

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Декан факультета радиотехники и  
электроники  /В.А. Небольсин/

« 25 » ноября 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Радиопередающие устройства»

**Направление подготовки** 11.03.01 Радиотехника

**Профиль** Радиотехнические средства передачи, приема и обработки  
сигналов

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2023


Автор программы

 /Бочаров М.И./

Заведующий кафедрой  
Систем информационной  
безопасности

 /Остапенко А.Г./

Руководитель ОПОП

 /Останков А.В./

Воронеж 2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

**Цель изучения дисциплины** – основы теории и принцип работы устройств, осуществляющих генерирование радиочастотных колебаний и формирование сигналов различных видов модуляции; методов расчета отдельных функциональных узлов радиопередающих устройств и всего устройства в целом; приобретение навыков экспериментального исследования характеристик отдельных функциональных узлов и всего радиопередатчика.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение основных физических процессов, происходящих в генераторных и усилительных устройствах; Освоение принципов работы генераторных, усилительных и модуляционных устройств; Приобретение навыков построения и расчета высокочастотных узлов; Приобретение навыков экспериментального исследования характеристик функциональных узлов. Приобретение навыков обработки и оптимизации характеристик.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Радиопередающие устройства» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Радиопередающие устройства» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен осуществлять анализ радиотехнических цепей устройств радиоэлектроники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов

ПК-4 - Способен учитывать современные тенденции развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности

ПК-6 - Способен выполнять расчеты с целью обоснования технических характеристик радиотехнических устройств и их составных частей

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать методы анализа радиотехнических цепей устройств радиоэлектроники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки

	сигналов
	Уметь осуществлять анализ радиотехнических цепей устройств радиоэлектроники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов
	Владеть методами анализа радиотехнических цепей устройств радиоэлектроники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов
ПК-4	Знать современные тенденции развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности
	Уметь учитывать современные тенденции развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности
	Владеть современными тенденциями развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности
ПК-6	Знать методы расчета режимов и характеристик радиопередающих устройств
	Уметь рассчитывать режимы и характеристики радиопередающих устройств
	Владеть методами расчета режимов и характеристик радиопередающих устройств

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Радиопередающие устройства» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		

Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

### **заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		11
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	159	159
<b>Контрольная работа</b>	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

## **5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

## очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Генераторы с внешним возбуждением	Структурные и принципиальные схемы ГВВ. Энергетические соотношения в усилителях мощности. Баланс мощностей. Активные элементы и их характеристики. Гармонический анализ выходного тока активного элемента. Определение энергетически выгодного режима работы АЭ с помощью коэффициентов разложения. Режимы работы АЭ по напряженности. Нагрузочные характеристики. Генераторные биполярные и полевые транзисторы. Зарядовая модель генераторного БТ. Модель мощного ПТ. Аппроксимированная модель генераторных транзисторов. Определение Y-параметров транзисторов. Справочные параметры транзисторов.	6	2	5	12	25
2	Построение схем, сложение мощностей генераторов.	Эквивалентные схемы генераторов по постоянному току, основной частоте и на гармониках. Схемы питания выходного и управляющего электродов. Сложение мощностей: параллельное двухтактное включение АЭ, мостовые методы сложения мощности. Умножители частоты: принцип работы умножителя частоты. Структурные схемы. УЧ на различных нелинейных элементах.	6	4		12	22
3	Автогенераторы.	Одноконтурные автогенераторы: условия самовозбуждения и существования стационарного режима. Эквивалентные схемы одноконтурных автогенераторов. Построение принципиальных схем АГ. Основы расчета одноконтурных автогенераторов. Работа автогенераторов на высоких частотах. Особенности расчета автогенераторов на высоких частотах.	6	2	4	12	24
4	Стабилизация частоты автоколебаний	Основные понятия и определения: относительная нестабильность частоты. Влияние дестабилизирующих факторов на стабильность частоты. Методы стабилизации частоты. Стабилизация частоты с помощью эталонных резонаторов. Синтезаторы частот: основные характеристики СЧ, методы синтеза частот. Структурные схемы синтезаторов частот. СЧ, построенный по методу сравнения (на основе кольца ФАП) и реализация его отдельных функциональных узлов.	6	4	4	12	26
5	Формирование радиосигналов	Амплитудная модуляция. Уравнение АМ-сигнала. Энергетические соотношения при АМ. Модуляционные характеристики АМ модуляторов. Схемная реализации АМ модуляторов. Угловая модуляция. Общие соотношения при ЧМ и ФМ. Принципы построения ЧМ модуляторов. Основные характеристики модуляторов ЧМ, их схемная реализация и основы расчета. Фазовая модуляция: методы осуществления ФМ. Характеристики ФМ модулятора. Схемная реализация и основы расчета. Особенности формирования дискретных видов	6	4	5	12	27

