы в трактах ЧМ и АМ (для устройств 0 и 1-й групп сложности).

4.37. Стабильность настройки в диапазонах УКВ и КВ.

4.38. Диапазон действия индикаторов настройки и индикатора наличия стереопередачи.

4.39. Диапазон регулирования громкости.

4.40. Диапазон регулирования тембра.

4.41. Легкость настройки (для устройств 0 и 1-й групп сложности).

4.42. Люфт механических органов настройки (для устройств 0 и 1-й групп сложности).

4.43. Допускаемое отклонения значения разделения стереоканалов при расстройке на ± 25 кГц (для устройств 0 и 1-й групп сложности).

5. Нормы массы и потребляемой мощности радиоприемных устройств

Таблица П9.4 — Нормы массы и потребляемой мощности приемников звукового вещания

Вид устройства	Масса, кг, не более*				Потребляемая мощность, Вт, не более			
	Группы сложности**							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Стационарные радиоприемники:								
Тюнеры	9,7	7 (5,5)	—	—	20 (16)	10 (8)	—	—
Радиоприемники	—	—	7 (5,5)	5 (4)	—	—	25(20)	15(12)
Переносные радиоприемники:								
моно	7,7(6,2)	6(4,8)	4,6(3,3)	1,9(1,5)	6	5	4	2
стерео	9,5(7,7)	—	—	—	7	—	—	—

* Без выносных АС, а также без узлов и блоков, не являющихся конструктивной принадлежностью устройств.

** Для устройств, имеющих встроенные узлы и блоки, обеспечивающие дополнительные потребительские удобства, норму устанавливают в ТУ.

Примечание:

1. Нормы, приведенные в скобках, введены с 01.01.1986 г.
2. Потребляемую мощность измеряют:

при $P_{\text{вых}} = 0,4P_{\text{ном}}$ для радиоприемников;
 при $U_{\text{вых}} = U_{\text{вых.ном}}$ для тюнеров;
 для переносных приемников — при питании от автономных источников тока.

П.9.2. Технические требования на радиоприемные устройства телевизионного вещания

Технические требования на приемники телевизионного вещания должны соответствовать ГОСТ 18198-89 «Телевизоры. Общие технические условия». Настоящий стандарт распространяется на бытовые телевизионные устройства, предназначенные для приема черно-белого и цветного изображения.

1. Классификация

По техническим характеристикам (нормам на параметры и эргономическим требованиям) телевизоры разделяют:

- 1) на стационарные с размером экрана кинескопа по диагонали не менее 40 см;
- 2) переносные с размером экрана кинескопа по диагонали не более 45 см.

2. Параметры

Основные параметры телевизоров должны соответствовать указанным в таблице требованиям (Таблица П9.5).

Таблица П9.5 — Параметры телевизионных приемников

Наименование параметра	Норма для телевизора	
	Стационарного	Переносного
1. Чувствительность канала изображения, мкВ (дБ/мВт): ограниченная шумами: I–III диапазоны IV–V диапазоны	70 (–72) 100 (–69)	
2. Избирательность, дБ, не менее а) на частотах, отстоящих от несущей изображения: на минус 1,5 МГц более чем на минус 1,5 МГц на плюс 8 МГц более чем на минус 8 МГц на плюс 6,5 МГц в полосе частот от 31,23 до 39,25 МГц I диапазона II и III диапазоны IV и V диапазоны	40 38 45 Снижение на 6 дБ/МГц 14–26 40 50 60	30 28 30

Продолжение табл. П9.5

Наименование параметра	Норма для телевизора	
	Стационарного	Переносного
3. Эффективность автоматической регулировки усиления (изменение размаха выходного видеосигнала при изменении уровня входного радиосигнала изображения от 0,2 до 50 мВ, дБ, не более)	3	
4. Максимально допустимый уровень входного радиосигнала, мВ (дБ/мВт), не менее	87 (-10)	
5. Остаточная расстройка частоты гетеродина, кГц, в пределах	± 100	
6. Точность матрицирования, %, не менее	80	
7. Баланс белого: статический (отклонение цветности белого свечения экрана от цветности опорного белого), не более Δx Δy динамический (отклонение цветности белого свечения экрана при различных уровнях сигнала яркости, не более: Δx Δy	0,040 0,045 0,040 0,050	
8. Неравномерность цвета по полю изображения (отклонение цветности различных участков изображения), не более: при воспроизведении изображения белого цвета Δx Δy при воспроизведении изображения красного, зеленого или синего цветов Δx Δy	0,035 0,035 0,050 0,050	
9. Нелинейные искажения изображения (по горизонтали и вертикали), %, в пределах а) для цветных телевизоров б) для черно-белых телевизоров	± 7 ± 9	по ТУ по ТУ
10. Геометрические искажения изображения, % не более: а) для цветных телевизоров, в которых применен кинескоп с самосведением лучей б) для цветных телевизоров с другим типом кинескопа и для черно-белых телевизоров	3 по ТУ	
11. Фоновые геометрические искажения при питании от не синхронной сети, %, не более	0,2	по ТУ
12. Чувствительность, ограниченная шумами и определяемая уровнем радиосигнала звукового сопровождения, мкВ (дБ/мВт), не более II и III диапазоны IV и V диапазоны	55 (-74) 80 (-71)	

