

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ БАКАЛАВРИАТА**

*Учебное текстовое электронное издание
локального распространения*

Омск
Издательство ОмГТУ
2017

Составители: *В. А. Аржанов*, к.т.н., профессор кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики»;

С. В. Иванова, старший преподаватель кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики»;

А. И. Одинец, к.т.н., доцент кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики»;

И. В. Хоменко, к.т.н., доцент кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики»

Курсовое проектирование для обучающихся по образовательным программам бакалавриата : метод. указания / Минобрнауки России, ОмГТУ ; [сост.: *В. А. Аржанов* и др.]. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017.

В методических указаниях изложены основные требования к структуре и методике выполнения курсового проекта (работы), рассмотрены вопросы, касающиеся содержания пояснительной записки, графической части, проектирования и защиты выполненной работы.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям: 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», 12.03.01 «Приборостроение».

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Омского государственного технического университета*

1 электронный оптический диск

Оригинал-макет издания выполнен в Microsoft Office Word 2007/2010 с использованием возможностей Adobe Acrobat Reader.

Минимальные системные требования:

- процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;
- оперативная память 256 Мб и более;
- свободное место на жестком диске 260 Мб и более;
- операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10;
- разрешение экрана 1024×768 и выше;
- акустическая система не требуется;
- дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Редактор *Е. В. Осикина*
Компьютерная верстка *О. Г. Белименко*

Сводный темплан 2017 г.
Подписано к использованию 30.03.17.
Объем 652 Кб.

Издательство ОмГТУ.
644050, г. Омск, пр. Мира, 11; т. 23-02-12
Эл. почта: info@omgtu.ru

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящие методические указания определяют порядок организации, выполнения и защиты курсового проекта (работы).

В методических указаниях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

– Положение Омского государственного технического университета (П ОмГТУ 71.08 – 2015) «О текущем контроле и промежуточной аттестации студентов»;

– Положение Омского государственного технического университета (П ОмГТУ 61.24 – 2016) «Об электронной информационно-образовательной среде университета».

Определим понятия курсового проекта (работы).

Курсовой проект (КП) – самостоятельная работа студента, основными задачами и содержанием которой являются: решение конструкторских и (или) технологических задач, проведение инженерных расчетов, составление технико-экономического обоснования принимаемых решений, оформление графической части проекта, а также подготовка к творческому осуществлению конкретных проектов и выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовая работа (КР) – самостоятельная работа студента, основными задачами и содержанием которой являются исследования, проводимые под руководством преподавателя. Представляет собой разработку конкретной темы учебной дисциплины небольшого объема с элементами научного анализа, отражающую приобретенные обучающимся теоретические знания и практические навыки, умение работать с литературой, анализировать источники, делать обоснованные выводы.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

2.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цель курсового проекта (работы) – научить студентов применять полученные теоретические знания и выработать у них навыки самостоятельной работы для выполнения практических, исследовательских, расчетно-аналитических, программных и проектных заданий на основе знаний фундаментальных, общепрофессиональных, гуманитарных и специальных дисциплин.

Подготовка курсовых проектов (работ) развивает и закрепляет навыки глубокого и всестороннего творческого анализа научной, справочной и методической литературы по проблематике определенной учебной дисциплины, а также вырабатывает умение логично, убедительно и аргументированно излагать материал, четко формулировать теоретические выводы, делать обобщения и давать практические рекомендации. Курсовой проект (работа) требует от студентов знаний основ методологии исследований, творческого мышления, логики, формулирования личной позиции, прилежания и профессионализма.

Задачами курсового проектирования являются:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по дисциплинам специальности (направления);
- применение полученных знаний для решения конкретных профессиональных задач;
- развитие навыков самостоятельной работы, овладение методами, методиками и общими принципами исследования;
- выявление степени подготовленности студентов к самостоятельной работе;
- формирование умения логично и грамотно излагать результаты исследования.

2.2. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Тематика КП (КР) должна соответствовать содержанию учебной дисциплины, целям направления основной образовательной программы, уровню подготовки студента, требованиям государственных образова-

тельных стандартов к содержанию учебных дисциплин, увязываться с потребностями промышленных предприятий, науки и сфер будущей трудовой деятельности.

Одним из основных требований к теме курсового проекта (работы) является ее комплексность, т. е. решение взаимосвязанных задач, относящихся к одному и тому же объекту. Вместе с тем один из частных вопросов темы разрабатывается более подробно. Тема должна быть актуальной.

Темы курсовых проектов (работ) предлагаются и утверждаются преподавателями, ведущими дисциплины, по которым учебными планами предусмотрены курсовые проекты (работы).

Студент может предложить свою тему курсового проекта (работы) с обязательным обоснованием целесообразности ее разработки, при условии что она отражает цели и задачи изучения данной дисциплины.

Изменение темы допускается в исключительных случаях по обоснованному ходатайству самого студента или по инициативе руководителя.

Курсовой проект (работа) по произвольной или не согласованной руководителем теме не принимается, и студент к защите не допускается.

2.3. ПОРЯДОК И СРОКИ ВЫДАЧИ ЗАДАНИЙ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Техническое задание на проектирование, выдаваемое руководителем студенту, является исходным документом для разработки курсового проекта (работы).

График выполнения устанавливается кафедрой в соответствии с учебным планом. Студент обязан в двухнедельный срок после начала семестра получить задание на проектирование.

В задании на проектирование четко формулируется название темы проекта (работы), указываются характеристики, определяющие объем и содержание (перечень вопросов, подлежащих разработке в пояснительной записке, и перечень графических материалов). Задание оформляется на специальном бланке в соответствии с приложением А, подписывается руководителем курсового проектирования, заведующим кафедрой и студентом.

Задание должно предусматривать необходимость учета в курсовых проектах (работах) технических, технологических, экономических, эколо-

гических аспектов, вопросов безопасности труда (или выборочно из приведенного перечня) применительно к проектируемому объекту.

На младших курсах, где проекты (работы) по общепрофессиональным дисциплинам выполняет одновременно большое число студентов, допускается выполнение заданий, близких по содержанию, но различающихся исходными числовыми данными.

Групповые задания предусматривают совместное выполнение проекта несколькими студентами. Подобные задания формируют у обучающихся навыки работы в команде. В этом случае каждому студенту должен быть четко очерчен круг его задач без снижения уровня общих требований.

Допускаются «сквозные» задания, которые студент выполняет в течение двух и более семестров по нескольким, следующим друг за другом, дисциплинам и которые могут входить в состав задания на выполнение выпускной квалификационной работы.

2.4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Курсовые проекты и работы оформляются по общим правилам, состоят из пояснительной записки и графической части, но различаются набором требований, предъявляемых к объему и содержанию. Содержание курсового проекта (работы) зависит от дисциплины и направления.

Курсовой проект должен выполняться на основе глубокого изучения литературы по вопросам, рассматриваемым в проекте, и опыта передовых предприятий, если таковой получен студентом в ходе прохождения практики.

В каждом курсовом проекте должна быть разработана основная тема в соответствии с заданием на курсовое проектирование, а также другие вопросы, связанные со специальностью, например, вопросы технологии и автоматизации производства, стандартизации, научной организации труда, управления и т. п.

Курсовая работа, как правило, представляет собой первый этап научно-исследовательской работы. По своему содержанию это теоретическое, экспериментальное исследование или опытно-конструкторская разработка.

Итогом курсовой работы может быть:

- а) внедрение результатов исследования в производство или в учебный процесс;
- б) научная статья, опубликованная или переданная в издательство для опубликования;
- в) отчет о научно-исследовательской работе, представленный на конкурс студенческих работ;
- г) макет устройства, пакет прикладной программы;
- д) подготовка заявки на патент и т. п.

Курсовой проект без практического исполнения должен состоять из пояснительной записки, графической части и действующего образца (макета) разработанного устройства. К проекту могут быть приложены фотографии, плакаты, распечатки с ЭВМ и другие материалы, подготовленные студентом в процессе курсового проектирования.

Объем курсового проекта (работы) по трудоемкости должен соответствовать отведенному учебным планом на эту работу времени и включать:

- а) пояснительную записку объемом в 25–40 страниц машинописного текста без учета приложений;
- б) не менее 2 листов формата А1 графических разработок, в зависимости от сложности, масштаба, а также с учетом затрат времени на макетирование и др. работы.

Содержание пояснительной записки и графической части курсового проекта (работы) может варьироваться в зависимости от темы и специальности.

В пояснительной записке раскрывается творческий замысел студента, формулируются задачи и методы исследования, приводятся необходимые расчеты, технические обоснования принятых решений, описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы.

Рекомендуемый объем пояснительной записки к курсовому проекту (работе):

- | | |
|--|------|
| 1. Введение | 10 % |
| 2. Основная часть..... | 60 % |
| 3. Заключение | 10 % |
| 4. Библиографический список..... | 10 % |
| 5. Приложение (при необходимости)..... | 10 % |

Состав пояснительной записки

Пояснительная записка должна включать:

- титульный лист;
- задание;
- аннотацию;
- оглавление;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения (при необходимости).

2.5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ И ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Оформление текстовых документов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105 или ГОСТ 7.32, а графического материала – ЕСКД.

Титульный лист печатается в соответствии с приложением А. На титульном листе пояснительной записки и чертежах курсового проекта (работы) должен быть шифр:

КП (КР) – 2068999 – && – @@ – 00.00.000. \$\$,

где 2068999 – шифр ОмГТУ;

&& – шифр кафедры;

@@ – порядковый номер студента в списке группы;

00.00.000 – сборочные комплексы, сборочные единицы, детали;

\$\$ – вид чертежа или пояснительной записки.

Текст набирается и редактируется в текстовом редакторе. Текстовая часть печатается на белой бумаге формата А4, шрифт Times New Roman, высотой 14 пунктов, через 1,5 интервала.

Размеры полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм. Абзацы текста начинаются стандартным отступом (1,27 мм). Страницы нумеруются внизу по центру. При нумерации титульный лист считается первой страницей, но номер на нем не ставится.

Иллюстрации выполняются в соответствии с требованиями стандартов и располагаются после ссылок на них.

Пояснительная записка должна быть написана деловым языком, мысли изложены точно и кратко, без орфографических и синтаксических ошибок.

В записку не следует включать общеизвестные положения, определения из учебников и книг, переписывать стандарты, заводские нормалы и т. д.

Не допускается сокращение слов в тексте, за исключением общепринятых.

Однотипные и многократно повторяющиеся расчеты в записке приводятся только один раз, а результаты расчетов сводятся в таблицы. Для всех вычисленных величин должны быть приведены размерности.

Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003.

Дополнительный материал может быть оформлен в виде приложений, расположенных в порядке ссылок на них в тексте работы и оформленных как продолжение пояснительной записки либо в виде самостоятельного документа.

Оглавление включает наименование всех разделов, подразделов и приложения с указанием номеров страниц, на которых они начинаются.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Руководитель курсового проекта (работы) назначается заведующим кафедрой. Он обеспечивает разработку задания (приложение Б) по выбранной студентом теме, осуществляет методическое и научное руководство, проводит индивидуальные консультации по составленному совместно со студентом графику и групповые консультации в соответствии с расписанием.

Обязанности заведующего кафедрой:

В процессе организации курсового проектирования и курсовой работы заведующий кафедрой обязан:

- разработать и иметь в пакете своих учебно-методических материалов методические указания к курсовым проектам (работам), соответствующие требованиям настоящих методических указаний;
- обеспечивать заблаговременную подготовку и утверждение кафедрой тем и заданий, а также их выдачу студентам в течение первых двух недель семестра, в котором выполняется проект (работа);
- предоставлять студентам право выбора любой из предложенных кафедрой тем;
- назначать и заносить в расписание кафедры часы консультаций по курсовым проектам (работам);
- контролировать своевременность выдачи студентам заданий на курсовые проекты (работы), качество оказываемых студентам консультаций и руководства курсовыми проектами (работами);
- не менее трех раз за семестр рассматривать на заседании кафедры вопрос о ходе выполнения курсовых проектов (работ).

Роль руководителя проекта (работы):

- проводит в группе практические занятия по дисциплине, на которых кроме основного программного материала обсуждаются общие вопросы, связанные с методикой выполнения курсового проекта (курсовой работы);
- помогает индивидуально каждому студенту в выборе тем;
- формулирует и подписывает задание;

– рассматривает и корректирует план работы над курсовым проектом (работой);

– предлагает список рекомендуемой литературы, консультирует студентов в индивидуальном порядке в соответствии с утвержденным кафедрой расписанием консультаций;

– на заседаниях кафедры докладывает о ходе выполнения работ.

Для совместной работы студента с преподавателем над курсовыми проектами выделяются часы. Проводятся как групповые, так и индивидуальные консультации, на которых даются конкретные указания по устранению встретившихся затруднений с показом решений типовых примеров, анализируются часто встречающиеся ошибки. Индивидуальные консультации должны проводиться регулярно для всех студентов в соответствии с графиком.

Руководитель во время консультации по курсовому проектированию помогает студенту развивать навыки самостоятельной работы. Он не дает готовых решений или советов, а путем наводящих вопросов и указаний на дополнительную литературу помогает студенту понять допущенные им ошибки, найти правильный путь к решению проблемы. Руководитель курсового проектирования стремиться к развитию творческих навыков у студента при выполнении им курсового проекта (работы). В ходе работы над проектом руководитель как оппонент указывает студенту на недостатки аргументации, композиции, стиля и т. д. и рекомендует, как их лучше устранить. На консультациях руководитель, кроме проверки знаний студента, контролирует его прилежание, своевременность и качество выполнения работы. Оценка знания студентом основных положений курса, умения их применять, обосновывать решения, отношения к работе, самостоятельности ее выполнения производится руководителем на протяжении всего периода работы студента.

Следует иметь в виду, что руководитель не является ни соавтором, ни редактором курсового проекта (курсовой работы). Поэтому студент не должен рассчитывать на то, что руководитель будет исправлять лично теоретические, стилистические и другие ошибки. Он лишь укажет на них (письменно или устно) и посоветует, как исправить.

Рецензирование курсового проекта (работы)

Курсовой проект перед сдачей руководителю на проверку должен быть подписан студентом. После получения окончательного варианта курсового проекта (работы) руководитель выступает в качестве эксперта. Он проверяет работу и подписывает ее. При этом руководителем дается рецензия (приложение В), в которой оцениваются соответствие предъявляемым требованиям, содержание и структура, теоретическая и практическая значимость выводов и предложений.

Студенту следует уделить особое внимание анализу отмеченных в рецензии недостатков и методическим советам руководителя по их устранению.

В рецензии указываются возможная (предварительная) оценка согласно традиционной системе и количество баллов рейтинговой системы за выполнение и подготовку к защите КП (КР). Предварительная оценка КП (КР) может измениться в ту или иную сторону в зависимости от результатов защиты.

Защита курсовых проектов (работ)

Защита курсового проекта (работы) является особой формой проверки выполнения задания. Студенту необходимо подготовиться к всестороннему обоснованию предложенных им технических решений.

Защита проекта (работы) проводится на заседании комиссии кафедры в составе 2–3 человек. Публичная защита позволяет ознакомить членов комиссии с представленной работой, а также выработать единообразные требования к проектам у руководителей проектирования.

Защита состоит из доклада студента по существу проекта (4–6 минут) и ответов на вопросы членов комиссии.

По итогам защиты курсового проекта (работы) выставляется дифференцированный зачет («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Критерии оценки качества выполнения и защиты курсового проекта (работы) устанавливает кафедра и доводит их до сведения студентов. Процедура оформления результатов защиты курсового проекта (работы) изложена в действующих положениях о текущем контроле и промежуточной аттестации (П ОмГТУ 71.08).

Порядок учета и хранения курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты (работы) хранятся на кафедрах в течение двух лет, после чего списываются по акту и уничтожаются.

Курсовые проекты (работы) принимаются на хранение лицом, ответственным за делопроизводство кафедры, от преподавателя, ведущего учебную дисциплину, или руководителя проекта (работы) в двухнедельный срок после защиты.

Курсовые проекты (работы) хранятся в недоступном для посторонних лиц месте – в шкафу, сейфе и т. д., закрытом на ключ.

Порядок списания и уничтожения курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты (работы) по истечении сроков хранения подлежат уничтожению.

Списание курсового проекта (работы) производится по акту, который согласовывается экспертной комиссией структурного подразделения. Заседания экспертных комиссий протоколируются.

Ответственность за хранение и своевременное списание курсовых проектов (работ), находящихся на кафедре, несет заведующий кафедрой.

4. ОСОБЕННОСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА КАФЕДРЕ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ»

Рассмотрим особенности курсового проектирования на примере дисциплин «Устройства приема и обработки сигналов» (УП и ОС) и «Устройства генерирования и формирования сигналов» (УГФС).

4.1. Цель курсового проектирования по дисциплине УП и ОС

Курсовой проект завершает один из этапов схемотехнической подготовки студентов, его целью является закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельного расчета конкретного радиотехнического устройства (РТУ). Методика выполнения курсового проекта предусматривает выбор и обоснование структурной схемы с расчетом схемы электрической принципиальной, основных параметров отдельных блоков и устройства в целом.

При разработке РТУ необходимо главное внимание уделять применению современной элементной базы (аналоговых и цифровых интегральных микросхем), проведению расчетов с использованием ЭВМ и методов автоматизированного проектирования.

4.2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Предметом курсового проектирования по дисциплине УП и ОС являются радиотехнические устройства различного назначения. Профессиональные РТУ по видам работ подразделяются на низовые, магистральные и РТУ космической связи, служат для формирования и приема следующих сигналов:

- А1 – телеграфия при амплитудной манипуляции;
- А2 – тональная телеграфия при амплитудной манипуляции;
- А3 – телефония при амплитудной модуляции;
- А3А – телефония при однополосной модуляции с ослабленной несущей;
- А3В – телефония при однополосной модуляции (с ослабленной или подавленной несущей) по двум независимым боковым полосам;

- АЗН – телефония при однополосной модуляции с полной несущей;
- АЗJ – телефония при однополосной модуляции с подавленной несущей;
- А4А (В, Н, J) – фототелеграфия при амплитудной модуляции поднесущей в однополосном канале;
- А7А (В, Н, J) – многоканальная тональная телеграфия в однополосном канале;
- А6В – комбинация телефонии и многоканальной тональной телеграфии по двум независимым полосам;
- F1 – телеграфия при частотной (или фазовой) манипуляции;
- F3 – телефония при частотной модуляции;
- F4 – фототелеграфия при частотой модуляции поднесущей в однополосном канале;
- F6 – двойная телеграфия при частотной манипуляции.

Данные сигналы формируются передающими устройствами.

По диапазонам рабочих волн РТУ делятся на:

- мириаметровых волн (100–10 км),
- километровых (10–1 км),
- гектометровых (1000–100 м),
- декаметровых (100–10 м),
- метровых (10–1 м),
- дециметровых (100–10 см),
- сантиметровых (10–1 см),
- миллиметровых (10–1 мм),
- децимиллиметровых (1–0,1 мм) и т. д.

Профессиональные РТУ классифицируются:

- по способу изменения частоты принимаемого сигнала выделенного РТУ: с плавной настройкой, с фиксированной, дискретной, комбинированной настройками;
- по месту установки: стационарные, передвижные, самолетные, корабельные, автомобильные и т. д.;

Бытовые РТУ подразделяются:

- по назначению – на монофонические, стереофонические, квадрофонические;
- по виду модуляции – на АМ, и ЧМ;

- по диапазону принимаемых волн – на длинноволновые, средневолновые, коротковолновые, УКВ, всеволновые;
- по способу питания – с автономным, сетевым и универсальным питанием.

Проектирование РТУ каждого типа может служить темой для курсового проекта (работы).

4.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Задание на курсовой проект составляется руководителем и выдается студенту индивидуально в сроки, установленные учебным планом. Все необходимые исходные данные оформляются на типовом бланке, подписываются руководителем и студентом. На бланке указывается срок представления готового проекта.

В пункте «Исходные данные» задания на проектирование РТУ в общем случае указываются:

- назначение;
- виды работы;
- диапазон рабочих частот;
- способ перестройки;
- интервал дискретности;
- время перестройки;
- погрешность установки частоты;
- относительное изменение настройки частоты;
- чувствительность, которая может задаваться наименьшими значениями электродвижущей силы, мощности или удельной мощности;
- односигнальная избирательность:
 - по соседнему каналу;
 - по зеркальному каналу;
 - по промежуточной частоте;
 - по комбинационным каналам приема;
- многосигнальная избирательность:
 - по блокированию;
 - по перекрестной модуляции;

- по взаимной модуляции;
- по динамическому диапазону;
- характеристики частотных трактов и выходов:
 - вид оконечного устройства;
 - амплитудно-частотная характеристика;
 - фазочастотная характеристика;
 - нелинейные искажения;
 - искажения, вызываемые внутренними помехами;
- характеристики ручных и автоматических регулировок:
 - ручная регулировка усиления;
 - автоматическая регулировка усиления;
 - регулировка полосы пропускания;
 - автоматическая подстройка частоты;
 - автоматическая перестройка по частоте;
- типы и параметры антенн и их эквивалентов;
- электропитание;
- требования к конструкции, габаритам и массе.

