

**Ю.А. ЛЕВАШОВ
Е.В. АКСЕНЮК**

**УСТРОЙСТВА ПРИЕМА
И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ**

Руководство к выполнению курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА
ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ, ИННОВАЦИЙ И БИЗНЕС СИСТЕМ
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОНИКИ

УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Руководство
к выполнению курсового проекта

Основная образовательная программа

210400.62 Радиотехника. Средства радиоэлектронной борьбы

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2011 г.

ББК 32.841

Руководство к выполнению курсового проекта составлено в соответствии с требованиями ГОС по специальности 210305.65 Средства радиоэлектронной борьбы.

Составители: Левашов Ю.А., доцент кафедры электроники;
Аксенюк Е.В., инженер кафедры электроники.

Утверждена на заседании кафедры от 21.02.2011 г., протокол № 5

Рекомендована к изданию учебно-методической комиссией
Института информатики, инноваций и бизнес-систем ВГУЭС.

Издательство Владивостокского
государственного университета
экономики и сервиса, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект является промежуточной частью учебного процесса по основной образовательной программе подготовки инженеров по специальности 210305.65 «Средства радиоэлектронной борьбы». Курсовой проект имеет важное значение при подготовке выпускной квалификационной работы.

Курсовой проект должен представлять собой научно-исследовательскую, проектную и технологическую разработку, связанную с решением актуальных задач, определяемых особенностями подготовки по специальности 210305.65 «Средства радиоэлектронной борьбы».

Курсовой проект должна иметь практическую направленность. Студент должен показать как ход и результаты собственного исследования по теме курсового проекта, так и показать знаний, умений и владений, полученных за время обучения в вузе.

Тематика курсового проекта должна быть актуальной и, как правило, содержать темы, имеющие практическое применение.

Руководство к выполнению курсового проекта составлено в соответствии с требованиями ГОС по специальности 210305.65 «Средства радиоэлектронной борьбы».

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1 Цели и задачи курсового проектирования

К целям выполнения курсового проекта относятся:

- углубление и систематизация теоретических знаний в области радиотехники и в смежных областях;
- развитие способностей к самостоятельной работе при решении разрабатываемых профессиональных задач, проблем и вопросов;

В ходе выполнения курсового проекта студент должен показать способности к решению следующих типовых задач:

- анализ состояния научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;
- определение цели и постановка задач проектирования;
- разработка структурных и функциональных схем радиотехнических систем и комплексов и принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного моделирования и проектирования;
- оформление технической документации;
- построение математических моделей объектов и процессов; выбор метода их исследования и разработка алгоритма его реализации;
- моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.
- разработка программы экспериментальных исследований, ее реализация, включая выбор технических средств и обработку результатов;
- составление обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований; - разработка и внедрение технологических процессов настройки, испытаний и контроля качества изделий;
- эксплуатация и техническое обслуживание радиотехнических систем и комплексов;
- ремонт и настройка радиотехнических устройств различного назначения.

1.4 Выбор темы курсового проекта

Тематика курсовых проектов определяется будущей профессиональной деятельностью выпускника по специальности 210305.65 «Средства радиоэлектронной борьбы» и должна быть связана с разработкой и обслуживанием систем и технологий, основанных на использовании электрических, магнитных и акустических процессов, предназначенных для повышения комфортности повседневной жизни человека: удовлетворению его информационных, культурных и эстетических потребностей в быту и повышению производительности труда на работе.

В соответствии с профессиональной подготовкой студенты могут выполнять следующие виды работ: проектно-конструкторская и научно-исследовательская.

При выборе темы учитываются ее актуальность, соответствие профилю специальности и планам работы выпускающей кафедры (института, университета), а также научные и практические интересы студента.

Перечень тем курсовых проектов составляется выпускающей кафедрой, ежегодно обновляется и доводится до сведения студентов на первой неделе учебного семестра.

Студенту предоставляется право выбрать тему из предложенного выпускающей кафедрой перечня или предложить свою тему с необходимыми обоснованиями целесообразности ее разработки.

Темы утверждаются приказом ректора. Этим же приказом по представлению выпускающей кафедры назначаются руководители курсовых проектов из числа профессорско-преподавательского и высококвалифицированных специалистов.

1.3 Тематика курсового проектирования

1. Разработка демодуляторов приемников шумоподобных сигналов
2. Разработка демодуляторов однополосных амплитудно-модулированных сигналов
3. Разработка приемников с широкополосной преселекцией сигналов
4. Разработка синтезаторов частоты радиоприемных устройств
5. Разработка демодуляторов приемников цифровых сигналов
6. Компьютерное проектирование модуляторов передатчиков шумоподобных сигналов
7. Компьютерное проектирование демодуляторов приемников с широкополосной преселекцией сигналов
8. Компьютерное проектирование полосовых фильтров приемников с широкополосной преселекцией сигналов
9. Компьютерное проектирование узкополосных фильтров тракта промежуточной частоты
10. Компьютерное проектирование синхронных детекторов приемников систем связи
11. Проектирование телевизионного радиопередатчика
12. Проектирование радиолокационного радиопередатчика
13. Проектирование радиопередатчика с кодированием информации
14. Проектирование радиопередатчика спутникового ретранслятора
15. Проектирование радиопередатчика базовой станции сотовой связи
16. Проектирование радиопередатчика мобильного телефона сотовой системы связи
17. Проектирование радиопередатчика оптического диапазона
18. Проектирование радиопередатчика радиозакладного устройства
19. Проектирование лабораторного стенда для измерения параметров и регулировки радиопередатчиков
20. Разработка устройства сопряжения радиопередатчика с антеннами заданного типа
21. Проектирование синфазных и квадратурных разветвителей мощности в пакете Agilent ADS 2011

22. Проектирование направленных ответвителей в пакете Agilent ADS 2011
23. Расчет и обоснование волноводного тракта зеркальной антенны для приема сигналов спутникового телевидения
24. Расчет и обоснование использования зонной пластинки в качестве направленной антенны
25. Разработка системы распознавания и обнаружения объектов в миллиметровом диапазоне радиоволн

2. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта

2.1 Составление программы выполнения курсового проекта

Программа включает:

- формулировку и обоснование технической, технологической или научной проблемы;
- определение целей и задач курсового проекта;
- определение исследуемой совокупности объектов;
- указание предмета исследования;
- описание разрабатываемого устройства, технологического процесса или научно-исследовательской задачи;
- определение технических требований;
- формулировку научных гипотез;
- выбор методов и разработку методики сбора и обработки информации;
- перечень работ, выполняемых в процессе курсового проектирования.

