

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

*ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМНОГО ТРАКТА
БОРТОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ
АВИАЦИОННОЙ СВЯЗИ*

Утверждено
редакционным советом института
в качестве методических указаний
к лабораторной работе
для студентов

В методических указаниях приведены общие сведения о построении приемников авиационной радиосвязи; рассмотрен приемный тракт бортовой УКВ-радиостанции; дано описание лабораторной установки. Рекомендуется студентам специальности 0701.

Составитель Л. И. Калакутский

Рецензенты: доц. В. Я. Кунер, доц. Г. П. Вечканов

Цель работы: ознакомление с построением приемников авиационной радиосвязи, исследование частотно-селективных характеристик приемного тракта бортовой УКВ-радиостанции.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ БОРТОВЫХ ПРИЕМНИКОВ СРЕДСТВ СВЯЗИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Средства авиационной радиосвязи обеспечивают связь летательных аппаратов (ЛА), находящихся в полете, между собой и с наземными службами управления воздушным движением. Для авиационной связи используются средства, работающие в УКВ, КВ и СВ диапазонах. К ним можно отнести бортовые радиостанции, оборудование наземных приемных и передающих центров связи, а также большое количество носимых и мобильных радиостанций, используемых для связи внутриаэродромных служб.

Приемники средств связи ЛА работают при значительном уровне атмосферных и промышленных помех, а также при воздействии мешающих радиоизлучений бортовых радиотехнических систем различного назначения. В этих условиях одним из основных требований, предъявляемых к приемникам средств связи ЛА, является обеспечение их электромагнитной совместимости (ЭМС) при работе в едином комплексе бортового электрорадиооборудования.

Основными факторами, влияющими на структурное построение приемников ЛА наряду с требованиями ЭМС, обеспечивающими весьма малую восприимчивость приемника к помехам по неосновным каналам приема, являются: стабильность частоты настройки приемника, необходимая для бесперебойного и безнастроечного вхождения в связь, а также обеспечение заданной чувствительности приемника при определенных видах работы.

Указанные факторы определяют выбор для средств связи ЛА супергетеродинной схемы приемника с однократным или многократным преобразованием частоты, обеспечивающей необходимую селективность приема.

Требование стабильности частоты настройки приемников ЛА обуславливает применение в гетеродинах приемников кварцевой стабилизации частоты. В приемниках, работающих на одной или нескольких фиксированных частотах число кварцевых резонаторов соответствует числу рабочих частот, а гетеродины выполняются по простой схеме кварцованного автогенератора (например, приемники аварийных, спасательных УКВ-радиостанций или радиостанций внутриаэродромной связи типа «Пальма», «Тюльпан», «Гранит М»).

В диапазонных приемниках для формирования гетеродинирующих напряжений применяют схемы синтезаторов частоты, которые формируют ряд колебаний (сетку частот) с заданным интервалом (разносом) между ними. Ширина разноса между частотами определяет шаг дискретности при установке частоты принимаемых сигналов и зависит от используемого диапазона и требований, предъявляемых к приемнику.

При построении синтезаторов частоты приемников ЛА используется способ прямого и способ косвенного синтеза сетки частот. Первый способ основывается на многократном преобразовании частоты опорного сигнала и последующей фильтрации получаемых колебаний с помощью перестраиваемых фильтров. При косвенном синтезе выходной сигнал снимается с вспомогательного генератора плавного диапазона (ГПД), частота которого сравнивается с эталонной. Выявленная ошибка используется для компенсации погрешности частоты ГПД. В качестве опорного колебания используется сигнал с термостатированного кварцевого генератора, дающего высокую стабильность частоты. Способ прямого синтеза по типу применяемых узлов можно отнести к аналоговым, способ косвенного синтеза—к цифровым. Последний получает в настоящее время наибольшее распространение, чему способствует освоение промышленностью цифровых интегральных схем средней и высокой степени интеграции, способных по эксплуатационным параметрам работать в бортовой аппаратуре ЛА.

Ряд особенностей построения приемников ЛА связан с конструкцией антенных систем и размещением блоков приемника на борту ЛА. В КВ-диапазоне в качестве антенны часто используется горизонтально расположенный штырь ограниченных размеров. Так на самолете ТУ-154 для КВ-радиостанции дальней связи используется антенна верхнего емкостного питания в виде штыря длиной около двух метров, устанавливаемого в передней части верхнего обтекателя киля в направлении полета. Еще меньшие размеры антенн применяют на вертолетах и легких самолетах. Длина таких антенн оказывается много меньше четверти длины волны, а активная и реактивная составляющие полного сопротивления антенны в диапазоне рабочих частот приема изменяются в широких пределах. Кроме того, основной блок радио-

станции располагается в отсеках, удаленных от ввода антенны на расстояние до нескольких десятков метров и соединяется с ней коаксиальным кабелем. Поэтому для согласования сопротивления кабеля и входного сопротивления антенны применяют антенно-согласующие устройства (АСУ), конструктивно выполняемые в виде отдельного блока, расположенного вблизи ввода антенны в корпус ЛА.

АСУ содержит в своем составе согласующий контур последовательного типа с регулируемыми элементами — емкостью и индуктивностью и датчики, которые производят анализ входного сопротивления антенны. Датчик фазы оценивает реактивную составляющую сопротивления антенны, датчик модуля — величину модуля сопротивления относительно сопротивления кабеля.

Датчики дают сигналы ошибки, которые служат для управления элементами согласующего контура — изменения его емкости и индуктивности. Настройка АСУ производится автоматически после установки каждого нового значения частоты работы радиостанции и заканчивается согласованием сопротивлений антенны и фидера.

