

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Институт электронных и информационных систем

Кафедра радиосистем



И. Эминов  
2017 г.

### Прием и обработка радиосигналов

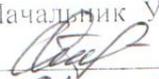
Учебный модуль по направлению подготовки  
11.03.01 Радиотехника

ПРОФ Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Рабочая программа

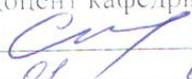
Согласовано

Начальник УО

  
01 03 2017 г. О.Б. Широколобова

Разработал

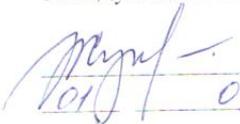
доцент кафедры РС

  
01 03 2017 г. А.В. Социлин

Принято на заседании кафедры РС

Протокол № 110 от 03.04 2017г.

Заведующий кафедрой РС

  
01 03 2017 г. И.Н. Жукова

## **1 Цели и задачи учебного модуля**

Настоящий учебно-методический документ определяет требования к подготовке бакалавров, обучающихся по направлению 11.03.01 – «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»).

Данная дисциплина обеспечивает формирование основ знаний и умений по приему и обработке радиосигналов с использованием аналоговой и цифровой техники.

Целью преподавания модуля является углубленное изучение структуры и характеристик устройств приема и обработки радиосигналов с использованием современных методов и элементной базы; место и роль устройств приема и обработки радиосигналов (УПиОРС) в радиосистемах.

В задачу дисциплины входит изучение методов обработки и особенностей структурной организации современных радиоприемных устройств, методов измерения параметров узлов, особенностей расчета, моделирования и проектирования устройств приема и обработки сигналов, позволяющих получать оптимальные или близкие к оптимальным схемотехнические решения.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- историю развития радиоприемной техники,
- роль и место радиоприемных устройств в современных радиосистемах,
- структурные схемы построения устройств ПиОРС,
- характеристики сигналов и помех,
- способы борьбы с помехами в УПиОРС
- особенности работы в УПиОРС в условиях сложной помеховой обстановки,
- характеристики и основные параметры узлов и блоков УПиОРС,
- способы достижения качественных показателей УПиОРС,
- современную элементную базу, применяемую при проектировании УПиОРС,
- основные методы и алгоритмы расчета отдельных узлов и УПиОРС в целом,
- способы и методы проектирования УПиОРС.

должны уметь:

- обосновывать выбор элементной базы при проектировании,
- пользоваться нормативной документацией
- проводить расчет, математическое и вычислительное моделирование узлов и блоков и УПиОРС в целом,
- проводить измерение параметров узлов, блоков и УПиОРС в целом,
- составлять структурные и функциональные схемы УПиОРС,
- разрабатывать схемы электрические принципиальные, спецификации, перечни элементов и другую конструкторскую документацию,
- оформлять законченные проектно-конструкторские работы,

иметь представление:

- о современных путях и мировых тенденциях развития УПиОРС .

## **2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки**

Модуль БП.В.5 «Прием и обработка радиосигналов» является дисциплиной вариативной части базового учебного плана направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника».

Формируемые компетенции определены Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника» (уровень бакалавриата).

Изучение учебного модуля базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин по направлению подготовки 11.03.01: математика, физика, схемотехника аналоговых устройств, цифровая обработка сигналов, цифровые устройства и микропроцессоры.

Данная дисциплина обеспечивает формирование основ знаний и умений по системному проектированию устройств приема и обработки радиосигналов с применением современной элементной базы.

### 3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения учебного модуля направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 – Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей и устройств радиотехнических систем;

ПК-6 – Готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

ПК-7 – Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

ПК-8 - Готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

В результате освоения УМ студент должен:

Код	Уровень освоения	Знать	Уметь	Владеть
ПК-5	повышенный	- этапов проектирования деталей, узлов, устройств; - перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования; - методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств; - особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.	определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств
ПК-6	повышенный	- теоретические основы электротехники и схемотехники; - теоретические основы аналоговой и цифровой схемотехники; - теоретические основы схемотехники СВЧ	- формировать из исходной информации набор входных данных для проектирования; - проводить расчёт и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем,	- навыками разработки и проектирования узлов, деталей и устройств, в том числе специализированных с помощью САПР

		устройств; - этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств; - основы работы с САПР	в том числе специализированных (цифровых, аналоговых и СВЧ); - создавать собственные проекты с помощью САПР; - Производить выбор САПР, соответствующих задачам;	
ПК-7	повышенный	Основные виды , отличительные особенности, требования к оформлению проектной и технической документации.	Разрабатывать проектную и техническую документацию и оценивать правильность ее оформления	Совершенными навыками работы со специализированными САПР
ПК-8	базовый	стандарты ЕСКД, ЕСТП, международный стандарты ИСО, которым должна соответствовать проектно-конструкторская документация разрабатываемых проектов	применять требования стандартов к разрабатываемым проектам	навыками осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		7 семестр	
Полная трудоемкость учебного модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	ПК-5 ПК-6 ПК-7 ПК-8
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	144	144	
- лекции	18	18	
- практические занятия	18	18	
- лабораторные работы	18	18	
- аудиторная СРС	18	18	
- внеаудиторная СРС	54	54	
Курсовой проект	36	36	
Аттестация:			
- зачет	-	-	
- экзамен	36	36	

## 4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

### 4.2.1 Лекционные занятия

#### Раздел 1. Введение. Краткая история развития техники радиоприема

Доламповый период. Работы И.Г. Винклера (1746), П. Мушенбрека (1745), Б. Франклина (1752), М.В. Ломоносова и Г. Рихмана (1753), Э. Нортон (1752), Ж.-Б. Беккариа (1770), Ф. Эпинуса, Ж. Нолле, Л. Гальвани (1780 -91), А. Вольта (1799), У. Томсона, (1853), Д.К. Максвелла (1865). Опыты Г. Герца (1888). Исследования проводимости металлических порошков: Работы Гитара (1850), Варли (1866), Кальцеки - Онести (1884). Схема Э. Бранли (1890). Когерер О. Лоджа (1894). Радиоприемник А.С. Попова (1895). Приемник Г. Маркони (1896). Когереры Попова и Маркони. Применение высокочастотного трансформатора в приемнике (1898). Приемник А.С. Попова для слухового приема (1899). Использование закона распределения потенциала в антенне для повышения чувствительности; Приемник Сляби. Повышение чувствительности и избирательности путем использования электрического резонанса. Приемники с переменной настройкой; схемы Маркони (1901), Лоджа (1906). Многоконтурные входные цепи; Схема Франклина (1907). Разработка новых типов волноуказателей: Когереры Т. Томмаса (1899), Лоджа -Мюирхеда -Робинсона (1902). Магнитный когерер Маркони (1903). Электролитические детекторы: "Респондер" де Фореста (1902), Шлемильха (1905). Кристаллические детекторы; Работы Ф. Брауна (1874), Ториката и Йокоямы (1908-10), Иглза (1909-11). Схемы детекторных приемников: Шапошникова (1924), ЛДВ-5 (1925). Переход на незатухающие колебания. "Тикеры" Педерсена (1906), Паульсена (1907), Остина. Гетеродинный приемник Фесендена (1905).

Ламповый период. Диод Флеминга (1904). Триод "Аудион" Ли де Фореста (1907). Регенеративные и сверхрегенеративные схемы: Ультрааудион Ли де Фореста (1914), Раунда (1913), Н.Д. Папалекси и Л.И. Мандельштама (1923), А.Л. Минца и П.Н. Куксенко (1923), Флюэлинга. Применение "рефлексных" схем (1913). Принцип супергетеродинного приема; Схема Шоттки (1918). Нейтродинные схемы.

Полупроводниковый период. " Кристадин" О.В. Лосева (1922). Изобретение транзисторов (Шокли, Бардин, Браттейн 1948). Особенности схемотехники радиоприемных устройств на биполярных и полевых транзисторах. Схемотехника РПУ на интегральных микросхемах. Однокристалльные приемники.

#### Раздел 2. Общие сведения о радиоприемных устройствах. Сигналы и помехи при радиоприеме

РПУ как составная часть радиосистемы. Роль и место РПУ в системах передачи информации, извлечения информации, радиопротиводействия. Определение РПУ и выполняемые им функции.

Структурные схемы РПУ. Основные методы приема. РПУ прямого усиления. Регенеративные РПУ. Сверхрегенеративные РПУ. Супергетеродинные РПУ. Инфрадинные РПУ. РПУ прямого преобразования частоты.

Каналы приема в супергетеродинном приемнике. Принцип супергетеродинного приема. Преобразователь. Гетеродин. Комбинационные частоты. Промежуточная частота. Усилитель промежуточной частоты. Соседний канал приема. Зеркальный канал. Комбинационный канал. Интермодуляционный канал приема. Прямой канал приема.

Основные характеристики РПУ. Методы обеспечения основных характеристик устройств приема и обработки радиосигналов. Качественные показатели. Электрические характеристики РПУ. Чувствительность. Частотная избирательность. Эффективная частотная избирательность. Нелинейные эффекты при одновременном действии полезного и мешающего сигналов: Сжатие амплитуды; Блокирование сигнала; Перекрестные искажения; Интермодуляция. Временная избирательность. Пространственная избирательность.

Поляризационная избирательность. Помехоустойчивость. Допустимые искажения воспроизведения сигналов. Электромагнитная совместимость. Динамический диапазон. Параметры ручных и автоматических регулировок. Мощность. Диапазон рабочих частот. Конструктивно-эксплуатационные характеристики. Производственно - экономические характеристики. Классификация радиоприемных устройств.

Классификация помех. Необходимые отношения (сигнал / помеха) при различных видах приема сообщений.

Внутренние шумы РПУ. Причины возникновения внутренних шумов. Тепловые шумы. Шумы активных сопротивлений. Энергетические спектры шумовой ЭДС и токов. Формула Найквиста. Шумы колебательных систем. Эффективная полоса пропускания контура. Шумы активных приборов (транзисторов). Дробовый шум. Формула Шотки для энергетического спектра. Управляемые и неуправляемые носители зарядов. Рекомбинация носителей зарядов. Ток базы. Шумы рекомбинации. Эквивалентная шумовая схема транзистора. Шумы полевых транзисторов. Шумящий 4-х полюсник. Шумовые параметры 4-х полюсника: шумовое сопротивление; шумовая проводимость; проводимость корреляции; шумовая температура.

Внешние шумы и помехи. Источники внешних шумов и помех. Шумы антенн. Сопротивление излучения антенны. Шумовая температура антенны. Зависимости напряженности поля внешних помех от частоты.

Коэффициент шума и шумовая температура РПУ. Линейный шумящий 4-х полюсник. Эквивалентная схема шумящего 4-х полюсника. Коэффициент усиления 4-х полюсника. Мощность шума, рассеянного на нагрузке. Дифференциальный реальный коэффициент шума. Дифференциальный коэффициент шума для  $T=300$  К. Приведение шумов 4-х полюсника ко входу. Шумовая температура 4-х полюсника. Эквивалентная схема 4-х полюсника с внешними источниками шума. Связь коэффициента шума и шумовой температуры. Интегральный коэффициент шума. Шумовая полоса пропускания. Определения коэффициента шума. Общая шумовая схема для шумящего 4-х полюсника. Оптимизация коэффициента шума и шумовой температуры выбором проводимости связи. Оптимальное рассогласование. Коэффициент шума пассивных 4-х полюсников. Коэффициент шума для каскадных соединений. Расчет реальной чувствительности РПУ в единицах напряжения, мощности и ед. кТо. Примеры расчета реальной чувствительности.

Сигналы при радиоприеме. Причины, приводящие к искажениям сигналов при радиоприеме. Преобразования сигналов в системах передачи информации и системах радиолокации в однолучевом канале. Модуляция. Флуктуации принятого сигнала. Мультипликативная помеха. Отличия принятого сигнала от переданного. Быстрые и медленные мультипликативные помехи. Среднее доплеровское смещение частоты и дисперсия при быстрой помехе. Модель сигнала для прямой видимости.

### **Раздел 3. Входные цепи (ВЦ)**

Введение. Определение ВЦ. Назначение ВЦ. Схема включения ВЦ. Классификация ВЦ. Эквиваленты антенн.

Качественные показатели ВЦ. Коэффициент передачи. Полоса пропускания. Избирательность. Диапазон рабочих частот. Коэффициент шума. Зависимость основных показателей от частоты. Постоянство показателей при изменении параметров антенны и усилительных устройств.

Схемотехника ВЦ радиолокационных станций (РЛС). ВЦ импульсной РЛС. Принципиальная схема. Антенный переключатель (АП). Принцип действия АП. Схемотехника АП. Устройство защиты приемника (УЗП), основные параметры. Схемы УЗП. Выключатели. Назначение выключателей. Схемотехника выключателей на газовых разрядниках и р-і-п диодах и их основные электрические параметры. Полосовой фильтр (ПФ). Назначение ПФ и его параметры.

Схемотехника ВЦ умеренно высоких частот.