Пункт «Содержание пояснительной записки» содержит в общем случае:

- анализ задания руководителя;
- обзор научно-технической и патентной литературы с анализом состояния вопроса по теме курсового проекта;
- выбор и обоснование структурной схемы проектируемого устройства;
- электрический расчет блоков проектируемого РТУ, их перечень;
- выбор элементной базы с обоснованием конструкции разработанных блоков;
- заключение.

В пункте «Графическая часть» приводится перечень чертежей, которые должен выполнить студент в ходе курсового проектирования, обязательными являются:

- структурная схема разработанного РТУ;
- схемы электрические принципиальные рассчитанных блоков;
- чертеж общего вида разработанных блоков.

4.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Процесс курсового проектирования в общем случае включает выполнение следующих видов работ:

- анализ и уточнение требований технического задания;
- подбор научно-технической и патентной литературы с целью определения уровня технических достижений в данной области и выбора направления работы;
- разработку возможных вариантов структурной схемы РТУ и выбор оптимальной структуры, наиболее полно отвечающей заданным требованиям;
- проведение необходимых расчетов структурной схемы;
- выполнение расчетов электрической принципиальной схемы узлов;
- выбор и обоснование конструкции указанных блоков (по необходимости);
- составление пояснительной записки;
- оформление необходимой графической документации;
- предоставление пояснительной записки на проверку руководителю проектирования не позднее чем за 5–7 дней до назначенной даты защиты;
- защиту курсового проекта.

После получения на первом занятии задания студент должен внимательно с ним ознакомиться, уяснить поставленную задачу. Все недостающие исходные данные необходимо получить либо расчетным путем, либо из нормативной или справочной литературы. После этого каждым студентом (не позднее второго занятия) составляется план-график выполнения курсового проекта, который в общем случае включает пять этапов:

- 1) подбор и анализ научно-технической литературы;
- 2) выбор, обоснование структурной схемы устройства;
- 3) расчет структурной схемы;
- 4) электрический расчет указанных узлов, выбор и обоснование конструкции;
- 5) оформление текстовой и графической документации.

Занятия по курсовому проектированию проводятся в виде индивидуальных консультаций вне сетки основного расписания. Явка на консультации, а также ход выполнения курсовой работы согласно составленному студентом графику контролируются руководителем.

Законченный курсовой проект в виде пояснительной записки и необходимых чертежей предъявляется руководителю. Дата фактического предъявления указывается студентом на титульном листе текстовой документации и в угловых штампах графической документации.

Преподаватель после проверки письменно излагает свои замечания и дает заключение о допуске к защите. Студент, получив курсовой проект с замечаниями, обязан внести необходимые исправления и дополнения.

Исправленный курсовой проект представляется к защите в установленные сроки. Если проект не сдается на проверку к указанному сроку, то это практически исключает возможность защиты до экзаменационной сессии.

Защита курсового проекта проходит на заседании комиссии, назначенной заведующим кафедрой, в обстановке, приближенной к условиям защиты выпускной квалификационной работы. Для доклада по существу выполненной работы студенту предоставляется 5–7 мин, при этом доклад должен быть четким, содержательным и отражать следующие вопросы:

- задачи проектирования (анализ технического задания);
- назначение и принцип действия разработанного устройства (при докладе по этому пункту необходимо ссылаться на схему электрическую структурную РТУ);
- принцип действия разработанных узлов, использованные методы их расчета (на основе схемы электрической принципиальной);
- описание конструкции разработанных узлов.

В заключении доклада подводится итог работы, отмечаются новизна и оригинальность принятых технических решений, указывается на соответствие полученных параметров заданным.

Продолжительность защиты с учетом ответов на вопросы составляет 15–20 мин.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

5.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Основная задача проектирования РТУ заключается в обеспечении его работоспособности с параметрами, указанными в техническом задании. Оценка выбора предлагаемого варианта, схемы и ее конструктивного оформления осуществляется в процессе технико-экономического обоснования. Предлагаемый вариант характеризуется рядом технико-экономических показателей, сопоставляемых с показателями других возможных вариантов – существующих радиотехнических устройств подобного назначения.

Перечислим некоторые факторы, влияющие на выбор того или иного технического решения:

- соответствие уровню мировых образцов, аналогичных заданному РТУ;
- стоимость проектируемого устройства;
- срок окупаемости затрат;
- возможная экономия от внедрения спроектированного РТУ;
- срок эксплуатации;
- количество и квалификация необходимого обслуживающего персонала;
- степень автоматизации обслуживания;
- простота ремонта устройства и т. д.

При выборе структурной схемы РТУ целесообразно сравнить и оценить возможные варианты как с технической, так и с экономической точек зрения. Например, можно сравнить: радиоприемные устройства (РПУ) прямого усиления и супергетеродинные; супергетеродинные приемники с одинарным и двойным преобразованием частоты; ручную регулировку усиления и автоматическую; использование элементов с распределенными и сосредоточенными параметрами; транзисторные и полупроводниковые диодные детекторы и т. д. Целесообразно провести анализ влияния возможных технических решений на габариты и массу отдельных узлов и устройства в целом. Большое значение имеет взаимозаменяемость узлов и деталей, а также технология изготовления и используемые материалы.

5.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Разработка любого радиотехнического устройства начинается с обоснования выходных параметров. Второй этап проектирования сводится к определению необходимых характеристик составных частей, обеспечивающих заданные внешние параметры. Такой подход осуществляется на любом уровне – устройство, блок, узел и т. д.

Таким образом, проектирование РТУ осуществляется в следующей последовательности:

- по имеющимся исходным данным выбирается метод формирования, приема и обработки сигнала и синтезируется структурная схема всего устройства с определением требований к составным частям;
- синтезируются структурные схемы отдельных функциональных блоков;
- осуществляется синтез структурных схем функциональных узлов с разработкой требований к отдельным звеньям, интегральным микросхемам и т. д.;
- выбирается элементная база и рассчитываются электрические принципиальные схемы функциональных узлов, проводится оценка допусков на параметры интегральных схем;
- выполняется разработка конструкции отдельных узлов (микроблоков, микросборок) и устройства в целом;
- расчет потребляемой мощности, надежности, стоимости, массы и объема;
- разработка технологии изготовления, регулировки и испытания устройства (при необходимости);
- выпуск комплекта технической документации с учетом требований ЕСКД (при необходимости).

5.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РТУ

1. Анализ и уточнение технического задания.

В результате анализа технического задания студент получает необходимые исходные данные для отбора и анализа научно-технической и патентной литературы, выбора, обоснования и расчета структурной схемы РТУ в целом.

2. Поиск, отбор и анализ научно-технической литературы.

Целью этого этапа является нахождение аналогов разрабатываемому устройству в отечественной и зарубежной литературе, выяснение современного уровня развития техники и методики проектирования в данной области и тенденций их развития; определение направления работы.

3. Выбор и обоснование структурной схемы РТУ.

На этом этапе необходимо в результате анализа существующих структурных схем аналогичных РТУ выбрать наиболее полно отвечающую техническому заданию с технико-экономическим обоснованием принятого решения. Например, высокие требования к параметрам современных профессиональных радиоприемных устройств (РПУ) обуславливают построение их по супергетеродинной схеме. Анализ требований технического задания по чувствительности, избирательности и видам работ позволит решить вопрос о структуре основного тракта РПУ, способе разбивки на поддиапазоны, числе преобразований частоты, номиналах промежуточных частот и типах гетеродинов. Анализ требований к погрешности при установке заданного номинала частоты настройки приемника, к ее неустойчивости, к способу и времени перестройки дает исходные данные для выбора структурной схемы гетеродинов, которая, в свою очередь, определяет структурную схему РТУ в целом.

5.4. РАСЧЕТ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ РТУ

Расчет структурной схемы радиоприемного устройства начинается с расчета необходимой полосы пропускания и коэффициента прямоугольности главного тракта приема, для чего определяются полосы спектров принимаемых сигналов для различных видов модуляции, рассчитывается запас по полосе пропускания с учетом неточности и неустойчивости частот настройки передатчика и приемника. Коэффициент прямоугольности определяется исходя из условия заданного подавления близлежащей помехи (обычно по соседнему каналу) при обеспечении необходимой полосы пропускания. Рассчитанный коэффициент прямоугольности избирательных систем главного тракта определяет выбор типа фильтров в трактах промежуточных частот.

Выбор количества преобразований частоты и номиналов промежуточных частот – важный этап проектирования РПУ. Увеличение количества преобразований связано как с разрешением противоречия между требованиями подавления помехи по зеркальному и побочным каналам приема, с одной стороны, и высокой избирательности по соседнему каналу, с другой стороны, так и с реализацией высокой стабильности частоты настройки РТУ в целом. Номиналы рабочих частот для профессиональных РТУ не нормированы, поэтому выбираются с учетом обеспечения заданной односигнальной избирательности.

5.5. РАЗБИВКА ЗАДАННОГО ДИАПАЗОНА РАБОЧИХ ЧАСТОТ НА ПОДДИАПАЗОНЫ

При разбивке диапазона рабочих частот, например, радиоприемных устройств (РПУ), на поддиапазоны приходится разрешать противоречие между обеспечением высокой точности и стабильности частоты настройки, высокой чувствительности и хорошей избирательности, с одной стороны, и уменьшением массы и объема РПУ и повышением его надежности и снижением стоимости, с другой стороны. Поэтому выбор способа разбивки на поддиапазоны определяется: классом приемника, его назначением и условиями эксплуатации; диапазоном рабочих частот и способом перестройки в поддиапазонах; типом структурной схемы приемника; видом системы установки и индикации частоты настройки. Существует три основных способа разбивки диапазона рабочих частот:

- способ равных коэффициентов перекрытия;
- способ равных частотных интервалов;
- комбинированный способ, при использовании которого нижний участок диапазона разбивается по первому способу, а верхний – по второму.

Исходными данными для разбивки диапазона рабочих частот на поддиапазоны являются:

- диапазон рабочих частот, его нижняя и верхняя границы;
- требования по равномерности, чувствительности и избирательности;
- допустимая погрешность частоты настройки приемника.

В результате расчета должны быть определены:

- способ разбивки на поддиапазоны;
- число поддиапазонов;
- граничные частоты поддиапазонов – номинальные и фактические.