Разработка радиоэлектронных систем и устройств, технологических процессов их изготовления, регулировки, испытания, эксплуатации и ремонта независимо от их назначения и области применения должна проводиться с учетом требований государственных технических регламентов и стандартов. В стандартах указываются требования к техническим и эксплуатационным характеристикам радиоэлектронных систем и устройств, составу и оформлению сопровождающей технической документации.

Необходимо найти аналоги разрабатываемого изделия или технологического процесса и, если возможно, выбрать прототип. После этого необходимо обосновать целесообразность новой разработки по следующим критериям:

- расширение выполняемых функций;
- качество функционирования;
- технико-экономические показатели.

Необходимо обосновать целесообразность проведения научно-исследовательских работ:

- использование ранее не применявшихся для заданного объекта методов исследования и математического аппарата;

- использование ранее не применявшихся программных средств;
- разработка и (или) использование ранее не применявшихся технических средств.

Основные результаты выполнения этого этапа должны быть отражены в задании на выполнение курсовой работы.

Время, отведённое на выполнение – 18 часов.

2.2 Сбор информации

На этом этапе на основе исходных данных, приведенных в задании на выполнение курсового проекта (назначение разрабатываемого изделия или процесса, область его применения, условия эксплуатации, требования к техническим характеристикам и т.д.) осуществляется сбор информации для выбора направления и методов решения поставленных задач.

Для выполнения курсового проекта рекомендуются следующие источники информации:

1. Литературные источники: неперіодические (учебники, монографии, справочники и т.п.) и периодические издания. Из периодических изданий в первую очередь следует ознакомиться со следующими: реферативный журнал «Радиотехника», реферативный журнал «Электроника».

Основные неперіодические издания, определяющие состояние научно-технической проблемы, как правило, предлагаются студенту руководителем курсового проектирования.

2. Нормативно-техническая документация: ГОСТы, Технические описания, Технические условия, Ремонтные документы, инструкции по эксплуатации и т.д. Особенно важно найти нормативно-технические документы на аналоги и прототип разрабатываемого изделия или процесса.

3. Отчеты по научно-исследовательским работам. Как правило, доступ к ним обеспечивает руководитель курсового проектирования.

4. Описания патентов на изобретения. Рефераты патентов на изобретения содержатся в реферативных журналах, в журнале «Изобретения в России и за рубежом».

5. Электронные ресурсы: внутренние – библиотека ВГУЭС, внешние – Интернет.

Время, отведённое на выполнение – 18 часов.

2.3 Обработка и анализ собранной информации

На этом этапе на основе исходных данных, приведенных в задании, и собранной информации выбирается направление решения поставленной научно-технической проблемы.

Для проектно-конструкторской осуществляется: предварительная проработка и сравнительный технико-экономический анализ возможных вариантов решения системотехнических, схемотехнических и конструкторских; по заданным критериям (минимальная стоимость, минимальная масса, минимальная погрешность выходных пара-метров и т.п.) выбирается «оптимальный» вариант; уточняются приведенные в

задании требования к техническим характеристикам системы или устройства и (или) устанавливаются дополнительные требования, которые не могли быть определены на этапе составления задания. Выбранный вариант проверяется на соответствие требованиям патентной чистоты и конкурентоспособности.

Результатом работы на данном этапе, как правило, является структурная или функциональная схема разрабатываемой системы с описанием входных и выходных параметров и определением объема проектно-расчетных и экспериментальных работ.

Для научно-исследовательской работы осуществляется: предварительная оценка и сравнительный технико-экономический анализ методов исследования заданных объектов и процессов; выбор средств исследования (технических или программных); уточнение или дополнение требований к результатам исследования.

Результатом работы являются: структурная схема стенда для исследования характеристик физического объекта или процесса и программа исследований; выбор программного обеспечения и алгоритм исследований для математической модели объекта или процесса.

Время, отведённое на выполнение – 36 часов.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Пояснительная записка. Структура и содержание. Требования к оформлению

Пояснительная записка является основным отчетным документом по курсовому проекту, который содержит систематизированные данные о курсовом проекте.

Пояснительная записка включает в себя титульный лист, содержание, обозначения и сокращения, введение, основную часть, заключение, список использованных источников, приложения. Задание на курсовой проект следует за титульным листом и не включается в число листов пояснительной записки.

Общие требования к оформлению текстовой части курсовых проектов изложены в стандарте Владивостокского государственного университета экономики и сервиса СТП 1.005-2004 «Система вузовской учебной документации».

Рекомендуемый объем пояснительной записки 15-20 листов формата А4 с приложениями.

Титульный лист

Титульный лист является первым листом пояснительной записки и выполняется в соответствии с требованиями внутривузовского стандарта ВГУЭС.

Задание на выполнение курсового проекта

Задание на выполнение курсового проекта определяет цели, требования и основные исходные данные, необходимые для:

- разработки радиотехнических систем и устройств и технологических процессов их настройки, испытаний и контроля качества;
- исследования объектов и процессов с использованием технических и программных средств.

Кроме того, задание определяет предполагаемое содержание пояснительной записки и графических материалов.

Задание на выполнение курсового проекта должно содержать следующие пункты:

1. Тема проекта, номер приказа и дата утверждения
2. Срок сдачи работы
3. Техническое задание

3.1 Цель

Указывается назначение разрабатываемого изделия или процесса и область его применения.

3.2. Технические требования

Указываются требования к составу выполняемых функций, параметры входных и выходных сигналов, условия эксплуатации, требования к надежности и т.п.).

Пример 1

Тема курсового проекта: Сканирующий приемник цифровых ФМ сигналов.

Цель: регистрация и измерение несущей частоты передатчиков цифровых ФМ сигналов в системах обнаружения несанкционированных радиоканалов связи.

Технические требования:

Приемник должен обеспечить перекрытие диапазона от 10 МГц до 60 МГц с шагом 0,5 кГц.

Вид сигнала – цифровой ФМ сигнал.

Избирательность по зеркальному каналу не менее 30 дБ.

Коэффициент шума не более 5.