Обзор основных схем ВЦ. ВЦ с простой связью с антенной. Схемы. Достоинства и недостатки ВЦ с простой связью с антенной. ВЦ с внешнеемкостной связью с антенной. Схемы. Основные параметры. Достоинства и недостатки. ВЦ с внутриемкостной связью с антенной. Схема. Особенности. ВЦ с трансформаторной связью с антенной. Схемы. Особенности. ВЦ с комбинированной связью с антенной. Схемы. Особенности. ВЦ с автотрансформаторной связью. Принципиальная схема. Эквивалентная схема ВЦ с автотрансформаторной связью. Коэффициенты включения. Эквивалентная проводимость нагруженного контура. Коэффициент передачи. Полоса пропускания. Примеры схем ВЦ с автотрансформаторной связью с антенной на СВЧ. Реализация ВЦ на СВЧ. Коаксиальные и объемные резонаторы. Полосовые фильтры. Назначение. Основные схемы.

Общая теория одноконтурной входной цепи.

Обобщенная схема избирательной входной цепи. Элементы связи. Коэффициент передачи ВЦ. Максимальный предельный коэффициент передачи. Эквивалентная схема одноконтурной ВЦ. Проводимость источника сигнала. Проводимость со стороны 1-го каскада усиления. Упрощенная эквивалентная схема. Коэффициент передачи. Условие настройки на резонансную частоту. Резонансный коэффициент передачи ВЦ. Избирательность ВЦ. Выбор связи из условия допустимого расширения полосы пропускания входного контура. Выбор связи из условия допустимого смещения настройки ВЦ.

Входные цепи при работе с ненастроенными антеннами.

Области применения ВЦ, работающих с ненастроенными антеннами. Особенности.

ВЦ с трансформаторной связью с антенной. Схема. Коэффициенты трансформации. Коэффициент передачи. Зависимость коэффициента передачи от режима работы антенны. Режимы: укорочения антенны, удлинения антенны, работа с резонансной антенной. Неравномерность коэффициента передачи по диапазону. ВЦ с внутриемкостной связью контура с активным элементом. Схема. Коэффициенты трансформации. Эквивалентное затухание контура. Избирательность при больших расстройках.

ВЦ с внешнеемкостной связью с антенной. Схема. Коэффициент передачи и его зависимость от частоты. Избирательность при больших расстройках.

ВЦ с внутриемкостной связью с антенной. Схема. Входной емкостной делитель. Коэффициент передачи и его зависимость от частоты. Избирательность при больших расстройках.

ВЦ с рамочной и ферритовой антенной. Схема. Действующая высота. Направленные свойства. Коэффициент передачи. Чувствительность по полю.

ВЦ с полосовыми фильтрами. Назначение. Основные схемы. Коэффициент передачи.

Входные цепи при работе с настроенными антеннами.

Области применения ВЦ, работающих с настроенными антеннами. Особенности.

Коэффициент использования номинальной мощности. Частные случаи.

Схемы согласования: Автотрансформаторное согласование. (Схема. Особенности).

Трансформаторное согласование (Схемы. Особенности. Коэффициент связи. Области применения ВЦ с трансформаторным согласованием). Емкостной делитель (Схема. Выбор связи. Применение).

Перекрытие заданного диапазона частот.

Схема с переключением катушек индуктивности и настройкой конденсатором переменной емкости. Схема с переключением конденсаторов и настройкой вариометром.

Входные цепи с электронной настройкой.

Схема с настройкой посредством одиночного варикапа. Схема с настройкой посредством варикапной матрицы. Схема с настройкой посредством ферровариометра. Достоинства и недостатки схем.

#### **Раздел 4. Усилители радиочастоты.**

Введение. Определение УРЧ. Назначение УРЧ. Усилительные приборы, используемые в УРЧ. Классификация УРЧ. Основные качественные показатели УРЧ. Резонансный

коэффициент усиления. Коэффициент усиления мощности. Избирательность. Коэффициент шума. Искажения сигнала. Устойчивость.

Общая теория избирательных усилителей.

Структурная схема избирательного усилителя. Представление избирательного усилителя в виде 4-х полюсника. Входные и выходные напряжения, коэффициент усиления каскада. Максимальный коэффициент усиления каскада.

Эквивалентная схема резонансного усилителя. Коэффициент усиления. Компенсация реактивных проводимостей. Выбор связей.

Принципиальные схемы УРЧ. Схема на биполярном транзисторе с цепями нейтрализации. Схема УРЧ на полевом транзисторе. Каскадная схема. Особенности каскадной схемы.

Регенеративные и сверхрегенеративные усилители.

Принципы регенерации. Эквивалентная схема регенеративного усилителя. Проводимость регенерации. Коэффициент усиления.

Эквивалентная схема сверхрегенеративного усилителя. Линейный и нелинейный режимы работы.

Регенеративные усилители СВЧ. Регенеративный усилитель отражательного типа. Схема с циркулятором. Регенеративный усилитель проходного типа. Коэффициенты усиления для проходного и отражательного усилителей. Эквивалентные схемы для проходного и отражательного усилителей. Коэффициенты шума и шумовые температуры для проходного и отражательного усилителей.

Усилители на туннельных диодах (УТД). Достоинства УТД. Туннельные диоды (ТД); отрицательное динамическое сопротивление ТД. Эквивалентная схема ТД. Выбор сопротивления источника питания. УТД отражательного типа. Условие устойчивой работы УТД. Коэффициент усиления. Коэффициент регенерации. Полоса пропускания. Коэффициент шума. Принципиальные схемы УТД.

Полупроводниковые параметрические усилители (ППУ).

Определение и принцип действия. Эквивалентная схема параметрического диода и его основные параметры. Проходные и отражательные ППУ. Преимущества ППУ отражательного типа. Структурная схема и принцип действия 2-х контурного ППУ отражательного типа. Сопротивление контура на резонансе. Коэффициент регенерации. Полоса пропускания. Шумовая температура, относительная шумовая температура. Критическая частота параметрического диода.

Квантовые усилители.

Принцип действия. Классификация. Парамагнитный усилитель резонаторного типа. (Основные элементы и схемы исполнения). Парамагнитный усилитель по отражательной схеме (Структурная схема. Отрицательная магнитная добротность. Коэффициент усиления по мощности. Условие устойчивого усиления. Полоса пропускания. Шумовая температура). Парамагнитный усилитель бегущей волны (Устройство и принцип действия. Схема. Полоса пропускания. Коэффициент усиления. Достоинства и недостатки. Области применения).

## **Раздел 5. Преобразователи частоты (ПЧ)**

Введение

Назначение ПЧ. Принцип действия. Образование комбинационных частот. Промежуточная частота. Комбинационное и параметрическое преобразование. Структурная схема ПЧ. Классификация ПЧ.

Электрические характеристики ПЧ

Коэффициент передачи. Диапазон рабочих частот. Избирательность по соседнему каналу. Комбинационный свист. Линейные и нелинейные искажения. Коэффициент шума.

Схемы преобразователей частоты

Схемы на электронных лампах: триодные, пентодные, гептодные. Схемы на полевых транзисторах. Схемы на биполярных транзисторах. Диодные ПЧ. Особенности схем с общей сеткой, общей базой, общим истоком и диодных. Прямое и обратное преобразование.

Практические схемы ПЧ. Схемы ПЧ на биполярных транзисторах с различными точками подключения гетеродина. Схемы ПЧ на полевых транзисторах с различными точками подключения гетеродина. Схемы ПЧ на СВЧ на биполярных и двухзатворных полевых транзисторах.

Применение интегральных микросхем в ПЧ. Примеры.

Основы теории преобразования частоты

ПЧ как управляемая проводимость. Уравнение прямого преобразования. Уравнение обратного преобразования. Параметры прямого преобразования: крутизна прямого преобразования, внутренняя проводимость, внутренний коэффициент усиления. Параметры обратного преобразования. Система уравнений для токов промежуточной и сигнальной частот. Схема замещения ПЧ линейным 4-х полюсником. Коэффициент передачи прямого преобразования. Коэффициент передачи обратного преобразования. Входная проводимость. Выходная проводимость. Частотная характеристика ПЧ. Свисты ПЧ. Опасные частоты настройки приемника.

Режимы работы ПЧ. крутизна преобразования при работе без отсечки. Крутизна преобразования при работе с отсечкой тока. Коэффициенты Берга. Входная и выходная проводимости. Входная, выходная проводимость и крутизна преобразования в транзисторных ПЧ.

Диодные ПЧ. Обобщенная схема. Аппроксимация ВАХ диода. Анализ диодных ПЧ на основе общей теории преобразования. Крутизна ВАХ - внутреннее сопротивление диода. Линейно-ломаная аппроксимация ВАХ. Крутизна преобразования. Входная проводимость. Схема замещения диодного ПЧ линейным пассивным 4-х полюсником. Коэффициент передачи по мощности и напряжению. Коэффициент шума. Схемы диодных ПЧ на СВЧ. Балансный диодный ПЧ. Схема. Принцип действия. Назначение. Диодный балансный ПЧ с несимметричным выходом. Кольцевой диодный ПЧ. Схема. Принцип действия. Назначение. Гетеродины

Назначение гетеродинов в РПУ. Основные требования, предъявляемые к гетеродинам. Схемы гетеродинов. Преобразователь частоты с совмещенным гетеродином. Сопряжение настроек сигнального и гетеродинного контуров.

## **Раздел 6. Усилители промежуточной частоты**

Введение. Определение УПЧ. Назначение УПЧ. Основные качественные показатели УПЧ. Номинальное значение промежуточной частоты. Полоса пропускания. Коэффициент усиления по напряжению. Частотная избирательность. Устойчивость работы УПЧ. Коэффициент шума. Схемы формирования усиления и избирательности.

УПЧ с распределенной избирательностью

Формирование АЧХ и ФЧХ в УПЧ с распределенной избирательностью. Метод полюсов и нулей при формировании АЧХ и ФЧХ УПЧ с распределенной избирательностью. Основные соотношения. Примеры.

УПЧ с одиночными контурами. Коэффициент усиления. Полоса пропускания. АЧХ и ФЧХ УПЧ с одиночными настроенными контурами. Коэффициент прямоугোলности.

УПЧ с двумя связанными контурами в каждом каскаде. Принципиальная электрическая схема. Эквивалентная схема. Коэффициент усиления. Обобщенный коэффициент связи. Нормированная АЧХ. Форма резонансных кривых при различном значении коэффициента связи. Максимальный коэффициент усиления одного каскада. АЧХ и ФЧХ  $m$ -каскадного УПЧ. Коэффициент прямоугোলности.

Устойчивость работы УПЧ. Активность усилительного прибора. Меры по увеличению устойчивости.

Стабильность основных параметров УПЧ.

УПЧ в микроэлектронном исполнении. Применение активных RC-схем 1 и 2 порядков. Примеры схем.

Переходные процессы в УПЧ. Время установления амплитуды радиоимпульса.

УПЧ с сосредоточенной избирательностью

Основные структурные схемы. Фильтры сосредоточенной избирательности.

Электрические фильтры. LC и RC многорезонансные активные цепи. Фильтр с П-образными звеньями. Схема. Расчет П-образного звена. Гираторы. Трансформация реактивного сопротивления. Микросхемы с гираторами. Схемы с заземленной и незаземленной индуктивностью. УПЧ на RC схемах с усилителями с конечным усилением. Схема. УПЧ с двойным преобразованием частоты. Принцип действия. Схема.

Электромеханические фильтры. Конструкция. Принцип действия. Основные параметры.

Пьезомеханические фильтры. Конструкция. Схема. Принцип действия. Основные параметры.

Пьезоэлектрические фильтры. Конструкция. Принцип действия. Основные параметры. Дифференциально-мостовая схема включения пьезорезонаторов. Интегральные пьезоэлектрические фильтры на объемных акустических волнах. Конструкция. Эквивалентная схема звена. Основные параметры.

Фильтры сосредоточенной избирательности на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Конструкция. Принцип действия. Основные соотношения для размеров элементов. Достоинства ФСИ на ПАВ.

## **Раздел 7. Демодуляторы (детекторы) и системы автоматических регулировок**

Введение

Назначение детекторов. Типы детекторов. Детекторная характеристика. Частотные, фазовые и нелинейные искажения при детектировании.

Амплитудный детектор (АД)

Последовательный АД.

Принципиальная схема АД на диоде. Система уравнений для токов и напряжений в АД. Нагрузочная прямая. Диаграмма токов и напряжений в режиме покоя и в режиме детектирования. Смещение рабочей точки. Эффект детектирования. Зарядно-разрядные процессы на конденсаторе в АД. Требования к нагрузочной цепи. Детекторная характеристика. Искажения при детектировании.

Детектирование слабых сигналов. Основные соотношения. Уравнение детекторной характеристики. Ее особенности. Коэффициент нелинейных искажений при детектировании слабых сигналов. Недостатки детекторов слабых сигналов. Области применения квадратичных детекторов.

Режим детектирования сильных сигналов. Диаграмма детектирования в стационарном состоянии. Коэффициент передачи АД. Угол отсечки. Аппроксимация ВАХ. Уравнение для тока на выходе АД. Уравнение для угла отсечки и способы его решения. Приближенное выражение для угла отсечки. Зависимость коэффициента передачи АД от  $S \cdot R$ . Выпрямительная характеристика. Колебательная характеристика. Выражение для тока первой гармоники. Входное сопротивление АД. Эквивалентная схема АД как усилителя. Внутренние параметры АД: внутренний коэффициент усиления, внутреннее сопротивление, крутизна. Условие для выбора нагрузочного конденсатора при котором не происходит уменьшение коэффициента передачи. Динамическая крутизна диода –  $S$  дин. Связь  $S$  дин с коэффициентом передачи. Коэффициент передачи при отсутствии нагрузочного конденсатора. Ограничения на выбор нагрузочного конденсатора по допустимым искажениям огибающей. Условие безынерционности АД.

