

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

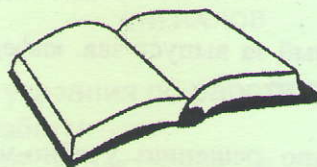
Кафедра систем информационной безопасности

57-2017

ПРИЕМНИКИ АМ И ЧМ СИГНАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 5,6 по дисциплине
«Устройства приема и преобразования сигналов»
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения



Воронеж 2017

Составитель канд. техн. наук Э.Д. Поликарпов

УДК 546 (075.8)
ББК 24Я7

Приемники АМ и ЧМ сигналов: методические указания к лабораторным работам № 5,6 по дисциплине «Устройства приема и преобразования сигналов» для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Э.Д. Поликарпов. Воронеж, 2017. 48 с.

Методические указания содержат домашние задания и указания по их выполнению. В методических указаниях приведены рекомендации по изучению принципиальных схем и освоению методики измерения основных электрических характеристик радиовещательных приемников АМ и ЧМ сигналов.

Предназначены для студентов 4 курса.

Табл. 10. Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. техн. наук, проф. Б.В. Матвеев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.Г. Остапенко

Печатается по решению учебно-методического совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2017

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении работы необходимо:

1. Проверить наличие и надежность присоединения корпусов лабораторной установки и измерительных приборов к клемме «нулевого» провода.
2. Подачу электропитания на лабораторную установку и измерительные приборы производить только после проверки преподавателем правильности собранной схемы.
3. В случае неисправности лабораторной установки или измерительных приборов обратиться к преподавателю. Устранять неисправности или производить какие-либо переключения, не предусмотренные работой, студенту самому не разрешается.
4. При выполнении работы необходимо соблюдать меры предосторожности, указанные в инструкции по правилам техники безопасности в лаборатории радиоприемных устройств.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА АМ СИГНАЛОВ

1. Общие указания по работе

1.1. Цель работы:

- изучение структурной и принципиальной схем радиовещательного приемника амплитудно-модулированных сигналов;
- ознакомление с основными электрическими характеристиками приемника;
- изучение методики и приобретение практических навыков проведения основных электрических испытаний радиоприемника АМ сигналов.

1.2. Лабораторная установка.

Лабораторная установка включает лабораторный стенд и комплект измерительных приборов. Лабораторный стенд выполнен на базе АМ тракта радиовещательного приемника «Рига-103», в котором введено необходимое количество переключателей и отводов для исследования и измерения основных характеристик радиоприемника.

При проведении испытаний используются следующие приборы:

- генератор сигналов высокочастотный (ГВЧ) с АМ;
- генератор сигналов низкочастотный (ГНЧ);
- милливольтметр переменного тока высокочастотный (МВ);
- электронно-лучевой осциллограф (ЭО);
- частотомер электронный (ЧЭ);
- измеритель нелинейных искажений (ИНИ).

При проведении электрических испытаний сигнал от ГВЧ через эквивалент антенны подается на вход приемника – гнездо подключения внешней антенны. Выход приемника может быть нагружен на громкоговоритель или на эквивалент нагрузки. Напряжение на выходе измеряется с помощью милливольтметра переменного тока, форма сигнала контролируется с помощью ЭО и ИНИ. При проведении типовых измерений устанавливается на ГВЧ нормальный коэффициент модуляции $m=0,3$ и нормальная частота модуляции (в режиме внутренней модуляции) $F=1000$ Гц, если она не оговорена особо.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомиться с основными электрическими характеристиками радиовещательного супергетеродинного приемника АМ сигналов и методами их измерения.

2.2. Ознакомиться с основными характеристиками и изучить принципиальную схему АМ тракта приемника «Рига-103» и правила его эксплуатации (переключение поддиапазонов, установка и регулировка режимов).

2.3. Измерить основные характеристики исследуемого приемника:

- а) определить диапазон принимаемых частот;
- б) определить реальную чувствительность приемника;
- в) определить односигнальную избирательность приемника по соседнему, зеркальному и прямому каналам, полосу пропускания;
- г) снять амплитудную характеристику приемника и определить глубину действия АРУ;
- д) снять частотную характеристику всего тракта усиления приемника (кривую верности) по напряжению;
- е) измерить коэффициент нелинейных искажений приемника.

3. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

3.1. Изучить принципиальную электрическую схему радиовещательного приемника АМ сигналов, используя краткое описание приемника «Рига-103» (см. Приложение).

При изучении принципиальной схемы приемника следует определить принадлежность отдельных элементов схемы определенному функциональному узлу структурной схемы (входная цепь, УРЧ, преобразователь частоты, УПЧ, детектор, УЗЧ, АРУ и др.). В схеме каждого функционального узла необходимо проследить цепь прохождения сигнала, цепи подачи питания и смещения, определить вид включения усилительного прибора, вид нагрузки каскада и т. д.

В тех узлах приемника, где осуществляется коммутация при смене диапазона частот (входные цепи, УРЧ, гетеродин), следует определить элементы, являющиеся общими для нескольких поддиапазонов, и переключаемые элементы. В колебательных контурах каждого диапазона необходимо определить элементы связи, настройки, подстройки, растягивающие конденсаторы и конденсаторы сопряжения настроек контуров гетеродина и преселектора.

При этом рекомендуется также восстановить в памяти сведения о назначении, принципе действия и основных характеристиках тех каскадов радиоприемника «Рига-103», которые были исследованы при выполнении лабораторных работ № 1...4 (входные цепи, УРЧ, преобразователь частоты, УПЧ, амплитудный детектор), и подготовить ответы на следующие вопросы:

– каковы особенности построения комбинированного ВЧ тракта приемника «Рига-103», обеспечивающего прием сравнительно узкополосных АМ сигналов в диапазонах КВ, СВ, ДВ (КСДВ) и широкополосных ЧМ сигналов в диапазоне УКВ, а именно: какие каскады приемника используются как при приеме АМС, так и при приеме ЧМС, чем отличаются их функции в этих случаях; что и как переключается при переходе с приема АМС на прием ЧМС; какие фильтры используются в УПЧ при приеме АМС и какие – при приеме ЧМС, как они переключаются;

– какие части схемы приемника «Рига-103» образуют преселектор, преобразователь частоты, УПЧ, детектор, систему АРУ, усилитель звуковой частоты при приеме АМС;

– где и как образуются побочные каналы приема; какими средствами в приемнике обеспечивается ослабление побочных каналов приема;

– какие цепи преселектора обеспечивают подавление прямого канала; какие меры приняты в преселекторе для дополнительного подавления прямого канала;

– из чего состоит преселектор на СВ (ДВ) и на КВ (КВ1, КВ2, КВ3); в чем различие преселекторов на СВ (ДВ) и на КВ; чем вызвана необходимость такого построения преселектора на СВ (ДВ) и на КВ;

– какие фильтры в составе УПЧ обеспечивают формирование АЧХ при приеме АМС;

– с какой целью и каким образом осуществляется переключение полосы пропускания приемника; какой вид имеет АЧХ УПЧ и кривая верности приемника в режимах узкой и широкой полос пропускания;

– элементы схемы и принцип действия системы АРУ приемника «Рига-103», назначение элементов.

3.2. Привести качественное и (или) количественное определение основных электрических показателей приемника:

- чувствительности, ограниченной усилением и ограниченной шумами;
- реальной чувствительности;
- односигнальной избирательности по соседнему, зеркальному и прямому каналам;
- амплитудной характеристики;
- кривой верности воспроизводимых сигналов;
- коэффициента нелинейных искажений;
- глубины действия АРУ.

4. Лабораторные задания и методические указания по их выполнению

4.1. Подготовить лабораторную установку к работе:

- включить приемник, ГВЧ, частотомер и милливольтметр;
- подключить кабель выхода «мкВ» ГВЧ через эквивалент антенны ко входу приемника;
- подключить частотомер ко второму выходу ГВЧ;
- переключатель на выходе приемника поставить в положение «эквивалент нагрузки»;
- подключить милливольтметр к выходу приемника (к эквиваленту нагрузки);
- ручку регулятора громкости установить в положение максимальной громкости;
- переключатель «полоса» установить в положение, соответствующее узкой полосе пропускания (клавиша ПОЛОСА/BAND отжата);
- ручки регуляторов тембра установить в нормальное (среднее) положение.

4.2. Определить диапазон принимаемых частот и проверить точность градуировки шкалы приемника для двух поддиапазонов.

Диапазон принимаемых частот измеряют при установке указателя частоты настройки приемника в крайние положения. В этих положениях с помощью ГВЧ определяют точные значения частот настройки приемника. В исследуемом приемнике определяют крайние частоты длинноволнового (ДВ/LW) диапазона (или средневолнового – СВ/MW – по указанию преподавателя).

Погрешность градуировки шкалы настройки приемника определяют путем сравнения значений частоты, отсчитанных по шкале настройки, и действительных, измеренных с помощью ГВЧ.

Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц; коэффициент модуляции $m=0,3$.

Порядок измерений.

Указатель частоты настройки поочередно устанавливают в крайние положения диапазона частот. Крайними положениями диапазона частот следует считать крайние деления шкалы настройки приемника.

В выбранных точках шкалы определяют с помощью ГВЧ действительное значение частоты настройки приемника и погрешность настройки приемника по его шкале. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

– Включить требуемый диапазон и установить нужную частоту настройки приемника.

– Установить переключатель диапазонов ГВЧ в положение, соответствующее диапазону настройки приемника.