		угловой модуляции.					
6	Построение передатчиков различного назначения	Особенности построения и применения передатчиков с АМ модуляцией. Построение передатчиков с угловой модуляцией. Структурные схемы. Особенности построения их функциональных узлов и режимы работы. Требования ГОСТ к передатчикам различного назначения.	6	2		12	20
Контроль							36
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>180</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Генераторы с внешним возбуждением	Структурные и принципиальные схемы ГВВ. Энергетические соотношения в усилителях мощности. Баланс мощностей. Активные элементы и их характеристики. Гармонический анализ выходного тока активного элемента. Определение энергетически выгодного режима работы АЭ с помощью коэффициентов разложения. Режимы работы АЭ по напряженности. Нагрузочные характеристики. Генераторные биполярные и полевые транзисторы. Зарядовая модель генераторного БТ. Модель мощного ПТ. Аппроксимированная модель генераторных транзисторов. Определение Y-параметров транзисторов. Справочные параметры транзисторов.	1	1	0.5	24	26,5
2	Построение схем, сложение мощностей генераторов.	Эквивалентные схемы генераторов по постоянному току, основной частоте и на гармониках. Схемы питания выходного и управляющего электродов. Сложение мощностей: параллельное двухтактное включение АЭ, мостовые методы сложения мощности. Умножители частоты: принцип работы умножителя частоты. Структурные схемы. УЧ на различных нелинейных элементах.	0,5	0.5		24	25
3	Автогенераторы.	Одноконтурные автогенераторы: условия самовозбуждения и существования стационарного режима. Эквивалентные схемы одноконтурных автогенераторов. Построение принципиальных схем АГ. Основы расчета одноконтурных автогенераторов. Работа автогенераторов на высоких частотах. Особенности расчета автогенераторов на высоких частотах.	1	0.5	1	26	28,5
4	Стабилизация частоты автоколебаний	Основные понятия и определения: относительная неустойчивость частоты. Влияние дестабилизирующих факторов на стабильность частоты. Методы стабилизации частоты. Стабилизация частоты с помощью эталонных резонаторов. Синтезаторы частот: основные характеристики СЧ, методы синтеза частот. Структурные схемы синтезаторов частот. СЧ, построенный по методу сравнения (на основе кольца фазовой автоподстройки частоты) и реализация его отдельных функциональных узлов.	0.5	0.5	1	26	28

5	Формирование радиосигналов	Амплитудная модуляция. Уравнение АМ-сигнала. Энергетические соотношения при АМ. Модуляционные характеристики АМ модуляторов. Схемная реализации АМ модуляторов. Угловая модуляция. Общие соотношения при ЧМ и ФМ. Принципы построения ЧМ модуляторов. Основные характеристики модуляторов ЧМ, их схемная реализация и основы расчета. Фазовая модуляция: методы осуществления ФМ. Характеристики ФМ модулятора. Схемная реализация и основы расчета. Особенности формирования дискретных видов угловой модуляции.	0.5	1	1	26	28,5
6	Построение передатчиков различного назначения	Особенности построения и применения передатчиков с АМ модуляцией. Построение передатчиков с угловой модуляцией. Структурные схемы. Особенности построения их функциональных узлов и режимы работы. Требования ГОСТ к передатчикам различного назначения.	0.5	0.5	0.5	25	26,5
Контроль							9
<b>Итого</b>			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>159</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы
<b>7 семестр</b>	
2-4	«Исследование усилителя мощности»
6-8	«Исследование нестабильности частоты с помощью фазовой автоподстройки частоты»
10-12	«Формирование ЧМ колебаний в LC-автогенераторах с помощью варикапов»
14-16	«Исследование электрических характеристик передатчика подвижной связи»

