

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Беспроводные технологии и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ

| | |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Обязательная |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.О.03.13 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 9 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 9 семестр - 8 часов; |
| Практические занятия | 9 семестр - 4 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 9 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 9 семестр - 128,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | 9 семестр - 1,2 часа; |
| включая: Тестирование Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 9 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Вытовтов К.А. |
| | Идентификатор | Rbd2c6e48-VyotovtovKA-9bc57e47 |

К.А. Вытовтов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Крутских В.В. |
| | Идентификатор | R49539849-KrutskikhVV-f1575369 |

В.В. Крутских

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шалимова Е.В. |
| | Идентификатор | Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6 |

Е.В. Шалимова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение принципов работы, методов анализа и проектирования устройств генерирования и формирования электромагнитных колебаний радиочастотного диапазона.

Задачи дисциплины

- Изучение принципов работы, методов анализа и проектирования устройств генерирования и формирования сигналов радиочастотного диапазона;
- Освоение основных технических решений при проектировании устройств формирования радиосигналов;
- Освоение теоретических методов и технических средств экспериментального исследования функциональных узлов устройств формирования радиосигналов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности | ИД-3 _{ОПК-3} Знает современное состояние области профессиональной деятельности | знать: - методику экспериментального исследования параметров и характеристик изучаемых функциональных узлов устройств формирования радиосигналов; - методы математического моделирования объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ. уметь: - обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик устройств формирования радиосигналов, оценивать погрешности полученных экспериментальных данных; - обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик устройств формирования радиосигналов, формулировать выводы о влиянии параметров электрических цепей на экспериментальные данные;. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Беспроводные технологии и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|-----|-----|-----|----|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | Контактная работа | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Параметры и характеристики активных элементов | 34.6 | 9 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30.8 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Параметры и характеристики активных элементов" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Параметры и характеристики активных элементов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 111-156</p> |
| 1.1 | Параметры и характеристики активных элементов | 34.6 | | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30.8 | - | |
| 2 | Транзисторные усилители мощности | 23.8 | | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 20 | - | |
| 2.1 | Транзисторные усилители мощности | 23.8 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 20 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|-----|---|-----|-----|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности | 33.8 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 10-45 |
| 3.1 | Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности | 33.8 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30 | - | |
| 4 | Амплитудная модуляция | 33.8 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Амплитудная модуляция" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Амплитудная модуляция" <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется расчет и построение статических модуляционных характеристик при коллекторной и комбинированной модуляции <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе "Амплитудная модуляция" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 56-101 |
| 4.1 | Амплитудная модуляция | 33.8 | 2 | - | 1 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 30 | - | |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | 8 | - | 4 | - | 2.0 | - | 1.2 | 0.3 | 110.8 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | 8 | - | 4 | | 2.0 | | 1.2 | 0.3 | 128.5 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Параметры и характеристики активных элементов

1.1. Параметры и характеристики активных элементов

Типы и области применения активных элементов (АЭ), в частности, биполярных и полевых транзисторов. Статические характеристики АЭ и их аппроксимация. Классификация режимов работы АЭ в усилителях мощности. Гармонический анализ косинусоидальных импульсов.

2. Транзисторные усилители мощности

2.1. Транзисторные усилители мощности

Задачи проектирования и реализации усилителей мощности. Колебательные и нагрузочные характеристики и выбор оптимального режима транзисторного усилителя мощности. Расчет усилителя в критическом режиме на заданную мощность в нагрузке. Выбор угла отсечки. Простые цепи согласования в усилителях мощности. Оценка фильтрации высших гармоник. Учет потерь в цепях связи и общий КПД каскада. Принципиальные схемы усилителей мощности.

3. Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности

3.1. Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности

Использование высших гармоник для повышения КПД усилителей мощности. Ключевые режимы работы УМ. Схемы и энергетические показатели транзисторных ключевых генераторов. Частотные ограничения для ключевых режимов.

4. Амплитудная модуляция

4.1. Амплитудная модуляция

Общие соотношения при амплитудной модуляции. Способы и схемы реализации амплитудно-модулированных (АМ) сигналов. Модуляция смещением. Усиление модулированных колебаний. Коллекторная модуляция. Комбинированная коллекторная модуляция. Статические и динамические модуляционные характеристики, искажения при амплитудной модуляции.

3.3. Темы практических занятий

1. Гармонический анализ косинусоидальных импульсов;
2. Задачи проектирования и реализации усилителей мощности;
3. Расчет усилителя в критическом режиме на заданную мощность в нагрузке;
4. Принципиальные схемы усилителей мощности;
5. Схемы и энергетические показатели транзисторных ключевых генераторов;
6. Статические и динамические модуляционные характеристики, искажения при амплитудной модуляции.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Параметры и характеристики активных элементов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Транзисторные усилители мощности"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Амплитудная модуляция"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| методы математического моделирования объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ | ИД-3опк-3 | | + | | | Тестирование/Транзисторный усилитель мощности |
| методику экспериментального исследования параметров и характеристик изучаемых функциональных узлов устройств формирования радиосигналов | ИД-3опк-3 | + | | | | Тестирование/Транзисторный усилитель мощности Тестирование/Управление частотой автоколебаний |
| Уметь: | | | | | | |
| обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик устройств формирования радиосигналов, формулировать выводы о влиянии параметров электрических цепей на экспериментальные данные; | ИД-3опк-3 | | | | + | Расчетно-графическая работа/Амплитудная модуляция усилителя мощности |
| обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик устройств формирования радиосигналов, оценивать погрешности полученных экспериментальных данных | ИД-3опк-3 | | | + | | Расчетно-графическая работа/Модуляция усилителя мощности |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Транзисторный усилитель мощности (Тестирование)
2. Управление частотой автоколебаний (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Амплитудная модуляция усилителя мощности (Расчетно-графическая работа)
2. Модуляция усилителя мощности (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №9)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» по совокупности результатов текущего контроля успеваемости.

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Савелькаев С. В. - "Теоретические основы построения имитаторов-анализаторов усилителей и автогенераторов СВЧ", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (100 с.) <https://e.lanbook.com/book/206228>;
2. Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 229 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-09062-8..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-417/6, Белая мультимедийная студия | стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный |
| | Ж-417/7, Световая черная студия | стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО | стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО | стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Лекционная аудитория | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Ж-200б, Конференц-зал ИДДО | стол, стул, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря | стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование радиосигналов

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Управление частотой автоколебаний (Тестирование)

КМ-2 Транзисторный усилитель мощности (Тестирование)

КМ-3 Модуляция усилителя мощности (Расчетно-графическая работа)

КМ-4 Амплитудная модуляция усилителя мощности (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 3 | 6 | 9 | 12 |
| 1 | Параметры и характеристики активных элементов | | | | | |
| 1.1 | Параметры и характеристики активных элементов | | + | + | | |
| 2 | Транзисторные усилители мощности | | | | | |
| 2.1 | Транзисторные усилители мощности | | | + | | |
| 3 | Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности | | | | | |
| 3.1 | Принципы повышения КПД и ключевые усилители мощности | | | | + | |
| 4 | Амплитудная модуляция | | | | | |
| 4.1 | Амплитудная модуляция | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |