

УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Учебная программа дисциплины

**Владивосток
2009**

Федеральное агентство по образованию
Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Учебная программа курса
для
направления подготовки
210300 РАДИОТЕХНИКА

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2009

ББК 32.884

Учебная программа по дисциплине «Устройства формирования и генерирования сигналов» составлена в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта России.
Предназначена для студентов по направлению 210300 «Радиотехника».

Составители: Павликов С.Н., профессор кафедры электроники

Утверждена на заседании кафедры электроники, протокол № 10 от 05.5.2009 г.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Устройства формирования и генерирования сигналов» включена в цикл специальных дисциплин. Содержание материала предполагает, что студентами усвоены основные положения предшествующих дисциплин: «Физические основы электроники», «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных систем», «Цифровые устройства и микропроцессоры», «Схемотехника аналоговых устройств». В курсе на основе системного подхода определяется взаимосвязь между составными частями основных типов радиоэлектронных средств. В курсе с обобщенных позиций на основе системного подхода определяются взаимосвязь между составными частями основных типов радиопередающих устройств, а также их составляющих. В дисциплине "Устройства формирования и генерирования сигналов" изучаются вопросы теории и техники устройств генерирования, формирования и передачи, применяемых в телекоммуникационных системах. Рассматриваются общие принципы построения радиопередатчиков, схемы, электрические режимы генераторов на радиолампах и транзисторах, методы их расчетов, и повышения эффективности. Излагаются особенности радиопередатчиков с амплитудной, угловой, однополосной и импульсной модуляцией. Рассматриваются принципы построения и особенности вещательных, телевизионных, радиорелейных, тропосферных и спутниковых передатчиков, а также передатчиков мобильной связи.

1. ОРГАНИЗАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью и задачами дисциплины являются:

- изучение принципов построения передающих систем;
- изучение передающих устройств в различных диапазонах волн;
- изучение основных типов современных вакуумных и полупроводниковых генераторных и усилительных приборов;
- изучение основных элементов передающих устройств;
- изучение модуляторов, усилителей мощности, умножителей, синтезаторов частот;
- изучение основ схемотехники;
- изучение особенностей проектирования и эксплуатации передающих устройств радиоэлектронных средств.

1.2. Знания, умения и навыки, которые должен приобрести студент в результате изучения дисциплины.

В результате теоретического изучения дисциплины студент должен:

иметь представление:

- об основных видах радиоэлектронных схем, используемых в устройствах формирования и генерирования сигналов;
- о принципах функционирования устройств формирования и генерирования сигналов.

знать и уметь использовать:

- теоретические методы анализа и синтеза радиоэлектронных схем формирования сигналов;
- методы теоретического и экспериментального исследований устройств формирования и генерирования сигналов;
- методы выбора устройств формирования и генерирования сигналов для конкретных применений;
- методы построения и способы реализации на ЭВМ имитационных моделей устройств формирования сигналов;

иметь опыт:

- выполнения инженерных расчетов и принятия профессиональных решений по проектированию устройств формирования и генерирования сигналов;
- проведения расчетов и вычислительных экспериментов на ЭВМ для оценки показателей эффективности устройств формирования и генерирования сигналов;
- работы с научно-технической документацией, технической литературой и другими информационными источниками для решения профессиональных задач.

1.3. Объем и сроки изучения дисциплины

Дисциплина «Устройства формирования и генерирования сигналов» изучается в седьмом семестре.

Общее количество часов, которое отводится на изучение дисциплины – 80. Количество аудиторных часов – 34, из них: лекций – 18 часа, практических занятий – 8; лабораторных работ – 8 часов. На самостоятельную работу студентов отводится 46 часов, из них 16 часов на подготовку к зачету, 20 часов на оформление отчетов по лабораторным работам и подготовку их к защите и 10 часов на выполнение индивидуальных домашних заданий, самостоятельное изучение материала и консультации.

1.4. Основные виды занятий и особенности их проведения при изучении дисциплины

1.4.1. Лекционные занятия

Методически целесообразно следующее построение лекционных занятий: после ознакомления со значением, особенностями и задачами дисциплины следует познакомиться с общими понятиями и особенностями устройств формирования и генерирования сигналов, терминологией и связать с предыдущими и последующими дисциплинами.

Каждую тему начинать с краткого повторения и постановкой задачи. Проводить с помощью проблемного и информационного методов, проводя экспресс опрос в ходе занятий. В конце занятия подводить итог достижения цели занятия и объявлять задание на самостоятельную работу.

1.4.2. Лабораторные работы

Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории устройств генерирования и формирования сигналов, оборудованной стендами с исследуемыми макетами и комплектами измерительной аппаратуры, обеспечивающими выполнение работ. Компьютерные лабораторные, проводятся с использованием системы «MathCAD V6», «Math Lab». Это дает возможность проводить их фронтально, по мере изучения теоретического материала с начала семестра.

1.4.3. Практические занятия, курсовое проектирование

Практические занятия проводятся с использованием материальной части кафедры и на компьютере. Это дает возможность проводить занятия по мере изучения теоретического материала с начала семестра. Занятия по курсовому проектированию проводятся в кабинете, оборудованном справочными таблицами, чертежами узлов генераторных устройств. Вычислительные работы выполняются в компьютерном классе, имеющем библиотеку программ, необходимых для проектирования различных типов генераторных устройств

1.5. Взаимосвязь аудиторной и самостоятельной работы

В ходе изучения дисциплины студенты слушают лекции по теоретическому материалу, приобретают навыки моделирования процессов функционирования устройств формирования и генерирования сигналов на лабораторных работах и закрепляют полученные знания при проведении расчетов на практических занятиях и закрепляют знания и умения в процессе самостоятельной работы.

Контроль знаний и понимания теоретического материала проводится по результатам выполнения экспресс-контрольных работ и тестов. Для помощи студентам в освоении теоретического материала предусматриваются консультации ведущего преподавателя.

Для защиты лабораторных работ в рамках самостоятельной работы студента предусмотрено время для оформления отчета и освоения теоретического материала для ответов на контрольные вопросы.

Для подготовки к зачету студенту отводится 16 часов самостоятельной работы и 4 часа консультации ведущего преподавателя перед экзаменом.

1.6. Техническое и программное обеспечение дисциплины

При проведении лекционных занятий необходимо проекционное оборудование, сопряженное с компьютером. Для проведения практических занятий и лабораторных работ используется системы «MathCAD V6», «Math Lab» предназначенные для создания имитационных моделей РЭС. Комплект компьютерных программ для расчетов режимов работы транзисторных генераторов с внешним возбуждением (мощных и малой мощности, высоких и сверхвысоких частот); умножителей частоты на транзисторах, кварцевых генераторов, генераторов сверхвысоких частот на лавинно-пролетных диодах. Электромагнитные цепи генераторов рассчитываются по программам для проектирования ячеек фильтров нижних частот и цепей на элементах в виде отрезков несимметричных полосковых линий. Комплект программ полезен при проведении практических занятий и курсового проектирования. Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории устройств генерирования и формирования сигналов, оборудованной стендами с исследуемыми макетами и комплектами измерительной аппаратуры, обеспечивающими вы-

полнение работ, названных в разделе 2.2. Для выполнения работ разработаны автоматизированные лабораторные стенды. Занятия по курсовому проектированию проводятся в кабинете, оборудованном справочными таблицами, чертежами узлов генераторных устройств. Вычислительные работы выполняются в компьютерном классе, имеющем библиотеку программ, необходимых для проектирования различных типов генераторных устройств

1.7. Виды контроля знаний студентов и их отчетности

В соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки успеваемости студентов во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса в ходе изучения дисциплины предусматриваются следующие виды контроля знаний студентов: текущая и промежуточная (семестровая) аттестации. Текущая аттестация студентов осуществляется постоянно путем учета уровня знаний и степени усвоения студентами учебного материала дисциплины по мере ее изучения. Баллы на текущей аттестации выставляются по результатам выполнения индивидуальных домашних заданий, экспресс-контрольных работ, тестов и лабораторных работ.

Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в виде зачета. Форма проведения - устная или в виде электронного теста итогового контроля знаний по дисциплине.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Перечень тем для лекционных занятий и самостоятельного изучения дисциплины

Введение

Предмет и содержание дисциплины. Связь с другими дисциплинами учебного плана. Общие сведения об устройствах формирования и генерирования радиосигналов. Их области применения. Основные электрические характеристики этих устройств. Характеристики электромагнитной совместимости. Историческая справка.

ТЕМА 1. Задачи и функции радиопередающих устройств

Радиопередающими устройствами (более коротко - радиопередатчиками) называются радиотехнические аппараты, служащие для генерирования, усиления по мощности и модуляции высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний, подводимых к антенне и излучаемых в пространство.

Три функции - генерация, усиление и модуляция - объединяются общим понятием: формирование сигнала, под которым понимают колебание, несущее информацию. Такой электромагнитный сигнал, излученный в пространство, называется радиосигналом. Третья из названных функций - модуляция - есть процесс наложения исходного сообщения (например, речи или телевизионного изображения) на ВЧ или СВЧ колебания. В технологическом плане радиопередающие устройства представляют собой сборки интегральных микросхем, транзисторов, диодов, электровакуумных приборов, конденсаторов, трансформаторов и множества иных элементов, соединенных между собой согласно определенной электрической схеме. Наиболее совершенные конструкции полностью состоят из полупроводниковых гибридных и интегральных микросхем. Радиопередатчики служат для передачи информации в рамках определенной радиоэлектронной системы. К их числу относятся системы: звукового и телевизионного радиовещания; радиосвязи с помощью наземных средств, в частности сотовая радиосвязь; глобальные космические радиосвязи, телевизионного радиовещания и радионавигации; радиуправления и радиотелеметрического контроля разнообразными объектами; радиолокационные, дальнего и ближнего радиуса действия. В зависимости от назначения радиоэлектронной системы применяют тот или иной тип радиопередатчика: ламповый или полупроводниковый, ВЧ или СВЧ диапазона, небольшой или повышенной мощности, работающий в непрерывном или импульсном режиме.