– Установить на выходе нормальное выходное напряжение $U_{\text{вых.норм.}}$, соответствующее стандартной выходной мощности (для данного приемника $P_{\text{станд.}}=50$ мВт), сопротивление звуковых катушек динамического громкоговорителя составляет 8 Ом.

– Изменяя частоту ГВЧ, определить действительную частоту настройки по максимуму напряжения на выходе приемника (проверить по максимуму громкости звучания).

установив кратковременно переключатель на выходе приемника в положение «громкоговоритель»).

– Повторить эти измерения во всех заданных точках шкалы приемника.

Отсчеты частоты по шкале приемника и фактические значения частоты настройки по шкале генератора (по показаниям частотомера) занести в соответствующие графы табл. 5.1.

Результаты измерений границ поддиапазонов сопоставить с паспортными данными приемника (см. Приложение).

Таблица 5.1

Диапазон	Испытуемая частота (по шкале приемника)	Фактическая частота настройки (по шкале ГВЧ)	Погрешности	
			абсолютная	относительная
ДВ (СВ)	$f_{0 \text{ мин}} =$			
	$f_{0 \text{ макс}} =$			
КВЗ	$f_{0 \text{ мин}} =$			
	$f_{0 \text{ макс}} =$			

4.3. Определить реальную чувствительность приемника при работе от внешней антенны.

Чувствительность характеризует способность приемника принимать слабые сигналы и воспроизводить их с заданной силой и приемлемым качеством. Чувствительность зависит прежде всего от уровня собственных шумов, полосы пропускания и эффективности антенны. Для приемников с низкой чувствительностью она ограничена усилением.

Реальная чувствительность приемника – минимальный уровень сигнала на входе приемника, при котором обеспечивается нормальный уровень сигнала на его выходе и отношение сигнал/шум не менее требуемого (20 дБ при приеме АМС).

Произвести измерение чувствительности в средней точке поддиапазона ДВ (или СВ) и в средней точке поддиапазона КВЗ. Перед каждым измерением убедиться в отсутствии помех на частоте настройки приемника от работающих радиостанций или других источников помех (проконтролировать по показаниям милливольтметра, подключенного к эквиваленту нагрузки, или на слух).

Порядок измерений.

– На вход приемника через эквивалент антенны подать напряжение от ГВЧ, модулированное по амплитуде. Установить напряжение на выходе ГВЧ (на входе эквивалента антенны) $U_{вх}=50...100$ мкВ, частоту модуляции $F=1000$ Гц, коэффициент модуляции $m=0,3$.

– К выходу приемника (к эквиваленту нагрузки) подключить милливольтметр. Установить переключатель ширины полосы пропускания приемника в положение «узкая полоса».

– Настроить ГВЧ на частоту приемника, добиваясь максимального напряжения на выходе (на эквиваленте нагрузки) и контролируя настройку, при необходимости, на слух путем кратковременного подключения громкоговорителя.

– Изменяя напряжение ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{вых_норм}$, соответствующее стандартной выходной мощности.

Полученное значение $U_{вх}$, отсчитанное по шкале аттенюатора ГВЧ, соответствует чувствительности приемника, ограниченной усилением.

– Выключить модуляцию ГВЧ и измерить уровень собственных шумов $U_{ш}$ на выходе приемника при воздействии на входе немодулированной несущей сигнала. Определить отношение сигнал / шум на выходе

$$h = U_c / U_{\text{ш}} = U_{\text{ввых_норм}} / U_{\text{ш}}$$

Примечание. Необходимо отметить, что при таком способе измерения выходного напряжения на самом деле милливольтметр измеряет суммарное напряжение сигнала и шума

$$U_{\text{ввых}} = U_c + U_{\text{ш}}$$

поэтому значение $U_{\text{ввых}}$ и отношение сигнал/шум определяются с погрешностью, которой можно пренебречь при $U_c \gg U_{\text{ш}}$.

— Для определения реальной чувствительности необходимо, изменяя напряжение на входе приемника (на выходе ГВЧ), установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ввых_норм}}$ и отношение сигнал/шум h не менее 20 дБ ($h=10$), соответственно при выключенной модуляции напряжение шума на выходе приемника должно быть не более $U_{\text{ввых_норм}} / h = U_{\text{ввых_норм}} / 10$. Если напряжение шума больше указанного значения, его уменьшают при помощи регулятора громкости приемника. Далее снова включают модуляцию и, увеличивая напряжение на входе приемника, снова устанавливают на его выходе нормальное напряжение $U_{\text{ввых_норм}}$. Выключают модуляцию и указанные операции повторяют до получения отношения сигнал/шум $h = U_{\text{ввых_норм}} / U_{\text{ш}} = 10$, при этом напряжение на выходе генератора соответствует реальной чувствительности приемника (с некоторой погрешностью, о чем сказано выше).

Необходимость выполнения такой последовательности операций вызвана тем, что при изменении уровня несущей на входе амплитудного детектора изменяется его коэффициент передачи для шума. При отсутствии сигнала на входе детектора уровень шума на выходе приемника минимален.

4.4. Определить реальную чувствительность приемника в диапазоне ДВ (СВ) при работе от внутренней магнитной антенны.

Реальная чувствительность приемника с магнитной антенной соответствует напряженности поля сигнала в месте приема, обеспечивающей нормальный уровень сигнала на его выходе и отношение сигнал/шум не менее требуемого (20 дБ при приеме АМС). ЭДС, наводимая в антенне, пропорциональна действующей высоте антенны. Действующая высота магнитной антенны мала (обычно доли сантиметра), но это не приводит к сильному ухудшению чувствительности вследствие того, что такая антенна непосредственно включается в контур входной цепи.

При измерении чувствительности приемника с магнитной (ферритовой) антенной напряжение на входе приемника создается с помощью генератора стандартного поля, представляющего собой рамочную антенну определенных размеров, питаемую от ГВЧ. Рамочную антенну располагают на расстоянии 1 м от приемника, причем ось магнитной антенны приемника должна быть перпендикулярна плоскости рамки и проходить через ее геометрический центр. При этих условиях значение напряжения в микровольтах, отсчитанное по шкале аттенюатора ГВЧ, соответствует величине напряженности поля в мкВ/м в месте расположения магнитной антенны приемника.

Порядок измерений.

– Подключить рамочную антенну к выходу ГВЧ, расположить антенну на расстоянии 1 м от приемника.

– Включить магнитную антенну приемника (нажать переключатель МА/Ф.АНТ). Включить диапазон ДВ (или СВ), приемник настроить на ту же частоту, что и в пункте 4.3.

– Установить напряжение на выходе ГВЧ $U_{\text{вых}}=1$ мВ, частоту модуляции $F=1000$ Гц, коэффициент модуляции $m=0,3$.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника, добиваясь максимального напряжения на выходе (на эквиваленте-

нагрузки), контролируя настройку, при необходимости, на слух путем кратковременного подключения громкоговорителя.

– Измерить реальную чувствительность приемника по методике, изложенной в пункте 4.3. В данном случае (то есть при той же частоте настройки, что и в п. 4.3, и если не изменялось положение регулятора громкости приемника, установленного в п. 4.3) достаточно, изменяя напряжение ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых_норм}}$. Реальная чувствительность приемника в мкВ/м равна значению напряжения на выходе ГВЧ в мкВ.

– Выключить магнитную антенну.

4.5. Определить односигнальную избирательность приемника по зеркальному каналу.

Избирательность (селективность) радиоприемника – это параметр или совокупность параметров, характеризующих способность радиоприемника ослаблять мешающее действие сигналов с частотой, отличной от частоты принимаемого сигнала. В лабораторной работе измеряется односигнальная избирательность приемника, которая обеспечивается линейными цепями (фильтрами преселектора и УПЧ).

Избирательность по зеркальному каналу обеспечивается преселектором приемника и измеряется на самой высшей частоте поддиапазона, где она имеет наихудшее (наименьшее) значение. Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц; коэффициент модуляции $m=0,3$; переключатель ширины полосы пропускания приемника – в положении «узкая полоса».

Порядок измерений.

– На вход приемника (на гнездо подключения внешней антенны) через эквивалент антенны подать напряжение ГВЧ 50...100 мкВ, модулированное по амплитуде.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3). Значения частоты ГВЧ и напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) записать в таблицу 2.

– Настроить ГВЧ на частоту зеркального канала $f_{\text{ЗК}}=f_0+2f_{\text{ПР}}$. Увеличить напряжение сигнала на входе приемника (на выходе ГВЧ) на 50...60 дБ и по показаниям милливольтметра (или на слух) подстроить ГВЧ на частоту зеркального канала приемника. Если при определении зеркального канала сигнал не обнаруживается, то аттенуатором ГВЧ увеличить напряжение на его выходе вплоть до 1 В.

Внимание! После измерения избирательности и до перестройки ГВЧ или приемника на новое значение частоты уменьшить напряжение на выходе ГВЧ до 10 ... 100 мкВ.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по зеркальному каналу) записать в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Диапазон	Частота входного сигнала (МГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
			измеренная	паспортная
ДВ (СВ)	$f_0=$	$U_{Г1}=$	$Se_{\text{ЗК}}=$	$Se_{\text{ЗК}}=$
	$f_{\text{ЗК}}=$	$U_{Г2}=$		
КВЗ	$f_0=$	$U_{Г1}=$	$Se_{\text{ЗК}}=$	$Se_{\text{ЗК}}=$
	$f_{\text{ЗК}}=$	$U_{Г2}=$		

Отношение напряжения U_{12} ГВЧ при настройке на зеркальный канал к напряжению $U_{Г1}$ при точной настройке, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по зеркальному каналу.