Настройка приемника на требуемую частоту связи производится автоматически. Для этого в состав аппаратуры включается схема автоматической дистанционной настройки (АДН), обеспечивающая беспосковое и бесподстроечное вхождение в связь. Схема АДН управляется с пульта дистанционного управления (ПДУ), который устанавливается в кабине пилотов и может быть удален от основного блока радиостанции на расстояние в несколько десятков метров. Загруженность экипажа ЛА основными операциями по управлению ЛА требует максимального упрощения работы с радиостанциями, поэтому ПДУ содержит минимальное число органов ручного управления. К ним относятся, например, ручки набора цифр на панели ПДУ, соответствующих выбранному значению частоты связи, переключатель рода работ, регулятор громкости, кнопки контроля функционирования радиостанции. Подключение выхода приемника к авиагарнитурам экипажа ЛА осуществляется на щитке СПУ (самолетного переговорного устройства), а переход на передачу происходит при нажатии на кнопку, расположенную в легкодоступном месте, например, у пилота — на штурвале управления ЛА.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИЕМНОГО ТРАКТА РАДИОСТАНЦИИ «ЛАНДЫШ»

УКВ-радиостанция «Ландыш» предназначена для ведения симплексной двухсторонней радиосвязи экипажами ЛА ГВФ с диспетчерами службы УВД. Радиостанция построена на основании тре-

бований, предъявляемых к бортовой аппаратуре и выполнена по трансиверной схеме с амплитудной модуляцией АЗ. Ряд ее каскадов: кварцевые генераторы, тракт гетеродина, матрица электронной перестройки, схема управления — используются как в режиме приема, так и режиме передачи. Радиостанция обеспечивает беспосредственную и бесподстроечную связь. Дискретная сетка частот приема в диапазоне 118,0...135,975 МГц с шагом 25 кГц образуется по принципу прямого синтеза с использованием набора переключаемых кварцевых резонаторов. Приемник радиостанции «Ландыш» собран по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты, при этом первая промежуточная частота переменная (15,005...15,080 МГц), вторая — постоянная (1,6 МГц). Основные технические характеристики приемника приведены в таблице, структурная схема показана на рис. 1.

Напряжение с антенны $W1$ через переключатель $S1$ «прием-передача» поступает на одноконтурную входную цепь $Z1$, согласующую антенну со входом приемника и, далее, на усилитель радиочастоты (УРЧ). УРЧ собран по двухкаскадной резонансной схеме. Первый каскад $A1$ нагружен на двухконтурный полосовой фильтр $Z2$, выполненный по схеме с внутрииנדуктивной связью между контурами. Построение второго каскада $A2$ с нагрузкой $Z3$ повторяет первый каскад.

$A1$ ($A2$) представляет собой усилитель на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером. Избирательные системы $Z1$ — $Z3$ перестраиваются при изменении частоты принимаемых сигналов. Для этого в каждый контур включены варикапы, напряжение на которые подается с матрицы электронной перестройки $E2$, управляемой кодом, соответствующим комбинации цифр, набранной на пульте дистанционного управления (ПДУ) $S2$. Пятиконтурный преселектор обеспечивает необходимую избирательность приемника по комбинационным каналам приема, а также усиливает сигнал в полосе частот порядка 1 МГц для получения максимального соотношения сигнал/шум. Усиленное напряжение сигнала подается на первый смеситель $U1$. На другой вход $U1$ поступает напряжение первого гетеродина от синтезатора частоты $E1$.

Синтезатор частоты содержит три высокостабильных кварцевых генератора: генератор грубой $G1$, средней $G2$ и точной сетки $G3$. Напряжение первого гетеродина формируется путем взаимодействия сигналов $G1$ и $G2$. Генератор $G1$ создает сигнал одной из девяти частот, в зависимости от частоты настройки приемника, в диапазоне 92,79...108,79 МГц с интервалом 2 МГц (рис. 2). Выбор той или иной частоты производится включением определенного кварца диодными ключами, которые управляются с ПДУ $S2$. (рис. 1). Генератор средней сетки $G2$ создает одну из 20 частот в диапазоне 10,205...12,105 МГц с интервалом 100 кГц. Выбор его

