

Компонент ОПОП 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация «Радиоэлектронные системы передачи информации»
наименование ОПОП

Б1.О.37

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**Дисциплины
(модуля)**

Физические основы радиосистем

Разработчик (и):

Волков М.А.,
доцент, к.ф.-м.н.

Утверждено на заседании кафедры

РЭСиТРО

наименование кафедры

протокол № 1 от 01.09.2022 года

Заведующий кафедрой РЭСиТРО



Л.Ф. Борисова

**Мурманск
2022**

Пояснительная записка

Объем дисциплины _11 з.е.

1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

| Компетенции | Индикаторы достижения компетенций ¹ | Результаты обучения по дисциплине (модулю) |
|---|--|---|
| ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения | ИД-1 Знает современное состояние области профессиональной деятельности ИД-2 Умеет искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области ИД-3 Владеет навыками работы за персональным компьютером, в том числе пакетами прикладных программ для разработки и представления документации. | Знать: - строение и функционирование связных радиосистем, систем радиолокации, систем радионавигации. Уметь: - анализировать, сравнивать, оценивать и оптимизировать работу радиосистем в различных условиях. Владеть: - методами и методиками, позволяющими сравнивать, оценивать и оптимизировать работу радиосистем в различных гелиогеофизических условиях. |

2. Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Физические основы спутниковых систем связи

Кинематика вращательного движения. Законы Кеплера и закон всемирного тяготения. Космические скорости. Условия эллиптического, параболического и гиперболического движений. Геостационарные орбиты.

Динамика движения спутника по эллиптической орбите. Законы сохранения. Стабилизация движения спутника. Геостационарные спутниковые системы связи. Триангуляционный метод измерения координат. Спутниковые навигационные системы.

Тема 2. Физические основы модуляции и синхронизации в радиосистемах

Гармонические колебания. Уравнение гармонических колебаний. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний с одной частотой. Квадратурная модуляция. Векторная диаграмма. Сложение колебаний с разными частотами. Биения. Фигуры Лиссажу. Получение из двух колебаний амплитудно-модулированного сигнала. Восстановление колебаний из амплитудно-модулированного сигнала методом детектирования.

Тема 3. Физические основы процессов в электрических цепях радиосистем

Электростатическое поле. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Дивергенция электрического поля. Работа электрических сил. Потенциал электростатического поля.

¹ Указываются индикаторы достижения компетенций, закрепленные за данной дисциплиной (модулем)

Выражение электрического поля через градиент потенциала. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Метод электрических изображений. Поле электрического заряда вблизи проводящей плоскости, проводящего шара. Диэлектрики. Поляризованность диэлектрика. Вектор электрической индукции. Поле одномерно поляризованного шара. Теорема Гаусса для диэлектриков. Емкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля. Плотность электрической энергии. Электрический ток. Уравнение непрерывности тока. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца. Мощность тока. Электродвижущая сила. Закон Ома для неоднородного участка цепи, правила Кирхгофа. Процессы зарядки и разрядки конденсатора. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Поле движущегося заряда. Закон Био-Савара –Лапласа. Сила Ампера. Сила Лоренца. Циркуляция магнитного поля. Уравнение Ампера. Движение заряженных частиц в скрещенных под прямым углом однородных электрических и магнитных полях. Эффект Холла в проводниках. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Магнетики. Механизм намагничивания магнетиков. Теорема Лармора. Ферромагнетики.

Тема 4 *Физические основы влияния теплового движения на процессы в радиосистемах.*

Тепловое движение молекул. Понятие средней энергии. Распределение Максвелла. Средняя энергия колебательного движения. Уравнение состояния идеального газа. Барометрическая формула. Градиент давления. Явления переноса в газах. Уравнения диффузии, теплопроводности, вязкого трения. Распределение заряженных частиц в потенциальном электрическом поле. Уравнение Пуассона. Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Формула Ленгмюра. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода. Экранировка электрического заряда в ионизированном газе. Формула Дебая. Уравнение непрерывности для заряженных частиц в ионизированном газе. Токи в ионизированных газах. Газоразрядные приборы. Тепловые шумы резисторов. Формула Найквиста. Дробовой шум.

Тема 5 *Физические основы процессов в электрических цепях переменного тока радиосистем*

Описание переменных (синусоидальных) токов с помощью комплексных чисел. Закон Ома для переменных токов. Импеданс. Правила Кирхгофа для переменных токов. Мощность переменного тока. Теорема о среднем. Действующие значения тока и напряжения. Электрический колебательный контур. Затухающие колебания. Добротность колебательного контура. Связанные контура, колебания с двумя степенями свободы. Трансформатор.

Автоколебания. Генератор колебаний. Обратная положительная связь. Параметрическое возбуждение колебаний. Нелинейные процессы в электрических цепях, релаксационные колебания. Блокинг-генератор.