ТЕМА 2. Классификация, каскады, структурная схема и параметры радиопередатчиков

РПДУ классифицируют по назначению, объекту использования, диапазону частот, мощности и виду излучения. Назначение РПДУ определяется радиотехнической системой, в которой оно используется, и связано с видом передаваемой информации. Различают: радиосвязные, радиовещательные, телевизионные, радиолокационные, радиотелеметрические, радионавигационные и другие. Объект использования определяется местом установки РПДУ: наземные стационарные, самолетные, спутниковые, корабельные, носимые, мобильные, т.е. устанавливаемые на автомобилях, железнодорожном транспорте и иных наземных передвижных объектах. По диапазону частот РПДУ различают на: сверхдлинноволновые, длинноволновые, средневолновые, коротковолновые, ультра- коротковолновые, дециметровые, сантиметровые, миллиметровые. Передатчики пяти первых диапазонов объединяются общим названием -

высокочастотные, трех последних - сверхвысокочастотные. Границей между РПДУ ВЧ и СВЧ диапазонов является частота 300 МГц. При частоте менее 300 МГц передатчик относится к ВЧ диапазону, выше - к СВЧ диапазону. По мощности ВЧ сигнала, подводимого к антенне, РПДУ различают: малой - до 10 Вт, средней - 10 ... 500 Вт, большой- 500 Вт... 10 кВт, сверхбольшой - выше 10 кВт. По виду излучения передатчики разделяют на работающие в непрерывном и импульсном режимах. Радиопередатчик представляет собой сборку из отдельных каскадов и блоков, каждый из которых функционирует самостоятельно, и в сочетании с другими частями всего устройства. К числу каскадов относятся:

- автогенератор, или генератор с самовозбуждением, - источник ВЧ или СВЧ колебаний. В зависимости от метода стабилизации частоты различают кварцевые и бескварцевые автогенераторы;
- генератор с внешним или независимым возбуждением - усилитель ВЧ или СВЧ сигнала по мощности. В зависимости от полосы пропускания различают узко- и широкополосные генераторы;
- умножитель частоты, служащий для умножения частоты колебаний;
- преобразователь частоты, предназначенный для смещения частоты колебаний на требуемую величину;
- делитель частоты, служащий для деления частоты колебаний;
- частотный модулятор, осуществляющий частотную модуляцию;
- фазовый модулятор, осуществляющий фазовую модуляцию;
- фильтры, служащие для пропускания сигнала только в определенной полосе частот;
- сумматор (делитель) мощностей сигналов, в котором происходит суммирование мощностей однотипных сигналов или деление сигнала по мощности в требуемое число раз;
- мостовое устройство - разновидность сумматора при сложении мощностей двух сигналов или делении в два раза мощности сигнала;
- направленный ответвитель, служащий для отбора части мощности сигнала из основного канала его распространения;
- согласующее устройство, предназначенное для согласования выходного сопротивления радиопередатчика с входным сопротивлением антенны;
- аттенюатор, служащий для регулирования мощности сигнала;
- фазовращатель, необходимый для управления фазой сигнала;
- ферритовые однонаправленные устройства (циркуляторы и вентили), служащие для пропускания сигнала только в одном направлении;
- балластные сопротивления, в которых происходит рассеивание мощности.

ТЕМА 3. Общие принципы генерирования и усиления ВЧ и СВЧ колебаний

Основное назначение генератора состоит в преобразовании энергии источника постоянного тока в энергию ВЧ или СВЧ колебаний. Генераторы подразделяются на два основных типа:

- автогенераторы, работающие в режиме самовозбуждения или автоколебаний, частота которых определяется параметрами самого устройства;
- генераторы с внешним возбуждением, работающие в режиме усиления входного сигнала по мощности или умножения его частоты.

Основные электронные приборы, используемые в генераторах:

- электровакуумные приборы (триоды, тетроды и др.);
- полупроводниковые приборы (транзисторы биполярные и полевые, диоды (туннельные, диоды Ганна и лавинно-пролетные));
- клистроны;
- лампы бегущей волны;
- приборы магнетронного типа.

ТЕМА 4. Основы теории ВЧ генератора с внешним возбуждением

Электронный прибор и ВЧ генератор в целом являются нелинейными устройствами. В частности, при подаче на вход такого прибора синусоидального напряжения сигнал на его выходе искажается. Согласно разложению функции в ряд Фурье (4.5) сигнал можно представить в виде суммы постоянной составляющей и нескольких гармоник. Из этой «смеси» с помощью фильтра можно выделить 1-ю гармонику сигнала. Именно такую функцию и выполняет выходная согласующая цепь в схеме ВЧ генератора. Поэтому напряжение на нагрузке генератора снова приобретает синусоидальную форму. Именно в фильтрации несинусоидального сигнала, выделении из него 1-й гармоники сигнала и преобразовании его вновь в синусоидальный сигнал и состоит метод гармонической линеаризации, лежащий в основе анализа ВЧ генератора. Сам анализ включает в себя:

- определение с помощью ВАХ электронного прибора формы тока на его выходе при подаче на вход синусоидального сигнала;

- разложение в ряд Фурье полученной несинусоидальной зависимости для тока эквивалентного генератора электронного прибора;
- определение напряжения на выходе электронного прибора; определение выходной мощности 1-й гармоники поступающей в нагрузку;
- определение потребляемой мощности от источника постоянного тока и КПД генератора;
- анализ входной цепи ВЧ генератора, определение мощности входного сигнала, и коэффициента усиления генератора по мощности;
- выбор схемы и расчет выходной и входной согласующих электрических цепей ВЧ генератор.