5.6. ВЫБОР ТИПОВ СМЕСИТЕЛЕЙ И ДЕТЕКТОРОВ

Для распределения коэффициентов усиления, избирательности и определения состава трактов сигнальной, промежуточных частот и частных трактов необходимо предварительно оценить параметры элементов, разграничивающих эти тракты. Такими элементами являются смесители и детекторы.

Первостепенное значение при выборе схемы смесителя и типа его нелинейного элемента имеет высокая линейность преобразования. Именно она определяет такие параметры РПУ, как динамический диапазон, многосигнальная избирательность. Высокая линейность в наибольшей мере реализуется при квадратичном характере проходной характеристики нелинейного элемента (квадратичному закону характеристики нелинейного элемента соответствует линейная зависимость крутизны). Поэтому смесители на полевых транзисторах, имеющих квадратичную проходную характеристику, обладают наименьшими искажениями при преобразовании частоты. С другой стороны, чем шире линейный участок амплитудной характеристики смесителя, тем выше допустимый уровень помехи на его входе при заданных значениях величин, характеризующих явления блокирования, перекрестной и взаимной модуляции.

Нелинейные эффекты при прочих равных условиях тем меньше, чем большими значениями отношения крутизны к ее первой и второй производным обладает нелинейный элемент. Это, в первую очередь, учитывается при выборе нелинейного элемента. В настоящее время нелинейные эффекты в смесителях чаще всего оцениваются динамическим диапазоном взаимной модуляции 3-го порядка. Современные смесители на биполярных транзисторах имеют динамический диапазон до 50...60 дБ, а на полевых транзисторах – до 90...100 дБ и более.

К смесителю частоты в профессиональных приемниках предъявляются требования ослабления на его выходе неиспользуемых компонентов

преобразования частоты. В простой системе смесителя на выходе присутствуют все компоненты преобразования, в том числе компоненты основных частот сигнала и гетеродина. В балансном смесителе – только компоненты, образованные нечетными гармониками сигнала и гетеродина и нечетными гармониками сигнала и четными гармониками гетеродина. В кольцевом смесителе на выходе содержатся только компоненты, образованные нечетными гармониками сигнала и гетеродина, остальные компоненты имеют уровень на порядок ниже.

В результате анализа различных видов смесителей и предварительных расчетов должны быть определены:

- вид нелинейного элемента в смесителе;
- тип схемы преобразователя;
- способ включения нелинейного элемента и вид его связи с цепями сигнала, гетеродина и промежуточной частоты;
- тип фильтра в нагрузке смесителя;
- динамические диапазоны преобразователя по сигналу и помехе или допустимые напряжения сигнала и помехи на входе смесителя;
- примерные коэффициенты шума и усиления по мощности.

При выборе детекторов следует исходить из требований технического задания, для исполнения которых они должны обладать:

- высокой линейностью детекторной характеристики в заданном диапазоне;
- малым коэффициентом шума;
- хорошей фильтрацией неинформативных составляющих спектра входного сигнала;
- достаточным коэффициентом передачи.

При различных видах модуляций и работ требуется несколько типов детекторов (амплитудный, однополосный, частотный, фазовый), для которых радиотракт является общим. Но для каждого типа детектора существует свой номинальный уровень входного сигнала, поэтому для каждого из них на входе частного тракта обеспечивается дополнительное усиление.

В современных РПУ для детектирования амплитудно-модулированных сигналов в основном применяются линейные диодные детекторы. Эти детекторы при правильно выбранных режимах и нагрузке вносят небольшие нелинейные искажения и не боятся перегрузок.

В последнее время в качестве нелинейного элемента детектора применяются полупроводниковые диоды, обладающие малой проходной емкостью и малым прямым сопротивлением, меньшими габаритами и т. д. Кроме того, такие диоды имеют малое напряжение отсечки, что позволяет детектировать слабые сигналы с малыми искажениями.

Амплитудные детекторы на усилительных приборах имеют коэффициент усиления больше единицы, но значительные нелинейные искажения и другие недостатки ограничивают их применение в профессиональных РПУ.

Детектирование однополосно-модулированных сигналов производится с помощью кольцевых или балансных преобразователей, собранных на диодах, и осуществляется по тому же принципу, что и в смесителях. В качестве нагрузки таких детекторов применяется ФНЧ, выделяющий однополосный сигнал.

Детектирование ЧМ-сигналов осуществляется с помощью частотных детекторов, которые должны обладать большой крутизной детекторной характеристики, ее высокой линейностью, стабильностью нулевой точки детекторной характеристики. В РПУ широкое распространение нашли частотные детекторы со взаимно расстроенными контурами, дифференциальные детекторы с индуктивной или емкостной связью между контурами, дробные детекторы.

Для детектирования фазомодулированных сигналов обычно используются балансные и кольцевые фазовые детекторы на полупроводниковых приборах, позволяющие добиваться достаточного подавления паразитных продуктов преобразования.

В результате анализа различных типов детекторов и приблизительных расчетов должны быть определены следующие их показатели:

- типы детекторов для различных видов работ;
- вид нелинейного элемента;
- номинальное значение напряжения входного сигнала;
- коэффициент передачи, крутизна детекторной характеристики или уровень выходного напряжения;
- входное сопротивление.

Затем производится оценка возможных искажений.

5.7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ И УСИЛЕНИЯ ПО ТРАКТАМ

Правильность распределения избирательности и усиления между трактами сигнальной, первой промежуточной, основной промежуточной и низких частот определяет выполнение таких пунктов технического задания, как чувствительность, односигнальная и многосигнальная избирательность. При этом необходимо учитывать, что избирательность по соседним каналам в основном определяется трактом основной промежуточной частоты; избирательность по побочным каналам первого преобразования частоты обеспечивается трактом сигнальной частоты; избирательность по побочным каналам последующих преобразований частоты обеспечивается всеми избирательными системами, стоящими до входа соответствующего смесителя; многосигнальная избирательность в значительной мере улучшается при установке сложных избирательных систем во входном устройстве, зависит от избирательности в последующих трактах и тем лучше, чем ближе фильтр основной селекции к входу.

Распределение избирательности между трактами начинают с тракта основной промежуточной частоты. Полоса пропускания этого тракта берется в 1,1–1,2 раза больше рассчитанной полосы пропускания общего радиотракта, а коэффициент прямоугольности должен быть равен коэффициенту прямоугольности общего радиотракта.

Параметры избирательности тракта сигнальной частоты вычисляют исходя из заданных требований ослабления побочных каналов приема для первого преобразования частоты. Для этого задают реальную добротность контуров в этом тракте, определяют ориентировочное число контуров в тракте, необходимое для обеспечения заданных требований ослабления зеркального канала первого преобразования, и помехи по первой промежуточной частоте (если эти параметры не заданы, то они принимаются равными заданному ослаблению побочных каналов приема).

При определении числа контуров для подавления зеркальной помехи отстройку берут равной удвоенной первой промежуточной частоте, а частоту настройки – равной максимальной частоте рабочего диапазона РПУ. При определении числа контуров для помехи по первой промежуточной частоте отстройку берут равной разности между частотой рабочего диапазона РПУ, ближайшей к первой промежуточной, и первой промежуточной, частоту настройки – равной этой ближайшей частоте рабочего диапа-

зона. Из двух значений числа контуров берется большее. При выбранном числе контуров рассчитывают полосу пропускания тракта на нижней и верхней границах рабочего диапазона частот и коэффициенты прямоугольности по заданным подавлениям соседних и побочных каналов. Полоса пропускания на нижней частоте диапазона должна быть шире необходимой полосы общего тракта с достаточным запасом (в 2–3 раза). На верхней частоте диапазона приемника полоса не должна быть излишне широкой.

Параметры избирательности тракта первой промежуточной частоты определяются с учетом требуемых подавлений второго зеркального канала и канала второй промежуточной частоты (если эти величины не заданы, то они принимаются равными заданному подавлению побочных каналов приема). Предварительно определяется подавление второго зеркального канала (при отстройке, равной удвоенной второй промежуточной частоте, и частоте настройки, равной максимальной частоте рабочего диапазона) и канала по второй промежуточной частоте (при частоте настройки, равной частоте рабочего диапазона РПУ, ближайшей ко второй промежуточной частоте) в тракте сигнальной частоты. Далее определяется необходимое дополнительное подавление компонентов преобразования в тракте первой промежуточной частоты. С учетом этого подавления и полосы пропускания, в 1,5–2,0 раза превышающей полосу пропускания радиотракта, выбирается тип фильтра первой промежуточной частоты. Параметры избирательности тракта низкой частоты различны для каждого частотного тракта в зависимости от вида модуляции радиосигнала.

В результате предварительного определения полос пропускания и коэффициентов прямоугольности отдельных трактов строятся характеристики избирательности этих трактов, затем находится характеристика избирательности радиотракта и ее данные сравниваются с необходимыми параметрами для каждого вида сигналов. Делается заключение о необходимости изменения полосы и в тракте промежуточной частоты для каждого вида работ. Определяется результирующая характеристика всего РПУ для каждого вида сигналов.

Распределение усиления между трактами определяется двумя противоречивыми условиями: для уменьшения коэффициента шума приемника, а следовательно, для повышения его чувствительности необходимо уве-

личивать коэффициент усиления в тракте сигнальной частоты, с другой стороны, повышение амплитуды полезного и мешающего сигналов на входах каскадов этого тракта, а также первого смесителя приводит к ухудшению многосигнальной избирательности.

Усиление в тракте сигнальной частоты должно быть ограничено допустимыми значениями напряжения на входе первого смесителя и регулироваться в зависимости от изменения уровня сигнала в системе.

Усиление в тракте первой промежуточной частоты ограничивается допустимым значением напряжения на входе второго смесителя и также должно регулироваться по мере изменения уровня сигнала в системе.

Усиление в тракте основной промежуточной частоты должно приводить усиление в предшествующих трактах к уровню, необходимому для детектирования сигналов в наилучших условиях. При этом создается запас усиления в тракте, необходимый для компенсации возможного уменьшения при старении и смене электронных приборов, изменении режимов работы. Расчеты усиления радиотракта в целом и тракта основной промежуточной частоты следует произвести для каждого вида сигнала отдельно, затем взять наименьшее значение усиления радиотракта и принять за основное, а дополнительные усиления для каждого частного тракта ввести в виде дополнительных усилителей, размещаемых между общим радиотрактом и детекторами соответствующих частных трактов.