Выходной сигнал – последовательный двоичный код.

Пример 2

Тема курсового проекта: Исследование математических моделей частотно-избирательных цепей приемников АМ и ЧМ сигналов.

Цель: выбор объектов исследования, программного обеспечения, разработка и апробация методик исследования для лабораторного практикума по дисциплине «Устройства приема и преобразования сигналов».

Технические требования:

Программный пакет должен обеспечить моделирование частотно-избирательных цепей тракта радиочастоты и тракта промежуточной частоты радиоприемных устройств для исследования:

- частотных искажений АМ и ЧМ сигналов;
- зависимости фактора демодуляции АМ сигнала от характеристик сигнала и цепи;
- зависимости паразитной амплитудной модуляции ЧМ сигнала от характеристик сигнала и цепи.

4. Курсовой проект в обязательном порядке представляется:

- а) пояснительной запиской,
 - б) графическими материалами:
- рекомендуются:
- в) компьютерная презентация работы,
 - г) действующий макет устройства или его функционального узла.
5. Содержание пояснительной записки

Перечисляются предполагаемые разделы пояснительной записки.

Пример 3

Введение

1. Обзор способов построения сканирующих приемников ФМ цифровых сигналов, сравнительный анализ характеристик и выбор структурной схемы

2. Разработка электрических схем приемника и его функциональных узлов

3. Разработка конструкции приемника

4. Разработка технологических процессов настройки и контроля параметров приемника

Заключение

6. Перечень графического материала

Перечисляются предполагаемые чертежи и плакаты и их объем.

Пример 4

1. Схема электрическая структурная – 1 А 1.

2. Схема электрическая принципиальная – 1 А 1.

3. Чертеж общего вида – 1 А 1.

4. Плакат «Диаграмма направленности приемной антенны» - 1 А1.

Введение

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы и обоснование актуальности темы курсовой работы со ссылками на современные источники информации. Во введении уточняются цели и задачи курсового проектирования, приводится краткое содержание пояснительной записки. Объем введения – 1- 3 листа.

Основная часть

Состав и структура основной части пояснительной записки устанавливается в соответствии с заданием на курсовой проект.

В основной части должны быть отражены следующие этапы выполнения курсового проекта:

- 1) обзор источников и выбор путей решения поставленной научно-технической задачи;
 - 2) определение состава задач, которые необходимо решить для достижения цели;
 - 3) определение методов и средств для решения поставленных задач;
 - 4) уточнение исходных данных, необходимых для решения поставленных задач с использованием выбранных методов и средств;
 - 5) разработка структурных схем проектируемой системы или устройства;
 - 6) выбор элементной базы для реализации функциональных узлов;
 - 7) разработка принципиальных схем функциональных узлов;
- Описание и решение задач 1-4, как правило, является обязательным для всех курсовых работ.

Выбор задач и названия разделов должны соответствовать заданию на выполнение проекта.

Заключение

В заключении излагаются основные результаты работы. Особое внимание следует уделить сравнительной оценке технических требований задания с полученными результатами. Должны быть отмечены положительные стороны предложенных решений и их недостатки. Здесь же предлагаются рекомендации по дальнейшему усовершенствованию системотехнических, схмотехнических, программных и конструкторских решений, снижению трудоемкости операций по настройке, регулировке и контролю. Указывается научная, практическая и социальная ценность результатов работы. Приводятся предложения по внедрению разработки с оценкой технико-экономической эффективности.

Список использованных источников

Требования к содержанию и оформлению списка использованных источников приведены в [8].

Приложения

В приложениях помещают материал, дополняющий текст документа, который при включении в основную часть загромождал бы текст, например, графический материал, таблицы большого формата, промежуточные математические выкладки, листинги разработанных программ и т.п. В приложение выносят также акты о внедрении полученных результатов.

В курсовом проекте приложения оформляют как продолжение пояснительной записки на ее последующих листах. Приложения могут быть обязательными и информационными. К обязательным приложениям относятся: уменьшенные до формата А4 или А3 копии графических материалов (плакатов и чертежей), акты о внедрении результатов работы (при их наличии). Информационные приложения оформляются и включаются в пояснительную записку по выбору студента и рекомендации руководителя.

Требования к оформлению приложений приведены в [8].

3.2. Графические материалы

Графическая часть курсового проекта включает в себя плакаты, чертежи и электрические схемы.

Плакаты являются частью иллюстративного материала, который служит для пояснения содержания работы при ее защите. На плакат следует выносить информацию, которая используется в докладе для доказательства обоснованности принятых автором решений и выводов, – формулы, таблицы, диаграммы, графики, осциллограммы и т.п. По содержанию плакаты обычно повторяют отдельные материалы, помещаемые в пояснительной записке. Требования к оформлению плакатов приведены в [8].

В курсовой проект включаются, как правило, следующие виды электрических схем и чертежей:

1. Схема электрическая структурная системы или устройства.
2. Схема электрическая функциональная устройства.
3. Схемы электрические принципиальные функциональных узлов.
4. Схема электрическая структурная стенда для настройки и контроля параметров разработанного изделия.
5. Чертежи общего вида изделия.
6. Чертежи печатных плат.
7. Чертежи сборочных единиц изделия.

Для защиты курсового проекта, как правило, используется ее компьютерная презентация длительностью от 10 до 15 минут. Наличие презентации не освобождает студента от подготовки графических материалов.

4. Порядок защиты курсового проекта

Завершенный курсовой проект вместе с планом-графиком его выполнения передается студентом на кафедру за неделю до защиты для его анализа.

4.1 Допуск студента к защите курсового проекта

Принятие решения о допуске студента к защите курсового проекта осуществляется научным руководителем. Допуск студента к защите курсового проекта подтверждается подписью научного руководителя с указанием даты допуска.

Курсовой проект может быть не допущен к защите при невыполнении существенных разделов "Задания" без замены их равноценными, а также при грубых нарушениях правил оформления.

Дата защиты курсового проекта определяется кафедрой.

4.2 Защита курсового проекта

Защита курсового проекта носит публичный характер и включает доклад студента, а также его обсуждение.

Порядок защиты курсового проекта определяется выпускающей кафедрой.

В докладе студент освещает актуальность и социальную значимость темы, цель и задачи, объект и предмет проекта; раскрывает сущность проблемы и свой вклад в ее решение, характеризует итоги проведенного проекта, намечает перспективы работы над данной темой и пути внедрения результатов проекта в практическую деятельность.

