

Компонент ОПОП 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация Радиоэлектронные системы управления и передачи информации
наименование ОПОП

Б1.О.14
шифр дисциплины

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины
(модуля)

Основы теории цепей

Разработчик:
Холодов Геннадий Григорьевич
ФИО
доцент
должность

кандидат технических наук
ученая степень,

Утверждено на заседании кафедры
радиотехники и связи
наименование кафедры

протокол № 8 от 06.03.2024 года

Заведующий кафедрой радиотехники и связи



подпись

Борисова Л.Ф.
ФИО

Мурманск
2024

Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

1. **Результаты обучения по дисциплине** Б1.О.14 «Основы теории цепей», соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ</p>	<p>ИД-1 ПК-1 Применяет основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики; ИД-2 ПК-1 Исполняет основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики; ИД-3 ПК-1 Обладает навыками применения основных законов математики, единицы измерения, фундаментальных принципов и теоретических основ физики, теоретической механики;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные положения, методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ - Навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
<p>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</p>	<p>ИД-1 опк-2 Понимает естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применяет соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения ИД-2 опк-2 Обладает навыками применения основных законов математики, единицы измерения, фундаментальных принципов и теоретических основ физики, теоретической механики; ИД-3 опк-2 Применяет соответствующий физико-</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные положения, методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ - Навыками использования знаний физики и математики при реше-

	математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения;	нии практических задач
--	---	------------------------

2. Содержание дисциплины (модуля)

1. Введение. Предмет, задачи и значение дисциплины. Краткие исторические сведения. Основные понятия, определения, единицы измерения, Закон Джоуля – Ленца. Электрические сигналы. Электрические цепи. Идеализированные элементы электрических цепей.

2. Элементы электрических цепей. Пассивные элементы электрических цепей, активное сопротивление, индуктивность, емкость. Их свойства и характеристики. Особенности функционирования резисторов, катушек индуктивности, конденсаторов на высоких частотах. Схемы замещения. Добротность катушки индуктивности и конденсатора. Активные элементы электрических цепей. Модели источников электрической энергии. Источники тока и напряжения реальные и идеальные. Условия эквивалентности источников. Расчет моделей источников энергии. Зависимость выходных параметров источников электрической энергии от величины нагрузки.

3. Топологические элементы цепей. Электрическая схема, ветвь, узел, контур. Типы схем, планарные, не планарные. Эквивалентная схема замещения. Граф электрической цепи, вершина, ребро, дерево, цикл, хорда. Соотношения числа ребер и числа вершин в графе. Графическое определение числа независимых контуров в электрической схеме.

4. Закон Кирхгофа: первый, второй. Определение числа независимых уравнений, составленным по законам Кирхгофа графическим методом. Обобщенная формула закона Ома для участка цепи как частный случай второго закона Кирхгофа. Потенциальная диаграмма контура цепи.

5. Методы анализа цепей с помощью ЭВМ. Постановка задачи и основные этапы анализа цепей с помощью ЭВМ. Математические модели цепей и их элементов, ориентированные на применение ЭВМ. Особенности представления данных для расчета с помощью ЭВМ. Матрицы инцидентий, сечений, контуров. Использование универсальных пакетов прикладных программ для расчетов параметров и характеристик цепей.

6. Эквивалентные преобразования схем. Преобразование проводимости ветвей треугольника в трех - лучевую звезду. Преобразование сопротивлений ветвей трех – лучевой звезды в треугольник. Понятие дуальности. Дуальность сигналов, свойств, законов, элементов, схем. Построение дуальных цепей.

7. Цепи с источниками гармонических токов и напряжений. Основные понятия, определения, единицы измерения: мгновенное значение тока, амплитуда, частота, фаза, начальная фаза, начальное значение тока. Гармоническое колебание как проекция вращающегося вектора. Векторное изображение гармонических колебаний. Угол сдвига фаз гармонических колебаний. Количественные оценки гармонических функций: амплитудное, среднее, действующее значение, - их физический смысл и практическое значение.

8. Расчет цепей с гармоническими колебаниями в функциях комплексного переменного (символический метод). Символическое изображение синусоидального тока в функции комплексного переменного: алгебраическая, тригонометрическая, показательная формы записи. Геометрическая интерпретация комплексного числа. Общая схема расчета цепей символическим методом. Переход от комплексного изображения к оригиналу тока в цепи. Законы Ома и Кирхгофа в функциях комплексного переменного. Треугольники напряжений, сопротивлений, проводимостей, токов, мощностей для цепей в условиях гармонического воздействия. Особенности методов расчета цепей в функциях комплексного переменного.