4.6. Определить односигнальную избирательность приемника по прямому каналу.

Измерение избирательности приемника по прямому каналу (на промежуточной частоте) на каждом поддиапазоне производится на частоте настройки приемника, наиболее близкой к промежуточной частоте, где она (избирательность) имеет наихудшее (наименьшее) значение. Условия измерения: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц; коэффициент модуляции $m=0,3$; переключатель ширины полосы пропускания приемника – в положении «узкая полоса».

Порядок измерений.

– На вход приемника через эквивалент антенны подать от ГВЧ напряжение 50...100 мкВ, модулированное по амплитуде. Приемник настроить на соответствующую частоту (на максимальную в поддиапазоне ДВ, на минимальную в поддиапазоне СВ), убедиться в отсутствии помех.

– Настроить ГВЧ на частоту настройки приемника.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение сигнала $U_{\text{вых норм}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3). Значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) записать в таблицу 3.

– Настроить ГВЧ на частоту прямого канала $f_{\text{ПК}}=f_{\text{ПР}}$. Увеличить напряжение сигнала на входе приемника (на выходе ГВЧ) на 30...40дБ и по показаниям милливольтметра (или на слух) подстроить ГВЧ на частоту прямого канала приемника. Если при определении прямого канала сигнал не обнаруживается, то аттенуатором ГВЧ увеличивают напряжение на его выходе вплоть до 1 В.

Внимание! После измерения избирательности и до перестройки ГВЧ или приемника на новое значение частоты уменьшить напряжение на выходе ГВЧ до 10 ... 100 мкВ.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых,норм}}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по прямому каналу) записать в табл. 5.3.

Отношение напряжения $U_{Г2}$ при настройке ГВЧ на прямой канал к напряжению $U_{Г1}$ при настройке ГВЧ на частоту основного канала, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по прямому каналу.

Таблица 5.3

Диапазон	Частота входного сигнала (МГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
			измеренная	паспортная
ДВ	$f_0 =$	$U_{Г1} =$	$Se_{ПК} =$	$Se_{ПК} \geq Se_{ЗК} =$
	$f_{ПК} =$	$U_{Г2} =$		
СВ	$f_0 =$	$U_{Г1} =$	$Se_{ПК} =$	$Se_{ПК} \geq Se_{ЗК} =$
	$f_{П} =$	$U_{Г2} =$		

4.7. Определить односигмальную избирательность приемника по соседнему каналу.

Определение избирательности по соседнему каналу производится на средней частоте поддиапазона ДВ (или СВ) при расстройках $\Delta f_{СК} = \pm 10$ кГц. По новому стандарту в диапазонах ДВ и СВ несущие частоты радиовещательных станций распределены с шагом $\Delta f_{СК} = 9$ кГц, однако здесь указано ранее принятое значение расстройки соседних каналов (± 10 кГц), соответствующее паспортным данным радиоприемника "Рига-103".

Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000\text{Гц}$, коэффициент модуляции $m=0,3$.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту диапазона, убедиться в отсутствии помех. Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «узкая полоса».

– На вход приемника (на гнездо подключения внешней антенны) через эквивалент антенны подать напряжение ГВЧ $50\dots 100\text{мкВ}$, модулированное по амплитуде.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых_норм}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3). Значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) записать в таблицу 5.4. Измерить частотомером частоту ГВЧ и записать в таблицу 5.4.

– Настроить ГВЧ на частоту соседнего канала $f_{СК1}=f_0 + \Delta f_{СК}$. Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых_норм}}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по соседнему каналу) записать в табл. 5.4.

Настроить ГВЧ на частоту второго соседнего канала $f_{СК2} = f_0 - \Delta f_{СК}$ и повторить измерения.

Таблица 5.4

Диапазон	Частота (кГц) и уровень (мкВ) входного сигнала	Частота входного сигнала (кГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
				измеренная	паспортная
ДВ (СВ)	$f_0=$	$f_{СК1}=f_0+\Delta f_{СК}$	$U_{Г2}=$	$Se_{СК1}=$	$Se_{СК}=$
	$U_{Г1}=$	$f_{СК2}=f_0-\Delta f_{СК}$	$U_{Г2}=$	$Se_{СК2}=$	

Отношение напряжения U_{12} ГВЧ при настройке на соседний канал к напряжению $U_{Г1}$ при точной настройке, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по соседнему каналу.

4.8. Определить полосу пропускания приемника.

Полоса пропускания приемника соответствует ширине спектра принимаемого сигнала.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту диапазона СВ (или ДВ), убедиться в отсутствии помех. Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «узкая полоса».

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3). Зафиксировать значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника).

– Увеличить уровень входного напряжения на 6 дБ (в 2 раза). Расстраивая ГВЧ в обе стороны от частоты резонанса, определить граничные частоты f_H и f_B полосы пропускания, на которых уровень выходного напряжения снова вернется к значению $U_{\text{ВЫХ НОРМ}}$. Полоса пропускания приемника на уровне 6 дБ равна $\Pi_{0,5} = f_B - f_H$.

4.9. Снять амплитудную характеристику приемника и определить глубину действия АРУ.

Прием АМ сигналов сопровождается нелинейными искажениями, вызванными искажениями огибающей в усилительных каскадах (из-за нелинейности амплитудной характеристики) и искажениями сигнала в детекторе (из-за нелинейности начального участка характеристики детектирования). Величина искажений зависит как от амплитуды принимаемого сигнала, так и от глубины модуляции.

В области больших амплитуд сигнала и больших коэффициентов модуляции нелинейность АХ и большой коэффициент искажений определяются перегрузкой каскадов ВЧ и НЧ трактов приемника. В области малых коэффициентов модуляции нелинейность амплитудной характеристики приемника и соответственно большой коэффициент искажений определяется уровнем внутренних шумов приемника, не зависящих от коэффициента модуляции. В области малых амплитуд сказывается нелинейность начального участка характеристики детектирования.

Нелинейные искажения оценивают с помощью амплитудных характеристик двух видов. АХ первого вида представляет собой зависимость выходного напряжения от коэффициента глубины модуляции при постоянной амплитуде входного сигнала. В лабораторной работе необходимо снять АХ второго вида, которая представляет собой зависимость амплитуды выходного напряжения от амплитуды напряжения на входе при постоянном коэффициенте модуляции.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) применяется для защиты приемника от перегрузок и замираний при значительных изменениях амплитуды входного сигнала. Задачей АРУ является обеспечение в таких условиях относительного постоянства выходного напряжения. Действие АРУ характеризуется относительным изменением выходного напряжения $U_{\text{вых_макс}} / U_{\text{вых_норм}}$ приемника при заданном относительном изменении напряжения на его входе $U_{\text{вх_макс}} / U_{\text{вх_мин}}$, где $U_{\text{вх_мин}}$ соответствует чувствительности приемника. Эффективность работы системы АРУ можно оценить по амплитудной характеристике приемника (с включенной АРУ), снятой в заданном диапазоне изменения амплитуды входного сигнала.

Условия измерения: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц; коэффициент модуляции $m=0,3$.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту поддиапазона ДВ или СВ, убедиться в отсутствии внешних помех. Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «узкая полоса».

– На вход приемника (на гнездо подключения внешней антенны) через эквивалент антенны подать напряжение ГВЧ $U_{\text{вх}}=50\dots 100$ мкВ, модулированное по амплитуде.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ и положение регулятора громкости приемника, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых_норм}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3). Зафиксировать значение напряжения U_{Γ} на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника).

– Изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, снять зависимость напряжения на выходе приемника от напряжения на входе. Напряжение U_{Γ} на выходе ГВЧ изменять в пределах от 0 до U_{Γ} (пять значений) и далее ступенями по 20 дБ (относительно U_{Γ}) до такого значения, при котором напряжение на выходе приемника $U_{\text{вых}} = 2$ В. Измеренные значения напряжения на выходе приемника занести в табл. 5.5.

Таблица 5.5

$U_{\text{вх}},$ мкВ								
$U_{\text{вых}},$ мВ								

По результатам измерений построить амплитудную характеристику приемника с АРУ $U_{\text{вых}}=\varphi(U_{\Gamma})$ в полулогарифмическом масштабе. По амплитудной характеристике определить глубину регулирования системы АРУ при изменении напряжения на входе на 40 дБ относительно U_{Γ} .

4.10. Снять частотную характеристику всего тракта усиления приемника по напряжению (кривую верности).

Кривая верности является основным параметром, определяющим уровень линейных искажений современного высококачественного приемника. Кривая верности, то есть «сквозная» АЧХ всего тракта усиления приемника, получается как произведение АЧХ всех каскадов приемника от антенны до выхода: ВЦ, УРЧ, ПЧ, УПЧ, АД, УЗЧ. Измерение кривой верности производится на минимальной рабочей частоте приемника, на которой его полоса пропускания наиболее узкая.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на нижнюю частоту диапазона ДВ (или СВ), убедиться в отсутствии помех. Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «узкая полоса».

– На вход приемника (на гнездо подключения внешней антенны) через эквивалент антенны подать напряжение ГВЧ 50...100 мкВ, частота модуляции $F=1000$ Гц, коэффициент модуляции $m=0,3$.

– Настроить ГВЧ точно на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ и положение регулятора громкости приемника, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3).

– Выключить внутреннюю модуляцию ГВЧ и включить внешнюю от ГНЧ. Установить частоту ГНЧ $F=1000$ Гц и подобрать амплитуду выходного напряжения ГНЧ так, чтобы коэффициент модуляции ГВЧ был равен $m=0,3$ (фиксируется по измерителю глубины модуляции ГВЧ). При этом выходное напряжение приемника должно быть равно $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$.