Параллельный АД. Принципиальная схема. Особенности. Входное сопротивление.

Применение полупроводниковых диодов в АД. Аппроксимация ВАХ. Учет обратной проводимости.

АД на транзисторах. Основные схемы. Достоинства и недостатки.

Импульсный детектор. Схема. Принцип действия. Основное назначение. Диаграммы детектирования радиоимпульсов. Искажение огибающей. Время установления выходного напряжения. Время спада выходного напряжения. Выбор сопротивления нагрузки.

Пиковый детектор. Схема. Принцип действия. Основное назначение. Выбор постоянной времени разрядки нагрузочного конденсатора. Диаграмма детектирования. Зарядно-разрядные процессы. Условия не искаженного воспроизведения огибающей импульсной последовательности.

Детектор видеоимпульсов. Схема. Принцип действия. Назначение. Требования к нагрузочной цепи, необходимые для работы. Диаграммы детектирования. Основные соотношения.

Фазовые детекторы (ФД)

Назначение. Принцип действия.

ФД векторомерного типа. Однотактный ФД. Выражения для выходного напряжения. Детекторная характеристика однотактного ФД. Балансный ФД. Принципиальная схема. Векторные диаграммы. Детекторная характеристика ФД. Выходное напряжение. Крутизна ФД.

ФД коммутационного типа. Принципиальная схема. выходное напряжение. Коэффициент передачи. Диаграммы работы.

ФД как перемножитель сигналов. Выходное напряжение. Коэффициент передачи. Применение ИМС для ФД.

Частотные детекторы (ЧД)

Назначение. Принцип действия.

ЧД с амплитудным преобразованием частотной модуляции. Выходное напряжение. Построение ЧД на скатах RC, LC, RLC цепей. Принципиальная схема однотактного ЧД. Зависимость выходного напряжения от обобщенной расстройки. Крутизна ЧД. Недостатки однотактной схемы.

Балансный ЧД с двумя расстроенными контурами. Формирование детекторной характеристики. Выходное напряжение. Крутизна ЧД.

ЧД с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принцип действия. Выражения для фазового сдвига. Структурная схема. Принципиальная электрическая однотактного ЧД. Детекторная характеристика. Выражение для выходного напряжения. Балансный ЧД с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принципиальная электрическая схема. Принцип действия. Детекторная характеристика. ЧД с внутренним ограничением напряжения. Принципиальная электрическая схема. Принцип действия. Подавление паразитной амплитудной модуляции.

ЧД и ФД с преобразованием частотной или фазовой модуляции в импульсные виды модуляции

Структурная схема. Принцип действия. Временные диаграммы работы.

Ограничители амплитуды (ОА)

Назначение. Принцип действия. Вид амплитудной характеристики ОА. Коэффициент ограничения. Транзисторные ОА. Схемы на биполярных и полевых транзисторах. Диаграммы работы. Требования к полупроводниковым приборам. Диодные ОА. Схема диодного ОА. Принцип действия.

Системы автоматической регулировки усиления (АРУ)

Введение. Назначение систем АРУ. Причины изменения уровня сигнала на входе РПУ.

Схемы построения систем АРУ

Прямые системы АРУ. Схема. Принцип действия. Обратные системы АРУ. Схема. Принцип действия. Достоинства и недостатки прямой и обратной систем АРУ. Комбинированная система АРУ. Схема. Принцип действия. АРУ с задержкой. Назначение. Схема. Принцип действия. Усиленно - задержанная АРУ. Схема. Принцип действия. Бесшумная система АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия. АРУ по шумам. Назначение. Принцип действия. Временная регулировка усиления. Назначение. Схема. Принцип действия.

Быстродействующие системы АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия. Цифровые системы АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия.

Характеристики систем АРУ. Элементы систем АРУ

Амплитудные характеристики различных систем АРУ. Регулирующие элементы систем АРУ. Принципиальные электрические схемы систем АРУ. Фильтры АРУ.

Режимы работы систем АРУ

Статический режим работы. Динамический диапазон входных сигналов. Динамический диапазон выходных сигналов. Требуемый динамический диапазон регулировки системы АРУ. Регулировочная характеристика. Зависимость напряжения регулировки от выходного напряжения для систем АРУ с задержкой и без задержки.

Динамика работы систем АРУ. Постоянная времени системы АРУ. Постоянная времени фильтра АРУ. Линейное дифференциальное уравнение описывающее процессы в инерционном звене.

Система автоматической подстройки частоты (АПЧ)

Введение. Назначение систем АПЧ. Причины ухода частоты в различных системах. Классификация систем АПЧ по критерию выработки сигнала ошибки. Чувствительные элементы систем АПЧ.

Системы частотной АПЧ

Системы абсолютной частотной АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Системы частотной АПЧ промежуточной частоты. Структурная схема. Принцип действия. Быстродействующая система частотной АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Инерционные системы АПЧ. Назначение. Ограничения по быстродействию систем АПЧ. Поисковая система АПЧ. Структурная схема. Принцип действия.

Элементы систем АПЧ. Частотные детекторы. Требования к ЧД. Вид детекторной характеристики ЧД. Крутизна ЧД. Полоса частот ЧД. Форма скатов характеристики ЧД. Управляющие элементы систем АПЧ: электрические, электромеханические. Схемы с использованием варикапов и реактивных транзисторов. Особенности электромеханических систем АПЧ. Регулировочная характеристика системы гетеродин-управляющее устройство. Фильтры систем АПЧ. Усилители систем АПЧ.

Переходные процессы в системах АПЧ. Закон установления расстройки. Время установления остаточной расстройки. Выбор постоянной времени. Совместное построение детекторной характеристики ЧД и регулировочной характеристики. Условие подстраивающего действия системы АПЧ. Область захвата. Область удержания. Регулировочная характеристика системы АПЧ. Особенности регулировочной характеристики системы АПЧ. Устойчивость системы АПЧ.

Системы фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ).

Задачи, решаемые системой ФАПЧ. Типовая структурная схема системы ФАПЧ. Принцип действия. Режимы работы системы ФАПЧ. Режим синхронизма. Режим удержания. Полоса удержания. Режим биений. Режим захвата.

Использование систем ФАПЧ в задачах радиоприема. Схема стабилизации промежуточной частоты. Принцип действия. Система ФАПЧ гетеродина. Схема. Принцип действия. Следящий фильтр с петлей ФАПЧ. Схема. Принцип действия. Следящий фильтр с петлями частотной и фазовой АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Применение следящих фильтров. Системы ФАПЧ в панорамных приемниках. Структурная схема. Принцип действия.

## **Раздел 8. Приемники непрерывных сигналов. Приемники сигналов с амплитудной, частотной, фазовой, однополосной модуляцией**

Задачи, решаемые РПУ сигналов с АМ. Структурная схема РПУ сигналов с АМ.

Принцип действия и особенности. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ЧМ. Структурная схема РПУ сигналов с ЧМ. Принцип действия и особенности. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ФМ.

Структурная схема РПУ сигналов с ФМ. Принцип действия и особенности. Задачи,

решаемые РПУ сигналов с ОМ. Структурная схема РПУ сигналов с ОМ. Принцип действия.

Методы восстановления несущей частоты.

Радиоприемные устройства импульсных сигналов

Импульсные виды модуляции. Амплитудно-импульсная модуляция. Время-импульсная модуляция. Широтно-импульсная модуляция. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ИМ. Структурные схемы РПУ сигналов с импульсными видами модуляции. Принцип действия и особенности. Демодуляторы импульсных сигналов.

Радиоприемные устройства дискретных сигналов

Назначение. Структурная схема. Принцип действия и особенности. Демодуляторы двоично-манипулированных сигналов.

### **Раздел 9. Метрологические основы дисциплины**

Измерение параметров и характеристик РПУ. Основные характеристики РПУ.

Измерение чувствительности Аппаратура. Методика измерения чувствительности по напряжению. Измерение чувствительности по полю. Условия, при которых измеряется чувствительность.

Избирательность. Односигнальный метод измерения избирательности. Измерение избирательности двухсигнальным методом. Измерение избирательности по побочным каналам приема.

Ширина полосы пропускания высокочастотного тракта. Методика измерения.

Диапазон принимаемых частот. Методика проведения измерений.

Частотная характеристика всего приемного тракта. Методика измерений.

Эффективность системы АРУ. Способ и методика проведения измерений.

Стабильность настройки РПУ. Способ измерения.

Относительная погрешность градуировки шкалы РПУ. Способ измерения.

Подавление амплитудной модуляции. Способ измерения.

Параметры системы АПЧ. Коэффициент АПЧ. Полоса захвата. Полоса удержания.

Методика проведения измерений.

Излучение гетеродина. Способ измерения.

Программные продукты для расчета и анализа схемотехнических решений РПУ.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

#### **4.2.2 Практические занятия**

Практические работы выполняются в виде решения заданий разного уровня сложности по следующим темам:

Входные цепи и эквиваленты антенн.

Усилители высокой частоты.

Преобразователи частоты.

Усилители промежуточной частоты.

Амплитудные, частотные и фазовые детекторы.

Системы автоматической регулировки усиления.

Системы автоподстройки частоты.

Характеристика шумовых свойств РПУ.

### 4.2.3 Лабораторные работы

Занятия проводятся в специализированной лаборатории «Аналоговой обработки сигналов» и предусматривает работу с лабораторными макетами и измерительной техникой по следующим темам:

#### **Исследование входных цепей (ЛР-1).**

В работе проводится исследование различных схем входных цепей транзисторных радиоприемных устройств. В ходе исследований определяются зависимости резонансного коэффициента передачи, полосы пропускания, избирательности по зеркальному и прямому каналам, коэффициент перекрытия диапазона входных цепей при различной связи с антенной, а также влияние отдельных параметров контуров и элементов связи на характеристики входных цепей.

#### **Исследование преобразователей частоты (ЛР-2).**

В работе исследуются три типа преобразователей частоты: одноконтурный диодный, транзисторный и двойной балансный преобразователь на ИМС К174ПС1. Целью работы является изучение принципов построения преобразователей частоты и их характеристик.

#### **Исследование амплитудных детекторов (ЛР-3).**

В работе исследуются основные характеристики последовательного амплитудного детектора на полупроводниковом диоде. Исследования проводятся в широком диапазоне сигналов, охватывающем области как линейного, так и квадратичного детектирования. Работа дает представление о принципах построения амплитудных детекторов на транзисторах.

#### **Исследование схем АРУ (ЛР-4).**

В работе исследуются различные варианты построения схем автоматической регулировки усиления (АРУ) транзисторных радиоприемных устройств. Цель работы состоит в изучении принципов построения схем АРУ; исследовании основных характеристик АРУ и методики их измерения.

### 4.2.4 Курсовой проект

Целью курсового проекта является получение студентом навыков пользования стратегиями и методами схемотехнического проектирования устройства приема и обработки радиосигналов, систематизация и закрепление теоретических знаний, приобретение навыков самостоятельной работы с технической литературой, документального оформления законченной проектной работы.

Трудоемкость 2-3Е, 72 часа (100 баллов).

#### **Задание для курсового проекта**

Задание выдается студенту на первом занятии, посвященном курсовому проектированию. Студент получает строго индивидуальное задание, выполнение которого периодически контролируется в течение семестра. Срок сдачи готового проекта на проверку оговорен в задании. По курсовому проектированию разработаны «Методические указания».

#### **Темы курсовых проектов**

Проектирование связанных радиоприемных устройств различных диапазонов частот и видов модуляции для различных служб:

РПУ сухопутной подвижной службы:

- Стационарные РПУ сухопутной подвижной службы (базовые станции);
- РПУ для железнодорожного транспорта;
- РПУ морской подвижной службы;
- Панорамные приемники.

РПУ специального назначения:

- РПУ охранных систем;

- РПУ эталонных частот;
  - РПУ пейджинговой службы;
  - РПУ систем персонального вызова;
  - РПУ телеметрических систем;
  - РПУ радиолокационных систем;
  - РПУ цифровых систем связи;
- Расчет и проектирование отдельных узлов РПУ:
- Преобразователей частоты;
  - Систем автоматической подстройки частоты.
- Моделирование узлов радиоприемных устройств.

#### **4.2.5 Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов в семестре состоит в подготовке к выполнению лабораторных работ; оформлению отчетов по ЛР; выполнению и курсовой работы, изучении и закреплении теоретического материала, нормативно-технических документов, законодательства РФ. Студенты имеют возможность глубоко и всесторонне изучить теоретическую часть учебного модуля и научиться применять полученные знания на практике.

**Содержание самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы** (за исключением курсового проекта).

Раздел 1. Введение. Краткая история развития техники радиоприема.

Аудиторная СРС: Изучение источников информации по истории техники РПУ в сети Интернет.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала.

Раздел 2. Общие сведения о радиоприемных устройствах. Сигналы и помехи при радиоприеме

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 3. Входные цепи радиоприемных устройств

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий. Выполнение ЛР-1.

Внеаудиторная СРС: Подготовка отчета по ЛР-1. Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 4. Усилители радиочастоты

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 5. Преобразователи частоты

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий. Выполнение ЛР-2.

Внеаудиторная СРС: Подготовка отчета по ЛР-2. Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 6. Усилители промежуточной частоты

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 7. Демодуляторы (детекторы) и системы автоматических регулировок

Аудиторная СРС: Выполнение практических расчетных заданий. Выполнение ЛР-3 и ЛР-4.

