

**Компонент ОПОП 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств,  
Проектирование и эксплуатация систем автоматизации производственных процессов.**  
наименование ОПОП

**Б1.В.02.01**

шифр дисциплины

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплины  
(модуля)**

**Теоретические основы электротехники**

Разработчик (и):

Кайченев А.В.

ФИО

Заведующий кафедрой АиВТ

должность

канд.техн.наук, доцент

ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры

Автоматики и вычислительной техники

наименование кафедры

протокол №5 от 18.03.2022 г

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ А.В. Кайченев

**Мурманск  
2022**

## Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

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

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-1. Применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;	ИД-1ОПК-1 Применяет естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности ИД-2ОПК-1 Применяет методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Знать: - фундаментальные законы теории цепей и электромагнитного поля; - современные методы расчета электрических и электромагнитных полей; - основные законы электротехники для электрических и магнитных цепей; - электротехническую терминологию и символику, условно-графическое изображение элементов электрических цепей; - методы измерения электрических и магнитных величин;
ПК-2 способен проводить конструкторские и расчетные работы по проектированию гибких производственных систем	ИД-2ПК-2 – разрабатывает технические проекты гибких производственных систем	- электроизмерительные средства и экспериментальные методы исследования электрических цепей. Уметь: - разрабатывать принципиальные электрические схемы и проектировать типовые электрические и электронные устройства; - строить математические модели объектов управления и систем автоматического управления (САУ); - реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования; - использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления; - работать с каким либо из основных типов программных систем, предназначенных для математического имитационного моделирования Mathcad, Matlab и др., - планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере; - оценивать точность и достоверность результатов измерения и моделирования; Владеть: --- навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов; - навыками работы с электротехнической аппаратурой и электронными устройствами; - навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования; - навыками работы на контрольно-измерительном и испытательном оборудовании; -практическими навыками сборки и чтения электрических схем, выбора средств измерения.

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

### Тема 1

Цели и задачи изучения дисциплины. Содержание дисциплины. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (результаты обучения). Указания по работе над дисциплиной. Формы и критерии оценки текущего контроля и промежуточной аттестации.

#### 1. Теория линейных электрических цепей постоянного тока.

1.1. Линейные электрические цепи постоянного тока. Основные элементы электрических цепей. Понятие об источнике ЭДС и источнике тока. Закон Ома для участка цепи и участка цепи с ЭДС. Законы Кирхгофа и их применение для расчета сложных цепей постоянного тока.

1.2. Распределение потенциала вдоль замкнутого контура. Энергетические соотношения в электрических цепях постоянного тока. Метод контурных токов. Принцип и метод наложения. Входные и взаимные проводимости ветвей. Входное сопротивление.

1.3. Принцип взаимности и теорема компенсации. Линейные соотношения в электрических цепях. Методы узловых потенциалов и двух узлов. Преобразование цепей. Замена параллельных ветвей одной эквивалентной. Преобразование треугольника сопротивлений в звезду и обратное преобразование. Перенос источника ЭДС и источника тока.

1.4. Активный и пассивный двухполюсники. Метод эквивалентного генератора. Передача энергии от активного двухполюсника к нагрузке по линии передачи.

#### 2. Теория линейных электрических цепей переменного тока.

2.1. Определение переменного тока и напряжения. Понятие об источниках переменного тока. Однофазный синусоидальный ток и его параметры. Действующее и среднее значения синусоидального тока, ЭДС и напряжения. Изображение синусоидальных функций посредством векторов и в комплексной форме. Изображение производных и интегралов комплексными.

2.2. Электрические цепи синусоидального тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлениями. Колебание энергии в этих сопротивлениях. Основы символического метода расчета цепей синусоидального тока.

2.3. Закон Ома в комплексной форме. Комплексное сопротивление. Треугольники напряжений, сопротивлений и проводимостей. Векторная и топографическая диаграммы.

2.4. Законы Кирхгофа в символической форме. Мощности в цепи синусоидального тока. О применении методов расчета линейных цепей постоянного тока к расчету линейных цепей синусоидального тока в символической форме. Пути повышения коэффициента мощности энергетических систем.