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта и контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	Знать методы анализа радиотехнических цепей устройств радиотехники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области анализа радиотехнических цепей устройств радиотехники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов	Неспособность представить аргументированные рассуждения, относящиеся к области анализа радиотехнических цепей устройств радиотехники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов
	Уметь осуществлять анализ радиотехнических цепей устройств радиотехники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов	Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами анализа радиотехнических цепей устройств радиотехники, функциональных блоков систем передачи, приема и обработки сигналов	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	Знать современные тенденции развития радиотехники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области моделирования систем и устройств	Неспособность представить аргументированные рассуждения по изучавшимся математическим методам
	Уметь учитывать современные тенденции развития радиотехники, измерительной и вычислительной техники в своей	Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах



	профессиональной деятельности	задания		
	Владеть методами расчета режимов и характеристик радиопередающих устройств	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	Знать методы расчета режимов и характеристик радиопередающих устройств	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области вероятностного описания явлений и процессов	Неспособность представить аргументированные рассуждения, относящиеся к вероятностному описанию явлений и процессов
	Уметь рассчитывать режимы и характеристики радиопередающих устройств	Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами расчета режимов и характеристик радиопередающих устройств	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной и заочной форм обучения в 7 семестре по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим	Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения	Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность самостоятел	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать	Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней помощи к	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки

	цепям и сигналам статистические модели	заданий на практических и лабораторных занятиях	ьно использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	выполнению практических и лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками	Умение использовать статистические модели при выполнении практических расчетов, проведении лабораторных работ и на экзамене				
	<b>владеет</b> базовыми методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, а также оптимального приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
ПК-4	<b>знает</b> специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения заданий на практических и лабораторных занятиях	Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность самостоятельно использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней помощи к выполнению практических и лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	<b>умеет</b> использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Умение производить расчет и анализ радиотехнических цепей в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
	<b>владеет</b> методами использования вычислительной техники для анализа и	Применение методов расчета р/т устройств и				

	синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
ПК-6	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения заданий на практических и лабораторных занятиях	Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность самостоятельно использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	Студент демонстрирует большую часть учебного материала, способность при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении задач на экзамене	Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней помощи к выполнению практических и лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	умеет использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Умение производить расчет и анализ радиотехнических цепей в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
	владеет методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Коэффициент разложения косинусоидального импульса по первой гармонике  $\alpha_1(\theta)$  для угла отсечки  $\theta=90^\circ$  равен:

А. 0.25    Б.0.45    В.0.5    Г.1.0    Д.0.75

2.Максимальный КПД активного элемента(АЭ) по первой гармонике  $\eta_1 = \alpha_1(\theta)/\alpha_0(\theta)$ ,  $\alpha_0(\theta)$ - коэффициент разложения для постоянной составляющей выходного тока.

При каком угле отсечки  $\eta_1$  максимален.

А.  $\theta=0^0$     Б.  $\theta=60^0$     В.  $\theta=90^0$     Г.  $\theta=120^0$     Д.  $\theta=180^0$

3.Какой из режимов работы активного элемента (транзистора) обеспечивает наибольшую генерируемую мощность:

А. перенапряженный.    Б. недонапряженный  
В. критический            Г.слегка перенапряженный

4.Для какой цели в усилителях мощности ВЧ-диапазона применяются блокировочные индуктивности  $L_{бл}$  (дроссели).

Какое соотношение между сопротивлениями нагрузки  $R_n$  (эквивалентным сопротивлением нагрузки  $R_э$ ) для параллельного контура является оптимальным?