Внеаудиторная СРС: Подготовка отчета по ЛР-3 и ЛР-4. Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 8. РПУ непрерывных сигналов. РПУ с амплитудной, частотной, фазовой, однополосной модуляцией. РПУ импульсных сигналов РПУ дискретных сигналов. Аудиторная СРС: Изучение РПУ по материалам сети Интернет.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала. Выполнение практических расчетных заданий.

Раздел 9. Метрологические основы дисциплины. Программные продукты для моделирования и расчета устройств приема и обработки радиосигналов. Заключение.

Аудиторная СРС: Знакомство с программными продуктами по расчету РПУ.

Внеаудиторная СРС: Закрепление теоретического материала. Изучение рекомендованных программных продуктов.

### **4.3 Организация изучения учебного модуля**

Изучение учебного модуля организовано в форме следующих занятий:

- Лекционные занятия проводятся в форме информационных лекций-презентаций.
- Практические занятия делятся на:
  - занятия с рассмотрением решения типовых практических заданий,
  - занятия с представлением студентами решений по индивидуальным заданиям.
- Лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Аналоговой обработки сигналов».
- Самостоятельная работа студентов (аудиторная и внеаудиторная) включает закрепление теоретических знаний по изучаемым разделам дисциплины, самостоятельному решению практических заданий, создание отчетов и подготовка к защите лабораторных работ.
- Курсовой проект выполняется в рамках внеаудиторной самостоятельной работы. По курсовому проекту проводятся консультации.

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

## **5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля**

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый (в виде экзамена) – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.03.2014 № 32 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования». В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: собеседование по теоретическим вопросам, решение задач разного уровня сложности, контроль оформления отчета по ЛР и его защита с использованием контрольных вопросов, контроль этапов выполнения и защита курсового проекта и экзаменационные билеты.

На экзамен выносятся вопросы и задания по всем учебным элементам. Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене по теоретической части – 50. Максимальное количество баллов по модулю – 300.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля, представленной в Приложении Б. Паспорта компетенций представлены в Приложении В.

## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение**

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение В).

## **7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля**

Лекционные занятия проводятся с применением демонстрационного материала в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием и 10 компьютерами (ауд. 2806).

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием и 10 компьютерами (ауд. 2806). На компьютерах установлен лицензионный пакет программ «NI Multisim» для визуального схемотехнического моделирования, а также ряд программ со свободной лицензией.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Аналоговой обработки сигналов» кафедры радиосистем (ауд.2802). Лаборатория оснащена макетным и контрольно-измерительным оборудованием:

макеты - 5 шт.,

осциллографы (С1-55, С1-65А, С1-67) – 4 шт.,

вольтметры (ВЗ-38А, VM-70) – 6 шт.,

генераторы (RF Signal Generator Model 2005В, В4-18) – 5 шт.,

комплекты соединительных кабелей.

### **Приложения (обязательные):**

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А  
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля  
«Прием и обработка радиосигналов»**

**А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля**

Теоретическая часть модуля направлена на изучение методов и технических средств используемых для приема и последующей обработки радиосигналов с целью достижения высоких качественных показателей радиотехнической системы. В задачу учебного модуля входит изучение структурных схем и особенностей схемотехники современных устройств приема и обработки радиосигналов для достижения оптимальных или близких к оптимальным, проектных решений.

Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекциях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела. Содержание теоретической части модуля представлены в таблице А1. Рекомендуется обратить внимание на следующие моменты:

- Изложения материала дисциплины необходимо начинать с ознакомления студентов с рабочей программой, литературой, методическими разработками и другими, значимыми в данный момент, источниками информации.
- По вводной части курса - «Краткая история развития техники радиоприема», необходимо иметь заранее подготовленные иллюстрации в печатной форме или иметь возможность для демонстрации графических файлов через компьютерный проектор.
- При проведении лекционных занятий на протяжении 15 лет хорошо зарекомендовало применение проектора, при наличии графического материала в необходимом количестве у студентов (или печатный типографский, или собственная распечатка студентов. Последняя форма более подходит, поскольку допускает возможность непосредственного внесения комментариев.)
- Из теоретических разделов значительную трудность у студентов вызывают системы автоматической регулировки усиления. Следует уделять большое внимание вопросу инерционности систем АРУ.

Таблица А.1

№ п/п	Наименование раздела учебного модуля	Содержание раздела	Объем часов
1	Раздел 1. Введение. Краткая история развития техники радиоприема	<p>Доламповый период. Работы И.Г. Винклера (1746), П. Мушенбрека (1745), Б. Франклина (1752), М.В. Ломоносова и Г. Рихмана (1753), Э. Нортон (1752), Ж.-Б. Беккариа (1770), Ф. Эпинуса, Ж. Нолле, Л. Гальвани (1780-91), А. Вольта (1799), У. Томсона, (1853), Д.К. Максвелла (1865). Опыты Г. Герца (1888). Исследования проводимости металлических порошков: Работы Гитара (1850), Варли (1866), Кальцеки - Онести (1884). Схема Э. Бранли (1890). Когерер О. Лоджа (1894). Радиоприемник А.С. Попова (1895). Приемник Г. Маркони (1896). Когереры Попова и Маркони. Применение высокочастотного трансформатора в приемнике (1898). Приемник А.С. Попова для слухового приема (1899). Использование закона распределения потенциала в антенне для повышения чувствительности; Приемник Сляби. Повышение чувствительности и избирательности путем использования электрического резонанса. Приемники с переменной настройкой; схемы Маркони (1901), Лоджа (1906). Многоконтурные входные цепи; Схема Франклина (1907). Разработка новых типов волноуказателей: Когереры Т. Томмаса (1899), Лоджа - Мюирхеда - Робинсона (1902). Магнитный когерер Маркони (1903). Электролитические детекторы: "Респондер" де Фореста (1902), Шлемильха (1905). Кристаллические детекторы: Работы Ф. Брауна (1874), Ториката и Йокоямы (1908-10), Игла (1909-11). Схемы детекторных приемников: Шапошникова (1924), ЛДВ-5 (1925). Переход на незатухающие колебания. "Тикеры" Педерсена (1906), Паульсена (1907), Остина. Гетеродинный приемник Фесендена (1905).</p> <p>Ламповый период. Диод Флеминга (1904). Триод "Аудион" Ли де Фореста (1907). Регенеративные и сверхрегенеративные схемы: Ультрааудион Ли де Фореста (1914), Раунда (1913), Н.Д. Папалекси и Л.И. Мандельштама (1923), А.Л. Минца и П.Н. Куксенко (1923), Флюэлинга. Применение "рефлексных" схем (1913). Принцип супергетеродинного приема; Схема Шоттки (1918). Нейтринные схемы.</p> <p>Полупроводниковый период. " Кристадин" О.В. Лосева (1922). Изобретение транзисторов (Шокли, Бардин, Браттейн 1948). Особенности схемотехники радиоприемных устройств на биполярных и полевых транзисторах. Схемотехника РПУ на интегральных микросхемах. Однокристалльные приемники.</p>	2
2	Раздел 2. Общие сведения о радиоприемных устройствах. Сигналы и помехи при радиоприеме	<p>РПУ как составная часть радиосистемы. Роль и место РПУ в системах передачи информации, извлечения информации, радиопротиводействия. Определение РПУ и выполняемые им функции.</p> <p>Структурные схемы РПУ. Основные методы приема. РПУ прямого усиления. Регенеративные РПУ. Сверхрегенеративные РПУ. Супергетеродинные РПУ. Инфраничные РПУ. РПУ прямого преобразования частоты.</p> <p>Каналы приема в супергетеродинном приемнике. Принцип супергетеродинного приема. Преобразователь. Гетеродин. Комбинационные частоты. Промежуточная частота. Усилитель промежуточной частоты. Соседний канал приема. Зеркальный канал. Комбинационный канал. Интермодуляционный канал приема. Прямой канал приема.</p> <p>Основные характеристики РПУ. Методы обеспечения основных характеристик устройств приема и обработки радиосигналов. Качественные показатели. Электрические характеристики РПУ. Чувствительность. Частотная избирательность. Эффективная частотная избирательность. Нелинейные эффекты при одновременном действии полезного и мешающего сигналов: Сжатие амплитуды; Блокирование сигнала; Перекрестные искажения; Интермодуляция. Временная избирательность. Пространственная избирательность. Поляризационная избирательность. Помехоустойчивость. Допустимые искажения воспроизведения сигналов. Электромагнитная совместимость. Динамический диапазон. Параметры ручных и автоматических регулировок. Мощность. Диапазон рабочих частот. Конструктивно-эксплуатационные характеристики. Производственно - экономические характеристики. Классификация радиоприемных устройств.</p> <p>Классификация помех. Необходимые отношения (сигнал / помеха) при различных видах приема сообщений.</p> <p>Внутренние шумы РПУ. Причины возникновения внутренних шумов. Тепловые шумы. Шумы активных сопротивлений. Энергетические спектры шумовой ЭДС и токов. Формула Найквиста. Шумы колебательных систем. Эффективная полоса пропускания контура. Шумы активных приборов (транзисторов). Дробовый шум. Формула Шоттки для энергетического спектра. Управляемые и неуправляемые носители зарядов. Рекомбинация носителей зарядов. Ток базы. Шумы рекомбинации. Эквивалентная шумовая схема транзистора. Шумы полевых транзисторов. Шумящий 4-х полюсник. Шумовые параметры 4-х полюсника: шумовое сопротивление; шумовая проводимость; проводимость корреляции; шумовая температура.</p> <p>Внешние шумы и помехи. Источники внешних шумов и помех. Шумы</p>	4

		<p>антенн. Сопротивление излучения антенны. Шумовая температура антенны. Зависимости напряженности поля внешних помех от частоты.</p> <p>Коэффициент шума и шумовая температура РПУ. Линейный шумящий 4-х полюсник. Эквивалентная схема шумящего 4-х полюсника. Коэффициент усиления 4-х полюсника. Мощность шума, рассеянного на нагрузке. Дифференциальный реальный коэффициент шума. Дифференциальный коэффициент шума для <math>T=300</math> К. Приведение шумов 4-х полюсника ко входу. Шумовая температура 4-х полюсника. Эквивалентная схема 4-х полюсника с внешними источниками шума. Связь коэффициента шума и шумовой температуры. Интегральный коэффициент шума. Шумовая полоса пропускания. Определения коэффициента шума. Общая шумовая схема для шумящего 4-х полюсника. Оптимизация коэффициента шума и шумовой температуры выбором проводимости связи. Оптимальное рассогласование. Коэффициент шума пассивных 4-х полюсников. Коэффициент шума для каскадных соединений. Расчет реальной чувствительности РПУ в единицах напряжения, мощности и ед. кТо. Примеры расчета реальной чувствительности.</p> <p>Сигналы при радиоприеме. Причины, приводящие к искажениям сигналов при радиоприеме. Преобразования сигналов в системах передачи информации и системах радиолокации в однолучевом канале. Модуляция. Флуктуации принятого сигнала. Мультипликативная помеха. Отличия принятого сигнала от переданного. Быстрые и медленные мультипликативные помехи. Среднее доплеровское смещение частоты и дисперсия при быстрой помехе. Модель сигнала для прямой видимости.</p>	
3	<p align="center"><b>Раздел 3.</b> <b>Входные цепи (ВЦ)</b></p>	<p align="center">Введение. Определение ВЦ. Назначение ВЦ. Схема включения ВЦ.</p> <p align="center">Классификация ВЦ. Эквиваленты антенн.</p> <p>Качественные показатели ВЦ. Коэффициент передачи. Полоса пропускания. Избирательность. Диапазон рабочих частот. Коэффициент шума. Зависимость основных показателей от частоты. Постоянство показателей при изменении параметров антенны и усилительных устройств.</p> <p>Схемотехника ВЦ радиолокационных станций (РЛС). ВЦ импульсной РЛС. Принципиальная схема. Антенный переключатель (АП). Принцип действия АП. Схемотехника АП. Устройство защиты приемника (УЗП), основные параметры. Схемы УЗП. Выключатели. Назначение выключателей. Схемотехника выключателей на газовых разрядниках и р-і-n диодах и их основные электрические параметры. Полосовой фильтр (ПФ). Назначение ПФ и его параметры.</p> <p align="center">Схемотехника ВЦ умеренно высоких частот.</p> <p>Обзор основных схем ВЦ. ВЦ с простой связью с антенной. Схемы. Достоинства и недостатки ВЦ с простой связью с антенной. ВЦ с внешнеемкостной связью с антенной. Схемы. Основные параметры. Достоинства и недостатки. ВЦ с внутреннеемкостной связью с антенной. Схема. Особенности. ВЦ с трансформаторной связью с антенной. Схемы. Особенности. ВЦ с комбинированной связью с антенной. Схемы. Особенности. ВЦ с автотрансформаторной связью. Принципиальная схема. Эквивалентная схема ВЦ с автотрансформаторной связью. Коэффициенты включения. Эквивалентная проводимость нагруженного контура. Коэффициент передачи. Полоса пропускания. Примеры схем ВЦ с автотрансформаторной связью с антенной на СВЧ. Реализация ВЦ на СВЧ. Коаксиальные и объемные резонаторы. Полосовые фильтры. Назначение. Основные схемы.</p> <p align="center">Общая теория одноконтурной входной цепи.</p> <p>Обобщенная схема избирательной входной цепи. Элементы связи. Коэффициент передачи ВЦ. Максимальный предельный коэффициент передачи. Эквивалентная схема одноконтурной ВЦ. Проводимость источника сигнала. Проводимость со стороны 1-го каскада усиления. Упрощенная эквивалентная схема. Коэффициент передачи. Условие настройки на резонансную частоту. Резонансный коэффициент передачи ВЦ. Избирательность ВЦ. Выбор связи из условия допустимого расширения полосы пропускания входного контура. Выбор связи из условия допустимого смещения настройки ВЦ.</p> <p align="center">Входные цепи при работе с ненастроенными антеннами.</p> <p>Области применения ВЦ, работающих с ненастроенными антеннами. Особенности.</p> <p>ВЦ с трансформаторной связью с антенной. Схема. Коэффициенты трансформации. Коэффициент передачи. Зависимость коэффициента передачи от режима работы антенны. Режимы: укорочения антенны, удлинения антенны, работа с резонансной антенной. Неравномерность коэффициента передачи по диапазону. ВЦ с внутреннеемкостной связью контура с активным элементом. Схема. Коэффициенты трансформации. Эквивалентное затухание контура. Избирательность при больших расстройках.</p> <p>ВЦ с внешнеемкостной связью с антенной. Схема. Коэффициент передачи и его зависимость от частоты. Избирательность при больших расстройках.</p> <p>ВЦ с внутреннеемкостной связью с антенной. Схема. Входной емкостной делитель. Коэффициент передачи и его зависимость от частоты. Избирательность при больших расстройках.</p> <p>ВЦ с рамочной и ферритовой антенной. Схема. Действующая высота. Направленные свойства. Коэффициент передачи. Чувствительность по полю.</p> <p>ВЦ с полосовыми фильтрами. Назначение. Основные схемы.</p>	4