– Снять кривую верности приемника. Для этого, поддерживая коэффициент модуляции постоянным и равным $m=0,3$, изменяют частоту ГНЧ от 50 Гц до 5...6 кГц.

Сначала просматривается вся кривая и замечаются участки, на которых кривая заметным образом изменяется. На этих участках отсчеты должны идти более часто – так, чтобы характер кривой не искажался. На участках, где кривая идет относительно равномерно, отсчеты могут идти редко. Результаты измерений занести в таблицу 5.6.

– Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «широкая полоса» (клавиша ПОЛОСА/BAND нажата).

– Повторить измерение кривой верности приемника для широкой полосы пропускания, результаты измерений занести в табл. 5.6.

По полученным данным рассчитать нормированные значения $K_{уп}(F)$ и $K_{шп}(F)$ выходного напряжения (по отношению к значению выходного напряжения при $F=1000$ Гц) и построить характеристики верности воспроизведения приемника $K_{уп}(F)$ и $K_{шп}(F)$ в полулогарифмическом масштабе (по оси напряжений масштаб линейный).

Таблица 5.6

$F, Гц$									
$U_{вых\ у\т\ь\ мВ}$									
$K_{уп}$									
$U_{вых\ шп\ь\ мВ}$									
$K_{шп}$									

4.11. Измерить коэффициент нелинейных искажений приемника.

Нелинейные искажения принимаемого сигнала возникают из-за искажения огибающей в ВЧ тракте приемника, нелинейных искажений при детектировании и искажений сигнала в усилителе звуковой частоты.

Измерение коэффициента нелинейных искажений проводят на произвольно выбранной частоте диапазона ДВ или СВ при входном напряжении, соответствующем чувствительности приемника.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту диапазона ДВ или СВ. Переключатель ширины полосы пропускания приемника установить в положение «узкая полоса».

– Подключить к выходу приемника измеритель нелинейных искажений и осциллограф.

– На вход приемника (на гнездо подключения внешней антенны) через эквивалент антенны подать напряжение ГВЧ 50...100 мкВ, модулированное по амплитуде, модулирующая частота $F=1000$ Гц, коэффициент модуляции $m=0,3$.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ и положение регулятора громкости приемника, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 20 дБ (см. п. 4.3).

– Отсчитать по шкале ИНИ значение коэффициента нелинейных искажений и оценить степень искажений визуально по осциллографу.

5. Контрольные вопросы

1. Принцип супергетеродинного приема, спектральные и временные диаграммы.

2. Структурная схема супергетеродинного радиоприемника АМС, назначение блоков.

3. Основные качественные показатели радиоприемника АМС.

4. Какие каскады радиоприемника «Рига-103» влияют на его чувствительность при приеме АМС? Какова методика измерения реальной чувствительности приемника?

5. Какие каскады и цепи радиоприемника «Рига-103» обеспечивают избирательность по соседнему, зеркальному и прямому каналам в диапазонах ДВ, СВ, КВ? Какова методика измерения избирательности?

6. Чем объясняется изменение чувствительности и избирательности радиоприемника при его перестройке по диапазону?

7. На какой частоте поддиапазона следует измерять избирательность радиоприемника по прямому каналу?

8. Что такое коэффициент нелинейных искажений радиоприемника и как его измерить?

9. Каковы основные причины появления нелинейных искажений в радиоприемниках при малых амплитудах принимаемого АМ сигнала? При больших амплитудах АМ сигнала?

10. Какие соображения необходимо учитывать при выборе промежуточной частоты радиоприемника?

11. Как выбирают ширину полосы пропускания трактов ВЧ и ПЧ радиоприемника?

12. Каковы причины появления частотных искажений в радиоприемнике «Рига-103»? Что такое полоса воспроизводимых частот и как ее измерить?

13. Почему коэффициент частотных искажений радиоприемника рассчитывают и измеряют на минимальных частотах поддиапазонов, а избирательность по зеркальному каналу – на максимальных?

14. Чем вызвана необходимость сопряжения настроек контуров гетеродина и контуров входной цепи (преселектора)? Какими элементами схемы приемника «Рига-103» достигается сопряжение настроек контуров гетеродина и сигнала в диапазонах СВ и КВ1?

15. Что такое глубина действия АРУ и как измеряется этот параметр?

16. Какие виды регулировок применяются в радиоприемнике «Рига-103» и каково их назначение?

6. Содержание отчета

1. Блок-схема испытаний.
2. Таблицы и графики результатов измерений.
3. Сравнение результатов измерений с паспортными данными приемника.
4. Основные выводы по работе.

Лабораторная работа № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА ЧМ СИГНАЛОВ

1. Общие указания по работе

1.1. Цель работы:

- изучение структурной и принципиальной схем радиовещательного приемника частотно-модулированных сигналов (ЧМС);
- ознакомление с основными электрическими характеристиками приемника;
- изучение методики и приобретение практических навыков проведения основных электрических испытаний радиоприемника ЧМС.

1.2. Лабораторная установка.

Лабораторная установка включает лабораторный стенд и комплект измерительных приборов. Лабораторный стенд выполнен на базе УКВ ЧМ тракта радиовещательного приемника «Рига-103», в котором введено необходимое количество переключателей и отводов для исследования и измерения основных электрических характеристик радиоприемника.

При проведении испытаний используются следующие приборы:

- генератор сигналов высокочастотный (ГВЧ) с ЧМ и АМ;
- милливольтметр переменного тока высокочастотный (МВ);
- вольтметр постоянного тока (ВПТ);
- частотомер электронный (ЧЭ).

Сигнал от ГВЧ через эквивалент антенны подается на вход приемника – на гнездо подключения внешней антенны УКВ диапазона. Выход приемника может быть нагружен на громкоговоритель или на эквивалент нагрузки. Напряжение на выходе приемника измеряется с помощью милливольтметра переменного тока.

При проведении измерений устанавливается на ГВЧ (в режиме ЧМ) частота модуляции $F=1000$ Гц и девиация частоты $\Delta f = 0.3 \Delta f_m = 15$ кГц, где $\Delta f_m = 50$ кГц – максимальная девиация частоты УКВ радиостанций.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомиться с основными электрическими характеристиками радиовещательного супергетеродинного приемника ЧМ сигналов и методами их измерения.

2.2. Ознакомиться с основными характеристиками и изучить принципиальную схему ЧМ тракта приемника «Рига-103».

2.3. Измерить основные электрические характеристики исследуемого приемника в диапазоне УКВ:

- а) определить диапазон принимаемых частот;
- б) определить реальную чувствительность приемника;
- в) измерить полосу пропускания и определить избирательность приемника по соседнему, зеркальному и прямому каналам;
- г) исследовать характеристику ЧД;
- д) определить основные показатели системы АПЧ;
- е) оценить подавление паразитной АМ в приемнике «Рига-103».

3. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

3.1. Изучить принципиальную электрическую схему радиовещательного приемника ЧМ-сигналов, используя краткое описание приемника «Рига-103» (см. Приложение). Обратить внимание на особенности построения комбинированных схем АМ-ЧМ приемников, построение

специфических узлов ЧМ-тракта (УКВ блок, частотный детектор, электронная автоматическая подстройка частоты гетеродина). Подготовить ответы на следующие вопросы (по схеме приемника «Рига-103»):

– каковы особенности построения комбинированного ВЧ тракта радиовещательного приемника, обеспечивающего прием сравнительно узкополосных АМ сигналов в диапазонах КВ, СВ, ДВ (КСДВ) и широкополосных ЧМ сигналов в диапазоне УКВ, а именно: какие каскады приемника используются как при приеме АМС, так и при приеме ЧМС, чем отличаются их функции в этих случаях; что и как переключается при переходе с приема АМС на прием ЧМС; какие фильтры используются в УПЧ при приеме АМС и какие – при приеме ЧМС;

– какие части схемы приемника «Рига-103» образуют преселектор, преобразователь частоты, УПЧ, детектор, систему АПЧ, усилитель звуковой частоты при приеме ЧМС;

– где и как образуются побочные каналы приема (в том числе зеркальный); какими средствами в приемнике обеспечивается ослабление побочных каналов приема;

– из чего состоит преселектор на УКВ; чем вызвана необходимость такого построения преселектора;

– какие фильтры в составе УПЧ обеспечивают формирование АЧХ при приеме ЧМС;

– причины образования паразитной амплитудной модуляции (ПАМ) вне приемника и внутри его и способы подавления ПАМ в приемнике «Рига-103».

3.2. Привести качественное и (или) количественное определение основных электрических показателей приемника:

– реальной чувствительности;

– односигнальной избирательности по зеркальному, соседнему и прямому каналам;

– основных показателей системы АПЧ;

– коэффициента подавления ПАМ.

4. Лабораторные задания и методические указания по их выполнению

4.1. Подготовить лабораторную установку к работе:

- включить приемник, ГВЧ, ВПТ, милливольтметр и частотомер;
- подключить кабель выхода ГВЧ к разъему для подключения внешней УКВ антенны;
- переключатель на выходе приемника поставить в положение «эквивалент нагрузки»;
- подключить милливольтметр к выходу приемника (к эквиваленту нагрузки);
- ручку регулятора громкости установить в положение максимальной громкости;
- ручки регуляторов тембра установить в нормальное (среднее) положение.

4.2. Определить диапазон принимаемых частот и проверить точность градуировки шкалы приемника.

Диапазон принимаемых частот измеряют при установке указателя частоты настройки приемника в крайние положения. В этих положениях с помощью ГВЧ определяют точные значения частот настройки приемника.