А.  $\omega_0 L_{бл}=R_n$     Б.  $\omega_0 L_{бл}=0.2R_n$     В.  $\omega_0 L_{бл}=2R_n$   
Г.  $\omega_0 L_{бл}=15R_n$     Д.  $\omega_0 L_{бл}=5R_n$

5.Укажите преимущества схемы одноконтурного LC-автогенератора с емкостной обратной связью (ОС) по сравнению со схемой с индуктивной ОС.

А.более высокая стабильность частоты;  
Б.меньший уровень нелинейных искажений;  
В.меньшее влияние паразитных реактивностей транзистора;  
Г.более высокая фильтрующая способность колебательной системы

АГ

6.Нестабильность частоты одноконтурного LC-автогенератора более всего зависит:

А.от крутизны проходной характеристики АЭ;  
Б.от входного сопротивления АЭ;  
В.от граничной частоты АЭ;  
Г.от крутизны фазовой характеристики LC-контура;  
Д.от напряжения источника питания.

7.Синтезатор частоты в РПДУ:

А.Формирует одну несущую частоту;  
Б.Сетку высокостабильных частоты;  
В.Модулирует несущую частоту;  
Г.излучает радиочастотное колебание;  
Д.защищает от внешних помех.

8.РПДУ с АМ модуляцией обеспечивает:

- А.высокую помехозащищенность.
- Б.малый уровень излучения радиосигнала;
- В.стабильность характеристик радиосигнала;
- Г.высокий КПД;
- Д.низкую помехозащищенность.

9.РПДУ с частотной модуляцией обеспечивает:

- А.узкий спектр излучаемого радиосигнала;
- Б.возможность реализации усилителя мощности с высоким КПД (энергетически выгодными режимами);
- В.высокую помехозащищенность;
- Г.сложность схемных решений функциональных узлов устройства;

10.Недостатками цифровых РПДУ с дискретными модуляцией являются:

- А.низкий КПД;
- Б.широкий спектр радиосигнала;
- В.низкая помехозащищенность;
- Г.высокий уровень побочных колебаний;
- Д.сложность технологической реализации.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1.Ненапряженный режим работы биполярного транзистора (БТ) в усилителе мощности характеризуется следующими состояниями транзистора:

- А.Переход база-эмиттер открыт, база-коллектор открыт.
- Б.Переход база-эмиттер закрыт, база-коллектор закрыт.
- В.Переход база-эмиттер открыт, база-коллектор закрыт.
- Г.Переход база-эмиттер закрыт, база-коллектор открыт.

2.Перенапряженный режим работы БТ в УМ при работе с отсечкой характеризуется следующими формами импульса выходного тока, протекающего через транзистор:

- А.Форма импульса выходного тока отличается от косинусоиды и имеет провал.
- Б.Представляет отсеченную косинусоиду.
- В.Отсеченную косинусоиду с уплощенной вершиной.
- Г.Форма выходного сигнала является косинусоидальной (синусоидальной).

3.Полевые транзисторы МДП-типа применяются в УМ:

- А.На относительно низких частотах.
- Б.В диапазоне СВЧ.
- В.В широкой полосе частот.

Г. Линеиных УМ.

4. Неустойчивость состояния одноконтурного LC-автогенератора определяется выражениями:

- А.  $S \cdot K_{oc} \cdot Z_3 = 1$ ;                      Б.  $S \cdot K_{oc} \cdot Z_3 < 1$ ;  
В.  $S \cdot K_{oc} \cdot Z_3 > 1$ ;                      Г.  $S \cdot K_{oc} \cdot Z_3 = 0.5$ .

5. Шаг дискретной перестройки синтезатора частоты определяет следующие его характеристики:

- А. Нестабильность частоты;  
Б. Время перехода с одной частоты на другую;  
В. Уровень побочных колебаний на выходе;  
Г. Дискретность изменения частоты выходного сигнала.

6. Кварцевый автогенератор наиболее просто возбудить:

- А. На гармонике основной частоты;  
Б. На субгармониках основной частоты;  
В. На второй гармонике;  
Г. На нечетных гармониках.