Порядок обсуждения курсового проекта предусматривает: ответы студента на вопросы членов комиссии и других лиц, присутствующих на защите; выступление научного руководителя; дискуссию по защищаемому курсовому проекту.

Решение об оценке курсового проекта принимается членами комиссии по результатам анализа предъявленного курсового проекта, доклада студента и его ответов на вопросы.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

5.1 Общие рекомендации по разработке структурной схемы

Современные радиовещательные приемники в подавляющем большинстве случаев строят по супергетеродинной схеме. Все супергетеродинные приемники состоят из трех основных частей: линейного тракта, демодулятора и устройств регулировок (управления). Линейный тракт одинаков для приемников различных типов. Он состоит из преселектора (входная цепь и усилитель радиочастоты), преобразователя частоты и усилителя промежуточной частоты.

При расчете структурной схемы на основе сравнения нескольких вариантов выбирается оптимальный, т.е. наиболее выгодный, который позволяет обеспечить заданные характеристики радиоприемника при минимальной его стоимости. На этапе разработки структурной схемы требуется обеспечить минимальное число электронных приборов и максимально возможную простоту избирательных систем по тракту высокой и промежуточной частоты.

Очевидно, что минимальное число электронных приборов можно получить при использовании многофункциональных ИМС высокой степени интеграции. Например, ИМС K174XA10 обеспечивает построение всех функциональных узлов супергетеродинного приемника АМ сигналов, тракта ПЧ-ЧМ и частотного детектора приемника ЧМ сигналов и включает в себя дополнительно оконечное устройство (УЗЧ). Однако схема имеет плохую чувствительность, высокий коэффициент шума, что ограничивает ее применение. Поэтому в ряде случаев более выгодным является использование ИМС более низкой степени интеграции и дискретных полупроводниковых приборов.

При построении тракта радиочастоты необходимо стремиться к уменьшению числа перестраиваемых контуров. Это позволяет повысить технологичность приемника (за счет уменьшения количества моточных

изделий и упрощения регулировок) и упрощает использование многофункциональных ИМС, так как некоторые из них не позволяют подключения резонансного контура к интегральному УРЧ. Здесь следует максимально использовать возможности выбора оптимальных видов связи контура входной цепи с антенной и УРЧ. Хорошие результаты дает введение истокового повторителя между контуром входной цепи и входом ИМС, что позволяет наряду с повышением избирательности по зеркальному каналу на верхних частотах диапазона улучшить избирательность приемника по перекрестной помехе.

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

5.2 Выбор средств обеспечения избирательности приемника

В супергетеродинных приемниках частотная избирательность определяется в основном ослаблениями соседнего $\sigma_{ск}$ и зеркального $\sigma_{зк}$ каналов. В ДВ, СВ и УКВ диапазонах должна быть также обеспечена требуемая избирательность по промежуточной частоте $\sigma_{пчк}$. В приемниках с одинарным преобразованием частоты ослабление зеркального канала обеспечивает преселектор, ослабление соседнего канала - в основном УПЧ и частично преселектор. В то же время частотные характеристики преселектора и УПЧ должны быть такими, чтобы суммарное ослабление на краях полосы пропускания линейного тракта не превышало допустимого, определенного по формуле (1.26).

Средства обеспечения избирательности рекомендуется выбирать в следующей последовательности. Сначала обосновывается схема, число и параметры контуров преселектора, т.е. входной цепи (ВЦ) и УРЧ. Для радиовещательных приемников следует руководствоваться схемами, приведенными на рисунке 1, где К – одиночный резонансный контур, СМ – смеситель преобразователя частоты (ПЧ), АЭ – активный элемент УРЧ. Более сложные схемы не используются из конструктивных и экономических соображений.

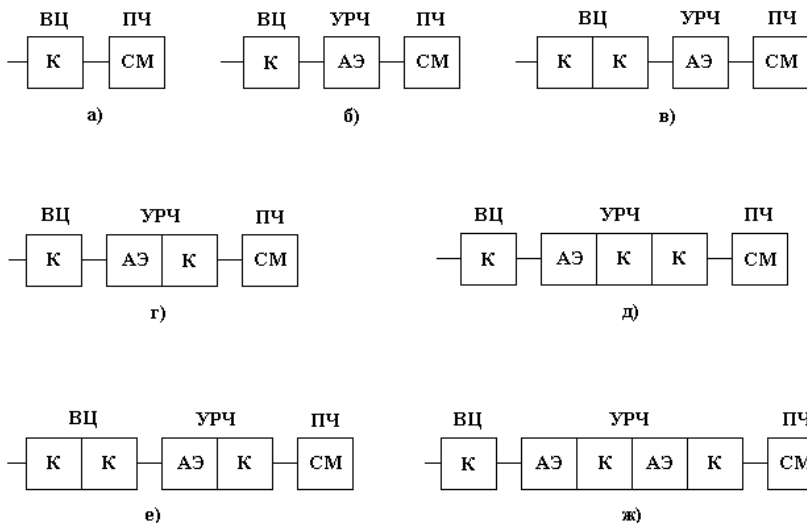


Рисунок 1 – Типовые структурные схемы преселекторов радиовещательных приемников

Избирательность по зеркальному каналу определяется в худших условиях, т.е. на максимальной частоте диапазона. При выборе начального приближения для эквивалентного затухания контуров преселектора необходимо выполнение двух неравенств:

$$d_3 \geq d_{\text{эл}}, \quad d_3 > d_{\text{ж}},$$

где $d_{\text{эл}}$ – затухание, обеспечивающее заданное ослабление на краях полосы пропускания;

$d_{\text{ж}}$ – минимально реализуемое затухание (конструктивно).

Величина $d_{\text{эл}}$ определяется по следующему выражению:

$$d_{\text{эл}} = \Pi / f_{0\text{min}} \Psi,$$

где $f_{0\text{min}}$ – минимальная частота диапазона;

Ψ – коэффициент, определяемый допустимым ослаблением на краях полосы пропускания Π .

Для преселектора с одиночными контурами

$$\Psi_{\Pi} = \sqrt[n]{\sqrt{\sigma_{\Pi\text{пр}}^2} - 1},$$

где n – число одиночных контуров преселектора.