ТЕМА 5. Ламповые высокочастотные генераторы с внешним возбуждением

Лампа в схеме ГВВ предназначена для усиления мощности входного сигнала.

Классификация схем ВЧ генераторов определяется: типом выходной электрической цепи и ее связью с нагрузкой; видом входной электрической цепи и ее связью с источником возбуждения и лампой; цепью питания анода и управляющей сетки лампы; способом перестройки электрических цепей в диапазонных передатчиках.

ТЕМА 6. Методика расчета лампового ГВВ

Программа состоит из трех частей:

1. ввода исходных данных;
2. расчета параметров генератора по анодной цепи;
3. расчета параметров сеточной цепи генератора.

Схема ГВВ с общей сеткой. Электрические схемы ламповых ГВВ

Классификация схем ВЧ генераторов определяется: типом выходной электрической цепи и ее связью с нагрузкой; видом входной электрической цепи и ее связью с источником возбуждения и лампой; цепью питания анода и управляющей сетки лампы; способом перестройки электрических цепей в диапазонных передатчиках. В качестве входной и выходной электрических цепей, служащих для согласования лампы с источником возбуждения и нагрузкой, и фильтрации высших гармоник сигнала обычно используется один из четырех вариантов: одиночный параллельный колебательный контур, два связанных параллельных колебательных контура, П- и Т-образная схема. Виды питания анода и сетки лампы ГВВ. Классификация схем ВЧ генераторов определяется: типом выходной электрической цепи и ее связью с нагрузкой; видом входной электрической цепи и ее связью с источником возбуждения и лампой; цепью питания анода и управляющей сетки лампы; способом перестройки электрических цепей в диапазонных передатчиках.

ТЕМА 7. Транзисторные ГВВ

В ГВВ могут использоваться биполярные и полевые транзисторы. В биполярных транзисторах происходит перенос как основных носителей заряда в полупроводнике, так и неосновных; в полевых - только основных. Управление током прибора в биполярных транзисторах осуществляется за счет заряда неосновных носителей, накапливаемых в базовой области; в полевых - за счет действия электрического поля на поток носителей заряда, движущихся в полупроводниковом канале, причем поле направлено перпендикулярно этому потоку. Для увеличения мощности прибора в биполярных транзисторах используют многоэмиттерную структуру, а в полевых - многоканальную. Материалом для мощных ВЧ транзисторов обоих типов служит кремний, в СВЧ приборах применяют также арсенид галлия. Задача повышение выходной мощности сигнала и максимальной частоты усиления в полупроводниковом приборе решена путем создания кремниевых и арсенид-галлиевых транзисторов с многоэмиттерной и многоканальной структурой. Другое направление в развитии генераторных транзисторов связано с повышением их линейных свойств при усилении сигналов повышенной мощности. Пределно допустимые параметры транзистора. У мощного полевого транзистора ограничены токи, напряжения между электродами и мощность рассеяния. К их числу относятся: импульсное (пиковое) значение тока стока; постоянная составляющая тока стока в непрерывном режиме; постоянная составляющая тока затвора в непрерывном режиме; постоянное и пиковое значения напряжений сток-исток, затвор-исток и затвор-сток; мощность, рассеиваемая прибором.

ТЕМА 8. Режимы работы транзисторных ГВВ

Три режима работы транзисторного генератора.

Исследование транзисторного генератора проводится как и в случае анализа работы лампового генератора, по плану, состоящему:

- в определении с помощью вольт-амперных характеристик прибора форм тока и напряжения на его вы-

ходе при подаче на вход синусоидального сигнала;

- расчете энергетических параметров генератора: выходной мощности 1-й гармоники, потребляемой мощности от источника постоянного тока и КПД генератора;
- определении мощности входного сигнала и коэффициента усиления генератора по мощности;
- в построении динамических, нагрузочных, амплитудных и частотных характеристик.

Несмотря на разный физический характер процессов, протекающих в электровакуумном приборе, биполярном и полевом транзисторах, ввиду формального сходства их ВАХ анализ выходной цепи во в основном совпадает. Так, в транзисторных генераторах, как и в ламповых, возможны недонапряженный, граничный и перенапряженный режимы работы.

ТЕМА 9. Сравнительный анализ генераторов

В качестве ключевого элемента используются транзисторы и тиристоры (кремниевые управляемые вентили). Динамическая характеристика при ключевом режиме работы обуславливает работу транзистора только в двух областях - насыщения (ключ открыт) и отсечки (ключ закрыт). Преимущества транзисторных генераторов перед ламповыми состоят: - в большей долговечности (срок службы генераторных ламп обычно не превышает нескольких тысяч часов, транзисторов - сотен тысяч часов);

- низким значении напряжения питания, которое не превышает 30 В (у ламп это напряжение от нескольких сотен вольт до десятков киловольт);
- практически мгновенной готовности к работе после подачи напряжения питания (у ламп требуется предварительное включение цепи накала);
- высокой прочности по отношению к механическим перегрузкам; в значительном снижении массы и габаритных размеров аппаратуры и возможности ее миниатюризации на основе интегральной технологии.