Погрешность градуировки шкалы настройки приемника определяют путем сравнения значений частоты, отсчитанных по шкале настройки, и действительных, измеренных с помощью ГВЧ.

Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц; девиация частоты $\Delta f=15$ кГц.

Порядок измерений.

Указатель частоты настройки поочередно устанавливают в крайние положения диапазона УКВ. Крайними положениями диапазона частот следует считать крайние деления шкалы настройки приемника.

В выбранных точках шкалы определяют с помощью ГВЧ и частотомера действительное значение частоты

настройки приемника и погрешность настройки приемника по его шкале. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

- Включить диапазон УКВ и установить нужную частоту настройки приемника.

- Установить на выходе ГВЧ напряжение 15...20 мкВ.

- Установить переключатель диапазонов ГВЧ в положение, соответствующее диапазону настройки приемника; установить частоту модуляции и девиацию частоты ГВЧ.

- Изменяя частоту ГВЧ, определить действительную частоту настройки приемника по максимуму напряжения на выходе приемника (проверить по максимуму громкости звучания, установив кратковременно переключатель на выходе приемника в положение «громкоговоритель»).

- Подключить кабель выхода ГВЧ ко входу частотомера и определить частоту ГВЧ.

- Повторить эти измерения во всех заданных точках шкалы приемника.

Отсчеты частоты по шкале приемника и фактические значения частоты настройки занести в соответствующие графы табл. 6.1.

Таблица 6.1

Диапазон	Испытуемая частота (по шкале приемника)	Фактическая частота настройки	Погрешности	
			абсолютная	относительная
УКВ	$f_{0 \text{ мин}} =$			
	$f_{0 \text{ макс}} =$			

Результаты измерений границ поддиапазонов сопоставить с паспортными данными приемника (см. Прил.).

4.3. Определить реальную чувствительность приемника при работе от внешней антенны.

Измерения проводят на средней частоте диапазона УКВ. Перед каждым измерением убедиться в отсутствии помех на частоте настройки приемника от работающих радиостанций или других источников помех (проконтролировать по показаниям милливольтметра, подключенного к эквиваленту нагрузки, или на слух).

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту поддиапазона.

– На вход приемника подать напряжение от ГВЧ, модулированное по частоте. Установить напряжение на выходе ГВЧ (на входе приемника) $U_{\text{вх}} = 15 \dots 20$ мкВ, частоту модуляции $F = 1000$ Гц, девиацию частоты $\Delta f = 15$ кГц.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника, добиваясь максимального напряжения на выходе (на эквиваленте нагрузки), контролируя настройку, при необходимости, на слух путем кратковременного подключения громкоговорителя.

Изменяя напряжение ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых, норм}}$, соответствующее стандартной выходной мощности (см. п. 4.3 в лабораторной работе № 5).

– Выключить модуляцию ГВЧ и измерить уровень собственных шумов на выходе приемника. Определить отношение сигнал/шум на выходе

$$h = U_c / U_{\text{ш}} = U_{\text{вых, норм}} / U_{\text{ш}}$$

Примечание. При таком способе измерения выходного напряжения на самом деле милливольтметр измеряет суммарное напряжение сигнала и шума

$$U_{\text{вых}} = U_c + U_{\text{ш}}$$

поэтому значение $U_{\text{вых}}$ и отношение сигнал/шум определяются с погрешностью, которой можно пренебречь при $U_c \gg U_{\text{ш}}$.

- Для определения реальной чувствительности необходимо установить такое напряжение на входе приемника (на выходе ГВЧ), при котором напряжение на выходе приемника равно $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ и отношение сигнал/шум h не менее 26 дБ ($h=20$), соответственно при выключенной модуляции напряжение шума на выходе приемника должно быть не более $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}/h = U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}/20$. Если напряжение шума больше указанного значения, его уменьшают при помощи регулятора громкости приемника. Далее снова включают модуляцию и, увеличивая напряжение на входе приемника, снова устанавливают на его выходе нормальное напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$. Выключают модуляцию и указанные операции повторяют до получения отношения сигнал/шум $h = U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}/U_{\text{Ш}} = 20$, при этом напряжение на выходе генератора соответствует реальной чувствительности приемника (с некоторой погрешностью, о чем сказано выше).

Необходимость выполнения такой последовательности операций вызвана тем, что при изменении уровня несущей на входе частотного детектора изменяется уровень шума на его выходе и, соответственно, на выходе приемника. При отсутствии сигнала на входе детектора уровень шума на выходе приемника минимален.

4.4. Определить односигнальную избирательность приемника по соседнему каналу.

Определение избирательности по соседнему каналу производится на средней частоте диапазона. В диапазоне УКВ избирательность по соседнему каналу измеряют при расстройках ± 250 кГц от частоты настройки приемника. Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц, индекс модуляции $m_{\text{ЧМ}} = 0.3 \cdot \Delta f_M$, где Δf_M - максимальная девиация частоты ($\Delta f=15$ кГц).

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту поддиапазона. Выключить систему АПЧ (клавиша УКВ АПЧ/VHF AFC отжата).

– На вход приемника подать от ГВЧ напряжение 15...20 мкВ, модулированное по частоте.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых,норм}}$ при отношении сигнал/шум 26 дБ (см. п. 4.3). Значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) и его частоту записать в табл. 2.

– Настроить ГВЧ на частоту соседнего канала $f_{\text{СК1}} = f_0 + \Delta f_{\text{СК}}$, контролируя настройку ГВЧ с помощью частотомера.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых,норм}}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по соседнему каналу) записать в табл. 6.2.

– Настроить ГВЧ на частоту второго соседнего канала $f_{\text{СК2}} = f_0 - \Delta f_{\text{СК}}$ и повторить измерения.

Таблица 6.2

Диапазон	Частота (МГц) и уровень (мкВ) входного сигнала	Частота входного сигнала (МГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
				измеренная	паспортная
УКВ	$f_0 =$	$f_{\text{СК1}} = f_0 + \Delta f_{\text{СК}}$	$U_{Г2} =$	$Se_{\text{СК1}} =$	$Se_{\text{СК}} =$
	$U_{Г1} =$	$f_{\text{СК2}} = f_0 - \Delta f_{\text{СК}}$	$U_{Г2} =$	$Se_{\text{СК2}} =$	

Отношение напряжения U_{12} ГВЧ при настройке на соседний канал к напряжению U_{11} при точной настройке, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по соседнему каналу.

4.5. Определить полосу пропускания приемника.

Полоса пропускания приемника определяется на уровне 0.5. Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц, девиация частоты $\Delta f=15$ кГц.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту УКВ диапазона. Выключить систему АПЧ.

– На вход приемника подать от ГВЧ напряжение 15...20 мкВ, модулированное по частоте.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 26 дБ (см. п. 4.3). Зафиксировать значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника).

– Увеличить уровень входного напряжения на 6 дБ (в 2 раза). Расстраивая ГВЧ в обе стороны от частоты резонанса, определить граничные частоты f_H и f_B полосы пропускания, на которых уровень выходного напряжения снова вернется к значению $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$. Полоса пропускания приемника на уровне 6 дБ равна $\Pi_{0,5} = f_B - f_H$. Частоту настройки ГВЧ определять с помощью частотомера.

4.6. Определить односигнальную избирательность приемника по зеркальному каналу.

Избирательность по зеркальному каналу обеспечивается преселектором приемника и измеряется на самой высшей частоте поддиапазона, где она имеет наихудшее (наименьшее) значение.

В том случае, если входные контуры приемника выполнены неперестраиваемыми (т. е. настроены постоянно на

среднюю частоту диапазона УКВ, как в радиоприемнике «Рига-103»), измерение избирательности по зеркальному каналу производят на крайних частотах диапазона (66 и 72 МГц). Измерения проводятся при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц, девиация частоты $\Delta f=15$ кГц.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на верхнюю частоту диапазона. Выключить систему АПЧ.

– На вход приемника подать от ГВЧ напряжение 15...20 мкВ, модулированное по частоте.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника f_0 и, изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых, норм}}$ при отношении сигнал/шум 26 дБ (см. п. 4.3). Значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) записать в таблицу 2. Запомнить частоту ГВЧ.

– Настроить ГВЧ на частоту зеркального канала $f_{\text{зк}} = f_0 + 2f_{\text{пр}}$, где $f_{\text{пр}} = 6.8$ МГц (для приемника «Рига-103»). Увеличить напряжение сигнала на входе приемника (на выходе ГВЧ) на 30...40 дБ и по показаниям милливольтметра (или на слух) подстроить ГВЧ на частоту зеркального канала приемника. Если при определении зеркального канала сигнал не обнаруживается, то аттенуатором ГВЧ увеличивают напряжение на его выходе вплоть до 1 В.

Внимание! После измерения избирательности и до перестройки ГВЧ или приемника на новое значение частоты уменьшить напряжение на выходе ГВЧ до 10 ... 100 мкВ.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{вых, норм}}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по зеркальному каналу) записать в табл. 6.3.

– Настроить приемник на нижнюю частоту диапазона и повторить измерения.

Таблица 6.3

Диапазон	Частота входного сигнала (МГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
			измеренная	паспортная
УКВ	$f_0 =$	$U_{Г1} =$	$Se_{зк} =$	$Se_{зк} =$
	$f_{зк} =$	$U_{Г2} =$		
	$f_0 =$	$U_{Г1} =$	$Se_{зк} =$	$Se_{зк} =$
	$f_{зк} =$	$U_{Г2} =$		

Отношение напряжения $U_{Г2}$ ГВЧ при настройке на зеркальный канал к напряжению $U_{Г1}$ при точной настройке, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по зеркальному каналу.