9. Энергетические характеристики цепей. Мощности в цепях с гармоническими колебаниями: мгновенная, средняя активная, реактивная, полная (кажущаяся), их определения, единицы измерения, характерные особенности и свойства, физический смысл. Коэффициент мощности. Изображение полной мощности цепи в функции комплексного переменного. Теореме Теллегена в широком и узком смысле. Особенности определения баланса мощностей в цепях постоянного и переменного токов. Баланс мощностей в функции комплексного переменного. Передача мощности в нагрузку в цепях постоянного и переменного тока. Практическое применение режима максимальной отдаваемой мощности в нагрузку.

10. Частотные характеристики цепей: КЧХ, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ. Способы графического представления частотных характеристик цепи. Логарифмический масштаб построения частотных характеристик. Логарифмические единицы измерения амплитудно-частотного интервала: децибел,

непер, октава, декада. Частотные характеристики идеализированных пассивных элементов.

11. Частотные характеристики простейших цепей. Делители напряжения. Частотные характеристики RL цепи (фильтр верхних частот). Дуальная RC цепь. Особенности, свойства и область применения простейших фильтров верхних частот. Блокировка постоянной составляющей входного тока. Частотные характеристики RC цепи (фильтр нижних частот). Дуальная RL цепь. Особенности, свойства и область применения простейших фильтров нижних частот.

12. Последовательный колебательный контур. Основные понятия, определения и характеристики. Резонанс напряжений. Векторная диаграмма сигналов в контуре. Частотные характеристики (резонансные кривые) последовательного резонансного контура. Частотные характеристики комплексной передаточной функции колебательного контура высокой добротности. Преобразование мощности при резонансе в цепи.

13. Параллельный колебательный контур. Основные понятия, определения и характеристики идеализированного параллельного колебательного контура. Резонанс токов. Векторная диаграмма сигналов в контуре. Частотные характеристики (резонансные кривые) параллельного колебательного контура. Резонанс токов в общем случае. Особенности резонанса в простом колебательном контуре. Резонанс в сложных параллельных колебательных контурах высокой добротности

14. Цепи с магнитными связями. Основные понятия, определения, единицы измерения. ЭДС взаимной индукции. Условные обозначения индуктивных связей в схемах. Последовательное соединения магнитносвязанных катушек индуктивности. Опытное определение взаимной индуктивности катушек. Параллельное соединения магнитносвязанных катушек индуктивности. Эквивалентная замена индуктивных связей электрическими. Эквивалентные Г-образные схемы замещения индуктивно связанных контуров. Вносимое сопротивление. Перенос мощности в магнитносвязанных цепях.

15. Трансформаторы. Т-образные схемы замещения воздушного трансформатора с потерями. Совершенный трансформатор. Идеальный трансформатор. Согласования по сопротивлениям. Схема замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником под нагрузкой. Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником.

16. Связанные колебательные контуры. Виды связи, сопротивления связи коэффициент связи контуров. Обобщенная схема замещения связанных колебательных контуров. Схемы замещения первичного и вторичного контуров. Резонанс в связанных колебательных контурах. Настройка связанных контуров. Амплитудно и фазочастотные характеристики связанных колебательных контуров. Полоса пропускания, избирательность системы связанных контуров.

17. Четырехполюсники. Определения. Классификация. Уравнения передачи в Y- и Z-параметрах. Обобщенная матрица в A-параметрах. Связь обобщенных параметров с параметрами XX и K3. Характеристические параметры: характеристическое сопротивление, характеристические параметры передачи. Связь характеристических параметров четырехполюсника с обобщенными. Входное сопротивление при произвольной нагрузке. Соединения четырехполюсников. Согласованное каскадное соединение четырехполюсников. Согласующий (идеальный) трансформатор как четырехполюсник. Обратные связи в четырехполюсниках. Активные четырехполюсники.

18. Электрические фильтры. Определения. Классификации: по расположению частотных областей, по типам схем звеньев, по видам частотных характеристик. Области применения и тенденции разработок фильтров. RC фильтры: ФВЧ, ФНЧ. Полосовые и режекторные фильтры, общая характеристика. RLC фильтры: общая характеристика, широкополосный, узкополосный режекторный. Фильтры типа k: общая характеристика, ФВЧ, ФНЧ, полосовые и режекторные фильтры. Условия пропускания фильтра. Определение частот среза фильтра. Характеристическое сопротивление фильтра. Фильтры типа m: общая характеристика, ФВЧ, ФНЧ, полосовые и режекторные фильтры. Цепочечные фильтры: общая характеристика, согласование последовательно - производного полувзена и полувзена прототипа, согласование параллельно - производного полувзена и полувзена прототипа. Полиномиальные фильтры: общая характеристика, фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя. Активные фильтры: свойства операционных усилителей, ИНУН, звенья ФВЧ и ФНЧ на ИНУН, принципы построения других типов активных фильтров на ИНУН.