7. Амплитудную модуляцию можно осуществить при работе транзистора в режимах:

- А. В недонапряженном;      Б. Критическом;  
В. Перенапряженном;      Г. При закрытом транзисторе.

8. Динамическая амплитудная модуляционная характеристика АМ модулятора это:

- А. Изменение коэффициента модуляции от частоты управляющего (модулирующего) сигнала;  
Б. От изменения напряжения питания;  
В. От изменения амплитуды модулирующего сигнала;  
Г. От напряжения смещения.

9. Девиация частоты – это:

- А. Отклонение несущей частоты от среднего значения;  
Б. Максимальная разность частот между максимальным и минимальным значениями частоты выходного сигнала.  
В. Максимальное отклонение частоты выходного сигнала от среднего значения;  
Г. Удвоенное значение модулирующей частоты.

10. Ширина спектра ЧМ колебания пропорциональна:

- А. Индексу модуляции;  
Б. Частоте управляющего сигнала;  
В. Амплитуде модулирующего сигнала;

Г.Сдвигу центральной (несущей) частоты.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1.Чему равен максимальный КПД усилителя мощности, выполненном на транзистора, при угле отсечки  $\theta = 90^\circ$ :

А.0.05. Б.0.9. В.0.78. Г.0.32.

2.Чему равно напряжение отсечки кремниевых БТ:

А.0.6В. Б.-1.5В. В.0. Г.1В.

3.Мощность генерируемая транзистором при работе в УМ максимальна при угле отсечки равном:

А. $60^\circ$ . Б. $180^\circ$ . В. $120^\circ$ . Г. $90^\circ$ .

4.Чему равен коэффициент фильтрации выходной согласующей цепи в УМ по второй гармонике? Если выходная согласующая цепь – параллельный контур, имеющий нагруженную добротность  $Q_n=8$ :

А.10. Б.12. В.5. Г.20.

5.При каком значении фазового угла по крутизне ( $\varphi_s$ ) транзисторный LC-генератор работает с максимальной стабильностью частоты:

А.  $-10^\circ$ . Б.  $-60^\circ$ . В.  $30^\circ$ . Г.  $-45^\circ$ .

6.Чему равны значения усредненной крутизны транзистора, при которой устанавливается стационарный режим работы автогенератора, если коэффициент обратной связи  $K_{oc} = 0.5$ , а эквивалентное сопротивление контура  $R_3=1\text{кОм}$ :

А. 5 мА/В. Б. 2 мА/В. В. 1 мА/В. Г. 0.5 мА/В.

7.Приведите частоты на которых возможно возбуждение кварцевого автогенератора с резонатором в цепи обратной связи, если паспортная частота кварцевого резонатора  $f_1 = 10\text{ МГц}$ :

А.5 МГц. Б.15 МГц. В.10 МГц. Г.20 МГц. Д.30 МГц.

8.Чему равна максимальная мощность передатчика с АМ-модуляцией, если амплитуда тока первой гармоники, в режиме несущей частоты  $I_{A1} = 1\text{ А}$ , эквивалентное сопротивление контура  $R_3 = 100\text{ Ом}$ , а коэффициент модуляции  $m = 0.5$ :

А.50.5 Вт. Б. 200 Вт. В.112.5 Вт. Г.400 Вт.

9.Полоса частот, занимаемая спектром ЧМ-колебания с девиацией

частоты  $\Delta f_d = 3$  кГц и частотой модулирующего сигнала  $F=3$  кГц, равна:

А.3 кГц. Б.10 кГц. В.18 кГц. Г.48 кГц.

10.Приведите коэффициент нелинейных искажений, если девиация частоты по первой гармонике  $\Delta f_{d1} = 5$  кГц, а по второй гармонике  $\Delta f_{d2} = 0.25$  кГц:

А.2%. Б.1%. В.5%. Г.10%.