Окончание табл. П9.5

Наименование параметра	Норма для телевизора	
	Стационарного	Переносного
13. Уровень помех в канале звукового сопровождения, дБ, не более	-36	-30
14. Номинальная выходная мощность канала звукового сопровождения, Вт, не менее		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 60 см	2,5	–
не более 60 см	1,0	по ТУ
б) для черно-белых телевизоров	по ТУ	
15. Коэффициент гармоник сигнала звукового сопровождения по электрическому напряжению при номинальной выходной мощности, %, не более		
а) для цветных телевизоров	3	по ТУ
б) для черно-белых телевизоров	по ТУ	
16. Напряжение питания, при котором телевизор сохраняет работоспособность, В		
нижнее значение, не более	170 (198)	
верхнее значение, не менее	242	
17. Уровень среднего звукового давления, дБ, не менее:		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 60 см	75	–
не более 60 см	72	по ТУ
б) для черно-белых телевизоров	по ТУ	
18. Уровень акустического шума, дБ, не более	40	
19. Помехозащищенность от внешних электромагнитных полей, дБ/(мкВ·м), не менее:		
в I–III диапазонах	50	по ТУ
в IV, V диапазонах	по ТУ	
в полосе частот 31,25–39,25 МГц	90	по ТУ
20. Допустимые уровни промышленных помех и напряженности поля излучения гетеродина	по ГОСТ 22505	
21. Защита от электростатических разрядов	по ГОСТ 28002	
22. Масса телевизора, кг	Таблица П9.6	
23. Потребляемая мощность, Вт	Таблица П9.7	
24. Средняя наработка на отказ, ч.	Таблица П.9.8	

Примечания:

1. Телевизоры с питанием от сети переменного тока или с комбинированным питанием должны быть рассчитаны на подключение к сети с напряжением 220 В.
2. Параметры, указанные в пп. 6, 7 и 8, распространяются на цветные телевизоры.

3. Технические требования

3.1. Требования к эргономическим функциям

Телевизоры должны обеспечивать эргономические функции, приведенные в таблице (табл. П.9.6).

Таблица П9.6 — Требования к эргономическим функциям телевизионных приемников

Наименование функции	Телевизор	
	Стационарный	Переносной
1. Автоматическая подстройка частоты гетеродина и возможность перехода на ручную регулировку	О	Н
2. Автоматическое выключение канала цветности при приеме радиосигналов вещательного телевидения других стандартов и систем	О	О
3. Автоматическое выключение телевизора при длительном отсутствии радиосигнала изображения:		
а) для цветных телевизоров	О	О
б) для черно-белых телевизоров	О	Н
4. Беспроводная дистанционная регулировка (переключение программ, регулировка контрастности, яркости, насыщенности, громкости, перевод телевизоров в дежурный режим или выключение телевизора) и индикации результатов этой регулировки		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 61 см	О	—
не более 61 см	Н	Н
б) для черно-белых телевизоров	Н	Н
5. Возможность подачи для записи на видеомэгнитофон полного цветового видеосигнала и сигнала звукового сопровождения		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 42 см	О	Н
не более 42 см	Н	Н
б) для черно-белых телевизоров	Н	Н
6. Возможность воспроизведения изображения и звукового сопровождения при подаче с видеомэгнитофона, видеопроигрывателя или видеокамеры полного цветового видеосигнала и сигнала звукового сопровождения		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 42 см	О	Н
не более 42 см	Н	Н
б) для черно-белых телевизоров	Н	Н