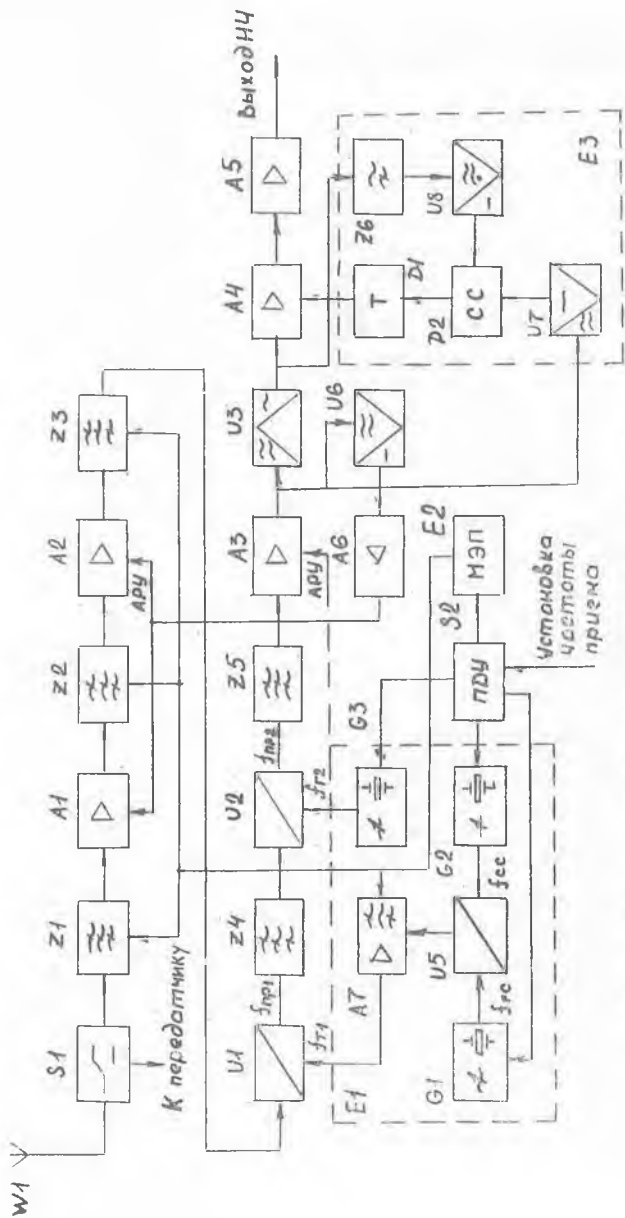


Рис. 1. Структурная схема приемного тракта радиостанции «Ландыш»

частоты происходит аналогично. Напряжение $G1$ и $G2$ поступают на смеситель $U5$. В смесителе образуется одна из 180 частот первого гетеродина в диапазоне 102,995 ... 120,895 МГц с интервалом 100 кГц путем сложения частот генераторов грубой и средней сетки.

Напряжение первого гетеродина выделяется избирательным усилителем гетеродина $A7$, который перестраивается путем подачи напряжения на варикалы $A7$ от МЭП $E2$, управляемой с ПДУ $S2$.

В результате взаимодействия частоты сигнала и частоты первого гетеродина на выходе $U1$ образуется сигнал первой промежуточной частоты $f_{\text{пр-1}}$ в диапазоне 15,005 ... 15,080 МГц. Нагрузкой $U1$ является полосовой фильтр $Z4$, представляющий собой четырехконтурный фильтр сосредоточенной селекции (ФСС) LC -типа со средней частотой, соответствующей $f_{\text{пр-1}}$ и полосой около 75 кГц. Выделенный с помощью $Z4$ сигнал первой промежуточной частоты поступает на второй смеситель $U2$. Одновременно на $U2$ подается напряжение второго гетеродина. В качестве второго гетеродина используется генератор точной сетки частот $G3$ синтезатора $E1$. Он создает одну из 4-х частот из диапазона 13,405 ... 13,480 МГц с интервалом 25 кГц. Нагрузкой $U2$ является ФСС $Z5$, выделяющий вторую промежуточную частоту, равную 1,6 МГц. ФСС представляет собой 12-звенный LC -фильтр, обеспечивающий избирательность приемника по соседнему каналу. С выхода $Z5$ сигнал поступает в усилитель второй промежуточной частоты УПЧ-2 $A3$, осуществляющий основное усиление сигналов в приемнике. УПЧ-2 представляет собой трехкаскадный аperiodический усилитель на транзисторах, включенных по схеме с общим эмиттером. С выхода $A3$ сигнал поступает на детектор сигнала $U3$, собранный по последовательной диодной схеме. Продетектированный сигнал поступает на предварительный $A4$ и окончательный $A5$ усилитель-низкой частоты (УНЧ), позволяющие подключить на выходе приемника несколько комплектов авиационной гарнитуры типа АГ-3, содержащей два последовательно соединенных головных телефона ТА-56 М.

Приемник охвачен высокоэффективной схемой автоматической регулировки усиления (АРУ). Схема АРУ выполнена с усилением и задержкой. Она обеспечивает малые изменения амплитуды сигнала на выходе приемника — 6 дБ при изменении сигнала на входе на 80 дБ. Элементами АРУ является диодный детектор $U6$ и двухкаскадный усилитель постоянного тока $A6$. АРУ охвачены оба каскада УРЧ- $A1$ и $A2$, а также первый каскад УПЧ-2 $A3$.