Тема 6 *Физические основы излучения, распространения и дифракции радиоволн в радиосистемах*

Система уравнений Максвелла. Ток смещения в уравнении Ампера. Материальные уравнения. Плотность потока электромагнитной энергии, вектор Пойтинга. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Фазовый фронт волны, фазовая скорость. Поляризация волн. Эффект Доплера. Решение системы уравнений Максвелла для плоской электромагнитной волны в безграничном однородном пространстве. Фазовая скорость волны. Волновое сопротивление среды. Структура электромагнитного поля волны. Переменные токи и поля в проводниках. Скин эффект. Уравнение «телеграфистов». Стоячие волны. Коэффициент стоячей волны. Одномерный резонатор. Собственные моды колебаний. Теория излучения света Планка. Излучение электромагнитных волн. Диполь Герца. Свойство электромагнитного поля излучения. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом (диэлектриком). Показатель преломления. Дисперсия. Эффект Поккельса. Оптические модуляторы. Жидкие кристаллы, жидкокристаллические

мониторы. Электромагнитные волны в полностью ионизированных газах (холодной плазме). Ленгмюровские колебания. Генерация электромагнитных колебаний потоком электронов. Клистрон, магнетрон. Теория рассеяния электромагнитных волн Рэлея. Поперечник рассеяния. Понятие когерентного и некогерентного рассеяния. Томсоновское рассеяние электромагнитных волн. Рассеяние на регулярной структуре неоднородностей. Условия Брега-Вульфа. Интерференция и дифракция электромагнитных волн. Принцип Гюйгенса. Дифракция Френеля, интеграл Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на щели, круглом отверстии. Дифракционная решетка. Формула Киргофа. Диаграмма направленности апертурной антенны. Отражение электромагнитных волн (геометрическая оптика). Условие полного внутреннего отражения. Угол Брюстера. Оптические волноводы.

Тема 7 *Физические основы процессов, протекающих в квантовых устройствах радиосистем*

Квантовая природа электромагнитного излучения. Описание микрочастиц волнами. Волна де Бройля. Уравнение Шредингера. Энергетические уровни атомов. Принцип работы лазера.

Расщепление энергетических уровней атомов в твердых телах. Зонная теория проводимости. Отличие проводников, полупроводников и изоляторов с точки зрения зонной теории. Полупроводники. Собственная, примесная проводимость полупроводников

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;
- методические указания к выполнению лабораторных/практических/контрольных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МГТУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МГТУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

Основная литература

1. Акулиничев Ю.П. Радиотехнические системы передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Акулиничев Ю.П., Бернгардт А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015.— 195 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72171.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 109 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13967.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 117 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13968.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Тисленко В.И. Статистическая теория радиотехнических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тисленко В.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72182.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть первая. Основы теории цепей [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2003.— 553 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60867.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть вторая. Основы теории сигналов [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 335 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60868.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Исследование резонансного усилителя на биполярном транзисторе [Электронный ресурс] : метод. указания к изучению дисциплины "Устройства генерирования и формирования сигналов" для студентов специальности 200700 "Радиотехника" и курсантов специальности 201300 "Эксплуатация транспортного радиооборудования" / Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. радиотехники и радиотелекоммуникац. систем ; сост. А. Н. Суслов, А. В. Гурин. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 312 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.

5. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть третья. Сигналы в радиотехнических цепях [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60963.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1) Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации- URL: <http://pravo.gov.ru>

2) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - URL: <http://window.edu.ru>

3) Справочно-правовая система. Консультант Плюс - URL: <http://www.consultant.ru/>

1. 4) Электронный каталог библиотеки МГТУ

2. Электронно-библиотечная система «Издательства «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/> ООО «Издательство «Лань», договор № 49.19/55 от 26.07.2016

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/> ООО «Современные цифровые технологии», договор № 112-10/14 от 27.10.2015

4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/> ООО «Политехресурс», Договор № 49.19/32 от 01.04.2016 г.

5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/> ООО «Ай Пи Эр Медиа», Договор № 187/16 от 01.03.2016 г.