		<p>Коэффициент передачи.</p> <p>Входные цепи при работе с настроенными антеннами.</p> <p>Области применения ВЦ, работающих с настроенными антеннами.</p> <p>Особенности. Коэффициент использования номинальной мощности. Частные случаи.</p> <p>Схемы согласования: Автотрансформаторное согласование. (Схема. Особенности). Трансформаторное согласование (Схемы. Особенности. Коэффициент связи. Области применения ВЦ с трансформаторным согласованием). Емкостной делитель (Схема. Выбор связи. Применение).</p> <p>Перекрытие заданного диапазона частот.</p> <p>Схема с переключением катушек индуктивности и настройкой конденсатором переменной емкости. Схема с переключением конденсаторов и настройкой вариометром.</p> <p>Входные цепи с электронной настройкой.</p> <p>Схема с настройкой посредством одиночного варикапа. Схема с настройкой посредством варикапной матрицы. Схема с настройкой посредством ферровариометра. Достоинства и недостатки схем.</p>	
4	<p><b>Раздел 4.</b> <b>Усилители радиочастоты</b></p>	<p>Введение. Определение УРЧ. Назначение УРЧ. Усилительные приборы, используемые в УРЧ. Классификация УРЧ. Основные качественные показатели УРЧ. Резонансный коэффициент усиления. Коэффициент усиления мощности. Избирательность. Коэффициент шума. Искажения сигнала. Устойчивость.</p> <p>Общая теория избирательных усилителей.</p> <p>Структурная схема избирательного усилителя. Представление избирательного усилителя в виде 4-х полюсника. Входные и выходные напряжения, коэффициент усиления каскада. Максимальный коэффициент усиления каскада.</p> <p>Эквивалентная схема резонансного усилителя. Коэффициент усиления. Компенсация реактивных проводимостей. Выбор связей.</p> <p>Принципиальные схемы УРЧ. Схема на биполярном транзисторе с цепями нейтрализации. Схема УРЧ на полевом транзисторе. Каскадная схема. Особенности каскадной схемы.</p> <p>Регенеративные и сверхрегенеративные усилители.</p> <p>Принципы регенерации. Эквивалентная схема регенеративного усилителя. Проводимость регенерации. Коэффициент усиления.</p> <p>Эквивалентная схема сверхрегенеративного усилителя. Линейный и нелинейный режимы работы.</p> <p>Регенеративные усилители СВЧ. Регенеративный усилитель отражательного типа. Схема с циркулятором. Регенеративный усилитель проходного типа. Коэффициенты усиления для проходного и отражательного усилителей. Эквивалентные схемы для проходного и отражательного усилителей. Коэффициенты шума и шумовые температуры для проходного и отражательного усилителей.</p> <p>Усилители на туннельных диодах (УТД). Достоинства УТД. Туннельные диоды (ТД); отрицательное динамическое сопротивление ТД. Эквивалентная схема ТД. Выбор сопротивления источника питания. УТД отражательного типа. Условие устойчивой работы УТД. Коэффициент усиления. Коэффициент регенерации. Полоса пропускания. Коэффициент шума. Принципиальные схемы УТД.</p> <p>Полупроводниковые параметрические усилители (ППУ).</p> <p>Определение и принцип действия. Эквивалентная схема параметрического диода и его основные параметры. Проходные и отражательные ППУ. Преимущества ППУ отражательного типа. Структурная схема и принцип действия 2-х контурного ППУ отражательного типа. Сопротивление контура на резонансе. Коэффициент регенерации. Полоса пропускания. Шумовая температура, относительная шумовая температура. Критическая частота параметрического диода.</p> <p>Квантовые усилители.</p> <p>Принцип действия. Классификация. Парамагнитный усилитель резонаторного типа. (Основные элементы и схемы исполнения). Парамагнитный усилитель по отражательной схеме (Структурная схема. Отрицательная магнитная добротность. Коэффициент усиления по мощности. Условие устойчивого усиления. Полоса пропускания. Шумовая температура). Парамагнитный усилитель бегущей волны (Устройство и принцип действия. Схема. Полоса пропускания. Коэффициент усиления. Достоинства и недостатки. Области применения).</p>	4
5	<p><b>Раздел 5.</b> <b>Преобразователи частоты (ПЧ)</b></p>	<p>Введение</p> <p>Назначение ПЧ. Принцип действия. Образование комбинационных частот. Промежуточная частота. Комбинационное и параметрическое преобразование. Структурная схема ПЧ. Классификация ПЧ.</p> <p>Электрические характеристики ПЧ</p> <p>Коэффициент передачи. Диапазон рабочих частот. Избирательность по соседнему каналу. Комбинационный свист. Линейные и нелинейные искажения. Коэффициент шума.</p> <p>Схемы преобразователей частоты</p> <p>Схемы на электронных лампах: триодные, пентодные, гептодные. Схемы на полевых транзисторах. Схемы на биполярных транзисторах. Диодные ПЧ.</p>	4

		<p>Особенности схем с общей сеткой, общей базой, общим истоком и диодных. Прямое и обратное преобразование.</p> <p>Практические схемы ПЧ. Схемы ПЧ на биполярных транзисторах с различными точками подключения гетеродина. Схемы ПЧ на полевых транзисторах с различными точками подключения гетеродина. Схемы ПЧ на СВЧ на биполярных и двухзатворных полевых транзисторах.</p> <p>Применение интегральных микросхем в ПЧ. Примеры.</p> <p>Основы теории преобразования частоты</p> <p>ПЧ как управляемая проводимость. Уравнение прямого преобразования. Уравнение обратного преобразования. Параметры прямого преобразования: крутизна прямого преобразования, внутренняя проводимость, внутренний коэффициент усиления. Параметры обратного преобразования. Система уравнений для токов промежуточной и сигнальной частот. Схема замещения ПЧ линейным 4-х полюсником. Коэффициент передачи прямого преобразования. Коэффициент передачи обратного преобразования. Входная проводимость. Выходная проводимость. Частотная характеристика ПЧ. Свисты ПЧ. Опасные частоты настройки приемника.</p> <p>Режимы работы ПЧ. крутизна преобразования при работе без отсечки. Крутизна преобразования при работе с отсечкой тока. Коэффициенты Берга. Входная и выходная проводимости. Входная, выходная проводимость и крутизна преобразования в транзисторных ПЧ.</p> <p>Диодные ПЧ. Обобщенная схема. Аппроксимация ВАХ диода. Анализ диодных ПЧ на основе общей теории преобразования. Крутизна ВАХ - внутреннее сопротивление диода. Линейно-ломаная аппроксимация ВАХ. Крутизна преобразования. Входная проводимость. Схема замещения диодного ПЧ линейным пассивным 4-х полюсником. Коэффициент передачи по мощности и напряжению. Коэффициент шума. Схемы диодных ПЧ на СВЧ. Балансный диодный ПЧ. Схема. Принцип действия. Назначение. Диодный балансный ПЧ с несимметричным выходом. Кольцевой диодный ПЧ. Схема. Принцип действия. Назначение.</p> <p>Гетеродины</p> <p>Назначение гетеродинов в РПУ. Основные требования, предъявляемые к гетеродинам. Схемы гетеродинов. Преобразователь частоты с совмещенным гетеродином. Сопряжение настроек сигнального и гетеродинного контуров.</p>	
6	<p align="center"><b>Раздел 6.</b> <b>Усилители</b> <b>промежуточной</b> <b>частоты</b></p>	<p>Введение. Определение УПЧ. Назначение УПЧ. Основные качественные показатели УПЧ. Номинальное значение промежуточной частоты. Полоса пропускания. Коэффициент усиления по напряжению. Частотная избирательность. Устойчивость работы УПЧ. Коэффициент шума. Схемы формирования усиления и избирательности.</p> <p>УПЧ с распределенной избирательностью</p> <p>Формирование АЧХ и ФЧХ в УПЧ с распределенной избирательностью. Метод полюсов и нулей при формировании АЧХ и ФЧХ УПЧ с распределенной избирательностью. Основные соотношения. Примеры.</p> <p>УПЧ с одиночными контурами. Коэффициент усиления. Полоса пропускания. АЧХ и ФЧХ УПЧ с одиночными настроенными контурами. Коэффициент прямоуглольности.</p> <p>УПЧ с двумя связанными контурами в каждом каскаде. Принципиальная электрическая схема. Эквивалентная схема. Коэффициент усиления. Обобщенный коэффициент связи. Нормированная АЧХ. Форма резонансных кривых при различном значении коэффициента связи. Максимальный коэффициент усиления одного каскада. АЧХ и ФЧХ <math>m</math> - каскадного УПЧ. Коэффициент прямоуглольности.</p> <p>Устойчивость работы УПЧ. Активность усилительного прибора. Меры по увеличению устойчивости.</p> <p>Стабильность основных параметров УПЧ.</p> <p>УПЧ в микроселектронном исполнении. Применение активных RC-схем 1 и 2 порядков. Примеры схем.</p> <p>Переходные процессы в УПЧ. Время установления амплитуды радиоимпульса.</p> <p>УПЧ с сосредоточенной избирательностью</p> <p>Основные структурные схемы. Фильтры сосредоточенной избирательности.</p> <p>Электрические фильтры. LC и RC многозвенные активные цепи. Фильтр с П-образными звеньями. Схема. Расчет П-образного звена. Гираторы. Трансформация реактивного сопротивления. Микросхемы с гираторами. Схемы с заземленной и незаземленной индуктивностью. УПЧ на RC схемах с усилителями с конечным усилением. Схема. УПЧ с двойным преобразованием частоты. Принцип действия. Схема.</p> <p>Электромеханические фильтры. Конструкция. Принцип действия. Основные параметры.</p> <p>Пьезомеханические фильтры. Конструкция. Схема. Принцип действия. Основные параметры.</p> <p>Пьезоэлектрические фильтры. Конструкция. Принцип действия. Основные параметры. Дифференциально-мостовая схема включения пьезорезонаторов. Интегральные пьезоэлектрические фильтры на объемных акустических волнах. Конструкция. Эквивалентная схема звена. Основные параметры.</p>	4