Окончание табл. П9.6

Наименование функции	Телевизор	
	Стационарный	Переносной
7. Возможность воспроизведения изображения при подаче с персональной ЭВМ или видеоигры полного цветowego видеосигнала и сигнала звукового сопровождения		
а) для цветных телевизоров с размерами экрана по диагонали		
более 61 см	О	–
не более 61 см	Н	Н
б) для черно-белых телевизоров	Н	Н
8. Подача для записи на магнитофон сигнала звукового сопровождения	О	Н
9. Возможность приема радиосигнала вещательного телевидения на встроенную или входящую в комплект антенну	Н	О
10. Наличие ручки или аналогичных средств для переноса телевизора	Н	О

Примечания:

1. О — выполнение функции обязательно; Н — выполнение функций необязательно.
2. Функция, приведенная в п. 1, распространяется на телевизоры, имеющие систему автоподстройки гетеродина.
3. Функция, приведенная в п. 2, распространяется на цветные телевизоры.
4. Функция, приведенная в п. 4, распространяется на телевизоры с цифровым управлением.
5. Функции, приведенные в пп. 3 и 7, распространяются на телевизоры, технические задания на которые утверждены после 01.01.91.
6. Функции, приведенные в пп. 5–8, должны выполняться при входных и выходных параметрах, соответствующих ГОСТ 24838.

3.2. Нормы потребляемой мощности и массы

Таблица П9.7 — Нормы потребляемой мощности и массы телевизионных приемников

Телевизоры	Размер экрана по диагонали, см	Потребляемая мощность, Вт, не более		Масса, кг, не более	
		Цветного изображения	Черно-белого изображения	Цветного изображения	Черно-белого изображения
Стационарные	67	80	–	38	–
	61	80	50	32	27
	51–40	60	40	24	18
Переносные	44–40	70	40	20	16
	32	60	–	13	–
	31	–	35/22	–	8,7
	25	50	–	9	–
	23	–	36/20	–	5,5
	16	–	18/8	–	4,8

Примечание. В знаменателе указана потребляемая мощность при автономном питании.

3.3. Нормы средней наработки на отказ

Таблица П9.8 — Нормы средней наработки телевизионных приемников на отказ

Телевизоры	Наработка на отказ T_0 ч., не менее	
	Цветного изображения	Черно-белого изображения
Стационарные	10200	11250
Переносные	8000	8650

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СВЯЗИ

П.10.1. Технические требования на радиоприемные устройства систем связи

Таблица П10.1 — Технические требования на радиоприемные устройства систем связи

№	Наименование параметров	Типы радиостанций	
		БЗЕ/СВ	Д/СВ
1	Диапазон радиочастот, кГц	26970...27410	27410...27860
2	Класс излучения	АЗЕ, FЗЕ, JЗЕ	АЗЕ, FЗЕ, JЗЕ
3	Мощность несущей передатчика для излучения класса FЗЕ, Вт, не более	10	10
4	Пиковая мощность передатчика для излучения классов АЗЕ, JЗЕ, Вт, не более	10	10
5	Уровень несущей и боковой полос передатчика для излучения класса JЗЕ, дБ, не более	-40	-40
6	Число частотных каналов	1...44	1...40
7	Частотный разнос между соседними каналами, кГц	10	10
8	Девияция частоты передатчика для излучения класса FЗЕ, кГц	1,8	1,8
9	Полоса частот модулирующего сигнала, Гц	300...2700	300...2700
10	Ширина полосы частот излучения передатчика на уровне -30 дБ, кГц, не более: а) для излучения классов FЗЕ б) для излучения класса АЗЕ в) для излучения класса JЗЕ	9	9
		10,3	10,3
		4,3	4,3
11	Отклонение частоты передатчика и гетеродина приемника от номинального значения, не более: а) для излучения классов АЗЕ и FЗЕ б) для излучения класса JЗЕ	50×10^{-6}	50×10^{-6}
		50×10^{-6}	50×10^{-6}
12	Уровень побочных излучений передатчика, дБ, не более	40	40
13	Чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум 12 дБ, не хуже	10	10
14	Избирательность приемника по соседнему каналу, дБ, не хуже	40	40
15	Избирательность приемника по побочным каналам приема, дБ, не хуже	40	40
16	Интермодуляционная избирательность приёмника дБ, не менее	40	40

Примечания.

1. Обозначение режимов излучения соответствует АЗЕ — амплитудной модуляции (AM), F3E — узкополосной частотной модуляции (FM), J3E—однополосной модуляции (SSB) для работы на верхней (USB) или нижней (LSB) боковой полосе частот,
2. В одноканальных радиостанциях запрещено использование частоты 27065 кГц.
3. В многоканальных радиостанциях обязательно наличие частоты 27065 кГц (9 канал — для передачи и приема сигнала бедствия).