4.7. Определить односигнальную избирательность приемника по прямому каналу.

Измерение избирательности приемника по прямому каналу (по промежуточной частоте) производится на частоте настройки, наиболее близкой к промежуточной частоте, где она имеет наихудшее (наименьшее) значение. В диапазоне УКВ избирательность по прямому каналу определяется на нижней частоте диапазона.

Условия измерения: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц, девиация частоты $\Delta f=15$ кГц.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на нижнюю частоту диапазона. Выключить систему АПЧ.

– На вход приемника подать от ГВЧ напряжение 15...20 мкВ, модулированное по частоте. Настроить ГВЧ на частоту приемника.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение сигнала $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при

отношении сигнал/шум 26 дБ (см. п. 4.3). Значение напряжения $U_{Г1}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника) записать в табл. 3.

– Настроить ГВЧ на частоту прямого канала $f_{ПК} = f_{ПР} = 6.8$ МГц. Увеличить напряжение сигнала на входе приемника (на выходе ГВЧ) на 30...40 дБ и по показаниям милливольтметра (или на слух) подстроить ГВЧ на частоту прямого канала приемника. Если при определении прямого канала сигнал не обнаруживается, то аттенуатором ГВЧ увеличивают напряжение на его выходе вплоть до 1 В.

Внимание! После измерения избирательности и до перестройки ГВЧ или приемника на новое значение частоты уменьшить напряжение на выходе ГВЧ до 10 ... 100 мкВ.

– Изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{ВЫХ,НОРМ}$. Значение напряжения $U_{Г2}$ на выходе ГВЧ (соответствующее чувствительности приемника по прямому каналу) записать в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Поддиапазон	Частота входного сигнала (МГц)	Уровень входного сигнала (мкВ)	Избирательность (дБ)	
			измеренная	паспортная
УКВ	$f_0 =$	$U_{Г1} =$	$Se_{ПК} =$	$Se_{ПК} =$
	$f_{ПК} =$	$U_{Г2} =$		

Отношение напряжения $U_{Г2}$ при настройке ГВЧ на прямой канал к напряжению $U_{Г1}$ при настройке ГВЧ на частоту основного канала, выраженное в дБ, является мерой избирательности приемника по прямому каналу.

4.8. Снять характеристику детектирования частотного детектора

Характеристика детектирования определяет такие основные показатели ЧД, как коэффициент передачи и уровень нелинейных искажений. На уровень нелинейных искажений влияют раствор и линейность характеристики ЧД, а также ее симметричность относительно переходной частоты. Для симметрирования характеристики в схему ЧД вводят подстроечные элементы (резистор R44 в приемнике «Рига-103»). Измерение характеристики ЧД производится на промежуточной частоте.

Порядок измерений.

– Подать на вход транзистора T_4 немодулированное напряжение от ГВЧ, установить напряжение на выходе ГВЧ 50...100 мВ.

– Подключить к выходу ЧД (к конденсатору C35) вольтметр постоянного тока.

– Изменяя частоту ГВЧ в области $f_{\text{пр}}=6.8$ МГц, определить с помощью частотомера точное значение переходной частоты ЧД, на которой $U_{\text{вых дет}}=0$.

– Снять характеристику детектирования ЧД в области $f_{\text{пр}} \pm 150$ кГц с шагом 25...30 кГц. Частоту настройки ГВЧ контролировать с помощью частотомера.

Построить характеристику ЧД и по ней определить крутизну и приближенно определить раствор характеристики детектирования (то есть область частот, в пределах которой нелинейность характеристики детектирования не превышает допустимого значения).

4.9. Исследовать систему АПЧ гетеродина приемника

Основные показатели, характеризующие эффективность работы системы АПЧГ: коэффициент автоподстройки, полоса захвата и полоса удержания.

Коэффициент автоподстройки $K_{\text{АПЧ}}$ определяется как отношение начальной расстройки промежуточной частоты к остаточной после срабатывания системы АПЧГ. Начальная

расстройка $\Delta f_{\text{нач}}$ промежуточной частоты возникает либо вследствие расстройки гетеродина (при этом $\Delta f_{\text{нач}} = \Delta f_{\text{г}}$), либо из-за изменения частоты сигнала (при этом $\Delta f_{\text{нач}} = -\Delta f_{\text{с}}$), при одновременном изменении частот сигнала и гетеродина $\Delta f_{\text{нач}} = \Delta f_{\text{г}} - \Delta f_{\text{с}}$.

Полоса захвата – область частот, в пределах которой система АПЧ входит в режим слежения. Полоса удержания – область частот, в пределах которой система АПЧ сохраняет режим слежения.

Порядок измерений.

– Установить частоту настройки приемника вдали от работающих станций (около 66 МГц). Включить систему АПЧ (клавиша УКВ АПЧ/VHF AFC нажата).

– На вход приемника подать от ГВЧ немодулированное напряжение 15...20 мкВ. К выходу ЧД (к конденсатору С35) подключить вольтметр постоянного тока.

– Настроить ГВЧ на частоту приемника (настройку контролировать по показаниям вольтметра постоянного тока на выходе ЧД). Измерить частотомером частоту ГВЧ.

– Ввести начальную расстройку сигнала, увеличив частоту ГВЧ на $\Delta f_{\text{нач}} = 75$ кГц. Измерить постоянное напряжение на выходе ЧД (регулирующее напряжение для варикапа гетеродина) и по характеристике детектирования определить остаточную расстройку $\Delta f_{\text{ост}}$ (при этом учитываем, что в исследуемом приемнике напряжение регулирования подается с выхода ЧД на варикап гетеродина без усиления). По этим данным определить коэффициент автоподстройки системы АПЧГ. Повторить измерения при отрицательной расстройке ГВЧ на 75 кГц. Коэффициент автоподстройки системы АПЧГ приемника «Рига-103» равен наименьшему из отношений $\Delta f_{\text{нач}} / \Delta f_{\text{ост}}$.

– Изменяя частоту ГВЧ (уменьшая и затем увеличивая в области частот ниже и выше частоты настройки приемника) определить нижнюю и верхнюю частоты полосы захвата и полосы удержания. По этим данным определить полос

захвата $P_{\text{ЗАХВ}}$ и полосу удержания $P_{\text{УД}}$ системы АПЧГ приемника «Рига-103».

Для определения полосы захвата и полосы удержания системы АПЧГ можно использовать тот факт, что в момент установления режима слежения напряжение на выходе ЧД увеличивается скачком, а при выходе из него (при срыве слежения) напряжение уменьшается также скачком.

4.10. Оценить подавление паразитной амплитудной модуляции в приемнике «Рига-103»

Паразитная АМ (ПАМ) может возникать как при прохождении сигнала через канал связи (например, вследствие многолучевости в среде распространения), так и в линейном тракте приемника (из-за неравномерности АЧХ). Для устранения ПАМ в радиоприемнике «Рига-103» в качестве демодулятора ЧМС используется детектор отношений, который при правильной настройке подавляет ПАМ на 20...30 дБ.

Измерение подавления ПАМ проводится при следующих условиях: модулирующая частота ГВЧ $F=1000$ Гц, девиация частоты $\Delta f=15$ кГц.

Порядок измерений.

– Настроить приемник на среднюю частоту поддиапазона. Выключить систему АПЧ (клавиша УКВ АПЧ/VHF AFC отжата).

– На вход приемника подать от ГВЧ напряжение 15...20 мкВ, модулированное по частоте.

– Настроить ГВЧ точно на частоту приемника f_0 (настройку контролировать по показаниям вольтметра постоянного тока, подключенного к выходу ЧД).

– Изменяя напряжение сигнала на выходе ГВЧ, установить на выходе приемника напряжение $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ при отношении сигнал/шум 26 дБ (см. п. 4.3).

– Не изменяя уровня сигнала, переключить ГВЧ с частотной модуляции на амплитудную и установить глубину

модуляции 30 %. Измерить напряжение $U_{\text{ВЫХ_АМ}}$ на выходе приемника.

Отношение выходных напряжений $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ (при ЧМ) и $U_{\text{ВЫХ_АМ}}$ (при АМ), выраженное в дБ, является показателем подавления ПАМ при точной настройке приемника.

– Не переключая вид модуляции (АМ), повторить измерения $U_{\text{ВЫХ_АМ}}$ при расстройке ГВЧ на ± 50 кГц относительно точной настройки.

Отношение напряжения $U_{\text{ВЫХ_НОРМ}}$ к наибольшему напряжению $U_{\text{ВЫХ_АМ}}$ при расстройке на ± 50 кГц, выраженное в дБ, является показателем подавления ПАМ при расстройке.