		<p>Фильтры сосредоточенной избирательности на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Конструкция. Принцип действия. Основные соотношения для размеров элементов. Достоинства ФСИ на ПАВ.</p>	
7	<p>Раздел 7. Демодуляторы (детекторы) и системы автоматических регуляторов</p>	<p>Введение Назначение детекторов. Типы детекторов. Детекторная характеристика. Частотные, фазовые и нелинейные искажения при детектировании.</p> <p>Амплитудный детектор (АД) Последовательный АД. Принципиальная схема АД на диоде. Система уравнений для токов и напряжений в АД. Нагрузочная прямая. Диаграмма токов и напряжений в режиме покоя и в режиме детектирования. Смещение рабочей точки. Эффект детектирования. Зарядно-разрядные процессы на конденсаторе в АД. Требования к нагрузочной цепи. Детекторная характеристика. Искажения при детектировании.</p> <p>Детектирование слабых сигналов. Основные соотношения. Уравнение детекторной характеристики. Ее особенности. Коэффициент нелинейных искажений при детектировании слабых сигналов. Недостатки детекторов слабых сигналов. Области применения квадратичных детекторов.</p> <p>Режим детектирования сильных сигналов. Диаграмма детектирования в стационарном состоянии. Коэффициент передачи АД. Угол отсечки. Аппроксимация ВАХ. Уравнение для тока на выходе АД. Уравнение для угла отсечки и способы его решения. Приближенное выражение для угла отсечки. Зависимость коэффициента передачи АД от <math>S^*R</math>. Выпрямительная характеристика. Колебательная характеристика. Выражение для тока первой гармоники. Входное сопротивление АД. Эквивалентная схема АД как усилителя. Внутренние параметры АД: внутренний коэффициент усиления, внутреннее сопротивление, крутизна. Условие для выбора нагрузочного конденсатора при котором не происходит уменьшение коэффициента передачи. Динамическая крутизна диода – S дин. Связь S дин с коэффициентом передачи. Коэффициент передачи при отсутствии нагрузочного конденсатора. Ограничения на выбор нагрузочного конденсатора по допустимым искажениям огибающей. Условие безынерционности АД.</p> <p>Параллельный АД. Принципиальная схема. Особенности. Входное сопротивление.</p> <p>Применение полупроводниковых диодов в АД. Аппроксимация ВАХ. Учет обратной проводимости.</p> <p>АД на транзисторах. Основные схемы. Достоинства и недостатки.</p> <p>Импульсный детектор. Схема. Принцип действия. Основное назначение. Диаграммы детектирования радиоимпульсов. Искажение огибающей. Время установления выходного напряжения. Время спада выходного напряжения. Выбор сопротивления нагрузки.</p> <p>Пиковый детектор. Схема. Принцип действия. Основное назначение. Выбор постоянной времени разрядки нагрузочного конденсатора. Диаграмма детектирования. Зарядно-разрядные процессы. Условия не искаженного воспроизведения огибающей импульсной последовательности.</p> <p>Детектор видеоимпульсов. Схема. Принцип действия. Назначение. Требования к нагрузочной цепи, необходимые для работы. Диаграммы детектирования. Основные соотношения.</p> <p>Фазовые детекторы (ФД) Назначение. Принцип действия.</p> <p>ФД векторомерного типа. Однотактный ФД. Выражения для выходного напряжения. Детекторная характеристика однотактного ФД. Балансный ФД. Принципиальная схема. Векторные диаграммы. Детекторная характеристика ФД. Выходное напряжение. Крутизна ФД.</p> <p>ФД коммутационного типа. Принципиальная схема. выходное напряжение. Коэффициент передачи. Диаграммы работы.</p> <p>ФД как перемножитель сигналов. Выходное напряжение. Коэффициент передачи. Применение ИМС для ФД.</p> <p>Частотные детекторы (ЧД) Назначение. Принцип действия.</p> <p>ЧД с амплитудным преобразованием частотной модуляции. Выходное напряжение. Построение ЧД на скатах RC, LC, RLC цепей. Принципиальная схема однотактного ЧД. Зависимость выходного напряжения от обобщенной расстройки. Крутизна ЧД. Недостатки однотактной схемы.</p> <p>Балансный ЧД с двумя расстроенными контурами. Формирование детекторной характеристики. Выходное напряжение. Крутизна ЧД.</p> <p>ЧД с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принцип действия. Выражения для фазового сдвига. Структурная схема. Принципиальная электрическая однотактного ЧД. Детекторная характеристика. Выражение для выходного напряжения. Балансный ЧД с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принципиальная электрическая схема. Принцип действия. Детекторная характеристика. ЧД с внутренним ограничением напряжения. Принципиальная электрическая схема. Принцип действия. Подавление паразитной амплитудной модуляции.</p> <p>ЧД и ФД с преобразованием частотной или фазовой модуляции в</p>	6

		<p>импульсные виды модуляции</p> <p>Структурная схема. Принцип действия. Временные диаграммы работы. Ограничители амплитуды (ОА)  Назначение. Принцип действия. Вид амплитудной характеристики ОА. Коэффициент ограничения. Транзисторные ОА. Схемы на биполярных и полевых транзисторах. Диаграммы работы. Требования к полупроводниковым приборам. Диодные ОА. Схема диодного ОА. Принцип действия.</p> <p>Системы автоматической регулировки усиления (АРУ)  Введение. Назначение систем АРУ. Причины изменения уровня сигнала на входе РПУ.  Схемы построения систем АРУ  Прямые системы АРУ. Схема. Принцип действия. Обратные системы АРУ. Схема. Принцип действия. Достоинства и недостатки прямой и обратной систем АРУ. Комбинированная система АРУ. Схема. Принцип действия. АРУ с задержкой. Назначение. Схема. Принцип действия. Усиленно - задержанная АРУ. Схема. Принцип действия. Бесшумная система АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия. АРУ по шумам. Назначение. Принцип действия. Временная регулировка усиления. Назначение. Схема. Принцип действия. Быстродействующие системы АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия. Цифровые системы АРУ. Назначение. Схема. Принцип действия.</p> <p>Характеристики систем АРУ. Элементы систем АРУ  Амплитудные характеристики различных систем АРУ. Регулирующие элементы систем АРУ. Принципиальные электрические схемы систем АРУ. Фильтры АРУ.</p> <p>Режимы работы систем АРУ  Статический режим работы. Динамический диапазон входных сигналов. Динамический диапазон выходных сигналов. Требуемый динамический диапазон регулировки системы АРУ. Регулировочная характеристика. Зависимость напряжения регулировки от выходного напряжения для систем АРУ с задержкой и без задержки.  Динамика работы систем АРУ. Постоянная времени системы АРУ. Постоянная времени фильтра АРУ. Линейное дифференциальное уравнение описывающее процессы в инерционном звене.</p> <p>Система автоматической подстройки частоты (АПЧ)  Введение. Назначение систем АПЧ. Причины ухода частоты в различных системах. Классификация систем АПЧ по критерию выработки сигнала ошибки. Чувствительные элементы систем АПЧ.</p> <p>Системы частотной АПЧ  Системы абсолютной частотной АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Системы частотной АПЧ промежуточной частоты. Структурная схема. Принцип действия. Быстродействующая система частотной АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Инерционные системы АПЧ. Назначение. Ограничения по быстродействию систем АПЧ. Поисковая система АПЧ. Структурная схема. Принцип действия.</p> <p>Элементы систем АПЧ. Частотные детекторы. Требования к ЧД. Вид детекторной характеристики ЧД. Крутизна ЧД. Полоса частот ЧД. Форма скатов характеристики ЧД. Управляющие элементы систем АПЧ: электрические, электромеханические. Схемы с использованием варикапов и реактивных транзисторов. Особенности электромеханических систем АПЧ. Регулировочная характеристика системы гетеродин-управляющее устройство. Фильтры систем АПЧ. Усилители систем АПЧ.</p> <p>Переходные процессы в системах АПЧ. Закон установления расстройки. Время установления остаточной расстройки. Выбор постоянной времени. Совместное построение детекторной характеристики ЧД и регулировочной характеристики. Условие подстраивающего действия системы АПЧ. Область захвата. Область удержания. Регулировочная характеристика системы АПЧ. Особенности регулировочной характеристики системы АПЧ. Устойчивость системы АПЧ.</p> <p>Системы фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ).  Задачи, решаемые системой ФАПЧ. Типовая структурная схема системы ФАПЧ. Принцип действия. Режимы работы системы ФАПЧ. Режим синхронизма. Режим удержания. Полоса удержания. Режим биений. Режим захвата.</p> <p>Использование систем ФАПЧ в задачах радиоприема. Схема стабилизации промежуточной частоты. Принцип действия. Система ФАПЧ гетеродина. Схема. Принцип действия. Следящий фильтр с петлей ФАПЧ. Схема. Принцип действия. Следящий фильтр с петлями частотной и фазовой АПЧ. Структурная схема. Принцип действия. Применение следящих фильтров. Системы ФАПЧ в панорамных приемниках. Структурная схема. Принцип действия.</p>	
8	<p>Раздел 8.  Приемники  непрерывных сигналов.  Приемники сигналов с</p>	<p>Задачи, решаемые РПУ сигналов с АМ. Структурная схема РПУ сигналов с АМ. Принцип действия и особенности. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ЧМ. Структурная схема РПУ сигналов с ЧМ. Принцип действия и особенности. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ФМ. Структурная схема РПУ сигналов с ФМ. Принцип действия и особенности. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ОМ. Структурная схема РПУ сигналов с ОМ. Принцип</p>	4

	амплитудной, частотной, фазовой, однополосной модуляцией	<p>действия. Методы восстановления несущей частоты.</p> <p>Радиоприемные устройства импульсных сигналов</p> <p>Импульсные виды модуляции. Амплитудно-импульсная модуляция. Время-импульсная модуляция. Широтно-импульсная модуляция. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ИМ. Структурные схемы РПУ сигналов с импульсными видами модуляции. Принцип действия и особенности. Демодуляторы импульсных сигналов.</p> <p>Радиоприемные устройства дискретных сигналов</p> <p>Назначение. Структурная схема. Принцип действия и особенности. Демодуляторы двоично-манипулированных сигналов.</p>	
9	Раздел 9. Метрологические основы дисциплины	<p>Измерение параметров и характеристик РПУ. Основные характеристики РПУ.</p> <p>Измерение чувствительности Аппаратура. Методика измерения чувствительности по напряжению. Измерение чувствительности по полю. Условия, при которых измеряется чувствительность.</p> <p>Избирательность. Односигнальный метод измерения избирательности. Измерение избирательности двухсигнальным методом. Измерение избирательности по побочным каналам приема.</p> <p>Ширина полосы пропускания высокочастотного тракта. Методика измерения.</p> <p>Диапазон принимаемых частот. Методика проведения измерений.</p> <p>Частотная характеристика всего приемного тракта. Методика измерений.</p> <p>Эффективность системы АРУ. Способ и методика проведения измерений.</p> <p>Стабильность настройки РПУ. Способ измерения.</p> <p>Относительная погрешность градуировки шкалы РПУ. Способ измерения.</p> <p>Подавление амплитудной модуляции. Способ измерения.</p> <p>Параметры системы АПЧ. Коэффициент АПЧ. Полоса захвата. Полоса удержания. Методика проведения измерений.</p> <p>Излучение гетеродина. Способ измерения.</p> <p>Программные продукты для расчета и анализа схемотехнических решений РПУ.</p>	4
Всего			36

Экзамен по УМ содержит только теоретическую часть. Теоретическая часть проводится в форме устных ответов на 2 вопроса билета и решения теоретической задачи.

Пример вопросов экзаменационного билета:

1. Основные схемы УПЧ. Фильтры сосредоточенной избирательности.
2. Амплитудные характеристики систем АРУ.
3. Вольт–амперная характеристика диода амплитудного детектора аппроксимируется кусочно–линейной функцией. Внутреннее сопротивление диода 85Ом. Сопротивление нагрузки 100кОм. Определите угол отсечки тока в градусах и крутизну характеристики детектора.

Лекционные занятия проводятся с применением демонстрационного материала в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием (ауд. 2806). Студенты имеют возможность получения материала лекций. Материал носит иллюстративный характер (схемы, графики, рисунки и т.д.) и не подменяет конспекта, который слушатель должен составлять самостоятельно.

#### Вопросы к экзамену

- Назначение и роль РПУ в РТС.
- Краткая история развития техники радиоприема
- Структурные схемы РПУ: Прямого усиления; Супергетеродина; Прямого преобразования; РПУ по рефлексной схеме; Регенеративные РПУ; Сверхрегенеративные РПУ.
- Основные характеристики РПУ.
- Шумы и помехи при радиоприеме: шумы резисторов; шумы антенн; шумы активных приборов; шумы резонансных цепей.
- Коэффициент шума и реальная чувствительность.
- Краткая история развития техники радиоприема.
- Входные цепи. Основные характеристики. Схемы.

- Входные цепи. Способы связи антенны и последующего каскада с входной цепью.
- Общая теория входной цепи.
- Работа входной цепи с настроенными и ненастроенными антеннами.
- Усилители высокой частоты. Основные характеристики.
- Общая теория избирательных усилителей.
- Эквивалентная схема резонансного усилителя.
- Усилители высокой частоты на биполярных транзисторах.
- Усилители высокой частоты на полевых транзисторах.
- Регенеративные усилители высокой частоты.
- Параметрические усилители.
- Сверхрегенеративные усилители.
- Квантовые парамагнитные усилители.
- Устойчивость УВЧ.
- преобразователи частоты. Назначение. Основные показатели.
- Общая теория преобразования частоты.
- преобразователи частоты на биполярных транзисторах. Принцип действия. Особенности. Схемы.
- преобразователи частоты на полупроводниковых диодах.
- Балансный преобразователь частоты.
- Двойной балансный преобразователь частоты.
- Усилители промежуточной частоты. Назначение. Основные показатели.
- Формирование амплитудно-частотной характеристики УПЧ.
- Основные схемы УПЧ. Фильтры сосредоточенной избирательности.
- Амплитудные детекторы. Назначение. Принцип действия.
- Общая теория детектирования амплитудно-модулированных сигналов.
- Амплитудное детектирование "слабых" и "сильных" сигналов.
- Характеристики амплитудного детектора.
- параметры амплитудных детекторов в режиме "сильных" сигналов.
- Нелинейные явления в амплитудном детекторе.
- аппроксимация ВАХ диодов.
- Особенности детекторов АМ сигналов на полупроводниковых диодах.
- параллельный диодный детектор.
- Амплитудные детекторы на биполярных транзисторах.
- Фазовые детекторы. Назначение. ФД векторного типа. Схема. Принцип действия. характеристики.
- Фазовые детекторы. Назначение. ФД коммутационного типа. Схема. Принцип действия. характеристики.
- Частотные детекторы. Назначение. ЧД с амплитудным преобразованием частотной модуляции. Схема. Принцип действия.
- Балансный частотный детектор с двумя расстроенными контурами. Схема. Принцип действия. характеристики.
- Частотный детектор с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принцип действия. Схема. характеристики.
- Балансный частотный детектор с фазовым преобразованием частотной модуляции. Принцип действия. Схема. характеристики.
- Частотный детектор с внутренним ограничением. Принцип действия. Схема. характеристики.
- Частотный детектор с преобразованием ЧМ в импульсные виды модуляции.
- Системы автоматической регулировки усиления. Назначение. Основные качественные показатели. Основные схемы.