19. Цепи при периодических, негармонических воздействиях. негармонического периодического сигнала в виде тригонометрического ряда Фурье. Спектральное представление негармонического периодического сигнала. Представление негармонического периодического сигнала в виде ряда Фурье в комплексной форме и его геометрическая интерпретация (для k-ой гармоники). Разложение в ряд Фурье при различных аналитических выражениях частей кривой

сигнала. Особенности разложения в ряд Фурье симметричных кривых сигнала. Числовые характеристики негармонического периодического сигнала: действующее, среднее, среднее по модулю значения. Определение значений сигналов с помощью измерительных приборов. Характеристики формы кривых: коэффициент формы, амплитуды, искажения, гармоник. Влияние характера элементов цепи на форму и спектр периодических негармонических сигналов.

20. Расчет цепей при периодических негармонических воздействиях. Общие положения. Порядок расчета. Мощность периодического негармонического тока. Биения колебаний. Принцип амплитудной модуляции.

21. Переходные процессы в линейных электрических цепях. Физическая сущность переходного процесса. Начальные условия. Закон коммутации. Математическая модель переходного процесса.

22. Классический метод расчета переходного процесса. Переходной ток. Общая схема расчета переходного процесса классическим методом. Расчет переходного процесса в цепи с одним реактивным элементом. Подключение RC-цепи к источнику постоянной ЭДС. Постоянная времени RC-цепи. Разряд емкости на сопротивление. Использование RC-цепи в качестве элементов задержки времени. Интегрирующие цепи. Дифференцирующие цепи. Подключение катушки индуктивности к источнику постоянной ЭДС. Форсировка переходных процессов. Отключение катушки индуктивности от источника постоянной ЭДС. Подключение RC-цепи к источнику синусоидальной ЭДС. Подключение катушки индуктивности к источнику синусоидальной ЭДС. Переходные процессы в цепях второго порядка.

23. Расчет цепи при воздействии любой формы. Общая схема расчета цепи при включении на напряжение любой формы. Единичная функция и единичный скачок. Переходная характеристика цепи. Расчет цепи при воздействии любой формы с помощью формул Дюамеля. Импульсная характеристика цепи. Расчет цепи при воздействии любой формы с помощью формул наложения.

24. Качественный анализ переходного процесса. Общие принципы качественного анализа переходного процесса в цепи. Аналитическое описание кривых переходного процесса. Построение качественных кривых переходного процесса в цепи.

25. Операторный метод расчета переходного процесса. Преобразование по Лапласу. Операторная схема замещения. Операторные изображения элементов схемы и сигналов в цепи. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Теоремы операторного метода расчета цепи: теорема запаздывания оригинала, теорема смещения изображения, произведение изображений, теорема разложения (Хевисайда). Общая схема расчета цепи операторным методом. Расчет цепи с помощью передаточной функции. Расчет реакции цепи на воздействие любой формы. Расчет переходных характеристик цепи.

26. Основы спектрального анализа цепей при непериодических воздействиях. Спектральная плотность непериодического сигнала. Спектры непериодических сигналов как предельный случай спектров периодических сигналов. Общая схема расчета цепей спектральным методом. Расчет тока двухполосника при непериодическом воздействии. Расчет переходного процесса в четырехполоснике. Условия неискаженной передачи сигнала через четырехполосник

27. Цепи с распределенными параметрами. Понятия о цепях с распределенными параметрами. Длинные цепи. Погонные параметры длинных цепей. Классификация. Уравнения состояния цепей с распределенными параметрами. Однородная линия при гармоническом воздействии. Падающая и отраженная волны. Длина волны в линии, фазовая скорость. Линия без потерь. Режимы бегущих, стоячих и смешанных волн. Колебательные системы на отрезках длинных линий. Согласование линии с нагрузкой.

28. Нелинейные электрические цепи. Определения, классификации, основные свойства, характеристики и параметры нелинейных элементов. Аппроксимация и линеаризация характеристик нелинейных элементов. Нелинейные цепи постоянного тока. Графический и графоаналитический методы расчета цепей. Нелинейные цепи при гармоническом воздействии. Феррорезонанс. Применение нелинейных резистивных цепей. Стабилизация напряжения. Выпрямление переменного тока. Ограничение колебаний

3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины «Основы теории цепей»

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине «Основы теории цепей» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические указания к выполнению лабораторных/практических/контрольных

работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;

- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Основы теории цепей» представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

4. Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы теории цепей»

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ 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

Основная литература

1. Афанасьев, Б. П. и др. Теория линейных электрических цепей. – М.: Высшая школа, 1973.
2. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Часть первая. Линейные электрические цепи. – М.: Энергия, 1978.
3. Борисова, Л.Ф. Методы анализа и расчета переходных процессов в электрических цепях: учеб. пособие / Л.Ф. Борисова. – 2-е изд., испр. и доп. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006.- 92 с.