5. Контрольные вопросы

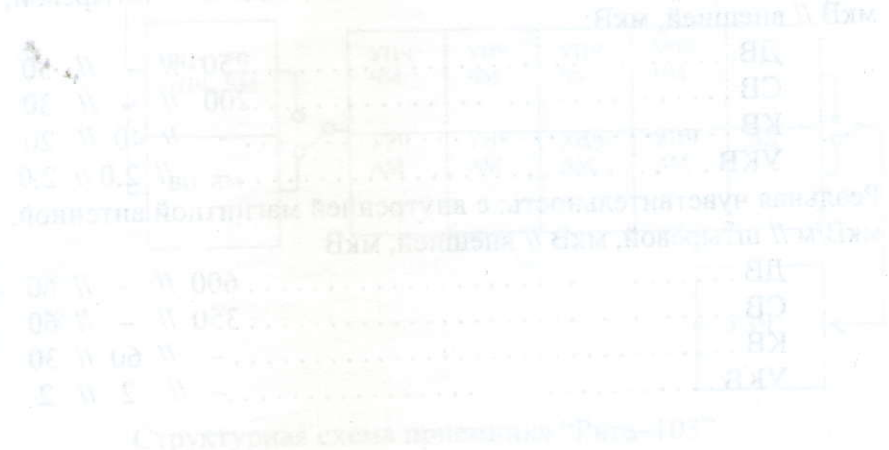
1. Нарисовать структурную схему радиоприемника ЧМС. Указать элементы принципиальной схемы приемника «Рига-103», соответствующие блокам структурной схемы.
2. Особенности построения комбинированного ВЧ тракта АМ-ЧМ приемника (по принципиальной схеме приемника «Рига-103»).
3. Причины образования побочных каналов приема. Какие элементы схемы приемника «Рига-103» обеспечивают ослабление побочных каналов?
4. Демодулятор ЧМС приемника «Рига-103», принцип действия, назначение элементов.
5. Как определяется крутизна характеристики и рабочая полоса ЧМ детектора?
6. Каковы причины появления нелинейных искажений в приемнике «Рига-103» при приеме ЧМС?
7. Элементы схемы и принцип действия системы АПЧГ приемника «Рига-103».
8. Что является эталоном частоты в системе АПЧГ приемника «Рига-103»? Как измерить частоту эталона?
9. От чего зависит коэффициент автоподстройки системы АПЧГ приемника «Рига-103»? Как его измерить?
10. От чего зависит полоса захвата и полоса удержания системы АПЧГ приемника «Рига-103»? Как их измерить?

11. Каковы причины появления ПАМ? Какие меры приняты в приемнике «Рига-103» для подавления ПАМ?

12. Покажите на схеме приемника «Рига-103» цепочку коррекции предискажений и объясните ее назначение.

6. Содержание отчета

1. Блок-схема испытаний.
2. Таблицы и графики результатов измерений.
3. Сравнение результатов измерений с паспортными данными приемника.
4. Основные выводы по работе.



ПРИЛОЖЕНИЕ

Краткое описание радиоприемника «Рига-103»

Радиоприемник «Рига-103» представляет собой супергетеродинный приемник 1 класса (по принятой классификации года выпуска) переносного типа, собранный на 17 транзисторах и 8 полупроводниковых диодах.

Радиоприемник предназначен для приема радиовещательных станций с амплитудной (в диапазонах ДВ, СВ и КВ) и с частотной (в диапазоне УКВ) модуляцией. Прием в диапазонах ДВ и СВ осуществляется на внутреннюю магнитную антенну, а в диапазонах КВ и УКВ – на штыревую телескопическую антенну. Кроме того, на всех диапазонах приемник может работать с внешней антенной.

Технические характеристики:

Диапазон принимаемых частот (волн), в диапазонах:

ДВ, кГц (м)	150...408	(2000...735,3)
СВ, кГц (м)	525...1605	(571,4...186,9)
КВ1, МГц (м)	9,4...12,1	(31,9...24,79)
КВ2, МГц (м)	5,65...7,4	(53,3...40,56)
КВ3, МГц (м)	3,95...5,75	(76...52,2)
УКВ, МГц (м)	65,8...73	(4,56...4,11)

Максимальная чувствительность при выходной мощности 50 мВт с внутренней магнитной антенной, мкВ/м // штыревой, мкВ // внешней, мкВ:

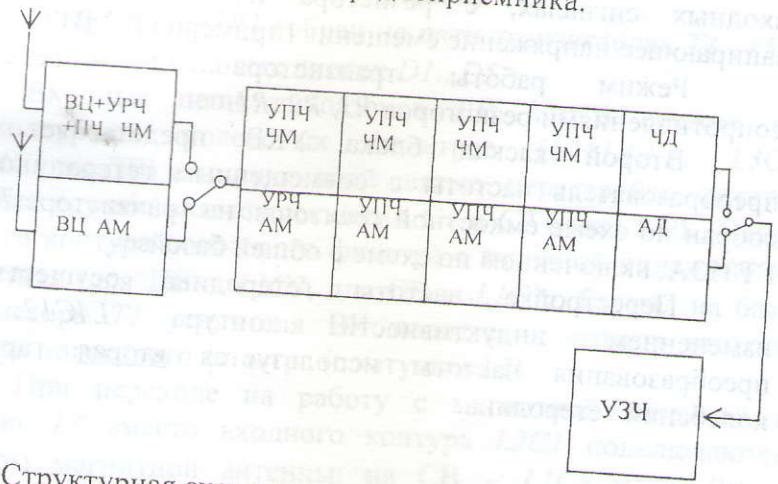
ДВ	250	//	-	//	30
СВ	200	//	-	//	30
КВ	-	//	40	//	20
УКВ	-	//	2,0	//	2,0

Реальная чувствительность: с внутренней магнитной антенной, мкВ/м // штыревой, мкВ // внешней, мкВ

ДВ	600	//	-	//	60
СВ	350	//	-	//	60
КВ	-	//	60	//	30
УКВ	-	//	2	//	2

со входа внешней антенны (в режиме "Местный прием"), мкВ:
 ДВ, СВ. 500
 Избирательность по соседнему каналу на ДВ и СВ, дБ,
 не менее 46
 Ослабление сигнала зеркального канала, дБ, не менее,
 ДВ // СВ // КВ // УКВ. 56 // 46 // 40 // 30
 Промежуточная частота тракта:
 АМ, кГц // ЧМ, МГц. 465±2 // 6,8±0,1
 Действие АРУ: при изменении сигнала на входе приемника на
 40 дБ соответствующее изменение напряжения сигнала на
 выходе приемника, дБ, не более 4
 Полоса воспроизводимых звуковых частот, кГц: при приеме на
 ДВ, СВ, КВ // "Местный прием" // УКВ. 0,15...4 // 0,15...6 // 0,15...12
 Номинальная выходная мощность при коэффициенте
 нелинейных искажений всего тракта не более 5%, мВт. . . . 500
 Источник питания: 8 элементов типа 373
 Напряжение питания, В 12 В

Принципиальная электрическая схема. Схема радиоприемника состоит из четырех функциональных узлов: УКВ, КСДВ-ПЧ, УЗЧ и стабилизатора питания. На рисунке приведена структурная схема радиоприемника.



Структурная схема приемника "Рига-103"

Блок УКВ собран на двух транзисторах $T1$ и $T2$, полупроводниковом диоде $D1$ и варикапе $D2$ (здесь и далее обозначения радиоэлементов соответствуют приведенным на принципиальной схеме).

Входная цепь состоит из непереключаемого широкополосного входного контура $L2C1C2L1$ с полосой пропускания 7.5 МГц и рассчитана на работу от несимметричного диполя с волновым сопротивлением 75 Ом, т.е. от штыревой телескопической антенны. Сигнал через емкостной делитель поступает на эмиттер транзистора $T1$ резонансного усилителя ВЧ, выполненного по схеме с общей базой. В коллекторную цепь транзистора $T1$ включен контур с индуктивной настройкой $L3C7$, который зашунтирован диодом $D1$ типа Д20. Последний предназначен для защиты транзистора $T2$ преобразователя частоты от воздействия сильных сигналов, появление которых возможно на входе блока при приеме в ближней зоне передатчика УКВ.

Ограничение сильных сигналов наступает вследствие того, что внутреннее сопротивление диода меняется в зависимости от величины приложенного к нему напряжения. Чтобы предотвратить шунтирование контура при малых входных сигналах, с резистора $R4$ подается на диод запирающее напряжение смещения (примерно 0.2 В).

Режим работы транзистора $T1$ определяется сопротивлениями резисторов $R3$, $R2$, $R1$.

Второй каскад блока УКВ представляет собой преобразователь частоты с совмещенным гетеродином. Он собран по схеме емкостной трехточки на транзисторе $T2$ типа ГТ313А, включенном по схеме с общей базой.

Перестройка частоты гетеродина осуществляется изменением индуктивности контура $L4C12$. Для преобразования частоты используется вторая гармоника колебаний гетеродина.

Для коррекции фазы и ослабления помех на промежуточной частоте в эмиттерную цепь транзистора $T2$ включен последовательный контур, состоящий из дросселя Dr и конденсатора $C8$.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина (АПЧГ) осуществляется с помощью варикапа $D2$ типа Д901Б, включенного параллельно контуру гетеродина $L4C12$ через разделительные конденсаторы ($C13$ и $C15$, включенные параллельно). Нагрузкой преобразователя служит двухконтурный полосовой фильтр $L5C11L6C17$ с индуктивной связью, настроенный на частоту $f_{пр\ чм} = 6.8$ МГц. Выход блока УКВ соединен со входом УПЧ-ЧМ с помощью катушки связи $L7$. Режим транзистора $T2$ определяется сопротивлениями резисторов $R7$, $R6$, $R5$.

Питание блока УКВ осуществляется стабилизированным напряжением 6.8 В от блока питания приемника.

Так как подстроечными сердечниками индуктивность катушек можно изменять лишь в небольших пределах, в контурах и цепях связи использованы конденсаторы с допуском $\pm 5\%$. Заменять их при ремонте конденсаторами с большими допусками по емкости нельзя.

Блок КСДВ-ПЧ собран на пяти транзисторах $T1...T5$ и пяти полупроводниковых диодах $D1...D5$.