Усиление в тракте низкой частоты рассчитывается отдельно для каждого частного тракта. Исходными данными для этого расчета являются выходное напряжение (ток) детектора и уровень входного сигнала оконечного устройства.

5.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ТРАКТА СИГНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

Исходными данными для определения структуры и параметров этого тракта являются чувствительность, односигнальная избирательность по побочным каналам приема, многосигнальная избирательность, выходная мощность передатчика, уровень подавления внеполосных излучений. Задачами проектирования структурной схемы тракта являются:

- выбор типов электронных приборов и схем их включения;
- ориентировочный выбор параметров контура;

– предварительный выбор вида и степени связи входных контуров с антенной и первым каскадом приемника и выходного контура передатчика;

– определение структуры тракта исходя из условий обеспечения заданных техническими условиями чувствительности и избирательности;

– уточнение распределения избирательности и коэффициента усиления между элементами тракта.

Выбор типов электронных приборов и схем их включения зависит от класса РТУ. Так, для РПУ первого класса целесообразно использовать мощные высокочастотные полевые транзисторы, а также каскадные схемы на полевых транзисторах. В приемниках второго класса используются экономичные высокочастотные полевые транзисторы, включаемые по простой или каскадной схемам. В трактах сигнальной частоты приемников третьего класса также применяются полевые транзисторы. Шумовые и усилительные параметры транзисторов этого тракта определяют чувствительность приемника в целом, а их нелинейные параметры определяют многосигнальную избирательность.

Ориентировочный выбор параметров контуров заключается в прикидочном расчете и определении минимальной емкости, характеристического сопротивления, резонансной и результирующей (эквивалентной) добротности контура.

Выбор вида и степени связи входных контуров с антенной и первым каскадом определяется типом антенны, заданной неравномерностью коэффициента передачи входной цепи в диапазоне рабочих частот, типом и схемой включения первого каскада.

Определение структуры тракта с целью обеспечения заданной чувствительности сводится к определению коэффициента шума входного устройства и коэффициента усилительного каскада.

Существует противоречие в распределении усиления и избирательности между каскадами тракта:

– по требованиям многосигнальной избирательности во входном устройстве целесообразно использовать двух- и даже трехконтурные фильтры, а коэффициенты передачи входного устройства и первого каскада приемника следует по возможности уменьшать;

– по требованиям чувствительности, наоборот, необходимо, чтобы входное устройство и первый каскад приемника имели возможно более высокие коэффициенты передачи.

Разрешение этого противоречия зависит от конкретных требований технического задания.

5.9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ТРАКТА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Исходными данными для расчета трактов промежуточной частоты (первой и основной) являются:

- номиналы промежуточных частот;
- коэффициент усиления тракта;
- полоса пропускания тракта;
- необходимый коэффициент прямоугольности;
- дополнительные условия по равномерности амплитудно-частотной характеристики и линейности фазочастотной характеристики в пределах полосы пропускания и переходной области.

В результате расчета структурных схем должны быть получены следующие данные:

- выбраны типы полупроводниковых приборов в каскадах усилителей промежуточных частот и схемы их включения;
- выбраны типы схем усилителей и число каскадов;
- определены основные параметры избирательных систем и степени связи избирательных систем с усилительными каскадами;
- определены число каскадов в тракте и необходимые параметры одиночного каскада.

При выборе типов транзисторов следует исходить из требований технического задания, учитывать конкретные требования к усилению и полосе пропускания, экономичности питания и предполагаемым источникам питания, а также требования к надежности, габаритам и массе приемника. Кроме того, следует иметь в виду, что в трактах промежуточной частоты электронные приборы главным образом выполняют усилительные функции, а требования к шумовым и нелинейным параметрам менее жесткие, чем в тракте сигнальной частоты.

Сопоставление транзисторных каскадов производится по коэффициенту широкополосности усиления, коэффициенту устойчивого усиления, экономичности усиления. При выборе типа транзистора необходимо отдавать предпочтение приборам, имеющим более высокие предельные частоты по усилению и крутизне, что обеспечивает устойчивость их параметров без цепей нейтрализации проходной емкости. Из биполярных транзисторов выбираются приборы, имеющие меньшую емкость «коллектор – база» и меньшее сопротивление базы. В трактах промежуточной частоты приемников коротковолнового диапазона схема включения определяется главным требованием – высоким и устойчивым усилением.

Решение вопроса о типе усилителя и виде избирательных систем, прежде всего, зависит от ширины полосы пропускания, коэффициента прямоугольности и коэффициента усиления. Последовательное соединение нескольких каскадов, каждый из которых имеет одиночный контур в нагрузке, настроенный на промежуточную частоту, может использоваться как в узкополосных, так и в широкополосных усилителях с небольшим усилением и очень низкими требованиями по избирательности. Последовательное соединение каскадов со связанной парой контуров в нагрузке каждого каскада отличается лучшей прямоугольностью и большим коэффициентом усиления. Такое включение каскадов применяется в узкополосных усилителях.

В широкополосных усилителях такое включение также возможно, но при относительно небольшом усилении. При высоких требованиях к коэффициенту прямоугольности используются фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), сложные кварцевые и электромеханические фильтры, которые включаются в нагрузку первых каскадов тракта (смесителя и первого каскада УПЧ), а заданное усиление обеспечивается последующими относительно широкополосными каскадами с одиночными, связанными контурами в нагрузке или резистивной нагрузкой. Далее из требований по избирательности и усилению выбирается ориентировочное число каскадов трактов.

Для одноконтурных и двухконтурных нагрузок каскадов УПЧ определяются следующие параметры:

- значение результирующей емкости контуров;
- значение резонансной добротности контуров;

- результирующее затухание контуров;
- коэффициенты трансформации.

Расчет числа каскадов и параметров одиночного каскада выполняется в следующей последовательности. При одноконтурной или двухконтурной нагрузке во всех каскадах рассчитывают ориентировочный коэффициент усиления каскада с учетом параметров транзистора, коэффициентов включения и параметров нагрузки. Определяют устойчивый коэффициент усиления. Если полученный коэффициент не превышает устойчивый, то расчет продолжается; если последний меньше рассчитанного, то либо выбирается другой транзистор, либо уменьшается коэффициент включения транзистора в контур нагрузки. Далее из заданного коэффициента усиления тракта определяется число каскадов и уточняется коэффициент усиления одного каскада.

При расчете трактов промежуточной частоты с ФСС определяются параметры ФСС из заданных полосы пропускания и коэффициента прямоугольности тракта. Полоса пропускания всех последующих трактов берется в 2–3 раза большей, для того чтобы они не вносили дополнительные частотные искажения. Рассчитывается число каскадов с учетом общего коэффициента усиления тракта и коэффициента передачи ФСС.

5.10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ЧАСТНЫХ ТРАКТОВ

При приеме телефонных сигналов с амплитудной (АЗ) и частотной (ФЗ) модуляциями структура частных трактов идентична. Исходными данными для расчета являются:

- типы и параметры конечных устройств (телефоны, громкоговоритель и линия);
- номинальное выходное напряжение тракта основной промежуточной частоты;
- ориентировочное выходное сопротивление последнего каскада тракта основной промежуточной частоты.

Рассчитывается номинальная мощность, потребляемая каждым конечным прибором, и вычисляется суммарная мощность. Определяется максимальная мощность, потребляемая нагрузкой. Рассчитывается выходное напряжение конечных каскадов для каждого конечного устрой-

ства, определяются общий коэффициент усиления тракта и число каскадов в тракте.

При приеме на слух амплитудно-модулированных сигналов (А1 и А2) по заданным параметрам оконечных устройств определяются общий коэффициент усиления тракта и число каскадов.

При приеме на слух однополосно-модулированных сигналов по двум независимым полосам (А3В), по одной полосе с ослабленной несущей (А3А), по одной боковой без несущей (А3J), вначале рассчитываются параметры фильтров нижней боковой, верхней боковой и пилот сигнала.

Исходными данными являются:

- ширина спектра сигнала;
- точность и стабильность частоты настройки передатчика и приемника;
- подавление соседней боковой составляющей.

В результате расчета получаем следующие параметры фильтров:

- граничные частоты;
- коэффициент прямоугольности;
- типы фильтров.

Далее по заданным параметрам оконечных устройств рассчитываются общий коэффициент усиления трактов и количество каскадов.

При приеме частотно-манипулированных сигналов (F1 и F2) выбирается структурная схема каждого тракта, определяются по заданным характеристикам сигнала, точности и стабильности настройки передатчика и приемника, определяются полосы пропускания, граничные частоты и коэффициенты прямоугольности фильтров широкополосного и узкополосного трактов, параметры колебательных систем частотных детекторов. Далее по заданным параметрам оконечных устройств рассчитывается коэффициент усиления тракта и количество каскадов.

По заданным характеристикам автоматической и ручной регулировки усиления определяются системы АРУ и РРУ (количество охваченных регулировками каскадов, параметры детектора, усилителя и фильтра АРУ).

На этом расчет структурной схемы профессионального РПУ заканчивается. Далее ведется расчет отдельных каскадов приемника. Исходными данными для этих расчетов являются исходные данные задания и параметры каскадов, полученные в результате расчета структурной схемы.

5.11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВХОДНОГО И ВЫХОДНОГО УСТРОЙСТВ

В диапазонных РТУ расчет входного и выходного устройств выполняется минимум для двух поддиапазонов: первого и последнего. На первом поддиапазоне должны быть обеспечены максимальный коэффициент перекрытия и требуемая полоса пропускания на нижней границе этого поддиапазона. На последнем поддиапазоне необходимо обеспечить заданную чувствительность и односигнальную избирательность по зеркальному каналу. Проверка обеспечения односигнальной избирательности по промежуточной и комбинационным частотам делается на частотах рабочего диапазона, наиболее близкого к их значениям.

Расчет параметров контура и качественных показателей входного устройства выполняется для трех точек поддиапазона. При механическом способе перестройки частоты в качестве органа настройки чаще всего применяется блок конденсаторов переменной емкости, а в случае плавной электронной настройки – варикапы.

а) Расчет одноконтурного избирательного устройства с емкостной связью с ненастроенной системой

Исходными данными для расчета являются требования технического задания и параметры тракта сигнальной частоты, полученные из расчета структурной схемы приемника:

- активное сопротивление и емкость антенны;
- граничные частоты поддиапазонов;
- тип резонансной системы входного устройства;
- собственная добротность или затухание ненагруженного контура, требуемая полоса пропускания;
- тип усилительного прибора первого каскада;
- схема включения, ориентировочное значение коэффициента усиления, значение составляющих входного сопротивления в диапазоне рабочих частот;
- требования по ослаблению помех на зеркальной, промежуточной и комбинационных частотах;
- величина первой промежуточной частоты.