#### **7.2.4.Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету** (Не предусмотрено учебным планом)

#### **7.2.5. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

- 1.Обобщенная структурная схема современного радиопередатчика. Назначение ее отдельных функциональных элементов
- 2.Обобщенная структурная схема усилителя мощности. Принцип усиления (генерирования колебаний).Назначение функциональных элементов этой схемы
- 3.Принципиальная схема УМ. Временные диаграммы, поясняющие принцип работы УМ.
- 4.Энергетические соотношения в УМ. Баланс мощностей
- 5.Статические проходные и выходные характеристики транзисторов и их аппроксимации.
- 6.Гармонический анализ выходного тока АЭ ( косинусоидальный импульс).
- 7.Определение энергетически выгодных режимов работы АЭ с помощью коэффициентов разложения
- 8.Динамические характеристики выходного тока АЭ. Классификация режимов работы АЭ с помощью динамических характеристик
9. Режимы работы АЭ по напряженности и их характерные признаки.
- 10.Нагрузочные характеристики. Анализ режимов АЭ с помощью нагрузочных характеристик
- 11.Зарядовая модель (биполярного транзистора). Физический смысл элементов ее схемы
- 12.Аппроксимированная зарядовая модель БТ
- 13.Модель мощного высокочастотного БТ. Связь параметров модели со справочными данными транзисторов.
- 14.Автогенераторы. Условия самовозбуждения и стационарного режима.
- 15.Необходимые условия возникновения колебаний. Эквивалентные схемы одноконтурных АГ.
- 16.Принципиальная схема автогенератора с емкостной обратной связью.
17. Нестабильность частоты. Основные понятия.
- 18.Влияние дестабилизирующих факторов на стабильность частоты
19. Параметрическая стабилизация частоты.
- 20.Эквивалентные схемы кварцевых автогенераторов, в которых ПР используется как эквивалентная индуктивность.



21. Принципиальная схема кварцевого автогенератора, в которой ПР является эквивалентной индуктивностью
22. Основные характеристики синтезатора частот. Методы синтеза частот
23. Цифровой синтезатор частот с использованием кольца ФАП
24. Схема генератора, управляемого напряжением
25. Понятие о модуляции. Основные характеристики модулирующего сигнала
26. Схема импульсно-фазового детектора СЧ. Временные диаграммы, принцип работы.
27. Уравнение АМ радиосигнала и его спектр. Оценка эффективности амплитудной модуляции.
28. Основные характеристики АМ модуляторов. Схемная реализация АМ модулятора и принцип ее работы.
29. Угловая модуляция. Основные соотношения при ЧМ и ФМ модуляции.
30. Модуляционные характеристики. Схемная реализация ЧМ модуляторов. Пример реализации.
31. Методы формирования ФМ. Особенности построения формирователей с ФМ.
32. Качественные характеристики радиопередатчиков. Требования ГОСТ для РПДУ подвижной связи.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

#### **7.2.3 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства

1	Генераторы с внешним возбуждением	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен
2	Построение схем, сложение мощностей генераторов	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен
3	Автогенераторы.	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен
4	Стабилизация частоты автоколебаний	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен
5	Формирование радиосигналов	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен
6	Построение передатчиков различного назначения	ПК-3, ПК-4, ПК-6	Устный опрос, экзамен

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При преподавании дисциплины «Радиопередающие устройства» в качестве формы оценки знаний студентов используются индивидуальные варианты заданий на лабораторные занятия, а также задания на экзамен на бумажном носителе.

Экзаменационный билет включает 2 теоретических вопроса и 1 расчетную задачу малой/средней сложности, относящихся к области знаний, определяемой перечнем вопросов к зачету (см. п. 7.2.2).

При проведении экзамена разрешается использование:

- настольных микрокалькуляторов;
- приложения «Инженерный калькулятор» на ПЭВМ (при проведении зачета в аудитории, содержащей вычислительную технику)

Использование конспектов лекций или учебной литературы в любой форме, а также мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и/или иных устройств, предоставляющих беспроводную связь, не допускается.