- Сравнение систем прямой и обратной АРУ.
- структурная схема и принцип действия комбинированной АРУ с задержкой.
- Структурная схема и принцип действия бесшумной АРУ.
- структурная схема и принцип действия временной АРУ.
- структурная схема и принцип действия быстродействующей системы АРУ.
- структурная схема и принцип действия цифровой системы АРУ.
- Амплитудные характеристики систем АРУ.
- Основные элементы систем АРУ.
- Практические схемы систем АРУ. Принцип действия.
- Фильтры систем АРУ.
- Работа системы АРУ в статическом режиме.
- Динамика системы АРУ.
- Системы автоподстройки частоты (АПЧ). Назначение. Принцип действия.
- структурная схема и принцип действия системы абсолютной частотной АПЧ.
- структурная схема и принцип действия системы промежуточной ЧАПЧ.
- структурная схема и принцип действия быстродействующей системы ЧАПЧ.
- структурная схема и принцип действия поисковой системы ЧАПЧ.
- Основные элементы систем ЧАПЧ.
- Переходные процессы в системах ЧАПЧ. Устойчивость систем ЧАПЧ.
- Системы фазовой автоподстройки частоты. Назначение. Типовая структурная схема и принцип действия.
- Режимы работы системы ФАПЧ.
- Использование системы ФАПЧ для стабилизации промежуточной частоты. структурная схема и принцип действия.
- Использование системы ФАПЧ для стабилизации частоты гетеродина. структурная схема и принцип действия.
- Использование системы ФАПЧ в следящих фильтрах. структурная схема и принцип действия.
- Использование системы ФАПЧ в устройствах автоматического поиска частоты. структурная схема и принцип действия.
- Задачи, решаемые РПУ сигналов с АМ. Структурная схема РПУ сигналов с АМ. Принцип действия и особенности.
- Задачи, решаемые РПУ сигналов с ЧМ. Структурная схема РПУ сигналов с ЧМ. Принцип действия и особенности.
- Задачи, решаемые РПУ сигналов с ФМ. Структурная схема РПУ сигналов с ФМ. Принцип действия и особенности.
- Задачи, решаемые РПУ сигналов с ОМ. Структурная схема РПУ сигналов с ОМ. Принцип действия. Методы восстановления несущей частоты.
- Радиоприемные устройства импульсных сигналов Амплитудно-импульсная модуляция. Время-импульсная модуляция. Широко-импульсная модуляция.
- Радиоприемные устройства импульсных сигналов. Задачи, решаемые РПУ сигналов с ИМ. Структурные схемы РПУ сигналов с импульсными видами модуляции.
- Радиоприемные устройства импульсных сигналов. Принцип действия и особенности. Демодуляторы импульсных сигналов.
- Радиоприемные устройства дискретных сигналов. Назначение. Структурная схема. Принцип действия и особенности. Демодуляторы двоично-манипулированных сигналов.
- Измерение параметров и характеристик РПУ. Основные характеристики РПУ.
- Принципиальные схемы простейших РПУ.
- Измерение основных характеристик РПУ.

**Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого**

Кафедра радиосистем

**Экзаменационный билет № 23**

Дисциплина: Прием и обработка радиосигналов

Для направления подготовки 11.03.01 - радиотехника

1. Основные схемы УПЧ. Фильтры сосредоточенной избирательности.
2. Амплитудные характеристики систем АРУ.
3. Вольт–амперная характеристика диода амплитудного детектора аппроксимируется кусочно–линейной функцией. Внутреннее сопротивление диода 85Ом. Сопротивление нагрузки 100кОм. Определите угол отсечки тока в градусах и крутизну характеристики детектора.

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой РС \_\_\_\_\_ (И.Н.Жукова)

**А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям**

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием (ауд. 2806). Хорошо зарекомендовала себя методика, согласно которой, после каждого раздела теоретического материала одно занятие посвящается решению типовых задач, а на последующих занятиях студенты демонстрируют решения задач, для самостоятельного решения. Студенты имеют возможность проводить необходимые вычисления на компьютерах в аудитории.

Практические занятия строятся следующим образом:

1-е занятие по тематике теоретического раздела

- 15% аудиторного времени отводится на обсуждение теоретического материала, лежащего в основе практического занятия;
- 75% аудиторного времени – рассмотрения решений типовых заданий преподавателем;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – ответы на контрольные вопросы.

Последующие занятия по тематике теоретического раздела

- 85% аудиторного времени – рассмотрения решений заданий для самостоятельного решения.
- 15% разбор ошибок ответы студентов на вопросы по ходу решения.

Таким образом, к концу семестра у каждого студента должно быть более 100 решений типовых задач, в т.ч. более 30 заданий решенных самостоятельно. В зачет идет демонстрация решений у доски. Отчеты не оформляются, весь материал остается у студентов.

Тематика практических занятий приведена в таблице А.2.

Таблица А.2

№	Наименование темы	Объём часов	Номер раздела
1	Характеристика шумовых свойств РПУ	4	2
2	Исследование входных цепей	3	3
3	Усилители высокой частоты	3	4
4	Преобразователи частоты	4	5
5	Усилители промежуточной частоты	3	6
6	Амплитудные, частотные и фазовые детекторы	4	7
7	Системы автоматической регулировки усиления	3	7
8	Системы автоподстройки частоты.	3	7
	Всего	27	

### А.3 Методические рекомендации по лабораторным занятиям

Лабораторные занятия проводятся в специализированной лаборатории «Аналоговой обработки сигналов» (ауд. 2802). В лаборатории оборудованы 5 рабочих мест (4 основных, 1 резервное), на которых установлено все необходимое оборудование для выполнения заданий лабораторного практикума. Всего проводится около 20 основных экспериментов по 4 разделам теоретической части курса.

На первом занятии преподаватель инструктирует студентов по технике безопасности, демонстрирует место расположения выключателей подачи напряжения на столы. Студенты расписываются в журнале по технике безопасности. Группа делится на учебные бригады.

Лабораторные занятия строятся следующим образом:

- 10% аудиторного времени студенты изучают лабораторную установку
- 10% аудиторного времени студенты изучают теоретические положения лабораторной работы;
- 5% аудиторного времени студенты отвечают на вопросы преподавателя по организации проведения лабораторной работы;
- 65% аудиторного времени – выполнение лабораторной работы;
- 10% аудиторного времени – защита лабораторной работы.

По результатам работы оформляется отчет (1 на бригаду) который включает в себя:

- Титульный лист;
- Цель работы;
- Краткие теоретические положения и основные расчетные формулы;
- Схему установки;
- Результаты измерений (графики, таблицы);
- Выводы по работе.

Тематика лабораторных занятий приведена в таблице А.3.

Таблица А.3

№	Наименование темы	Объём часов	Номер раздела
1	Исследование входных цепей	7	3
2	Исследование преобразователей частоты	6	5
3	Исследование схем автоматической регулировки усиления	7	7
4	Исследование амплитудных детекторов	7	7
	Всего	27	

#### **А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов (аудиторная и внеаудиторная) включает изучение материала на заданную тему, выполнение предлагаемых заданий, оформление отчетов по лабораторным работам. Рекомендуется самостоятельное изучение доступной учебной и научной литературы, нормативно-технических документов, законодательства РФ.

Студенты имеют возможность глубоко и всесторонне изучить теоретическую часть учебного модуля и научиться применять полученные знания на практике. В ходе самостоятельной работы студенты приобретают умения и навыки в работе с элементами устройств приема и обработки радиосигналов. Изучают основы методики расчетов, необходимых для успешного проектирования устройств ПиОРС. Для самостоятельной работы студентов доступны программные продукты:

- лицензионный пакет схемотехнического моделирования «NI Multisim»;
- программа «С\_CALC. Калькулятор комплексных функций», разработанная на кафедре;
- программа «СС» - калькулятор комплексных функций;
- программа «Начала электроники»;
- пакет «Radio», разработанный на кафедре.

В рамках общего объема часов самостоятельной работы студентов (СРС), отведенных для изучения учебного модуля, предусматриваются следующие виды работ:

- изучение теоретического материала;
- выполнение практических индивидуальных заданий;
- подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по лабораторным работам.
- ответы на контрольные вопросы.

#### **А.5 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта**

Курсовой проект выполняется в соответствии с техническим заданием на курсовой проект. Тематика курсовых проектов представлена в таблице А.5.

Проектирование связанных радиоприемных устройств различных диапазонов частот и видов модуляции для различных служб:

РПУ сухопутной подвижной службы:

- Стационарные РПУ сухопутной подвижной службы (базовые станции);
- РПУ для железнодорожного транспорта;
- РПУ морской подвижной службы;
- Панорамные приемники.

РПУ специального назначения:

- РПУ охранных систем;
- РПУ эталонных частот;
- РПУ пейджинговой службы;
- РПУ систем персонального вызова;
- РПУ телеметрических систем;
- РПУ радиолокационных систем;
- РПУ цифровых систем связи;

Расчет и проектирование отдельных узлов РПУ:

- Преобразователей частоты;
- Систем автоматической подстройки частоты.

Моделирование узлов радиоприемных устройств.

Таблица А.5

№	Наименование проекта
1	Стационарные РПУ сухопутной подвижной службы (базовые станции)
2	РПУ для железнодорожного транспорта
3	РПУ морской подвижной службы
4	Панорамные приемники
5	РПУ охранных систем
6	РПУ эталонных частот
7	РПУ пейджинговой службы
8	РПУ систем персонального вызова
9	РПУ телеметрических систем
10	РПУ радиолокационных систем
11	РПУ цифровых систем связи
12	Расчет и проектирование отдельных узлов РПУ (углубленная разработка)
13	Моделирование узлов радиоприемных устройств (в среде «NI Multisim»)
14	Тема по заявке предприятия, связанная с УПиОРС
15	Тема, связанная с изготовлением макетов УПиОРС

По результатам работы над курсовым проектом оформляется комплект документации, текстовой частью которого является пояснительная записка. Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105.95.

Содержание курсового проекта:

- Титульный лист;
- Ведомость курсового проекта;
- Пояснительная записка;
- Схемы структурные;
- Схемы электрические принципиальные;
- Перечни элементов.

Примерный порядок выполнения курсового проекта:

- Разработка и утверждение ТЗ на курсовой проект - 1 неделя;
- Анализ и упорядочение исходных данных – 2 неделя;
- Разработка структурной схемы устройства, с определением параметров блоков – 3-6 неделя;
- Разработка принципиальных схем блоков устройства – 7-15 неделя;
- Оформление документации курсового проекта – 16-17 неделя;
- Сдача проекта на проверку – 18 неделя;
- Защита проекта (по расписанию)

Подробно требования к курсовому проекту изложены в пособии «Прием и обработка радиосигналов. Методические указания по курсовому проектированию» 2014г.

#### **А.6 Требования по технике безопасности**

Требования по технике безопасности регламентируются инструкцией по охране труда для пользователей персональных ЭВМ №1 ИОТ.

Таблица А.4 – Организация изучения учебного модуля  
«Прием и обработка радиосигналов»

№	Наименование раздела учебного модуля	Технологии и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
1.	Раздел 1. Введение. Краткая история развития техники радиоприема	– вводная и информационная лекции	– изучение основной и дополнительной литературы по теоретической части курса – выполнение индивидуальных практических заданий – подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по лабораторным работам	– Выпускная квалификационная работа бакалавра по направлению 11.03.01«Радиотехника». Методические указания / Сост. С.А.Гурьянов, В.А.Исаев. – ФГБОУНовГУ имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 2013. - 63 с.  – Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов : Учеб. пособие для вузов. - М. : Академия, 2004. - 527,с. : ил. - (Высшее профессиональное образование.Радиоэлектроника).  – Радиотехника: Энциклопедия / В.Т. Белинский, Г.И. Васюк, Вал. С. Вунтесмери и др.; Под ред.: Ю.Л.Мазора и др. – 2-е изд., стер. – М.:Додэка-XXI, 2009. – 943 с.  – Козлова И.С. Справочник по радиотехнике / И.С. Козлова, Ю.В. Щербакова. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 314 с.  – Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 456с.: ил.  – Онищук А.Г. Радиоприемные устройства: Учебное пособие / А.Г.Онищук, А.М.Амелин. – 2-е изд., испр. – Минск: Новое знание, 2007. – 240с.: ил.- (Техническое образование).  – Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: сборник задач и упражнений: учебное пособие для вузов / К.Е. Румянцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
2.	Раздел 2. Общие сведения о радиоприемных устройствах. Сигналы и помехи при радиоприеме	– информационная лекция – практические занятия		
3.	Раздел 3. Входные цепи (ВЦ)	– информационная лекция – практические занятия – лабораторные работы		
4.	Раздел 4. Усилители радиочастоты	– информационная лекция – практические занятия		
5.	Раздел 5. Преобразователи частоты (ПЧ)	– информационная лекция – практические занятия – лабораторные работы		
6.	Раздел 6. Усилители промежуточной частоты	– информационная лекция – практические занятия		
7.	Раздел 7. Демодуляторы (детекторы) и системы автоматических регулировок	– информационная лекция – практические занятия – лабораторные работы		
8.	Раздел 8. Приемники непрерывных сигналов. Приемники сигналов с амплитудной, частотной, фазовой, однополосной модуляцией	– информационная лекция		
9.	Раздел 9. Метрологические основы дисциплины	– информационная лекция		