К недостаткам транзисторных генераторов относятся:

- ограниченная мощность транзисторов и связанная с этим необходимость суммирования мощностей генераторов при повышенной мощности радиопередатчика;
- температура корпуса мощных транзисторов не должна превышать $60...70^{\circ}\text{C}$;
- чувствительность к весьма кратковременным нарушениям эксплуатационного режима по причине пробоя р-п-переходов, в связи с чем требуется применение специальных схем защиты мощных транзисторов;
- в низком коэффициенте усиления по мощности при приближении частоты усиливаемого сигнала к граничной частоте транзистора (обычно не более 3...6 дБ) и зависимости этого коэффициента от частоты согласно.

Еще одно важное различие между двумя типами генераторов. Ламповые генераторы работают со сравнительно высокими напряжениями питания (от сотен вольт до десятков киловольт) и относительно малыми токами. Поэтому сопротивление анодной нагрузки в них превышает 1000 Ом. Транзисторные генераторы работают при низких напряжениях питания (<30 В) и с относительно большими токами. Поэтому в них сопротивление коллекторной или стоковой нагрузки составляет от нескольких до десятков Ом. Таким образом, ламповый генератор требует высокоомной нагрузки, а транзисторный - низкоомной. Во втором случае можно обеспечить широкую полосу пропускания генератора.

Еще одно преимущество транзисторных генераторов состоит в возможности получения относительно большой полосы пропускания, что имеет важное значение при создании широкополосных систем радиосвязи. Основное применение в современных радиопередатчиках при мощности не более нескольких сотен ватт находят транзисторные генераторы. С помощью способов суммирования сигналов это значение мощности может быть повышено на 2-3 порядка. И только в передатчиках повышенной мощности, например радиовещательных мощностью в несколько десятков и сотен киловатт используются электровакуумные приборы. Преимущества полевых транзисторов по сравнению с биполярными состоят в следующем:

- в большем коэффициенте усиления по мощности и меньшем коэффициенте шума в СВЧ диапазоне;
- лучшей линейности амплитудной характеристики;
- лучшей температурной стабильности и радиационной стойкости.

В СВЧ диапазоне, начиная с частоты 1...2 ГГц все большее применение находят генераторы с полевыми транзисторами.

ТЕМА 10 . Электрические цепи ВЧ ГВВ

При всем разнообразии этих схем они все вытекают из обобщенной схемы генератора, состоящей из включенных каскадно, входной и выходной согласующих цепей и транзистора.

По назначению следует различать три основных случая согласования цепей применительно к

ГВВ:

- согласование входного сопротивления транзистора с предыдущим каскадом;
- согласование выходного сопротивления транзистора со следующим каскадом;
- согласование выходного сопротивления транзистора с антенной.

Другая классификация электрических цепей связана с полосой их пропускания при среднем значении частоты в этой полосе. Различают три основных цепи:

- узкополосная цепь при $(\Delta f_{\text{пр}}/f_0)=1 \dots 2\%$;
- среднеполосная цепь при $2\% \leq (\Delta f_{\text{пр}}/f_0) \leq 20\%$;
- широкополосная цепь при $(\Delta f_{\text{пр}}/f_0) \geq 20\%$.

В узкополосной цепи можно произвести согласование, близкое к оптимальному, при комплексной нагрузке; в широкополосной - только при активной нагрузке. Вместе с тем потребность в широкополосных генераторах весьма велика. Во-первых, они применяются в диапазонных радиопередатчиках, обеспечивая усиление сигнала по мощности на любой из частот в заданном диапазоне без перестройки электрических цепей, что существенно упрощает конструкцию радиопередатчика в целом и повышает надежность его работы. Во-вторых, они используются при усилении широкополосных сигналов. Особенность полупроводниковых генераторов состоит в том, что мощные транзисторы имеют низкие значения входного и выходного сопротивлений (несколько Ом). Потребность в широкополосных генераторах весьма велика. Во-первых, они применяются в диапазонных радиопередатчиках, обеспечивая усиление сигнала по мощности на любой из частот в заданном диапазоне без перестройки электрических цепей, что существенно упрощает конструкцию радиопередатчика в целом и повышает надежность его работы. Во-вторых, они используются при усилении широкополосных сигналов. Особенность полупроводниковых генераторов состоит в том, что мощные транзисторы имеют низкие значения входного и выходного сопротивлений (несколько Ом).

ТЕМА 11. Радиопередатчики СВЧ диапазона, передатчики радиолокационных станций, передатчики сотовой системы радиосвязи

В зависимости от расстояния до обнаруживаемой цели, а, следовательно, и требуемой мощности излучаемого импульса, радиопередатчики РЛС можно разделить на три основные группы:

- ближнего радиуса действия в несколько сотен метров и требуемой мощности радиопередатчика несколько ватт;
- среднего радиуса действия при расстоянии в несколько километров или десятков километров и требуемой мощности в импульсе несколько киловатт или десятков киловатт;
- дальнего радиуса действия при расстоянии в сотни километров и требуемой мощности в импульсе более 1 МВт.

Вторая классификация радиопередатчиков РЛС прямо связана с антенной и способом суммирования мощностей сигналов: с одним выходом на единственный излучатель, например при параболической антенне, или со множеством выходов на большое число излучателей при применении фазированной антенной решетки (ФАР).

Третья классификация основана на типе электронных приборов, применяемых радиопередатчиках РЛС: электровакуумных (ЛБВ, клистронов, магнетронов и т.д.) или только полупроводниковых.

При составлении структурной схемы СВЧ передатчика следует руководствоваться следующими правилами:

- между приборами необходимо включать ферритовые однонаправленные устройства (вентили и циркуляторы) для обеспечения электрической устойчивости;
- выходной сигнал передатчика надо пропустить через полосовой фильтр с целью уменьшения побочных излучений и доведения их до требуемой нормы;
- с помощью устройств автоматического регулирования необходимо стабилизировать основные параметры радиопередатчика;
- непрерывно контролировать режимы работы всех каскадов и в первую очередь выходную мощность радиопередатчика;
- необходимо предусмотреть электронную защиту, снимающую напряжения питания с передатчика при нарушении нормального режима эксплуатации электронных приборов или возникновении любых внешних ситуаций;
- рекомендуется применять систему принудительного охлаждения для соблюдения температурного режима работы электровакуумных приборов;
- все высоковольтные цепи должны быть выполнены с соблюдением норм по технике безопасности;
- передатчик в целом должен быть экранирован для соблюдения норм по СВЧ излучениям.

2.2. Перечень тем лабораторных занятий

- Занятие 1. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на стабильность колебаний автогенераторов.
Занятие 2. Исследование амплитудной модуляции.
Занятие 3. Исследование работы модуляторов.
Занятие 4. Исследование частотной модуляции.

2.3. Перечень тем практических занятий

- Занятие 1. Основы теории и расчета высокочастотных резонансных генераторов с внешним возбуждением.
Занятие 2. Автогенератора гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот
Занятие 3. Формирование радиосигналов высоких частот с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией
Занятие 4. Формирование радиосигналов высоких частот с амплитудной модуляцией.
Занятие 5. Формирование радиосигналов высоких частот с частотной модуляцией.
Занятие 6. Широкополосные усилители мощности и ключевые ГВВ. Сложение мощностей в ГВВ. Умножители частоты.

2.4. Тема курсового проекта

Расчет элементов и узлов аппаратуры связи

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Перечень и тематика самостоятельных работ студентов, методические указания и формы отчетности.

В рамках общего объема часов самостоятельной работы студентов (СРС), отведенных для изучения дисциплины, предусматриваются следующие виды работ: выполнение индивидуальных домашних заданий, изучение теоретического материала с самоконтролем по приведенным ниже вопросам, оформление и защита отчетов по практическим и лабораторным работам, посещение консультаций и подготовка к экзамену.

При изучении дисциплины предусматривается выполнение двух индивидуальных домашних заданий:

1. Расчет высокочастотных резонансных генераторов с внешним возбуждением. Целью работы является закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчета ГВВ в соответствии с темой 6 содержания дисциплины. Планируемое время СРС – 5 часов.

2. Расчет цепей ВЧ ГВВ. Целью работы является закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчета в соответствии с темой 10 содержания дисциплины. Планируемое время СРС – 6 часов.

Для самостоятельного изучения дисциплины и закрепления теоретического материала в программу включены контрольные вопросы для самостоятельной оценки студентом качества изучения дисциплины и возможность консультаций у ведущего преподавателя.

Планируемое время СРС на эту работу – 11 часов.

Кроме того, для контроля этого вида СРС на лекционных занятиях предусматриваются следующие экспресс-контрольные работы:

1. Методика расчета ГВВ, тема 6.

2. Расчет цепей ГВВ, тема 10.

3. Особенности передатчиков различного назначения, тема 11.

Для выполнения курсового проекта необходимо изучить темы 6 -11 и расчет произвести согласно методики по исходным данным индивидуальных заданий. Аудиторная работа – 12 часов

Для выполнения отчета курсового проекта и лабораторных работ в соответствии с разделами 2.2 и 2.4. настоящей учебной программы студент должен предварительно самостоятельно освоить теоретический материал соответствующих тем. Для защиты работы он должен знать теоретический материал и продемонстрировать навыки работы на лабораторном оборудовании и умение компьютерного моделирования. Объем СРС, отведенный на эту работу, составляет 20 часов.

На подготовку к зачету отводится 16 часов СРС.

3.2. Состав технических средств и рекомендации по работе с ними

1. Для проведения лабораторных работ с использованием системы «MathCAD V6», «Math Lab » необходим компьютерный класс, оснащенный компьютерами типа IBM PC, работающими под управлением

ем русскоязычной (локализованной) либо корректно русифицированной версии операционных систем MS Windows 98/ME/NT/2000/XP.

Минимально допустимые уровни ОС: Win98 SE, WinNT4 SP6, Win2000 SP2, WinXP SP1.

Минимально возможная конфигурация компьютера для установки и запуска системы «MathCAD V6», «Math Lab »

- процессор Pentium с тактовой частотой 100 МГц;
- оперативная память 64 Мб;
- графический адаптер VGA с видеопамятью 1 Мб;
- привод CD-ROM;
- свободное пространство на жестком диске не менее 60 Мб.