Для двух связанных контуров

$$\Psi_c = \sqrt[4]{4q^2(\sigma_{\Pi\text{пр}}^2 - 1)},$$

где q – параметр, определяющий соотношение рабочих добротностей связанных контуров.

При критической связи между контурами на этапе предварительного расчета принимаем $q = 1$.

Избирательность по соседнему каналу обеспечивается в основном в усилителе промежуточной частоты (УПЧ). Различают УПЧ с распределенной и с сосредоточенной избирательностью.

УПЧ с распределенной избирательностью используются в основном в профессиональных приемниках.

В радиовещательных приемниках чаще применяют УПЧ с сосредоточенной избирательностью, которая обеспечивается фильтром сосредоточенной избирательности (ФСИ) или селекции (ФСС). Усиление при этом обеспечивают стоящие после ФСИ широкополосные резонансные или апериодические каскады.

Применение ФСИ позволяет уменьшить влияние разброса параметров активных элементов и их нестабильности на форму АЧХ и упростить технологию производства приемников.

5.3. Выбор средств обеспечения усиления приемника и эффективности АРУ

Для упрощения конструкции и улучшения технологичности изготовления приемника желательно использовать многофункциональную ИМС высокой и средней степени интеграции. Если такая ИМС не позволяет непосредственно реализовать заданные параметры, или для обеспечения заданных параметров в приемнике на основе этой ИМС требуется большое количество дополнительных активных элементов, то, в ряде случаев, лучшие конструкторско-технологические и эксплуатационные характеристики можно получить при использовании ИМС малой степени интеграции и дискретных усилительных приборов.

Таким образом, на первом этапе выбора средств обеспечения усиления приемника (обеспечения требуемой чувствительности) необходимо решить вопрос о целесообразности применения многофункциональной ИМС.

5.4. Разработка технологических процессов настройки и контроля параметров приемника

Настройка тракта промежуточной частоты

Для упрощения конструкции и улучшения технологичности изготовления приемника желательно использовать многофункциональную ИМС высокой и средней степени интеграции. Если такая ИМС не позволяет непосредственно реализовать заданные параметры, или для обеспечения заданных параметров в приемнике на основе этой ИМС требуется большое количество дополнительных активных элементов, то, в ряде случаев, лучшие конструкторско-технологические и эксплуатационные характеристики можно получить при использовании ИМС малой степени интеграции и дискретных усилительных приборов.

Таким образом, на первом этапе выбора средств обеспечения усиления приемника (обеспечения требуемой чувствительности) необходимо решить вопрос о целесообразности применения многофункциональной ИМС.

Настройка блока радиочастоты

Приступая к настройке контуров гетеродина, следует выяснить последовательность настройки по диапазонам. В некоторых радиоприемниках контурные катушки средневолнового диапазона являются частью катушек длинноволнового диапазона. В этом случае настройку нужно начинать со средневолнового диапазона. В большинстве радиоприемников применяют такую схему переключения диапазонов, которая обеспечивает независимую настройку каждого из них. Поэтому последовательность настройки в этом случае может быть любая.

Проверка генерации гетеродина. Перед настройкой необходимо убедиться в том, что гетеродин генерирует на частотах, соответствующих каждому диапазону. Для проверки подключают электронный вольтметр к точкам подачи напряжения гетеродина на смесительный каскад. Изменяя емкость КПЕ, необходимо убедиться, что показания вольтметра на всех диапазонах изменяются незначительно. Напряжение гетеродина, при котором преобразование частоты получается наиболее эффективным, находится в пределах 100-200 мВ на всех диапазонах. Форма напряжения, наблюдаемая на экране осциллографа, должна быть чисто синусоидальной.

Укладка диапазонов. Убедившись в нормальной работе гетеродина, переходят к укладке его диапазонов и производят это по методу двух точек. Сущность этого метода заключается в установке границы верхней частоты (начало диапазона) с помощью подстроечного конденсатора, а затем нижней частоты (конец диапазона) сердечником контурной катушки.

Сопряжение входных и гетеродинных контуров. Для получения наилучшей чувствительности и избирательности радиоприемника в диапазоне перестройки необходимо добиться точного сопряжения входных и гетеродинных контуров, т.е. сделать так, чтобы частота настройки гетеродинного контура была больше частоты настройки входного контура на значение промежуточной частоты при любом положении ручки настройки радиоприемника.

Схемы гетеродинов, применяемые в радиовещательных приемниках, обеспечивают точное сопряжение настроек входных и гетеродинных контуров в каждом диапазоне только в трех точках: на верхней, средней и нижней частотах диапазона. При этом отклонение от идеального сопряжения в остальных точках диапазона оказывается вполне допустимым. Схемы трехточечного сопряжения применяются обычно на диапазонах ДВ и СВ. В диапазонах КВ применяют двухточечное (на полурастянутых поддиапазонах) или даже одноточечное (на растянутых диапазонах) сопряжение.

Контроль диапазонов принимаемых частот (волн)

Для проведения контроля необходимы следующие измерительные приборы и вспомогательные устройства:

1. Генератор сигналов измерительный высокочастотный с амплитудной модуляцией (ГСС-АМ) с диапазоном частот $0,1 \pm 50,0$ МГц, например Г4-102.
2. Эквивалент антенны для измерения параметров приемников (кроме автомобильных) внешней антенной в диапазонах ДВ, СВ, КВ.
3. Вольтметр электронный переменного тока (ВЭТ), например В3-38.
4. Частотомер электронно-счетный (ЧЭС), например ЧЗ-34.
5. Эквивалент нагрузки (может быть встроен в исследуемое радиоприемное устройство).

Схема подключения приборов для проведения контроля приведена на рисунке 2.

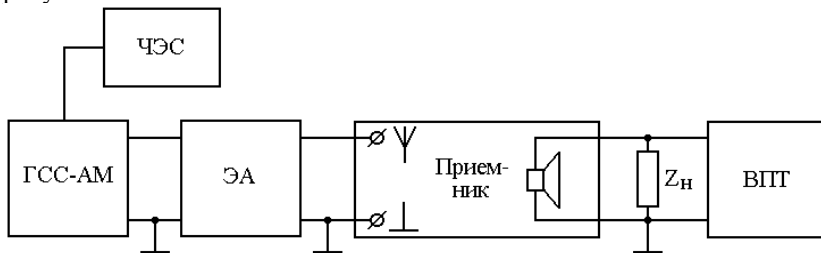


Рисунок 2 – Схема подключения приборов

Порядок выполнения контроля

1. Подключить измерительные приборы и вспомогательные устройства к исследуемому приемнику по схеме (рис. 2).

2. Условия измерения:

частота модуляции сигнала – 1000 Гц (переключатель модуляции 14-102 в положении “Внутр.”);

глубина модуляции АМ, М % – 30;

напряжение несущей частоты входного сигнала – $U_{вх} = 2U_{ном}$, где $U_{ном}$

– напряжение входного сигнала, соответствующее номинальной (паспортной) чувствительности;

регулятор ширины полосы - в положение УП (узкая полоса);

АПЧ – включена;

регулятор тембра – в среднее положение;

регулятор громкости – в положении, соответствующем максимальной выходной мощности. После первой настройки ГСС-АМ на приемник, уменьшая усиление, регулятор громкости установить в положение, соответствующее нормальной выходной.

3. Провести измерения.

Указатель частоты настройки приемника поочередно устанавливать в крайнее положение шкалы каждого диапазона и поддиапазона частот. Изменяя частоту ГСС-АМ, настроить генератор на приемник по максимуму напряжения на выходе (на акустической системе или на эквиваленте

нагрузки). Частота настройки генератора, определенная частотомером, будет соответствовать частоте границ диапазона. При настройке генератора на приемник выключением АМ или прослушиванием тока 1000 Гц убедиться, что приемник настроен на генератор, а не на внешнюю помеху.

Результаты измерения внести в таблицу, аналогичную таблице 1.

Таблица 1 – Диапазон принимаемых волн

Модель приемника	Диапазон, поддиапазон	Граничные частоты, МГц		Граничные длины волн, м	
		Номинальные	реальные	номинальные	реальные
	ДВ СВ КВ/1 КВ/2 КВ/3				

Контроль чувствительности приемника

Стенд для контроля характеристик чувствительности содержит следующие устройства и приборы:

1. Генератор сигналов измерительный высокочастотный с непрерывной генерацией синусоидального напряжения, внутренней и внешней амплитудной модуляцией (АМ), синусоидальным напряжением, а также регулируемым затуханием выходного напряжения для формирования стандартных входных уровней радиоприемника.

2. Вольтметр электронный переменного тока, измеряющий средние квадратические значения напряжения произвольной формы с погрешностью измерения не более 4 %.

3. Эквиваленты антенн и нагрузок.

Схемы и параметры эквивалентов антенн соответствуют требованиям ГОСТ 9783-88 и приведены ниже.

Эквивалент внешней антенны длиной 10 м для измерения параметров радиоприемников (кроме автомобильных) в диапазоне частот от 0,1 до 30,0 МГц. Электрическая схема этого эквивалента приведена на рисунке 3.

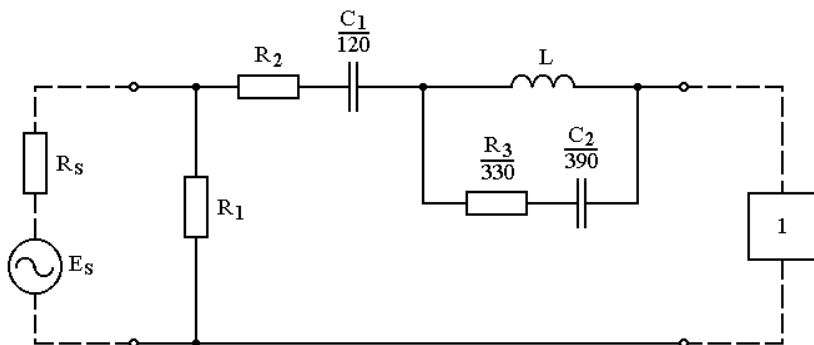


Рисунок 3 – Эквивалент наружной антенны в диапазоне ДВ, СВ и КВ: 1 – радиоприемник; E_s – ЭДС источника; R_s – номинальное выходное сопротивление источника; R_1 – резистор сопротивлением, равным номинальному выходному сопротивлению источника; R_2 – резистор сопротивлением, определяемым из условия $R_2 = (80 - R_s/2)$ Ом; L – катушка индуктивностью, равной 22 мкГ (добротность не менее 15 при 1 МГц).

Эквивалент автомобильной антенны для проверки приемника в диапазонах ДВ и СВ. Электрическая схема этого эквивалента приведена на рисунке 4.

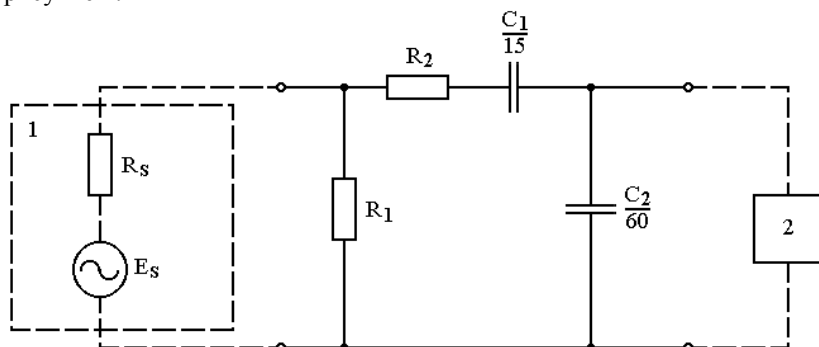


Рисунок 4 – Эквивалент автомобильной антенны в диапазонах ДВ, СВ и КВ: 1 – генератор ГСС с амплитудной модуляцией; R_1 – резистор, сопротивление которого равно сопротивлению нагрузки генератора; R_2 – резистор, сопротивление которого определяется из условия $R_2 = (80 - R_s/2)$ Ом; C_1 – последовательная емкость питания антенны (15 пФ); C_2 – параллельная емкость антенны (60 пФ); 2 – приемник.

Эквивалент штыревой антенны для измерения параметров радиоприемников (кроме автомобильных) в диапазоне частот от 4 до 30 МГц. Электрическая схема этого эквивалента приведена на рисунке 5.