Расчет избирательного устройства для каждого поддиапазона производится в следующем порядке:

- выбираются коэффициенты разброса параметров антенны;
- определяются минимальная и максимальная эквивалентные емкости контура;
- рассчитываются:
 - емкости «растягивающих» конденсаторов и конденсаторов сопряжения настроек входной цепи с контуром гетеродина;
 - индуктивность контуров на максимальной частоте поддиапазона;
 - емкость связи входной цепи с антенной;
 - резонансный коэффициент передачи по напряжению входного устройства в трех точках поддиапазона;
 - избирательность входного устройства по соседнему каналу;
 - полоса пропускания для трех частот входного устройства;
- определяется ослабление побочных каналов приема в наихудших точках рассчитываемого поддиапазона. Ослабление по зеркальной помехе считается на максимальной частоте поддиапазона, по промежуточной частоте – на частоте поддиапазона, наиболее близкой к промежуточной. При двойном преобразовании частоты ослабление побочных каналов приема определяется соответственно для первого и второго преобразований;
- рассчитывается коэффициент шума входного устройства и первого каскада.

б) Расчет одноконтурного входного устройства с трансформаторной связью с ненастроенной антенной

Исходные данные для расчета такие же, как и в п. а, только добавляется значение эквивалентной индуктивности антенны.

Порядок расчета:

- определяется минимальная эквивалентная емкость контура;
- определяется максимальная эквивалентная емкость контура;
- рассчитываются емкости «растягивающих» конденсаторов и конденсаторов сопряжения настроек входной цепи с контуром гетеродина;
- вычисляется индуктивность контура на максимальной частоте поддиапазона;
- производится выбор режима удлинения или укорочения;
- определяются коэффициенты разброса параметров антенны;
- рассчитывается индуктивность катушки связи;

- определяются параметры антенной цепи;
- вычисляется минимальное значение коэффициента связи контура с антенной цепью;
- рассчитывается значение коэффициента связи;
- находится значение взаимоиндукции;
- определяется резонансный коэффициент передачи по напряжению;
- рассчитывается коэффициент передачи входного устройства по мощности;
- рассчитывается избирательность входного устройства по соседнему каналу;
- вычисляется для трех частот поддиапазона полоса пропускания;
- определяется ослабление побочных каналов приема в наихудших точках;
- рассчитывается коэффициент шума входного устройства и первого каскада.

*в) Расчет одноконтурного входного устройства
с комбинированной связью с ненастроенной антенной*

Для электрического расчета схемы к исходным данным предыдущих расчетов (пп. *а* и *б*) добавляется значение требуемой неравномерности коэффициента передачи входной цепи. Для получения малой неравномерности выбирается режим небольшого удлинения. *Расчет данной схемы* проводится вначале аналогично расчету схемы с индуктивной связью (п. *б*), а затем рассчитываются емкость связи и коэффициент передачи:

- определяются эквивалентные минимальная и максимальная емкости контура;
- рассчитываются емкости «растягивающих» конденсаторов и конденсаторов сопряжения настроек входной цепи с контуром гетеродина;
- вычисляется индуктивность контура;
- определяются коэффициенты разброса параметров антенны;
- определяются параметры антенной цепи;
- вычисляется индуктивность катушки связи;
- рассчитывается коэффициент связи;
- находится значение взаимоиндукции;

- определяются резонансные коэффициенты передачи по напряжению и по мощности с индуктивной связью;
- рассчитывается емкость конденсатора связи;
- рассчитывается коэффициент передачи входного устройства с комбинированной связью в трех точках поддиапазона;
- определяется неравномерность коэффициента передачи входного устройства;
- вычисляется коэффициент передачи входного устройства с комбинированной связью по мощности;
- рассчитывается избирательность входного устройства по соседнему каналу;
- вычисляется для трех точек поддиапазона полоса пропускания;
- определяется ослабление побочных каналов приема в наихудших точках;
- рассчитывается коэффициент шума входного устройства и первого каскада.

г) Расчет входного устройства с трансформаторной связью с настроенной антенной

При работе с настроенной антенной, а также с антенной, соединяющейся с приемником длинной фидерной линией, для обеспечения высокой реальной чувствительности необходимо обеспечить режим согласования по мощности системы антенна – вход приемника. Выходным сопротивлением системы антенна – фидер является волновое сопротивление фидера. Равное ему по значению активное сопротивление антенны составляет в данном случае эквивалент антенны. Исходные данные для расчета в остальном совпадают с исходными данными предыдущих расчетов входной цепи.

Порядок расчета:

- определяются параметры контура так же, как минимальная и максимальная эквивалентные емкости контура, емкости «растягивающих» и сопрягающих конденсаторов, индуктивность контура;
- рассчитывается собственная резонансная проводимость контура на средней частоте поддиапазона;

- определяется коэффициент связи входной цепи с первым каскадом и эквивалентная резонансная проводимость контура;
- находится эквивалентная добротность контура при согласовании и индуктивность катушки связи;
- определяется коэффициент связи;
- рассчитывается коэффициент взаимоиндукции;
- вычисляется максимальный резонансный коэффициент передачи напряжения;
- вычисляются коэффициенты передачи по напряжению на краях поддиапазона;
- определяется коэффициент передачи по мощности при согласовании и на краях поддиапазона;
- находится добротность контура на краях поддиапазона;
- определяется полоса пропускания при согласовании и на краях поддиапазона;
- рассчитываются избирательность по соседнему каналу на средней частоте поддиапазона и ослабление побочных каналов приема в режиме согласования;
- находится коэффициент шума.

д) Расчет входного устройства

с автотрансформаторной связью с настроенной антенной

Исходные данные для расчета те же, что и при расчете входного устройства с трансформаторной связью с настроенной антенной (п. з).

Порядок расчета:

- определяются параметры контура; расчет емкости, индуктивности и собственной резонансной проводимости производится так же, как и в п. з;
- рассчитываются коэффициент трансформации контура в антенный фидер и коэффициент трансформации контура в первый каскад;
- вычисляется эквивалентная резонансная проводимость контура;
- определяются значения эквивалентного сопротивления и эквивалентной добротности контура;
- находится приведенная входная емкость усилительного прибора;
- определяются коэффициенты передачи по напряжению и мощности;

- рассчитываются полоса пропускания и характеристики избирательности;
- находится коэффициент шума.

Защита входа РПУ от внешних помех

Для защиты от сигналов радиолокационных станций входов РПУ, работающих в диапазоне километровых – декаметровых волн, применяются специальные противолокационные фильтры. Противолокационный фильтр включается в цепь антенны между антенным вводом и входным устройством, представляет собой фильтр нижних частот с частотой среза 200 МГц и имеет характеристическое сопротивление, равное активному сопротивлению антенны или волновому сопротивлению антенного фидера.

Электрический расчет усилителя сигнальной частоты

Усилители сигнальной частоты предназначены:

- для усиления полезного сигнала;
- обеспечения совместно с входным устройством частотной избирательности по побочным каналам;
- снижения коэффициента шума приемника, что обеспечивает повышение реальной чувствительности приемника;
- обеспечения линейности усиления и ослабления нелинейных явлений в РПУ, возникающих в условиях одновременного приема сигнала и сильных помех.

В соответствии с назначением усилитель сигнальной частоты должен удовлетворять заданным численным значениям следующих качественных показателей:

- диапазон рабочих частот;
- полоса пропускания, определяемая при расчете структурной схемы из условий требуемых ослаблений побочных сигналов;
- коэффициент устойчивого усиления, определяемый при расчете структурной схемы;
- требуемое значение динамического диапазона;
- минимально возможное значение коэффициента шума.

В современных профессиональных РПУ, работающих в условиях большого уровня помех, важным является требование обеспечения широ-

кого динамического диапазона и минимального уровня нелинейных искажений модуляции полезного сигнала, эффекта блокирования, эффектов перекрестной и взаимной модуляции. При воздействии на вход приемника полезного сигнала нормального уровня и мощных помех, действующих вне общей полосы пропускания приемника, усилительные приборы первых каскадов могут перейти в нелинейный режим работы.

В результате этого возможны следующие явления:

- эффект блокирования сигнала, проявляющийся в заметном уменьшении или увеличении уровня полезного сигнала;
- эффект перекрестной модуляции, проявляющийся в переходе модуляции мешающей станции на полезный сигнал;
- эффект взаимной модуляции, возникающий под воздействием двух и более колебаний на входе приемника и приводящий к появлению паразитного третьего колебания на частоте полезного сигнала или побочного канала.

При амплитудной модуляции указанные явления могут привести к большим искажениям полезного сигнала или полному срыву работы.

Различают несколько типов усилителей сигнальной частоты по способу включения усилительных приборов и по виду связи с резонансной нагрузкой. На частотах выше 30 МГц в диапазонных усилителях применяют полевые транзисторы, работающие по схеме с общим затвором (ОЗ), так как они обеспечивают в широком диапазоне частот меньший коэффициент шума, высокое значение устойчивого коэффициента усиления напряжения и лучшую термостабильность рабочей точки. В усилителе с ОЗ устойчивая работа каскада объясняется наличием стопроцентной отрицательной обратной связи по току, так как переменная составляющая тока стока протекает не только через контур нагрузки, но и через входной каскад. Обратная связь приводит к появлению значительной входной проводимости, т. е. к малому значению активного входного сопротивления каскада и невысокому усилению по номинальной мощности. Вследствие сильной обратной связи входное сопротивление каскада зависит от сопротивления нагрузки выходного контура, а выходное сопротивление – от сопротивления источника сигнала, что усложняет расчет схемы.

Каскадные усилители типа общий эмиттер – общая база (ОЭ – ОБ), общий исток – общий затвор (ОИ – ОЗ) и общий исток – общая база

(ОИ – ОБ) по сравнению с двухкаскадными усилителями типа ОЭ – ОЭ, ОС – ОС и др. дают более высокие устойчивые усиления напряжения и мощности в широком диапазоне частот, меньший коэффициент шума, более высокую чувствительность и лучшую многосигнальную избирательность.

Для выполнения расчета любой схемы усилительного каскада РТУ должны быть известны в общем случае следующие исходные данные:

- граничные частоты поддиапазонов;
- тип резонансной системы и ее параметры;
- тип усилительного прибора рассчитываемого усилителя, последующего каскада и его параметры;
- собственная добротность ненагруженной резонансной системы;
- коэффициент усиления и допустимый характер его изменения в пределах поддиапазона;
- полоса пропускания каскада усиления;
- значение первой промежуточной частоты;
- требования к ослаблению помех по зеркальной, промежуточной и комбинационным частотам.