#### 3. Резонансные явления в цепях переменного тока.

3.1. Двухполюсник в цепи синусоидального тока. Резонансный режим работы двухполюсника. Резонанс токов. Компенсация сдвига фаз.

3.2. Резонанс напряжений. Исследование работы схемы при изменении частоты. Частотные характеристики двухполюсника, волновое сопротивление, добротность. Эквивалентные двухполюсники.

3.3. Передача энергии от активного двухполюсника к нагрузке. Согласующий трансформатор. Падение и потеря напряжения в линии передачи энергии.

#### 4. Цепи с взаимной индукцией.

4.1. Поток и потокосцепления самоиндукции, взаимной индукции и рассеяния. Общие определения индуктивности и взаимной индуктивности контура. Коэффициент связи. Направление ЭДС взаимной индукции.

4.2. Последовательное соединение катушек, связанных взаимной индукцией. Векторные диаграммы. Параллельное соединение катушек, связанных взаимной индукцией. Эквивалентное сопротивление. Мощность, переносимая из одного контура в другой. Развязывание индуктивных связей. Схемы замещения. Расчет сложных цепей при наличии взаимной индукции.

5. Четырехполюсники. Основные понятия пассивных четырехполюсников. Постоянные четырехполюсника и связь между ними. Симметричный четырехполюсник. Схемы, эквивалентные пассивному четырехполюснику. Экспериментальное определение постоянных четырехполюсника. Понятие о передаточных функциях четырехполюсника.

#### 6. Трехфазные цепи.

6.1. Многофазные системы. Основные определения многофазных систем. Симметричные и несимметричные системы. Принцип получения трехфазного тока. Соединение фаз генератора в "звезду" и "треугольник". Фазные и линейные напряжения и токи.

6.2. Расчет трехфазных нагрузок при соединении фаз в форме звезды и треугольника при за-

данных напряжениях генератора. Мощность трехфазного тока. Принцип образования вращающегося магнитного поля.

7. Несинусоидальные периодические токи и напряжения.

7.1. Источники несинусоидальных напряжений и токов. Разложение периодических функций в ряд Фурье. Расчет линейных цепей при несинусоидальных напряжениях и токах. Коэффициент мощности. Эквивалентные синусоиды. Коэффициенты, характеризующие форму периодических несинусоидальных кривых.

8. Исследование переходных процессов.

8.1. Исследование переходных процессов в линейных цепях с сосредоточенными параметрами. Энергетические и физические условия, определяющие характер переходных процессов. Законы коммутации.

8.2. Методы решения дифференциальных уравнений. Классический метод исследования переходных процессов. Свободная и принужденная составляющие процесса. Определение начальных значений токов и напряжений.

8.3. Общий случай расчета переходных процессов в разветвленных электрических цепях. Характер переходного процесса в зависимости от значений корней характеристического уравнения.

8.4. Переходный процесс в цепи с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного элементов. Аperiodический и периодический характеры процесса.

8.5. Понятие о преобразованиях Лапласа. Оригинал и изображение. Выражение законов Ома и Кирхгофа в операторной форме. Внутренние ЭДС.

8.6. Операторные схемы. Расчет переходных процессов операторным методом в разветвленных электрических цепях при нулевых и ненулевых начальных условиях. Методы перехода от изображения к оригиналу.

8.7. Понятие о расчете электрических цепей при воздействии импульсной ЭДС. Переходная и импульсная характеристики электрической цепи. Исследование переходных процессов при помощи интеграла Дюамеля.

9. Нелинейные цепи постоянного тока.

9.1. Нелинейные элементы и их характеристики. Особенности расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока.

9.2. Графоаналитический метод расчета цепей с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным соединениями нелинейных элементов. Принципы аналитического метода расчета нелинейных цепей. Понятие о линеаризации цепи, статических и дифференциальных сопротивлений. Применение нелинейных элементов для стабилизации напряжения или тока в цепи.

10. Магнитные цепи.

10.1. Понятие о магнитной цепи. Расчет неразветвленной и разветвленной магнитных цепей с применением законов Кирхгофа и кривых намагничивания.