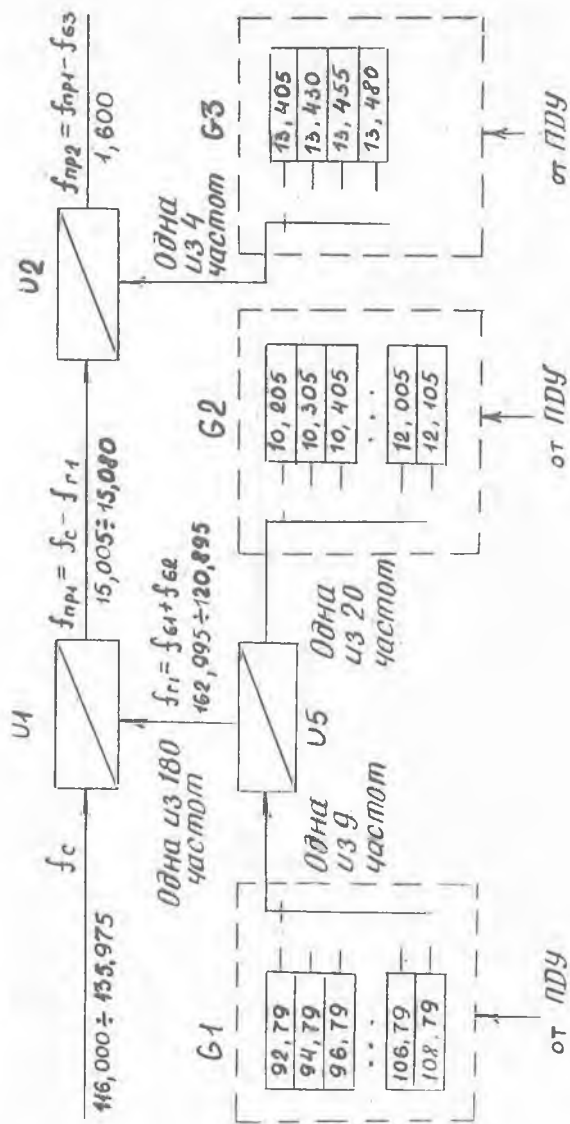


Рис. 2. Формирование сетки частот в синтезаторе частоты

Сравнительные характеристики приемников УКВ-радиостанций

Наименование	Единицы измерения	Тип УКВ-радиостанций	
		«Ландыш»	«Баклан»
Диапазон частот	МГц	118—135,975	118—135,975
Разнос частот между соседними каналами связи	кГц	25	25
Число частот связи		720	720
Стабильность частот		$3,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Чувствительность при частоте модуляции 1000 Гц; глубине модуляции 30 %, напряжении 15 В на высокоомных телефонах и соотношении сигнал/шум равном 3	мкВ	≥ 3	$\geq 2,5$
Полоса пропускания при ослаблении сигнала на:			
6 дБ	кГц	≥ 40	8
60 дБ	кГц	≤ 100	≤ 37
Ослабление неосновных каналов приема	дБ	≥ 70	≥ 80
Коэффициент нелинейных искажений	%	≤ 10	≤ 10
Изменение напряжения на выходе при изменении входного сигнала от:			
10 мкВ до 0,1 В	дБ	≤ 6	—
5 мкВ до 0,1 В	дБ	—	≤ 3
Неравномерность частотной характеристики в диапазоне 300 ... 2500 Гц	дБ	≤ 6	≤ 6
Питание	В	$27 \pm 10 \%$	$27 \pm 10 \%$
Потребляемая мощность	Вт	45	30
Время перестройки на соседнюю волну	с	≤ 1	≤ 1
Диапазон рабочих температур	°С	-40 ... +50	-54 ... +55

В состав приемника входит подавитель шума (ПШ) *Е3*, служащий для автоматического отключения УНЧ при отсутствии сигнала на входе приемника или при слабых, неразборчивых на фоне шумов, сигналах. ПШ запирает предварительный УНЧ-А4 при соотношении напряжения сигнал/шум менее трех. В схеме ПШ *Е3* происходит сравнение двух напряжений, пропорциональных амплитуде шума и амплитуде сигнала плюс шума. Для формирования первого напряжения сигнал с выхода детектора *U3* подается на фильтр верхних частот *Z6*, пропускающий высокочастотный спектр шума от 12 до 30 кГц и далее на детектор шума *U8*. Второе напряжение формируется с помощью детектора *U7*, на который подается сигнал с выхода УПЧ-2 А3. Выходы детекторов *U7* и *U8* подключены к схеме сравнения *Д2*, связанной с триггером *Д1*. При нужной величине превышения напряжения с выхода *U7* над напряжением с выхода *U8* триггер *Д1* устанавливается в устойчивое состояние, обеспечивающее включение УНЧ. Если уровень сигнала мал по сравнению с уровнем шума, то триггер *Д1* меняет свое состояние, запирая УНЧ. Применение ПШ позволяет устранить шум в головных телефонах, утомляющий оператора, при свободной радиолнии.

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА ПРИЕМНОГО ТРАКТА РАДИОСТАНЦИИ «ЛАНДЫШ»

Принципиальная схема приемного тракта радиостанции «Ландыш» показана на рис. 3 (вкладка).

Входная цепь приемника представляет собой одиночный контур 1 — *Z1* (см. вкладку), состоящий из индуктивности *L1*, подстроечного конденсатора *C2*, контурного конденсатора *C1* и варикапа *VD1* (рис. 4). Настройка контура на заданную частоту производится путем подачи на варикап напряжения определенной величины через фильтр нижних частот (ФНЧ) *C5*, *R1*, *C4*, предотвращающий паразитные связи по цепям подачи напряжения смещения на варикапы. Через конденсатор *C3* сигнал с входной цепи поступает на вход первого каскада УРЧ.

Усилитель радиочастоты состоит из двух одинаковых каскадов на транзисторах I — *VT1*, I — *VT2*, собранных по схеме с общим эмиттером (см. рис. 3, вкладку). Коллекторными нагрузками каскадов служат двухконтурные полосовые фильтры с внутриндуктивной связью 1 — *Z2*, 1 — *Z3* (рис. 5). Настройка контуров фильтров на заданную частоту производится, как и во входной цепи, путем подачи определенного смещения на варикапы. Для увеличения конструктивной стабильности контуров, ослабления паразитных связей через источники питания и повышения устойчивости каскадов в качестве шины коллекторного питания исполь-

зован корпус. Режим работы транзисторов обеспечивается в первом каскаде делителем напряжения 1—R1, 1—R2, во втором каскаде 1—R5, 1—R6, а также эмиттерными резисторами 1—R4, 1—R7, коллекторными резисторами 1—R3, 1—R8. Конденсаторы 1—C2, 1—C3, 1—C8, 1—C9 блокировочные. Напряжение на базовые делители каскадов подается от схемы АРУ через ФНЧ 1—C1, 1—L2; 1—C6, 1—L4. Питание эмиттерных цепей осуществляется через ФНЧ 1—C4; 1—L1; 1—C7, 1—L3. С выхода УРЧ (фильтр 1—Z3) усиленный сигнал поступает на вход первого смесителя приемника.