Дополнительная литература

1. Борисова, Л.Ф. Методы анализа и расчета переходных процессов в электрических цепях: учеб. пособие / Л.Ф. Борисова. – 2-е изд., испр. и доп. - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006.- 92 с.
2. Борисова, Л. Ф. Методические указания и контрольные задания по курсу «Основы теории цепей» для студентов заочного факультета специальности 201400 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» Мурманск, 1996 (МГТУ)
3. Борисова, Л. Ф. Методические указания к курсовой работе по курсу «Основы теории цепей» для студентов заочного факультета специальности 201400 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» Мурманск, 1996 (МГТУ)

4. 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/>
- 4) Электронно-библиотечная система ЭБС - <http://www.rucont.ru/>
- 5) ЭБС издательства "ЛАНЬ" - <http://e.lanbook.com>
- 6) ЭБС BOOK.ru - <http://book.ru/>
- 7) ЭБС ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>
- 8) БС znanium.com издательства "ИНФРА-М" - <http://www.znaniy.com>

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

- 1) Windows XP Professional Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.

- 2) Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader
- 3) Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.09;
- 4) Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.09;
- 5) MathWorks MATLAB 2009 /2010 (сетевая версия) License Number 619865 от 11.12.2009 (договор 32/356 от 10 декабря 2009г.)
- 6) Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite (комплексная защита), Dr.Web Server Security Suite (антивирус) (договор №8630 от 03.06.2019.)

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 МАУ;
- "Лаборатория радионавигационных систем". Учебный корпус по адресу 183010, Мурманская область, г. Мурманск, просп. Кирова, д. 2, Аудитория 511 а В. Специальное помещение для проведения лабораторных работ, практических занятий. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.
- «Лаборатория радиолокационных систем». Учебный корпус по адресу 183010, Мурманск область, г. Мурманск, просп. Кирова, д. 2, Аудитория 511 б В Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

Вид учебной нагрузки	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения							
	Очная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс			Всего часов
	3							
Лекции	32			32				
Практические занятия	14			14				
Лабораторные работы	14			14				
Самостоятельная работа	48			48				
Подготовка и сдача экзамена (контроль)	36			36				
КСР	-							
Всего часов по дисциплине	144			144				

Формы промежуточной аттестации и текущего контроля								
Экзамен	+	-	-	+				
Зачет/зачет с оценкой	-	-	-	-				
Курсовая работа (проект)	-	-	-	-				
Количество расчетно-графических работ	+	-	-	+				
Количество контрольных работ	-	-	-	-				
Количество рефератов	-	-	-	-				
Количество эссе	-	-	-	-				

Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п\п	Темы лабораторных работ
1	2
	Очная форма
1.	Исследование работы последовательной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки
2.	Исследование работы параллельной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки
3.	Исследование резонансных явлений в связанных колебательных контурах.
4.	Классический метод расчета переходного процесса. Общая схема расчета переходного процесса классическим методом.
5.	Характеристики формы кривых: коэффициент формы, амплитуды, искажения, гармоник. Влияние характера элементов цепи на форму и спектр периодических негармонических сигналов

Перечень практических занятий по формам обучения

№ п\п	Темы практических занятий
1	2
	Очная форма
1.	Исследование работы последовательной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки
2.	Исследование работы параллельной электрической цепи состоящей из активной и реактивной нагрузки
3.	Исследование переходных процессов в цепях первого порядка
4.	Расчет мощности в цепях с гармоническими колебаниями: мгновенная, средняя активная, реактивная, полная (кажущаяся), их определения, единицы измерения, характерные особенности и свойства, физический смысл.
5.	Расчет цепей с гармоническими колебаниями в функциях комплексного переменного (символический метод). Символическое изображение синусоидального тока в функции комплексного переменного: алгебраическая, тригонометрическая, показательная формы записи

Перечень примерных тем курсовой работы /курсового проекта/РГР

№ п\п	Темы курсовой работы /проекта/РГР
1	2
1.	Расчет и исследование линейных электрических цепей при воздействии гармоническим сигналом (символический метод расчета цепей). Очная форма