В результате расчета должны быть получены:

- номинальные значения элементов резонансной системы;
- резонансный коэффициент усиления для трех точек первого и последнего поддиапазонов, значение которого не должно превышать значения устойчивого коэффициента усиления;
- уточненная полоса пропускания резонансной системы;
- уточненное значение избирательности по соседнему каналу для трех точек первого и последнего поддиапазонов;
- уточненное значение ослабления зеркальной помехи на максимальной частоте;
- коэффициент шума усилителя;
- номиналы элементов схемы питания и цепей фильтрации.

Электрический расчет усилителей промежуточной частоты

Назначение усилителей промежуточной частоты:

- обеспечение основной избирательности по соседнему каналу;
- формирование основной полосы пропускания частот приемника;
- обеспечение заданного коэффициента усиления.

Односигнальная избирательность усилителя определяется крутизной скатов его резонансной характеристики, а полоса пропускания – шириной резонансной характеристики на заданном уровне. Для суждения об избирательности усилителя пользуются величиной ослабления помехи при определенной расстройке от центральной частоты резонансной системы и коэффициентом прямоугольности характеристики избирательности усилителя, заданным при определенном уровне отсчета ослабления мешающего сигнала.

Избирательность усилителя может быть распределена по его каскадам с простыми однотипными селективными контурами или двухконтурными полосовыми фильтрами с оптимальной связью. Такие усилители получают многокаскадными с одновершинной частотной характеристикой.

Избирательность может быть сосредоточена в одном – двух каскадах, а заданное усиление в этом случае достигается применением широкополосных усилительных каскадов. Частотная характеристика таких усилителей получается волнистой, с несколькими максимумами.

Усилители первого типа имеют линейную фазочастотную характеристику, они проще в производстве и настройке.

Исходными данными, полученными в результате расчета структурной схемы приемника, являются:

- значения первой и второй промежуточных частот;
- коэффициент усиления приемника;
- ориентировочные значения коэффициентов передачи первого смесителя, усилителя первой промежуточной частоты, второго смесителя, усилителя второй промежуточной частоты;
- полоса пропускания тракта второй промежуточной частоты;
- ослабление мешающего соседнего сигнала, заданное при определенной расстройке или требуемым значением коэффициента прямоугольности, характеристики избирательности тракта второй промежуточной частоты;
- типы усилительных приборов и их параметры;
- типы усилителей;
- ориентировочное число каскадов усилителей;
- уровень переходных искажений.

Порядок расчета усилителя первой промежуточной частоты:

- уточняется тип усилительного элемента;
- определяется ослабление зеркальной помехи в усилителе первой промежуточной частоты;
- рассчитывается селективная система усилителя;
- определяется коэффициент усиления;
- рассчитываются элементы питания, фильтрации и межкаскадных связей.

Порядок расчета усилителей второй промежуточной частоты:

- уточняется значение коэффициента усиления;
- рассчитывается избирательность усилителя;
- рассчитывается коэффициент усиления;
- рассчитывается значение коэффициента усиления с коэффициентом устойчивого усиления;
- рассчитываются элементы питания, фильтрации и межкаскадных связей.

При проектировании усилителей промежуточных частот необходимо предусмотреть элементы их связи с устройствами частных трактов, элементы автоматической и ручной регулировки усиления (АРУ и РРУ), элементы регулировок полос пропускания.

Электрический расчет смесителей частоты

Преобразователь частоты супергетеродинного РПУ осуществляет функцию перемещения спектра принимаемого сигнала. Это перемещение происходит в преобразователе без нарушения ширины спектра и с сохранением закона модуляции. Смеситель преобразователя рассматривается как элемент линейной части приемника, он обеспечивает практически линейную зависимость между амплитудой промежуточной частоты и амплитудой напряжения сигнала. Так как спектр принимаемого сигнала состоит из несущей частоты и боковых частот, состав которых зависит от вида используемой модуляции и содержащейся в сигнале информации, то понятие сдвига спектра можно определить как понижение (или как повышение) всех боковых частот сигнала в соответствии с новым значением несущей частоты, независимо от частоты принимаемого сигнала. Это дает возможность осуществить большее усиление и хорошую избирательность в тракте промежуточной частоты.

Преобразователи частоты РПУ состоят из преобразующего элемента (смесителя), генератора высокой частоты (гетеродина) и резонансной системы (нагрузки смесителя). Преобразующий элемент представляет собой двухполосный или многополосный нелинейный элемент. Гетеродин вырабатывает синусоидальное напряжение высокой частоты, используемое для изменения крутизны вольт-амперной или вольт-фарадной характеристик смесителя во времени.

Для увеличения отношения сигнала к напряжению шумов приемника предусматривается согласование по максимальной передаче мощности с выхода тракта сигнальной частоты на вход смесителя, с выхода смесителя – на вход резонансной системы.

Электрический расчет детекторов

Расчет детекторов амплитудно-модулированных сигналов

Исходными данными для расчета являются:

- значение второй промежуточной частоты приемника;
- параметры выходного контура усилителя второй промежуточной частоты;
- амплитуда напряжения промежуточной частоты на входе детектора;
- диапазон модулирующих частот;
- входные сопротивление и емкость первого каскада усилителя низкой частоты;
- коэффициенты частотных искажений на минимальной и максимальной частотах модуляции;
- коэффициент модуляции;
- коэффициент фильтрации напряжения промежуточной частоты.

Порядок расчета:

- определяются параметры нагрузки детектора;
- рассчитывается коэффициент передачи детектора;
- вычисляется входное сопротивление детектора;
- находится коэффициент включения детектора по отношению к нагрузке усилителя промежуточной частоты;
- рассчитываются частотные искажения;
- определяется коэффициент фильтрации;
- находится выходное напряжение детектора.

Расчет частотных детекторов

Балансный и дробный частотные детекторы со связанными контурами имеют одинаковые преобразователи модуляции. Это позволяет вести их расчет по одной и той же методике с учетом указанного ранее различия.

Исходными данными для расчета частотного детектора со связанными контурами являются:

- вторая промежуточная частота приемника;
- максимальная девиация частоты;
- низшая и высшая частоты модуляции;
- конструктивная добротность контуров;
- допустимый коэффициент нелинейных искажений;
- входное сопротивление первого каскада усилителя низкой частоты;
- выходное сопротивление транзистора преобразования модуляции;
- крутизна характеристики транзистора преобразователя модуляции.

Порядок расчета частотного детектора со связанными контурами:

- определяются полоса пропускания частотного детектора и требуемая эквивалентная добротность связанных контуров;
- определяются емкости, индуктивности контуров и коэффициент связи между контурами;
- определяются сопротивления нагрузки контуров и коэффициент подключения транзистора к первому контуру преобразователя модуляции;
- рассчитываются емкости, шунтирующие нагрузки детекторов;
- находится коэффициент передачи АМ-детектора;
- вычисляется коэффициент передачи всего частотного детектора;
- определяются элементы фильтра предискажений;
- рассчитывается амплитудно-частотная характеристика частотного детектора.

Дополнительные пункты расчета дробного детектора:

- определяются значения симметрирующих сопротивлений плеч АМ-детекторов;
- рассчитывается емкость стабилизирующего конденсатора;
- находится индуктивность катушки связи;
- вычисляется коэффициент взаимной индукции между контурными катушками;

- определяется значение разделительной емкости;
- рассчитывается индуктивность дросселя;
- находится амплитудно-частотная характеристика дробного детектора.

Расчет частотного детектора с расстроенными контурами базируется на тех же исходных данных, что и расчет частотного детектора со связанными контурами.

Последовательность расчета:

- определяется обобщенная расстройка контуров;
- рассчитывается полоса пропускания частотного детектора;
- находятся емкости контуров;
- вычисляются сопротивления нагрузок АМ-детекторов;
- определяется коэффициент включения транзистора в контур;
- рассчитываются емкости нагрузки детектора;
- находится коэффициент передачи АМ-детектора;
- вычисляется коэффициент передачи частотного детектора;
- рассчитывается амплитудно-частотная характеристика детектора на расстроенных контурах.

6. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

При проектировании радиовещательных приемников значительную роль играют такие вопросы, как повышение экономичности, снижение массы и уменьшение габаритов при менее жестких электрических параметрах, чем у профессиональных приемников. Другой особенностью проектирования таких приемников является то, что для них нормированы номиналы промежуточных частот. Кроме того, радиовещательные приемники имеют, как правило, одно преобразование.

Порядок проектирования структурной схемы вещательного РПУ:

- распределение между трактами РТУ частотных и нелинейных искажений;
- определение эквивалентной добротности, количества и вида резонансных систем преселектора и необходимости применения УВЧ;
- определение числа поддиапазонов и выбор схемы входной цепи приемника;
- выбор схемы детектора и типа диода;
- определение необходимого коэффициента усиления от входа до детектора;
- определение числа каскадов усилителя промежуточной частоты;
- выбор схемы и усилительных приборов преобразователя частоты и усилителя промежуточной частоты, выбор избирательных систем;
- выбор схемы АРУ и числа регулируемых каскадов;
- определение общего коэффициента усиления и распределения усиления низкочастотного тракта, выбор типа транзисторов.

7. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА РАДИОСТАНЦИИ

На основе анализа заданных технических требований (вид модуляции, рабочий диапазон частот, число каналов связи, выходная мощность), типа радиостанции (морская, авиационная, для магистральной радиосвязи и т. п.), согласно требованиям ГОСТ Р51741-2001, ГОСТ 12252-86, ГОСТ 22579-86, ГОСТ 22580-84, ГОСТ 20532-83 к проектированию радиостанций соответствующих типов необходимо обосновать количество и вид каскадов передающего тракта. При проектировании структурной схемы передающего тракта следует учитывать и приемный тракт.

Современной тенденцией при разработке мобильных радиостанций является применение трансиверных схем (наличие общих узлов приемного и передающего трактов). Например, общими могут быть такие дорогие узлы радиостанций, как фильтры сосредоточенной селекции, узлы синтезаторов частоты, источники опорной частоты, смесители и др. При выборе структурной схемы радиопередающего тракта следует рассмотреть 2–3 альтернативных решения поставленной задачи с критическим анализом каждого решения.