2. Комплект компьютерных программ для расчетов режимов работы транзисторных генераторов с внешним возбуждением (мощных и малой мощности, высоких и сверхвысоких частот); умножителей частоты на транзисторах, кварцевых генераторов, генераторов сверхвысоких частот на лавинно-пролетных диодах. Электромагнитные цепи генераторов рассчитываются по программам для проектирования ячеек фильтров нижних частот и цепей на элементах в виде отрезков несимметричных полосковых линий. Комплект программ полезен при проведении практических занятий и курсового проектирования.

3. Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории устройств генерирования и формирования сигналов, оборудованной стендами с исследуемыми макетами и комплектами измерительной аппаратуры, обеспечивающими выполнение работ, названных в разделе 2.2. Для выполнения работ разработаны автоматизированные лабораторные стенды. Занятия по курсовому проектированию проводятся в кабинете, оборудованном справочными таблицами, чертежами узлов генераторных устройств. Вычислительные работы выполняются в компьютерном классе, имеющем библиотеку программ, необходимых для проектирования различных типов генераторных устройств.

3.3. Обзор рекомендованной литературы

Основные материалы по дисциплине рекомендуется изучать по источнику [1]. Для изучения вопросов (тема 1) использовать [1, 2]. При изучении вопросов (тема 2) рекомендуется использовать источники [1 - 3]. При изучении вопросов (тема 3) рекомендуется использовать источники [1,2]. При изучении вопросов (тема 4) рекомендуется использовать источники [1,2,3]. При изучении вопросов (тема 5) рекомендуется использовать источники [1,2]. При изучении вопросов (тема 6) рекомендуется использовать источники [1,3]. При изучении вопросов (тема 7) рекомендуется использовать источники [1, 3 -7]. При изучении вопросов (тема 8) рекомендуется использовать источники [1 - 3]. При изучении вопросов (тема 9) рекомендуется использовать источники [1,2]. При изучении вопросов (тема 10) рекомендуется использовать источники [3, 1, 5 - 7]. При изучении вопросов (тема 11) рекомендуется использовать источники [1-3, 5 - 7]. Для подготовки к выполнению и защите лабораторных работ рекомендуются источники [1 – 7].

3.4. Контрольные вопросы для самостоятельной оценки качества освоения дисциплины.

К теме 1

- 1.1 Вопрос 1. В чем заключались опыты Г. Герца?
- 1.2. Как был устроен первый радиопередатчик А.С. Попова?
- 1.3. Назовите четыре этапа в развитии радиопередатчиков.
- 1.4. Какие радиопередатчики применяются в настоящее время?

К теме 2

- 2.1. В чем состоит назначение радиопередатчика?
- 2.2. Назовите радиотехнические системы, в которых применяются радиопередатчики.
- 2.3. На какие диапазоны делятся волны в радиотехнике?
- 2.4. Где проходит граница между высокими и сверхвысокими частотами?
- 2.5. Как радиопередатчики подразделяются по мощности?
- 2.6. На каких объектах используются радиопередатчики?

К теме 3

- 3.1. В чем состоит назначение генератора высокочастотных колебаний?
- 3.2. Чем отличается генератор с внешним возбуждением от автогенератора?
- 3.3. Чем отличаются друг от друга разные типы электронных приборов?
- 3.4. В чем состоит принцип работы генератора с биполярным и полевым транзистором?
- 3.5. В чем состоит принцип работы триодного генератора?
- 3.6. В чем состоит принцип работы клистронного генератора?

3.7. В чем состоит принцип работы генератора на лампе бегущей волны?

К теме 4

- 4.1. Составьте обобщенную структурную схему генератора с внешним возбуждением.
- 4.2. Перечислите основные этапы анализа работы генератора с внешним возбуждением.
- 4.3. В чем заключается метод гармонической линеаризации?
- 4.4. Составьте уравнение баланса мощностей в генераторе.
- 4.5. Нарисуйте динамические характеристики генератора.
- 4.6. Нарисуйте нагрузочные характеристики генератора.
- 4.7. Нарисуйте амплитудно-частотные характеристики генератора.

К теме 5

- 5.1. Нарисуйте типовую схему лампового генератора с внешним возбуждением.
- 5.2. Как проводится аппроксимация статических характеристик триода?
- 5.3. Проведите на характеристиках лампы линию граничного режима.
- 5.4. Как определяется угол отсечки анодного тока?
- 5.5. Как определяется угол отсечки сеточного тока?
- 5.6. Что такое коэффициенты разложения косинусоидального импульса?

К теме 6

- 6.1. Нарисуйте типовую схему лампового генератора с внешним возбуждением.
- 6.2. Как проводится аппроксимация статических характеристик триода?
- 6.3. Проведите на характеристиках лампы линию граничного режима.
- 6.4. Как определяется угол отсечки анодного тока?
- 6.5. Как определяется угол отсечки сеточного тока?
- 6.6. Как производится разложение периодической функции в ряд Фурье?

К теме 7

- 7.1. Приведите модели и схемы включения транзистора с общим эмиттером, базой и коллектором.

К теме 8

- 8.1. Нарисуйте схемы генератора с внешним возбуждением с биполярным и полевым транзисторами.
- 8.2. Назовите три режима работы по напряженности транзисторного генератора.