Входные цепи диапазонов ДВ и СВ состоят из двухконтурных полосовых фильтров $(L2+L4)C1$, $L3C3$ ($L3C4C5$ на ДВ) с индуктивной связью, перестройка частоты которых осуществляется секциями $C1$ и $C2$ блока КПЕ. Связь первого контура полосового фильтра с антенной индуктивно-емкостная (для ДВ - $L1C3$, для СВ - $L1C2$). Сигнал на базу транзистора $T1$ усилителя ВЧ подается с отвода второго контура полосового фильтра (с катушки $L3$).

При переходе на работу с магнитной антенной к катушке $L4$ вместо входного контура $L2C1$ подключаются контуры магнитной антенны: на СВ - $L1C8$ и на ДВ - $(L1+L2)C12C13C8$.

Входные цепи диапазонов КВ выполнены на одиночных контурах (катушка $L1$ с подключением соответствующих конденсаторов), которые имеют автотрансформаторную связь с базой транзистора $T1$ УРЧ и емкостную с антенной (через конденсатор связи $C6$; конденсатор $C1$ — разделительный). В блоке КСДВ-ПЧ штыревая телескопическая антенна подключается к входным контурам КВ диапазонов через конденсатор $C46$.

При приеме на наружную антенну мощных сигналов местных радиостанций в диапазонах ДВ и СВ возможна перегрузка первых каскадов приемника, что приводит к искажениям сигнала и ухудшению качества звучания. Для устранения перегрузки предусмотрена работа в режиме МП/LOCAL (местный прием). При нажатии на клавишу МП/LOCAL последовательно в цепь связи с антенной включается резистор $R3$, что существенно уменьшает амплитуду принимаемого сигнала во входных цепях и последующих каскадах приемника.

Изменение ширины полосы пропускания УПЧ осуществляется за счет изменения индуктивной связи между контурами при нажатии клавиши ПОЛОСА/BAND.

Для сокращения числа транзисторов и других деталей тракты УПЧ-ЧМ и УРЧ-УПЧ-АМ выполнены по совмещенной схеме с соответствующей коммутацией избирательных систем каскадов ЧМ и АМ.

Первый и второй каскады блока КСДВ-ПЧ собраны на транзисторах $T1$ и $T2$ типа ГТ322Б, включенных по схеме с общим эмиттером. При работе в диапазоне УКВ транзисторы $T1$ и $T2$ блока КСДВ-ПЧ являются усилителями ПЧ тракта ЧМ, в цепи их коллекторов включены двухконтурные полосовые фильтры $Tr1$ и $Tr2$, настроенные на частоту 6.8 МГц.

При работе в диапазонах ДВ и СВ транзистор $T1$ является апериодическим усилителем ВЧ (УРЧ), в цепь коллектора которого включен резистор $R1$, а в цепь базы

—полосовые фильтры $(L2+L4)C1$ и $L3C3$ на СВ или $(L2+L4)C1$ и $L3C4C5$ на ДВ.

При работе в диапазонах КВ транзистор $T1$ работает как резонансный усилитель ВЧ (УРЧ) с контуром в коллекторной цепи, образованным катушкой $L2$, конденсаторами $C6, C5, C4$ и секцией $C2$ блока КПЕ.

Транзистор $T2$ при работе в диапазонах ДВ, СВ и КВ служит смесителем. Нагрузкой в цепи коллектора транзистора $T2$ является полосовой фильтр $Tr3$, настроенный на частоту 465 кГц.

Гетеродин АМ тракта собран на транзисторе $T5$ типа ГТ322Б по схеме индуктивной трехточки. Напряжение гетеродина подается на эмиттер смесителя $T2$ с помощью катушек связи $L6$ в диапазонах ДВ и СВ и $L4$ — в диапазоне КВ. При переключении на прием в диапазоне УКВ транзистор $T2$ переводится в режим усиления, для чего эмиттер $T2$ заземляется по ВЧ через конденсатор $C11$, а сопротивление в цепи эмиттера уменьшается (резистор $R14$ закорочен).

Третий каскад УПЧ-ЧМ и второй каскад УПЧ-АМ работают на транзисторе $T3$ типа ГТ332А, включенном по схеме с общим эмиттером. В цепи коллектора его включены двухконтурные фильтры $Tr4$ ($f_0=6,8$ МГц) и $Tr5$ ($f_0=465$ кГц).

Последний каскад УПЧ трактов ЧМ и АМ собран на транзисторе $T4$ типа ГТ322А, включенном по схеме с общим эмиттером. В коллекторную цепь транзистора $T4$ последовательно включены фазовращающий трансформатор $Tr6$ симметричного дробного детектора ($f_0=6,8$ МГц) и полосовой фильтр $Tr7$ УПЧ-АМ ($f_0=465$ кГц), с отвода второго контура которого напряжение сигнала ПЧ подается на диод $D5$ детектора АМ сигнала. Напряжение сигнала на детектор АРУ тракта АМ снимается с отвода первого контура полосового фильтра $Tr7$.

Для автоматической регулировки усиления в тракте АМ используется постоянная составляющая тока детектора АРУ диода $D2$ типа Д104А, с помощью которой регулируются базовые токи транзисторов $T1$ УРЧ и $T3$ УПЧ-АМ.

Напряжение для детектора АРУ в тракте ЧМ снимается с отвода первого контура $L1$ полосового фильтра $Tr4$ третьего каскада УПЧ-ЧМ. Для автоматической регулировки усиления используется постоянная составляющая тока диода $D1$ типа Д104А, с помощью которой регулируется базовый ток транзистора $T1$ в блоке УКВ и базовые токи первого и третьего каскадов УПЧ-ЧМ (транзисторов $T1, T3$) в блоке КСДВ-ПЧ.

Принцип работы системы АПЧ заключается в следующем. При точной настройке приемника на частоту принимаемой станции на выходе дробного детектора (на средней точке контура $L3$) напряжение равно нулю. В случае изменения (расстройки) частоты гетеродина на выходе дробного детектора появляется постоянное напряжение, пропорциональное величине и знаку расстройки, которое через фильтр $R52C37$ подается в качестве управляющего смещения на варикап $D2$ типа Д901Б, включенный параллельно контуру гетеродина в блоке УКВ. При поступлении этого смещения изменяется емкость варикапа, благодаря чему компенсируется уход частоты гетеродина блока УКВ и, следовательно, восстанавливается точная настройка на частоту работающей радиостанции.

Блок УЗЧ. Семикаскадный усилитель звуковой частоты собран на девяти транзисторах $T1...T9$.

Первый и второй каскады предварительного усиления напряжения собраны на транзисторах $T1$ и $T2$ типа МП41, включенных по схеме с общим эмиттером с непосредственной связью и отрицательной обратной связью между каскадами. Для коррекции частотной характеристики усилителя звуковой частоты при малом уровне выходной мощности применен регулятор громкости $R1=100$ кОм с цепочками тонкомпенсации $R1C1, R2C3$.

В коллекторную цепь второго каскада УЗЧ включены плавные регуляторы тембра по низким и высоким звуковым частотам $R6$ и $R7$.

Третий и пятый каскады усилителя ЗЧ (транзисторы T_3 и T_5 типа МП41) собраны по схеме с общим эмиттером, четвертый (транзистор T_4 типа МП41) – по схеме эмиттерного повторителя.

Выходной оконечный каскад собран на составных транзисторах T_6 , T_8 и T_7 , T_9 . Оба эти каскада выполнены по схеме двухтактного усилителя с дополнительной симметрией и с бестрансформаторным выходом.

Переменное напряжение отрицательной обратной связи снимается с нагрузки выходного каскада и через резистор R_{32} подается в эмиттерную цепь транзистора T_3 . Кроме того, в УЗЧ действует ООС по постоянному и переменному напряжениям с выхода усилителя мощности в базовую цепь транзистора T_5 .

Питание УЗЧ осуществляется напряжениями 12 В и 6,8 В. Нагрузкой оконечного (выходного) каскада УЗЧ служат два последовательно соединенных громкоговорителя типа 1ГД-4 с сопротивлением звуковых катушек 8 Ом (в лабораторной установке используется один громкоговоритель).

Блок стабилизатора напряжения выполнен на транзисторе МП41 (электронный фильтр) и стабилизаторе 2С168А. Стабилизированное напряжение 6,8 В подается на соответствующие каскады блоков УКВ, КСДВ-ПЧ и УЗЧ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: учеб. пособие / К.Е. Румянцев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 528 с.
2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. Пособие / Е.А. Колосовский. М.: Горячая линия - Телеком, 2007. 456 с.
3. Буга Н.Н. Радиоприемные устройства: учеб. пособие / Н.Н. Буга, А.И. Фалько, Н.И. Чистяков. - М.: Радио и связь, 1986. - 320 с.
4. Палшков В.В. Радиоприемные устройства: учеб. пособие / В.В. Палшков. - М.: Радио и связь, 1984. - 392 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.....	1
Лабораторная работа №5. Исследование радиовещательного приемника АМ-сигналов.....	1
Лабораторная работа №6. Исследование радиовещательного приемника ЧМ-сигналов.....	23
Приложение. Краткое описание радиоприемника «Рига-103»	40
Библиографический список.....	48

ПРИЕМНИКА АМ И ЧМ СИГНАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 5,6 по дисциплине
«Устройства приема и преобразования сигналов»
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения

Составитель

Поликарпов Эдуард Дмитриевич

В авторской редакции

Компьютерный набор Е.С. Соколова

Подписано в печать 05.07.2017.

Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 3,2. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 34 экз. «С» 14.

Зак. № 91

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский просп., 14