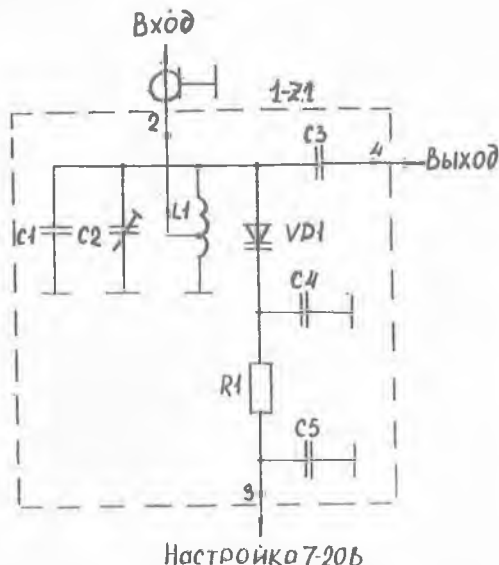


Рис. 4. Принципиальная схема входной цепи

Первый смеситель приемника собран на транзисторе 1—VT3 по схеме с общим эмиттером. Напряжение сигнала поступает на базу 1—VT3 с фильтра 1—Z3, сюда же через разделительный конденсатор 1—C10 поступает напряжение первого гетеродина от синтезатора частоты. В результате преобразования частоты в коллекторной нагрузке смесителя, представляющей собой 3-звенный ФСС (рис. 6), настроенный на $f_{np1} = 15,005 \dots 15,080$ МГц, выделяется напряжение разностной первой промежуточной частоты. Режим смесителя по постоянному току задается базовым делителем 1—R9, 1—R10 и резисторами в цепи эмиттера 1—R13, 1—R14. Эмиттерный делитель стабилизирует эмиттерный ток, равный примерно току гетеродина, что необходимо для обес-

печения глубокой модуляции крутизны преобразования. Для повышения устойчивости работы каскада и подавления помех по первой промежуточной частоте, эмиттер — база 1 — VT3 зашунтированы последовательным контуром 1 — L6, 1 — C11, настроенным на частоту 15 МГц. Напряжение первой промежуточной частоты с ФСС 1 — Z4 через резистор 1 — R15 поступает на второй смеситель приемника.

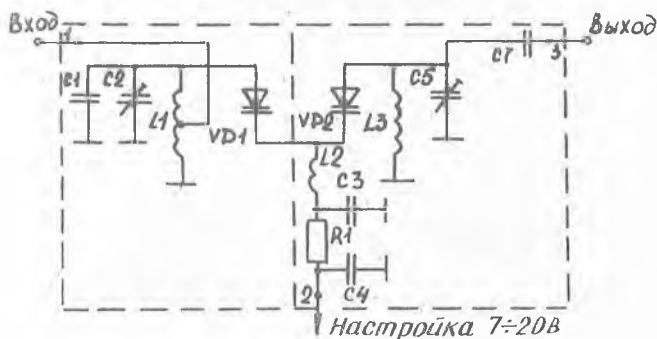


Рис. 5. Принципиальная схема избирательной нагрузки УРЧ

Второй смеситель приемника собран на транзисторе 1 — VT4 и диоде 1 — VD2. Роль смесителя выполняет диод 1 — VD2, включенный в эмиттерную цепь транзистора. Транзистор является эмиттерным повторителем для первой промежуточной частоты и частоты второго гетеродина, а также усилителем второй промежуточной частоты. Эмиттерный повторитель позволяет согласовать низкое входное сопротивление диодного смесителя с высоким выходным сопротивлением ФСС 1 — Z4 и входной цепью второго гетеродина.

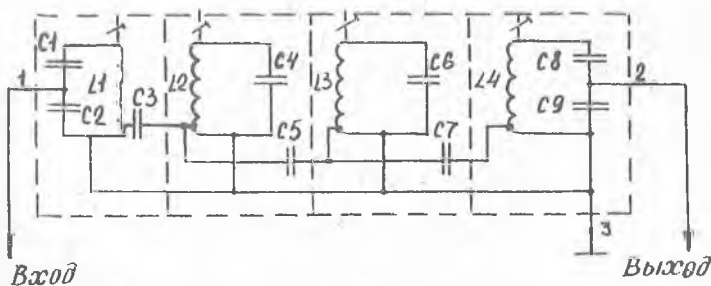


Рис. 6. Принципиальная схема ФСС первой промежуточной частоты

В результате взаимодействия частот через диод протекают комбинационные токи. Поскольку диод включен по переменному току последовательно с эмиттером 1 — VT4, ток второй промежуточной

частоты, протекающий через диод, является общим для диода и эмиттерного перехода транзистора. Таким образом, напряжение второй промежуточной частоты усиливается и выделяется на коллекторной нагрузке 1— VT_4 , в качестве которой применен ФСС 1— Z_5 . ФСС (рис. 7) состоит из 12 звеньев и предназначен для обеспечения необходимой избирательности по соседнему каналу. Применение такого фильтра позволяет получить кривую избирательности, близкую к прямоугольной. Режим транзистора и диода определяется резисторами 1— R_{16} ... 1— R_{20} ; конденсаторы 1— C_{18} , 1— C_{19} —блокировочные. С выхода ФСС напряжение второй промежуточной частоты поступает на вход УПЧ-2.