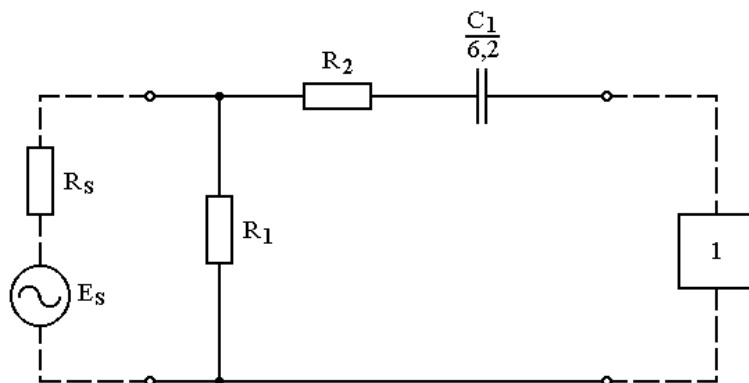


Рисунок 5 – Эквивалент штыревой антенны в диапазоне КВ:
 1 – радиоприемник; E_s – ЭДС источника; R_s – номинальное выходное сопротивление источника; R_1 – резистор сопротивлением, равным номинальному выходному сопротивлению источника; R_2 – резистор сопротивлением, определяемым из условия $R_2 = (80 - R_s/2)$ Ом.

Для измерения параметров приемников с магнитной антенной используется генератор стандартного электромагнитного поля.

Генератор поля состоит из экранированной рамочной антенны, выполненной из трех витков медного изолированного провода диаметром 0,8 мм. Витки помещают в медную трубку диаметром 10...12 мм, которая согнута в виде кольца со средним диаметром 250 мм и имеет зазор от 5 до 10 мм. Индуктивность экранированной рамочной антенны приблизительно 7,5 мкГн.

Эквивалент нагрузки радиоприемника – резистор с активным сопротивлением, равным номинальному значению модуля полного электрического сопротивления нагрузки с допускаемым отклонением $\pm 5\%$.

Контроль чувствительности по напряжению со входа внешней антенны в диапазонах ДВ, СВ, КВ

Подключить измерительные приборы к исследуемому приемнику согласно схеме (рис. 6).

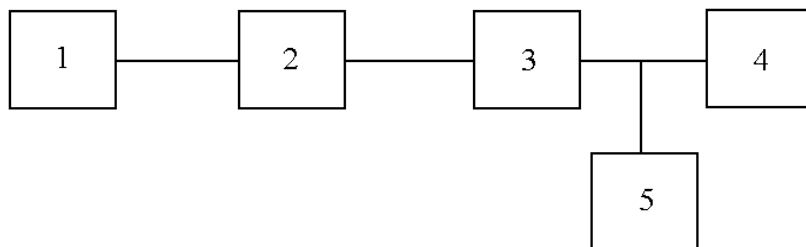


Рисунок 6 – Схема подключения приборов для контроля чувствительности по напряжению со входа для внешней антенны: 1 – генератор сигналов

измерительный высокочастотный с амплитудной модуляцией; 2 – эквивалент антенны; 3 – радиоприемник; 4 – эквивалент нагрузки; 5 – вольтметр электронный переменного тока.

Чувствительность радиовещательных приемников рекомендуется измерять на частотах, указанных в таблице 2 или на частотах, указанных в НТД.

Таблица 2 – Частоты, рекомендованные для контроля

Диапазон	ДВ	СВ	КВ			
			49 м	41 м	31 м	25 м
Частоты, МГц	0,160	0,560	6,10	7,2	9,6	11,8
	0,200	1,000				
	0,250	1,400				

Контроль производить в следующей последовательности:

- регулятор громкости установить в положение максимального усиления;
- регуляторы тембра установить в положения, обеспечивающие получение наиболее равномерной частотной характеристики;
- регулятор ширины полосы пропускания (при его наличии) в положение ШП (широкая полоса);
- подать на вход приемника через эквивалент антенны сигнал, модулированный частотой 1000 Гц, с глубиной модуляции 0,3 и уровнем, равным номинальной (паспортной) чувствительности приемника в данном диапазоне;
- настроить приемник на частоту подаваемого сигнала по максимальному напряжению на низкочастотном выходе радиоприемника;
- регулятором громкости установить уровень выходного напряжения радиоприемника, равный $U_{\text{вых ст}}$ (если иное не указано в НТД на приемник). Величину этого напряжения определить по формуле

$$U_{\text{вых ст}} = \sqrt{P_{\text{вых ст}} R_{\text{н}}},$$

где $P_{\text{вых ст}}$ – стандартная выходная мощность;

$R_{\text{н}}$ – модуль полного электрического сопротивления нагрузки (акустической системы);

$P_{\text{вых ст}} = 0,05$ Вт для приемников с $P_{\text{ном}} > 150$ мВт;

$P_{\text{вых ст}} = 0,005$ Вт для приемников с $P_{\text{ном}} \leq 150$ мВт.

Для проверки отношения сигнал/шум выключить модуляцию высокочастотного сигнала. Если при этом уровень шума (напряжения на низкочастотном выходе радиоприемника) не менее, чем на 20 дБ (в 10 раз) меньше напряжения модуляции, чувствительность приемника, ограниченная шумами, соответствует требованиям НТД.

Контроль чувствительности по напряженности поля для внутренней (магнитной) антенны в диапазонах ДВ и СВ

Подключить измерительные приборы к исследуемому приемнику согласно схеме (рис. 7).

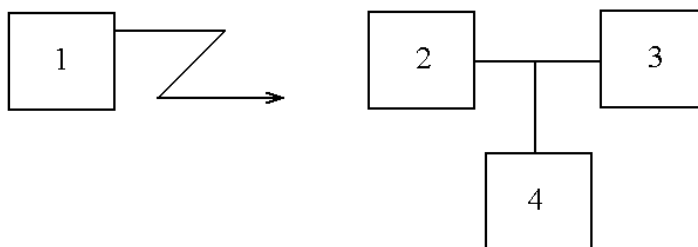


Рисунок 7 – Схема подключения приборов для измерения чувствительности поля для внутренней (магнитной) антенны: 1 – генератор поля; 2 – испытуемый приемник; 3 – эквивалент нагрузки; 4 – вольтметр электронный переменного тока.

Магнитная антенна приемника устанавливается относительно генератора поля в соответствии с рис. 2.9, напряженность электрического поля выставляется в соответствии с НТД на приемник по формуле

$$E_1 = 30SE_S N / l_1^2 (R_S + R),$$

где E_S – ЭДС генератора ГСВ, мкВ;

S – площадь экранированной рамочной антенны, рассчитанная по ее среднему диаметру, m^2 ;

N – число витков экранированной антенны;

l_1 – расстояние от выбранного положения до центра экранированной рамочной антенны, м;

R_S – выходное сопротивление генератора ГСВ, Ом;

R – сопротивление у основания экранированной рамочной антенны, Ом.

Подать на вход приемника сигнал с напряженностью поля, равной номинальной (паспортной) чувствительности. В остальном методика контроля чувствительности по полю не отличается от контроля чувствительности по напряжению.

Контроль избирательности приемника

Структурная схема включения приборов при измерении избирательности приведена на рисунке 8.

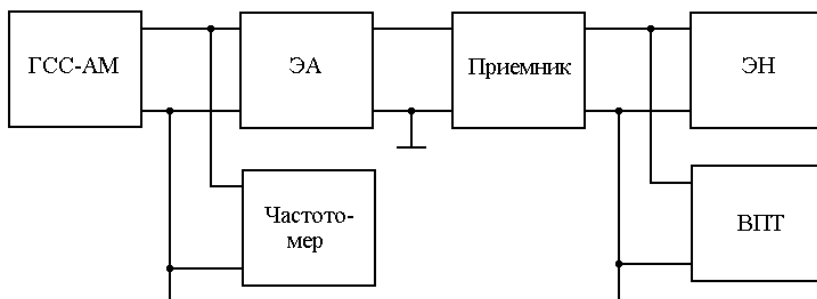


Рисунок 8 – Схема подключения приборов для измерения односигнальной избирательности тракта АМ сигналов: ГСС-АМ – генератор сигналов синусоидальных с амплитудной модуляцией; ЭА – эквивалент антенны; ЭН – эквивалент нагрузки; ВПТ – вольтметр переменного тока.

Снятие характеристик избирательности по соседнему каналу односигнальным методом

Подключить приборы к исследуемому приемнику в соответствии со схемой (рис. 8). Подать на вход исследуемого приемника сигнал амплитудой, соответствующей паспортной чувствительности приемника. Частота сигналов указана в НТД, глубина модуляции $m = 30\%(0,3)$, частота модуляции $f_m = 1000$ Гц.

Регулятор громкости приемника вывести в положение максимального усиления. Регулятор полосы пропускания - в положение “УП”. Регуляторы тембра - в среднее положение.

Ручкой настройки приемника по максимуму выходного напряжения на милливольтметре настроиться на частоту генератора. Регулятором громкости приемника установить на выходе напряжение, соответствующее стандартной (испытательной) мощности приемника.

$$U_{ст} = \sqrt{P_{ст} \cdot R_n},$$

где R_n – сопротивление эквивалента нагрузки (громкоговорителя).

Не изменяя частоты настройки приемника, перестроить генератор на частоту помехи по соседнему каналу (для ДВ и СВ диапазонов $\Delta f_{п} = \pm 9$ кГц, для КВ диапазонов $\Delta f_{п} = \pm 5$ кГц). Величину выходного напряжения генератора (то есть, напряжение сигнала) увеличить до получения на выходе приемника $U_{ст}$.

Ослабление помехи по соседнему каналу:

$$\sigma_{ск} = 20 \lg \frac{U_{вх} \Delta f_{п}}{U_{вх0}},$$

где $U_{вх0}$ – выходное напряжение генератора на точной настройке на приемник;

$U_{\text{вх}}\Delta f_{\text{п}}$ – выходное напряжение генератора при расстройках ± 9 кГц (± 5 кГц) от частоты настройки приемника.

Наихудшее значение $\sigma_{\text{ск}}$ должно превышать $\sigma_{\text{ск}}$, заданное в НТД.

Снятие характеристик избирательности по зеркальному каналу приема односигнальным методом

Не изменяя частоты настройки приемника, перестроить ГСС-АМ на частоту зеркальной помехи:

$$f_{\text{зк}} = f_0 + 2f_{\text{пр0}}.$$

Уровень сигнала с ГСС-АМ увеличивать до максимального возможного значения (0,5 В). Если при этом милливольтметр не зафиксирует наличия сигнала на выходе приемника или он мал, то медленно подстраивать ГСС-АМ в области меньших и больших частот до получения максимального напряжения на милливольтметре.

После настройки на зеркальный канал приема изменять уровень входного сигнала до получения на выходе приемника напряжения, соответствующего стандартной выходной мощности, отмечая при этом частоту и уровень входного сигнала (выходное напряжение с ГСС-АМ).

Ослабление помехи по зеркальному каналу:

$$\sigma_{\text{зк}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вхзк}}}{U_{\text{вх0}}},$$

где $U_{\text{вхзк}}$ – выходное напряжение генератора, настроенного на зеркальный канал.

Полученное значение $\sigma_{\text{зк}}$ должно превышать $\sigma_{\text{зк}}$, заданное в НТД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосовский Е.А. Устройства приема и преобразования сигналов: учебное пособие для вузов / Е.А. Колосовский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 456 с.: ил.
2. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: учебник / К.Е. Румянцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. -368 с.
3. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: сб. задач и упражнений / К.Е. Румянцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.-336 с.
4. Королев А.Л. Компьютерное проектирование / А.Л. Королев. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 232 с.
5. Марченко А.Л. Основы преобразования информационных сигналов / А.Л. Марченко, Е.А. Марченко. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 290 с.
6. Фомин Н.Н. Радиоприемные устройства / Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, О.В. Головин и др.; под редакцией Н.Н. Фомина. – 3-е издание, стереотип. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 520 с.; ил.

Дополнительная литература

7. СТО 1.112-2009 Итоговая государственная аттестация выпускников высшего профессионального образования
8. СТП 1.005-2007 Общие требования к оформлению текстовой части выпускных квалификационных работ, курсовых работ, рефератов. Структура и правила оформления: стандарты – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2009

Полнотекстовые базы данных

Полнотекстовые базы данных, библиотека ВГУЭС URL:
<http://lib.vvsu.ru>

Интернет-ресурсы

Библиотека стандартов ГОСТ URL: <http://www.gost.ru>
Библиотека изобретений, патентов, товарных знаков РФ URL:
<http://www.fips.ru>