Время подготовки к ответу по заданию составляет 45 мин. Затем осуществляется проверка уровня подготовки в ходе устной беседы с экзаменатором, на которую отводится до 15 минут, и выставляется оценка в соответствии с требованиями из п. 7.1.2.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов. Под ред. Н.Н. Удалова и В.Н. Кулешова, М.Юрайт, 2018.- 421 с.
2. Радиопередающие устройства. Под ред. В.В. Шахгильдяна. М. Радио и связь, 2003.- 560 с.
3. Бочаров М.И. Устройства генерирования и формирования сигналов. Основы теории и расчета генераторов с внешним возбуждением, ВГТУ [электронный ресурс], 2017. – 1 электрон.опт.диск (CD-ROM).
4. Бочаров М.И. Построение и расчет схем генераторов, ВГТУ, 2007.- 184 с.
5. Бочаров М.И. Формирование радиосигналов. Часть 1. Аналоговые виды модуляции, ВГТУ, 2010.- 1 электрон.опт.диск (CD-ROM).
6. Проектирование радиопередатчиков ; под ред. В.В. Шахгильдяна, М.: Радио и связь, 2000.- 653 с.
7. Бочаров М.И. Генераторы с внешним возбуждением и автогенераторы. Методическое указание для практических занятий. Воронеж. ВГТУ, 2013.- 48 с.
8. Бочаров М.И. Методические указания к выполнению лаб. работы «Исследование усилителя мощности».- Воронеж, ВГТУ, 2015.- 23 с.
9. Бочаров М.И. Фазовая синхронизация. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование основных свойств и методов стабилизации частоты с помощью автоподстройки - Воронеж, ВГТУ, 2012. – 34 с.
10. Бочаров М.И. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Формирование ЧМ-колебаний в LC и кварцевых генераторах с помощью варикапов».- Воронеж, ВГТУ, 2017.- 25 с.
12. Бочаров М.И. Исследование электрических характеристик передатчика радиостанции подвижной связи. Методические указания к выполнению лабораторной работы.- Воронеж, ВГТУ, 2018.- 32 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

При проведении лабораторных и практических работ используется следующее информационное обеспечение:

1. Научная электронная библиотека e-library,  
<https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

2. Информационный портал <http://сахара.ru/>.

3. Справочный сайт по транзисторам  
<http://www.texnic.ru/data/vt/index.htm>.

4. Справочный сайт по ПАВ-резонаторам <http://www.aec-design.com/RU/resru.htm>.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**Учебная лаборатория:** для изучения дисциплины имеется лаборатория со специализированными лабораторными стендами и измерительной аппаратурой: вольтметры, генераторы, осциллографы, частотомеры, измерители модуляции, анализаторы спектра

1. Исследование усилителя мощности.

Используемое оборудование: лабораторные установки, высокочастотные вольтметры, осциллографы, частотомеры.

2. Исследование основных свойств и метода стабилизации частоты с помощью фазовой автоподстройки.

Используемое оборудование: лабораторная установка, вольтметры, частотомеры, осциллографы.

3. Управление частотой в автогенераторах с помощью варикапов.

Используемое оборудование: лабораторная установка, измеритель модуляции, генератор сигналов низкочастотный, частотомер, осциллограф.

4. Исследование электрических характеристик передатчика подвижной связи.

Используемое оборудование: лабораторные установки (р/с ВЭЛС), измерители модуляции, генераторы сигналов низкочастотные, вольтметры, частотомеры, эквиваленты нагрузки.

При наличии среди обучающихся студентов-инвалидов и лиц с ОВЗ особенности изучения ими дисциплины согласуются с преподавателями в индивидуальном порядке.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

по дисциплине «Радиопередающие устройства» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета функциональных узлов радиопередающих устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории. Методика проведения практических занятий изложена в методических указаниях.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в

соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой индивидуальных заданий для практических занятий и лабораторных работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, выполнение индивидуальных заданий по практическим занятиям и лабораторным работам.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных технических задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, выполнить индивидуальные задания и другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

### Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
	Актуализированы профессиональные компетенции в связи с вводом новых профессиональных стандартов	2024	