Усилитель второй промежуточной частоты (см. вкладку) представляет собой 3-каскадный резистивный усилитель на транзисторах 2— VT_1 ... 2— VT_3 . Включение транзисторов по схеме с общим эмиттером. Режим транзисторов по постоянному току обеспечивается базовыми делителями, эмиттерными и коллекторными резисторами. Нагрузки первого и третьего каскадов зашунтированы по постоянному току дросселями 2— L_1 , 2— L_4 . Для повышения устойчивости работы второй и третий каскады УПЧ охвачены отрицательной обратной связью по переменному току через конденсаторы 2— C_7 , 2— C_{10} , сопротивление которых на частоте 1,6 МГц составляет около 30 Ом. Питание каскадов по постоянному току осуществляется через ФНЧ LC-типа аналогично схеме УРЧ. Напряжение второй промежуточной частоты с нагрузки 2— R_{14} третьего каскада УПЧ через конденсатор 2— C_{11} поступает на детектор сигнала, через конденсатор 2— C_{19} на детектор схемы автоматической регулировки усиления и через согласующий резистор 2— R_{31} и конденсатор 2— C_{20} на детектор сигнала подавителя шума.

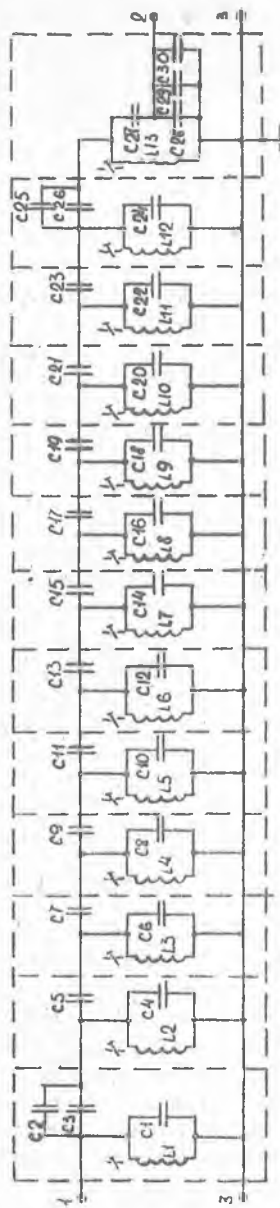
Детектор сигнала (см. вкладку) собран на диоде 2— VD_2 по последовательной схеме детектирования. Нагрузкой детектора является резистор 2— R_{16} . Рабочая точка характеристики детектора определяется напряжением, снимаемым с делителя 2— R_{15} , 2— R_{17} . Во избежание шунтирования выхода УПЧ цепью смещения детектора, а также для создания замкнутой цепи по постоянной составляющей продетектированного сигнала включен дроссель 2— L_5 . Конденсатор 2— C_{12} —блокировочный. Огибающая сигнала выделяется на нагрузке детектора и через ФНЧ 2— C_{13} , 2— R_{18} , 2— C_{15} поступает на вход эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе 2— VT_4 . Эмиттерный повторитель согласует высокоомную нагрузку детектора с низкоомным входом УНЧ. Режим повторителя обеспечивается резисторами 2— R_{15} , 2— R_{17} , 2— R_{19} . Сигнал с выхода повторителя через диодный ключ подавителя шума 2— VD_3 и разделительный конденсатор 2— C_{14} подается на вход УНЧ приемника.

Автоматическая регулировка усиления (см. вкладку) в приемнике построена по усиленно-задержанной схеме, содержащей детектор на диоде 2 — V_{D5} и 2-каскадный усилитель постоянного тока (УПТ) на транзисторах 2 — V_{T6} , 2 — V_{T7} . АРУ охвачены оба каскада УРЧ и первый каскад УПЧ. Детектор АРУ последовательного типа с нагрузкой 2 — R_{30} , 2 — C_{18} . Продетектированное напряжение поступает на базу первого каскада УПТ (2 — V_{T7}), нагрузкой которого являются резисторы 2 — R_{28} , 2 — R_{29} . С этой нагрузки напряжение поступает на базу второго каскада УПТ (2 — V_{T6}), режим которого определяется резисторами 2 — R_{28} , 2 — R_{29} , эмиттерным резистором 2 — R_{26} и коллекторной нагрузкой, составленной из резистора 2 — R_{22} и параллельно включенных базовых делителей регулируемых каскадов и резистора 1 — R_{11} . При малой величине сигнала на входе приемника, а следовательно и на входе детектора АРУ, транзистор 2 — V_{T7} закрыт отрицательным напряжением на резисторе 2 — R_{28} , образованным базовым током 2 — V_{T6} . Это напряжение определяет задержку схемы АРУ.

С приходом на детектор АРУ сигнала, при котором напряжение на резисторе 2 — R_{30} превышает напряжение задержки, потенциал базы 2 — V_{T7} становится положительным, 2 — V_{T7} открывается, потенциал базы 2 — V_{T6} повышается, что вызывает уменьшение его базового и коллекторного токов, при этом уменьшается напряжение на коллекторной нагрузке 2 — V_{T6} , являющееся напряжением регулировки управляемых каскадов. Уменьшение регулирующего напряжения на базах 1 — V_{T1} , 1 — V_{T2} , 2 — V_{T1} увеличивает коллекторный ток каскадов, при этом уменьшается напряжение коллектор — эмиттер транзисторов, падает их выходное сопротивление, что в конечном итоге приводит к падению усиления каскадов. Таким образом, при увеличении сигнала на входе приемника коэффициент усиления приемника уменьшается, а напряжение на выходе изменяется мало.

Перегрузка каскада 2 — V_{T1} при глубокой регулировке, когда сигнал, приходящий на каскад, соизмерим с напряжением коллектор — эмиттер этого каскада, претворяется ограничением регулировки с помощью диода 2 — V_{D1} и резистора 2 — R_3 . На катод диода подано напряжение порядка 14 — 15 В, являющееся порогом регулировки. При малом сигнале на входе приемника напряжение регулировки порядка 17 — 18 В. Диод 2 — V_{D1} открыт, и потенциал базы определяется напряжением АРУ. При больших сигналах напряжение АРУ уменьшается, диод закрывается, регулировка ограничивается.