6. ЭБД РГБ (Электронная библиотека диссертаций Российской Государственной библиотеки) <http://diss.rsl.ru/> ФГБУ «Российская государственная библиотека» договор № 095/04/0174 от 20.05.2016

7. Реферативно-аналитическая база данных «Scopus» <http://www.scopus.com/home.uri> Акционерное общество «МЕТЭК», договор № 49.19/54 от 04.07.2016

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

- 1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*
- 2) *Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader*
1. 3) Mathlab.
Свободно распространяемое ПО

8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МГТУ;
- лабораторию.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

| Вид учебной деятельности ² | Распределение трудоемкости дисциплины | | | | |
|---|---------------------------------------|-----|----|-----|-------------|
| | Очная | | | | |
| | Семестр | | | | Всего часов |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Аудиторные часы | | | | | |
| Лекции | 14 | 10 | 10 | 10 | 44 |
| Практические работы | 16 | 16 | 12 | 12 | 56 |
| Лабораторные работы | - | - | 12 | 12 | 24 |
| Часы на самостоятельную и контактную работу | | | | | |
| Выполнение, консультирование, защита курсовой работы (проекта) ³ | | | | | |
| Прочая самостоятельная и контактная работа | 42 | 118 | 38 | 38 | 236 |
| Подготовка к промежуточной аттестации ⁴ | | | | 36 | 36 |
| Всего часов по дисциплине | 72 | 144 | 72 | 108 | 396 |
| Формы промежуточной аттестации и текущего контроля | | | | | |
| Экзамен | | | | + | 1 |
| Зачет/зачет с оценкой | + | + | | | 2 |
| Курсовая работа (проект) | | | | | |
| Количество расчетно-графических работ | | | | | |
| Количество контрольных работ | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

Перечень лабораторных работ по формам обучения⁵

| № п/п | Темы лабораторных работ |
|-------|--|
| 1 | 2 |
| | Очная форма |
| 1. | Электрический колебательный контур |
| 2. | Связанные контуры |
| 3. | Вольт-амперная характеристика диода |
| 4. | Фазовая модуляция-демодуляция сигналов |
| 5. | Дифракция Фраунгофера |
| 6. | Дифракция Френеля |
| 7. | Рупорная антенна |
| 8. | p-n переход |

² При отсутствии вида учебной нагрузки ставить прочерк в соответствующей ячейке

³ Контактная работа при выполнении курсовой работы (проекта) - 2 а.ч. (3 а.ч.) соответственно. Конкретный объем часов на выполнение курсовой работы (проекта) определяет разработчик

⁴ Для экзамена очной и очно-заочной формы обучения – 36 часов, для экзамена заочной формы обучения – 9 часов, для зачета заочной формы обучения – 4 часа.

⁵ Если лабораторные работы не предусмотрены учебным планом, таблица может быть удалена

Перечень практических занятий по формам обучения⁶

| № п/п | Темы практических занятий |
|----------|--|
| 1 | 2 |
| | Очная форма |
| 1. | Расчет круговой и эллиптической орбит спутника |
| 2. | Триангуляционный метод расчета координат |
| 3. | Квадратурная модуляция. Восстановление колебаний из амплитудно-модулированного сигнала методом детектирования. |
| 4. | Теорема Гаусса. Дивергенция электрического поля. Метод электрических изображений. Поле электрического заряда вблизи проводящей плоскости. |
| 5. | Циркуляция магнитного поля. Уравнение Ампера. Движение заряженных частиц в скрещенных под прямым углом однородных электрических и магнитных полях. Эффект Холла в проводниках. |
| 6. | Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Магнетики. Механизм намагничивания магнетиков. Теорема Лармора. Ферромагнетики. |
| 7. | Распределение заряженных частиц в потенциальном электрическом поле. Уравнение Пуассона. Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Формула Ленгмюра. |
| 8. | Токи в ионизированных газах. Газоразрядные приборы. Тепловые шумы резисторов. Формула Найквиста. Дробовой шум. |
| 9. | Описание переменных (синусоидальных) токов с помощью комплексных чисел. Закон Ома для переменных токов. Импеданс. Правила Кирхгофа для переменных токов. |
| 10. | Добротность колебательного контура. Связанные контура, колебания с двумя степенями свободы. Трансформатор. Автоколебания. Генератор колебаний. Обратная положительная связь. Параметрическое возбуждение колебаний |
| 11. | Электромагнитные волны. Фазовый фронт волны, фазовая скорость. Поляризация волн. Эффект Доплера. |
| 12. | Диполь Герца. Свойство электромагнитного поля излучения. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом (диэлектриком). Показатель преломления. Дисперсия. |
| 13. | Электромагнитные волны в полностью ионизированных газах (холодной плазме). Ленгмюровские колебания. Генерация электромагнитных колебаний потоком электронов. Клистрон, магнетрон. |
| 14. | Теория рассеяния электромагнитных волн Рэлея. Поперечник рассеяния. Понятие когерентного и некогерентного рассеяния. Томсоновское рассеяние электромагнитных волн. |
| 15. | Интерференция и дифракция электромагнитных волн. Принцип Гюйгенса. Дифракция Френеля, интеграл Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на щели, круглом отверстии. Дифракционная решетка. Формула Киргофа. |

⁶ Если практические занятия не предусмотрены учебным планом, таблица может быть удалена