Приложение Б

(обязательное)

**Технологическая карта**

**учебного модуля «Прием и обработка радиосигналов» семестр – 7, ЗЕ – 4, вид аттестации – экзамен, акад. часов – 144, баллов рейтинга – 300**

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели	Трудоемкость, акад. час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
Раздел 1. Введение. Краткая история развития техники радиоприема	1	2	0	0	2	2	Собеседование.	10	
Раздел 2. Общие сведения о радиоприемных устройствах. Сигналы и помехи при радиоприеме	2-4	2	4	0	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий.	20	
Раздел 3. Входные цепи (ВЦ)	5-7	2	3	4	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий. Выполнение ЛР.	10	
Раздел 4. Усилители радиочастоты	8	2	3	0	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий.	20	
Раздел 5. Преобразователи частоты (ПЧ)	9-10	2	2	4	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий. Выполнение ЛР.	20	
Раздел 6. Усилители промежуточной частоты	11-12	2	2	0	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий.	10	
Раздел 7. Демодуляторы (детекторы) и системы автоматических регулировок	13-14	2	4	14	2	2	Собеседование. Выполнение разноуровневых заданий. Выполнение ЛР.	20	

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели	Трудоемкость, акад.час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
Раздел 8. Приемники непрерывных сигналов. Приемники сигналов с амплитудной, частотной, фазовой, однополосной модуляцией	15-16	2	0	0	2	2	Собеседование.	10	
Раздел 9. Метрологические основы дисциплины	17-18	2	0	0	2	2	Собеседование. Защита курсового проекта	30	
Курсовой проект						<b>36</b>		<b>100</b>	
Семестровый контроль	сессия					<b>36</b>	экзамен	<b>50</b>	
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>90</b>		<b>300</b>	

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9):

- оценка «удовлетворительно» – от 150 до 209 баллов
- оценка «хорошо» – от 210 до 269 баллов
- оценка «отлично» – от 270 до 300 баллов

Аттестация проводится на основании анализа следующих форм текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС):

- собеседований (присутствие на аудиторном занятии);
- выполнения разноуровневых заданий;
- выполнения и защит лабораторных работ;
- выполнения и защиты курсового проекта;

«Отлично» выставляется, если:

- студент овладел необходимыми компетенциями,
- посещал все аудиторные занятия,
- 90% практических заданий выполнены,
- курсовой проект выполнен
  - в полном соответствии с требованиями технического задания,
  - пояснительная записка выполнена по ГОСТу на оформление текстовой документации,
  - в ходе защиты курсового проекта студент проявил высокий уровень знаний по теме исследований.

«Хорошо» выставляется, если:

- студент овладел необходимыми компетенциями,
- посещал основную часть аудиторных занятий,
- 70% практических заданий выполнены,
- курсовой проект выполнен
  - с незначительными отступлениями от требований технического задания,
  - пояснительная записка выполнена с незначительными нарушениями ГОСТа на оформление текстовой документации,
  - в ходе защиты курсового проекта студент проявил хороший уровень знаний по теме исследований.

«Удовлетворительно» выставляется, если:

- студент овладел необходимыми компетенциями,
- пропускал занятия без уважительной причины,
- 50% практических заданий выполнены,
- курсовой проект выполнен
  - не в полном соответствии с требованиями технического задания,
  - пояснительная записка выполнена небрежно, с грубыми нарушениями ГОСТа на оформление текстовой документации,
  - в ходе защиты курсового проекта студент проявил низкий уровень знаний по теме исследований.

«Неудовлетворительно» выставляется, если:

- пропускал занятия без уважительной причины,
- отчеты лабораторных работ представлялись со значительными задержками,
- решение практических заданий содержало грубые ошибки,
- пояснительная записка курсового проекта содержит многочисленные ошибки или не соответствует ТЗ, а сам курсовой проект требует серьезной доработки.

Приложение В  
(обязательное)

Паспорта компетенций

ПК-5 – Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей узлов и устройств радиотехнических систем

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Повышенный уровень	<b>Знание:</b> - этапов проектирования деталей, узлов, устройств; - перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования; - методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств; - особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность к объяснению методов расчета деталей, узлов и устройств. Испытывает трудности при объяснении особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Может объяснить суть методов расчета деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность объяснения особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Уверенно объясняет суть методов расчета деталей, узлов и устройств. Способен самостоятельно выбирать методики расчета и проектирования. Четко объясняет особенности функционирования и специфику эксплуатации деталей, узлов и устройств.
	<b>Умение:</b> определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	Испытывает трудности с определением перечня и диапазона значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	Демонстрирует способность правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации.	Умеет правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации.
	<b>Владение:</b> методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств	Испытывает трудности при выборе метода анализа исходных данных средствами вычислительной техники. Способен провести анализ исходных данных, в том числе и статистический.	Демонстрирует способность использовать средства вычислительной техники при проведении анализа исходных данных, в том числе и статистического.	Способен самостоятельно выбирать и использовать программные средства и методы анализа исходных данных.

ПК-6 - Готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Ур овн и	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Повышенный уровень	<b>Знает:</b> - теоретические основы электротехники и схемотехники; - теоретические основы аналоговой и цифровой схемотехники; - теоретические основы схемотехники СВЧ устройств; - этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств; - основы работы с САПР;	Знает теоретические основы электротехники и схемотехники, основные этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств (в том числе специализированных), основы работы в САПР. Испытывает трудности с теоретическими основами разработки СВЧ устройств.	Демонстрирует способности к правильному пониманию этапов разработки СВЧ устройств.	Уверенно ориентируется в теоретической информации о разработке специализированных устройств (в том числе СВЧ), обладает знаниями о полном цикле проектирования и разработки деталей, узлов и устройств.
	<b>Умеет:</b> - формировать из исходной информации набор входных данных для проектирования; - проводить расчёт и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, в том числе специализированных (цифровых, аналоговых и СВЧ); - создавать собственные проекты с помощью САПР; - Производить выбор САПР, соответствующих задачам;	Может корректно определять необходимые исходные данные и систематизировать их. Самостоятельно проводит расчёт и проектирование систем (в том числе специализированных). Испытывает трудности с освоением новых САПР.	Может корректно определять необходимые исходные данные и систематизировать их. Самостоятельно проводит расчёт и проектирование систем (в том числе специализированных). Демонстрирует способности к обучению новым САПР.	Самостоятельно выполняет разработку, проектирование систем, в том числе специализированных и СВЧ. Самостоятельно осваивает новые САПР.
	<b>Владеет:</b> - навыками разработки и проектирования узлов, деталей и устройств, в том числе специализированных с помощью САПР;	Уверенно работает в оболочке САПР, способен создавать новые и вносить изменения в существующие проекты, в том числе и в специализированные.	Демонстрирует способности к самостоятельному изменению и дополнению существующих систем для повышения их ТТХ.	Уверенно владеет навыками разработки новых систем (цифровых, аналоговых, СВЧ), навыками работы в САПР (в том числе и в самостоятельно изученных). Демонстрирует высокие способности к самообучению и саморазвитию в профессиональном плане.

ПК-7 – Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Повышенный уровень	<b>Знает:</b> Основные виды , отличительные особенности, требования к оформлению проектной и технической документации.	Испытывает трудности с изложением отличительных особенностей основных видов проектной и технической документации, и требований к ее оформлению	Демонстрирует способности к грамотному изложению отличительных особенностей основных видов проектной и технической документации и требование к ее оформлению	Уверенно ориентируется в основных видах проектной и технической документации и их отличительных особенностях, знает требования к ее оформлению
	<b>Умеет:</b> Разрабатывать проектную и техническую документацию и оценивать правильность ее оформления	Умеет оформлять проектную и техническую документацию, но испытывает трудности с оценкой правильности ее оформления	Демонстрирует способности к правильному оформлению и проверки проектной и технической документации	Уверенно, быстро и правильно оформляет и проверяет проектную и техническую документацию
	<b>Владеет:</b> Совершенными навыками работы со специализированными САПР	Владеет базовыми навыками работы со специализированными САПР	Демонстрирует способности к уверенному владению навыками работы со специализированными САПР	Может профессионально работать в специализированных САПР

ПК-8 - Готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	<b>Знает</b> стандарты ЕСКД, ЕСТП, международный стандарты ИСО, которым должна соответствовать проектно-конструкторская документация разрабатываемых проектов	Испытывает трудности в изложении содержания стандартов ЕСКД, ЕСТП, международный стандарты ИСО, которым должна соответствовать проектно-конструкторская документация разрабатываемых проектов	Знает только отдельные положения стандартов ЕСКД, ЕСТП, международный стандарты ИСО, которым должна соответствовать проектно-конструкторская документация разрабатываемых проектов	Знает содержание стандартов ЕСКД, ЕСТП, международный стандарты ИСО, которым должна соответствовать проектно-конструкторская документация разрабатываемых проектов
	<b>Умеет</b> применять требования стандартов к разрабатываемым проектам	Испытывает трудности в применении требований стандартов к разрабатываемым проектам	Совершает ошибки при применении требований стандартов к разрабатываемым проектам	Применяет требования стандартов к разрабатываемым проектам
	<b>Владеет</b> навыками осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Поверхностные навыки осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	При осуществлении первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам допускаются ошибки	Уверенные навыки осуществления первичного контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

Приложение Г

(обязательное)

**Карта учебно-методического обеспечения**

**Учебного модуля «Прием и обработка радиосигналов»**

Направление (специальность) 11.03.01 «Радиотехника»

Формы обучения дневная

Курс 4 Семестр 7

Часов: всего 144, лекций 18, практ. зан. 18, лаб. раб. 18, СРС и виды индивидуальной работы (курсовой проект) 90

Обеспечивающая кафедра радиосистем

Таблица Г.1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

№	Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз.	Примечание
1	Румянцев К. Е. Прием и обработка сигналов : учеб. пособие для вузов. - М. : Академия, 2004. - 527,[1]с.	5	
2	Радиоприемные устройства : учеб. пособие для студентов вузов / Авт.: Ю.Т. Давыдов и др.; Под ред. А. П. Жуковского. - М.: Высшая школа, 1989. - 342с.	5	
3	Каганов В.И. Радиотехника+компьютер+Mathcad : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. "Радиотехника". - М. : Горячая линия-Телеком, 2001. - 412,[1]с.	5	
4	Иванов М.Т. Теоретические основы радиотехники : учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Ушакова. - 2-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2008. - 305,[2]с.	5	
5	Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ. С.А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. - 2-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2009. - 855,[1]с.	5	
	Учебно-методические издания		
	Прием и обработка радиосигналов [электронный ресурс]: Рабочая программа для направления 11.03.01 – «Радиотехника» /Сост. А.В. Сочилин; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017 – 44 с. Режим доступа: <a href="http://novsu.ru">http://novsu.ru</a> .		
	Устройства приема и обработки сигналов [электронный ресурс]: Конспект лекций / сост. А. В. Сочилин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.–Великий Новгород, 2013. – 331 с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-1105">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-1105</a>	10	
	Прием и обработка радиосигналов. [электронный ресурс] : лабораторный практикум / Сост. А.В. Сочилин, НовГУ им. Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 2014. – 39 с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2135">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2135</a>	10	
	Прием и обработка радиосигналов: сборник заданий для практических занятий / Сост. А.В. Сочилин, НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. – 75 с. <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2395">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2395</a>	10	

Прием и обработка радиосигналов [электронный ресурс]: методические указания по курсовому проектированию/ Сост. А.В. Сочилин, НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2014. – 28 с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2134">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2134</a>	10	
Устройства приема и обработки сигналов [электронный ресурс]: руководство по работе с пакетом программ Radio / сост. А. В. Сочилин; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2013. –35 с. Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-1729">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-1729</a>	10	
Выпускная квалификационная работа бакалавра по направлению 11.03.01«Радиотехника». Методические указания [Электронный ресурс] / Сост. С.А. Гурьянов, В.А. Исаев. – ФГБОУ НовГУ имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 2013. - 63 с. Режим доступа: <a href="https://novsu.biblotech.ru/Reader/BookPreview/-1638">https://novsu.biblotech.ru/Reader/BookPreview/-1638</a>	10	

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Теоретические основы электротехники Лабораторный практикум ООО «Интегратор» Руководство пользователя	<a href="mailto:info.integrator@gmail.com">info.integrator@gmail.com</a>	Установочные диски на кафедре РС
Программа «С_CALC. Калькулятор комплексных функций» [электронный ресурс]: метод. указания / авт.-сост. А. В. Сочилин; НовГУ им. Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2015. – 13 с.	<a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2136">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2136</a>	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библиот. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Обработка сигналов в радиотехнических системах ближней навигации. М. : Радио и связь, 1992. - 256с.	3	
2. Каганов В.И. Основы радиоэлектроники и связи : учеб. пособие для вузов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2006. - 551,[1]с.	3	

Действительно для учебного года \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой РС \_\_\_\_\_ И.Н. Жукова  
\_\_\_\_\_ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: \_\_\_\_\_