К теме 9

- 9.1. Нарисуйте схемы генератора с внешним возбуждением с биполярным и полевым транзисторами.
- 9.2. Назовите три режима работы по напряженности транзисторного генератора.
- 9.3. Как определяется граничный режим работы транзисторного генератора?

К теме 10

- 10.1. В чем состоит назначение согласующих цепей в генераторе?
- 10.2. Какие согласующие цепи называются широкополосными, а какие узкополосными?
- 10.3. Нарисуйте входную согласующую цепь в транзисторном генераторе.

К теме 11

- 11.1. Почему радиолокационные передатчики работают в СВЧ диапазоне и имеют узкую диаграмму направленности?
- 11.2. Какие СВЧ электровакуумные приборы используются в радиолокационных передатчиках повышенной мощности?
- 11.3. Зачем в СВЧ передатчиках - вентили и циркуляторы?
- 11.4. В чем преимущества радиолокационных передатчиков, использующих ФАР?
- 11.5. По какому принципу строится сотовая система радиосвязи? Как распределяются в ней частоты?
- 11.6. Какие функции выполняет микропроцессор в носимом передатчике?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ АППАРАТУРЫ

Основная литература

1. Гряник В.Н., Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Устройства формирования и генерирования сигналов. - Владивосток: ВГУЭС. 2005. – 132 с.
2. Радиопередающие устройства, Учебник для ВУЗов/Под редакцией В.В. Шахгильдяна - М.: Радио и связь, 2003.-560 с.
3. Гряник В.Н., Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Защита аудио и видео информационных каналов. - Владивосток: ВГУЭС. 2005. – 152 с.
4. Гряник В.Н., Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Устройства записи и воспроизведения сигналов. - Владивосток: ВГУЭС. 2007. – 297с.
5. Проектирование радиопередатчиков: Учебное пособие для вузов/Под редакцией В.В. Шахгильдяна, - М.: Радио и связь, 2003.-656 с.

Дополнительная литература

1. Устройства генерирования и формирования радиосигналов/Под редакцией Г.М. Уткин, В.Н. Кулешова и М.В. Благовещенского,- М.: Радио и связь, 1994.
2. Каганов В.И. Радиотехника + компьютер + Matcad. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. - 416 с.
3. Карлацук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. М.: Солон-Р, 2000.-506 с.
4. Устройства генерирования и формирования радиосигналов: Учебник для вузов / Л.А. Белов, В.М. Богачев, М.В. Благовещенский и др.; Под ред Г.М. Уткина, В.Н. Кулешова и М.В. Благовещенского. –2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1994. – 416 с.: ил.
5. программа, методические указания и задания на курсовое проектирование по дисциплине «Устройства формирования и генерирования sbyufkj@d». – Владивосток: ВГУЭС. 2005. – 51 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Классификация радиопередающих устройств (РПДУ)
2. Структурная схема РПДУ и принцип работы
3. Параметры РПДУ
4. Проблемы электромагнитной совместимости
5. Классификация генераторов ВЧ и СВЧ
6. Генератор на электровакуумном приборе
7. Генератор на биполярном транзисторе
8. Генератор на полевом транзисторе
9. Генератор на диоде
10. Генератор на лампе бегущей волны
11. ВЧ генератор с внешним возбуждением (ВВ)
12. Характеристики ВЧ генератор с ВВ
13. Согласование ВЧ генератор с ВВ
14. Типовая электрическая схема лампового ГВВ
15. Характеристики триода и тетрода
16. Режимы работы ВЧ лампового генератора
17. Методика расчета лампового ГВВ
18. Электрические схемы ламповых ГВВ
19. Типы мощных транзисторов, используемых в генераторах
20. Анализ работы транзисторного генератора
21. Согласующие цепи в широкополосных генераторах
22. СВЧ транзисторные генераторы
23. Диодные СВЧ автогенераторы
24. Полупроводниковые умножители частоты
25. Способы и устройства суммирования мощностей
26. Амплитудная модуляция
27. Частотная модуляция
28. Фазовая модуляция
29. Синтезаторы частоты

30. Техника безопасности при работе радиопередатчиками

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ п/п	Тема курсовых работ	Буква алфавита, с которой на- чинается Ваша фамилия
1	Расчет элементов и устройств аппаратуры связи	А
2	Радиопередатчик СВЧ диапазона	Б
3	Радиопередатчик оптического диапазона	В
4	Измерение параметров, регулировка и испытания РПДУ	Г
5	Полупроводниковый умножитель частоты	Д
6	Модуляторы	Е
7	Усилитель СВЧ	Ж
8	Синтезатор частоты	З
9	Широкополосный генератор	И
10	Широкополосный усилитель	К
11	Методы расчета полупроводниковых генераторов	Л
12	Многокаскадный усилитель	М, Я
13	Полупроводниковые генераторы	Н
14	Ламповые генераторы	О
15	Клистронный генератор	П, Ю
16	Генератор на ЛБВ	Р
17	Схемы согласования в СВЧ	С
18	Стабилизация частоты	Т, Э
19	СВЧ диодный автогенератор	У, Ф, Х, Ц
20	Умножитель частоты	Ч, Ш, Щ
21	Радиопередатчик ВЧ диапазона	Э, Ю, Я