Подавитель шума (см. вкладку) состоит из фильтра верхних частот LC-типа 2 — Z_1 , усилителя шума 2 — V_{T8} , детектора шума 2 — V_{T9} , детектора сигнала 2 — V_{T10} , триггеров 2 — V_{T11} ,



Р и с. 7. Принципиальная схема ФСС второй промежуточной частоты

2 — VT12. Детектор сигнала транзисторный, эмиттерный, его нагрузкой служат резисторы 2 — R46, 2 — R47. На вход фильтра 2 — Z1 подается сумма напряжений шума и звуковой частоты. Фильтр подавляет составляющие звуковой частоты и напряжение шумов в спектре от 12 до 30 кГц, поступает на усилитель шума 2 — VT8, представляющий собой аperiодический усилитель с нагрузкой 2 — R35.

Детектор шума — транзисторный, коллекторный, с нагрузкой 2 — R45, 2 — R46. Таким образом, резисторы 2 — R45... 2 — R47 являются нагрузкой для детектора сигнала и детектора шума. Детектирование сигнала вызывает появление эмиттерного тока 2 — VT10, что повышает потенциал на входе триггера (база 2 — VT11). Детектирование шума вызывает появление коллекторного тока 2 — VT9, что понижает потенциал базы 2 — VT11.

При отсутствии сигнала или слабом сигнале ток 2 — VT9 преобладает над током 2 — VT10, потенциал базы 2 — VT11 низок, триггер устанавливается в положения: 2 — VT11 — закрыт, 2 — VT12 — открыт. Напряжение на коллекторе 2 — VT12 и на аноде 2 — VD3 меньше, чем на катоде; диод 2 — VD3 закрывается, его сопротивление велико. Тем самым обеспечивается отключение по переменному току эмиттерного повторителя 2 — VT4 от УИЧ. При появлении сигнала достаточного уровня ток 2 — VT10 увеличивается и превышает ток детектора шума 2 — VT9, потенциал базы 2 — VT11 повышается, триггер опрокидывается: 2 — VT11 — открыт, 2 — VT12 — закрыт. На анод диода 2 — VD3 поступает напряжение + 20 В, диод открывается, его сопротивление падает. Напряжение звуковой частоты с эмиттерного повторителя падает на УИЧ. Во избежание импульсных помех («щелчков»), возникающих при переходе триггера из одного положения в другое, коллектор 2 — VT12 заблокирован конденсатором 2 — С28.

Пороговый подавитель шума на транзисторе 2 — VT5 служит для обеспечения работы приемника в системе связи со смещенными несущими частотами на величину $\pm 7,5$ кГц и ± 15 кГц. Входным напряжением 2 — VT5 служит напряжение АРУ. При слабых сигналах на входе приемника напряжение АРУ велико и 2 — VT5 закрыт. При уровне сигнала, превышающего срабатывание АРУ, напряжение АРУ уменьшается, транзистор 2 — VT5 открывается. Напряжение с делителя 2 — R24, 2 — R25 поступает на анод диода 2 — VD3 и открывает приемник.

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ И ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИБОРОВ

Лабораторная установка представляет собой один комплект радиостанции «Ландыш-5» с источником питания, работающим от сети 220 В 50 Гц. На передней панели установки размещены:

пульт дистанционного управления радиостанцией, содержащей две ручки установки частоты приема, связанные с цифровыми указателем (числа до точки означают частоту приема в МГц, после точки — тысячные доли МГц), ручка регулировки громкости, тумблер включения подавителя шума «ПШ»;

тумблер «Сеть» для включения источника питания;

гнезда высокочастотных разъемов контрольных точек (см. вкладку): X2 «УРЧ», X3 «ПЦ», X4 «ПЧII», X5 «УПЧII»;

клеммы контрольных точек: X6, X7 «АРУ», X8, X9 «НЧ».

На левой боковой стенке установки размещено высокочастотное гнездо антенного ввода приемника X1 «Антенна».

Для исследования характеристик приемного тракта радиостанции используется прибор X1—48, позволяющий получить на экране встроенного электронно-лучевого индикатора амплитудно-частотную характеристику (АХЧ) исследуемого узла приемника.

Принцип исследования АХЧ с помощью прибора X1-48 основан на том, что на вход исследуемого узла подается напряжение с генератора со стабильной амплитудой и периодически изменяющейся частотой. Огибающая высокочастотная сигнала, полученная с помощью детекторной головки прибора, подключенной к выходу узла, воспроизводится на экране индикатора в виде АХЧ исследуемого узла. Синхронность перестройки частоты генератора и развертки индикатора достигается тем, что развертка луча по горизонтали осуществляется с помощью пилообразного напряжения, которое одновременно используется в качестве модулирующего напряжения генератора.

Для анализа частотных параметров АХЧ используются частотные отметки, выводимые на индикатор в виде вертикальных отметок.

Для исследования АХЧ какого-либо узла приемника необходимо выход X1-48 соединить со входом исследуемого узла, детекторную головку — с выходом узла. Например, при исследовании АХЧ преселектора необходимо выход X1-48 соединить с антенным входом приемника (гнездо X1), а детекторную головку — с выходом усилителя радиочастоты (гнездо X2 «УРЧ»).

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРИБОРА X1-48

1. Диапазон рабочих частот 0,1 ... 150 МГц перекрывается тремя поддиапазонами: I—0,1 ... 1,5 МГц; II—1 ... 15 МГц; III—10 ... 150 МГц.