Основой радиопередатчика является источник электромагнитного колебания – источник опорной частоты. В качестве источника опорной частоты в радиостанциях широкое применение нашли кварцевые автогенераторы. Кварцевые генераторы и генераторы синтезаторов частот имеют низкую мощность выходного колебания (порядка 1...20 мВт). Отношение выходной мощности радиопередающего устройства (РПДУ) к мощности генератора влияет на необходимое количество каскадов в передающем тракте. Следует учитывать частотный диапазон, так как с повышением частоты усилительные свойства активных элементов каскадов меняются. Уже на этапе проектирования структурной схемы передающего тракта следует сделать выбор типа активного элемента, схемы его включения, проанализировать необходимость применения различных схем и методов сложения мощностей.

Носимые и возимые радиостанции, одноканальные и с малым числом каналов, можно выполнять по схеме с задающим генератором, умножителями частоты. Для данных РПДУ важными являются массогабаритные характеристики и стоимость. В более сложных РПДУ вместо задающего ге-

нератора используется возбудитель. Возбудитель может содержать синтезатор частот или несколько синтезаторов частот, а также узлы управления видами работ (виды модуляции) и модуляторы. В зависимости от видов связи и задач, выполняемых с помощью радиостанции, модуляторы могут быть основаны на аналоговых способах модуляции и на цифровых методах. Модуляция с использованием цифровых методов является более перспективной.

Для широкополосных радиостанций в каскадах усиления мощности рекомендуется применять двухтактное включение активных элементов, например, балансных транзисторов. Такое решение позволяет уменьшить количество перестраиваемых фильтров, подстроечных элементов в усилительном тракте передатчика с большим числом каналов связи в широкой полосе частот.

Проектирование основных блоков, узлов и каскадов передающей части радиостанции

Передающий тракт усиления радиостанции может состоять из каскадов на основе генераторов с внешним возбуждением (ГВВ), выполняющих следующие функции: усилителя мощности, умножителя частоты, модулятора. Передающий тракт может содержать как все перечисленные функциональные узлы и их отдельные комбинации, так и только усилители мощности. В ГВВ активные элементы работают, как правило, на пределе своих возможностей. Используется оптимальный по коэффициенту полезного действия, по достижению максимальной на выходном электроде полезной колебательной мощности, по коэффициенту усиления критический (граничный) режим работы активного элемента.

Схемотехническое отличие ГВВ-умножителя частоты от ГВВ-усилителя мощности состоит в настройке оптимального угла отсечки цепями смещения активного элемента и в настройке выходной согласующей цепи умножителя на соответствующую гармонику входного колебания. ГВВ-модулятор отличается от усилителя наличием дополнительных входов управления мощностью (по цепи питания или по цепи возбуждения для амплитудных модуляторов) или наличием входов управления частотой настройки выходных колебательных цепей согласования (угловая модуляция), через которые подаются модулирующие сигналы информации.

Расчет ГВВ следует начинать с выбора активного элемента (биполярный транзистор, полевой транзистор, электронная лампа и др.). Для выполнения расчета ГВВ необходимо знать:

- полезную мощность колебания, требующуюся от одного активного элемента;
- рабочую частоту или диапазон рабочих частот каскада;
- целесообразное для данного каскада и для передатчика в целом стандартное значение питающего напряжения;
- тип и характеристики выбранного активного элемента [1].

При расчете ГВВ надо учитывать, что критический режим работы активного элемента является основным для сигналов с угловой модуляцией. А для сигналов с амплитудной модуляцией (АМ) критический режим достигается только в максимальном режиме АМ-модуляции. При получении АМ-сигнала модуляцией напряжения смещения активный элемент основное время работы находится в недонапряженном режиме (настраивается постоянной составляющей напряжения в цепи смещения, амплитудой модулирующей переменной составляющей в цепи смещения и амплитудой колебания возбуждения в соответствии с коэффициентом модуляции).

При получении АМ-сигнала модуляцией в цепи питания выходного электрода в качестве основного режима работы активного элемента следует устанавливать перенапряженный режим (коэффициент модуляции зависит от постоянной составляющей напряжения питания и переменной составляющей, поданной в цепь питания выходного электрода через вход модуляции, при постоянной амплитуде колебания возбуждения на входе каскада). Для улучшения линейности усилительного тракта расчет ведется для критического режима работы активного элемента, когда вырабатывается максимальная полезная колебательная мощность.

В процессе расчета проводят проверку получаемых значений на предельно-допустимые эксплуатационные параметры для активного элемента и рассчитывают (помимо коэффициента усиления по мощности, КПД, величины напряжения смещения, уровня входного возбуждающего напряжения) необходимые значения эквивалентного критического сопротивления нагрузки и полного входного сопротивления. Значение эквивалентного критического сопротивления необходимо для расчета выходной цепи согласования, значение входного сопротивления – для расчета входной цепи согласования.

Цепь согласования желательно строить на звеньях фильтра низкой частоты для ограничения уровня гармоник. Для двухтактных схем цепи согласования строятся с использованием широкополосных трансформаторов, трансформаторов на отрезках длинных линий, трансформаторов на полосках и др. – в зависимости от частотного диапазона. В усилительных трактах широкополосных передающих устройств основную фильтрацию в канале, подавление гармоник и других нежелательных побочных составляющих спектра рекомендуется осуществлять с помощью выходных согласующих цепей между выходом усилителя и антенной.

Выбор структурной схемы и расчет синтезатора частоты, его узлов и элементов существенно зависит от требований, предъявляемых к основным характеристикам синтезатора. Основными исходными данными являются [2, 3]:

- диапазон выходных частот;
- требуемое количество каналов связи в данном диапазоне частот;
- шаг перестройки (частота сравнения);
- время установления частоты;
- уровень ослабления помех в спектре выходного сигнала.

Важен выбор метода синтеза частот (прямой синтез частот, косвенный на основе систем фазовой автоподстройки, метод прямого цифрового синтеза, комбинированные методы).

Основные этапы проектирования синтезатора частот [4]:

- выбор метода синтеза частот и структурной схемы;
- выбор схем основных узлов синтезатора, типа автогенератора или автогенераторов;
- выбор микросхем, электрических элементов;
- расчет каждого узла синтезатора;
- расчет показателей синтезатора частоты, определяющих его основные характеристики, и проверка их на соответствие исходным требованиям.

На схему модулятора угловой модуляции влияет выбор метода получения модулированного колебания (прямой или косвенный). Для получения частотной модуляции по прямому методу характерно применение генераторов, управляемых напряжением (ГУН). Для получения фазовой модуляции широкое распространение получила схема активного фазового

модулятора мостового типа [5]. При использовании косвенных методов необходимо применять соответствующую цепь коррекции (интегрирующую, дифференцирующую) для низкочастотного информационного модулирующего сигнала. Для проектирования модуляторов угловой модуляции необходимы следующие параметры:

- девиация частоты;
- диапазон управления частот несущего колебания;
- частота колебания источника опорной частоты;
- амплитуда модулирующего напряжения;
- диапазон частот модулирующего колебания;
- напряжение питания;
- коэффициент нелинейных искажений;
- коэффициент умножения частоты после модулятора в схеме передающего тракта передатчика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях рассмотрены общие вопросы, связанные с подготовкой курсового проекта (работы), определены этапы проектирования, начиная с выбора темы и заканчивая защитой, даны практические рекомендации, позволяющие избежать типичных ошибок. Особое внимание авторы уделили принципам проектирования устройств приема и обработки сигналов, а также порядку проектирования радиопередающего тракта радиостанции.

Выполнение проекта требует хороших знаний, творческого подхода, умения работать с источниками, научно-аналитического мышления, настойчивости и трудолюбия. Мы постарались сделать пособие максимально полезным и информативным, чтобы облегчить выполнение задач, которые предстоит решить студенту.

Защита курсового проекта – только один из этапов на пути профессионального роста, которого мы вам желаем!

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование радиопередатчиков : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Шахгильдяна. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 2000. – 656 с.
2. Левин, В. А. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки / В. А. Левин, В. Н. Малиновский, С. К. Романов. – М. : Радио и связь, 1989. – 232 с.
3. Рыжков, А. В. Синтезаторы частот в технике радиосвязи / А. В. Рыжков, В. Н. Попов. – М. : Радио и связь, 1991. – 264 с.
4. Проектирование радиопередающих устройств СВЧ : учеб. пособие для вузов / Г. М. Уткин [и др.] ; под ред. Г. М. Уткина – М. : Сов. радио, 1979. – 320 с.
5. Ельцов, А. К. Устройства генерирования и формирования сигналов : учеб. пособие / А. К. Ельцов, А. Б. Ионов, И. В. Хоменко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 84 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»

Факультет (институт) Радиотехнический

Кафедра Радиотехнические устройства и системы диагностики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

по дисциплине _____

на тему _____

Пояснительная записка

Шифр проекта (работы) 2068999 – 32 – @@ – 00.00.000. \$\$,

Студента(ки) _____
фамилия, имя, отчество полностью

Курс _____ Группа _____

Направление (специальность) _____
код, наименование

Руководитель _____
ученая степень, звание

фамилия, инициалы

Выполнил(а) _____
дата, подпись студента(ки)

К защите _____
дата, подпись руководителя

Проект (работа) защищен(а) с оценкой _____

Омск, 20____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»

Факультет (институт) Радиотехнический
Кафедра Радиотехнические устройства и системы диагностики
Дисциплина _____

ЗАДАНИЕ на выполнение курсового проекта (работы)

Студенту(ке) _____ Группа _____
фамилия, имя, отчество полностью

Направление (специальность) _____
код, наименование

Тема проекта (работы) _____

Срок сдачи проекта (работы) на кафедру «_____» _____ 20__ г.

Исходные данные к проекту (работе) _____

Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Перечень графического материала с указанием основных чертежей и (или) иллюстративного материала _____

Методическая литература и иные информационные источники _____

Дата выдачи задания «_____» _____ 20__ г.

Руководитель _____
подпись ученая степень, звание, ФИО дата

Зав. кафедрой _____
подпись ученая степень, звание, ФИО дата

Задание принял(а)
к исполнению студент(ка) _____ «_____» _____ 20__ г.
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ В (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»

РЕЦЕНЗИЯ на курсовой проект (работу)

Факультет (институт) Радиотехнический

Кафедра Радиотехнические устройства и системы диагностики

Дисциплина _____

Тема _____

Студент(ка) _____
фамилия, имя, отчество полностью

Курс _____ Группа _____

Руководитель _____
ученая степень, звание, ФИО

Содержание рецензии

Рейтинговые баллы за выполнение и подготовку к защите курсового проекта (работы)	
Рекомендуемая оценка (прописью)	

Руководитель _____ Дата « _____ » _____ 20__ г.
подпись