2. Величина выходного напряжения прибора при работе на согласованную нагрузку 50 Ом не менее 0,5 В. Пределы регулировки выходного напряжения с помощью аттенюатора от 0 до минус 70 дБ ступенями через 10 и 1 дБ.

3. Шаг частотных меток по диапазонам:

I — 0,01; 0,1; 1,0 МГц;

II и III — 0,1; 1,0; 10,0 МГц.

Чувствительность по каналу вертикального отклонения не менее 3 мм/мВ (с низкоомной детекторной головкой).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ ПРИЕМНОГО ТРАКТА РАДИОСТАНЦИИ В РЕЖИМЕ СЛАБОГО СИГНАЛА

Задача исследования. Измерить резонансные характеристики преселектора;

тракта I промежуточной частоты;

тракта II промежуточной частоты;

всего высокочастотного тракта.

Определить параметры измеренных характеристик: полосу пропускания, коэффициент прямоугольности по уровню минус 20 дБ, избирательность по зеркальным каналам (I и II), избирательность по соседнему каналу.

Определить влияние на измеренные характеристики и параметры частоты настройки приемника по всем диапазонам частот приемника.

Проведение исследования. Проанализировать возможности контрольно-измерительной аппаратуры, представленной для проведения работы. Составить план исследования, включающий:

последовательность измерений и необходимых расчетов;

выбор пределов измерений, диапазонов и амплитуд выходных сигналов приборов;

структурную схему соединений макетов и приборов.

После утверждения плана исследований преподавателю включить лабораторную установку, для чего перевести тумблер «Сеть» в положение «Вкл».

Провести измерения резонансных характеристик, перенося по точкам значения частоты и амплитуды характеристик с экрана ЭЛТ Х1-48 в рабочую тетрадь; оформить результаты в виде таблиц и соответствующих графиков. Проследить влияние частоты, настройки приемника, изменяя частоту настройки с помощью ручек на панели ПДУ (провести измерения, по крайней мере, в трех точках диапазона — нижней, верхней и средней).

Формулирование выводов. Сопоставить полученные результаты с техническими данными на приемник, объяснить расхождения, дать оценку результатов.

Исследование частотно-селективных свойств приемного тракта радиостанции в режиме большого сигнала.

Задача исследования. Измерить восприимчивость приемника и его узлов к действию помех по неосновным каналам приема (НКП). Определить относительную величину коэффициентов передачи по НКП по отношению к основному каналу приема в зависимости от амплитуды входного сигнала.

Проведение исследования. Составить план исследования и выполнить измерения аналогично предыдущему разделу.

Формулирование выводов. Объяснить появление дополнительных каналов приема. Сопоставить полученные данные с теорией. Показать пути совершенствования схемы приемника с точки зрения улучшения параметров электромагнитной совместимости. Дать оценку результатов исследований.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.
2. Структурная схема приемного тракта радиостанции.
3. Перечень используемых приборов с указанием их основных данных.
4. Таблицы с результатами измерений.
5. Графики резонансных характеристик, измеренных в ходе исследований.
6. Диаграммы, показывающие относительную величину коэффициентов передачи по НКП и расположение НКП на оси частот.
7. Расчетные формулы.
8. Выводы о полученных результатах и их сопоставление с теорией.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ДОПУСКА К РАБОТЕ

1. В чем заключаются особенности построения бортовых приемников средств связи ЛА?
2. В чем заключается суть принципа многократного преобразования частоты, применяемого при построении связанных приемников?
3. Поясните преимущества двойного преобразования частоты перед однократным.
4. Как производится измерение избирательности приемника по дополнительным каналам приема?

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Изобразите структурную схему приемного тракта радиостанции «Ландыш», объясните назначение и функции основных узлов.

2. Объясните принцип построения синтезатора частоты и способ формирования гетеродинирующих напряжений при перестройке приемника.

3. Объясните назначение элементов в принципиальной схеме приемного тракта радиостанции «Ландыш».

4. Как рассчитываются частоты дополнительных каналов приема при двойном преобразовании частоты?

5. Какие факторы определяют выбор номинальных значений промежуточных частот?

6. Каковы преимущества супергетеродина с «повышением» частоты?

7. Поясните возможные способы перестройки приемника с двойным преобразованием частоты.

8. Какие каскады приемника осуществляют избирательность по соседнему каналу приема; первому зеркальному каналу приема; второму зеркальному каналу приема; другим дополнительным каналам приема?

9. В чем заключается явление перекрестной модуляции, возникающее в приемниках АМ-сигналов?

10. Поясните причины возникновения эффектов интермодуляции и блокирования сигнала.

11. Какими мерами достигается ослабление явлений перекрестной модуляции, интермодуляции, и блокирования сигнала в приемниках АМ-сигналов?

ЛИТЕРАТУРА

Чистяков Н. И., Сидоров В. М. Радиоприемные устройства. — М.: Связь, 1974, с. 329—332, 336—339.

Радиоприемные устройства /Под ред. В. И. Сифорова.—М.: Сов. радио, 1974, с. 240—242.

Пашков В. В. Радиоприемные устройства. — М.: Радио и связь, 1984, с. 78—90, 151—156.

Составитель **Лев Иванович Калакутский**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМНОГО ТРАКТА БОРТОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ АВИАЦИОННОЙ СВЯЗИ

Редактор **Е. Д. Антипова**
Техн. редактор **Н. М. Каленюк**
Корректор **М. И. Логунова**

Подписано в печать 23.04.85 г. Формат 60×84 1/16
Бумага оберточная белая. Литературная гарнитура.
Высокая печать. Усл. п. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,1. Т. 250 экз.
Заказ 372. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.