11. Нелинейные цепи переменного тока.

11.1. Общая характеристика нелинейных цепей. Статические и динамические характеристики нелинейных элементов. Физические явления, наблюдаемые в нелинейных цепях. Методы аппроксимации нелинейных характеристик.

11.2. Цепи с нелинейными активными элементами. Цепи с нелинейными индуктивными элементами.

11.3. Особенности процессов и расчета цепи переменного тока с катушкой, имеющей ферромагнитный сердечник. Потери в стали, разделение потерь. Методы графического интегрирования, условной линеаризации, последовательных интервалов, кусочно-линейной и аналитической аппроксимации.

12. Теория электромагнитного поля.

12.1. Электромагнитное поле, как особый вид материи. Электрическое и магнитное поля. Механическое взаимодействие контуров с токами. Определение механических сил в магнитном поле и энергетических соотношений.

12.2. Электростатическое поле. Теорема Гаусса. Уравнения Пуассона и Лапласа. Проводник в электростатическом поле. Использование метода наложения для решения уравнения Пуассона при распределении зарядов.

12.3. Поле постоянного тока. Электрические поля внутри и вне стороннего источника. Интегральные и дифференциальные законы для постоянного тока. Постоянное магнитное поле. За-

коны Био-Савара и Лапласа. Интегральные и дифференциальные законы поля при наличии магнетика.

12.4. Уравнения Максвелла для переменного электромагнитного поля. Потенциальная и вихревая составляющие переменного электрического поля. Закон электромагнитной индукции в дифференциальной и интегральной формах. Закон сохранения количества электричества и ток смещения.

12.5. Уравнение непрерывности переменного тока. Закон полного тока. Принцип образования электромагнитных волн. Применение теоремы Умова–Пойнтинга для определения распространения энергии в пространстве. Получение и решение волновых уравнений. Плоская волна в однородном изотропном проводнике. Затухание волны в проводящей среде. Электромагнитное экранирование

### **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. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учеб. для вузов / Л. А. Бессонов. - 10-е изд. - Москва : Гардарика, 2001. - 638 с.: ил. - ISBN 5-8297-0026-371-25. (на абонементе-113шт., чит.зале-1шт., книгохранилище-65шт.)
2. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для вузов / Л. А. Бессонов. - 9-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1996. - 638 с.: ил. - ISBN 5-06-002160-233-50. (абонемент-33шт., чит.зал.-5шт.)
3. Саватеев, Д.А. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Общая электротехника и электроника" для специальности 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств" / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. электрооборудования судов ; сост. Д. А. Саватеев. - Электрон.текстовые дан. (1 файл : 656 Кб). - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009.
4. Саватеев, Д.А. Расчет электрических и магнитных цепей [Электронный ресурс] : учеб. пособие по дисциплине "Общая электротехника и электроника" для специальности 220301.65 "Автоматизация технологических процессов и

- производств" / Д. А. Саватеев; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.1 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2009 г. (абонемент-42шт., чит.зал-3шт.)
5. Саватеев, Д.А. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению лаб. работ для направления подгот. "Автоматизация технологических процессов и производств" / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. электрооборудования судов ; сост. Д. А. Саватеев. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 544 Кб). - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.

#### **Дополнительная литература**

6. Нейман, Л.Р. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Т. 1 : учеб. для вузов / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Энергоиздат, 1981. - 536с.ил.54-0023-95. (абонемент-6шт., книгохранилище-94шт., чит.зал.-5шт.).
7. Нейман, Л.Р. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Т. 2 : учеб. для вузов. Т. 2 / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Энергоиздат, 1981.416с.ил40-00;17-57;1-10. (абонемент- 6шт., книгохранилище-94шт., чит.зал.-5шт.).
8. Саватеев, Д.А. Методы расчета линейных электрических цепей (с использованием системы MATLAB) [Электронный ресурс] : учеб. пособие по дисциплине "Общая электротехника и электроника" для специальности 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств" / Д. А. Саватеев; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.3 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2009 г. (абонемент-45шт., чит.зал.-5шт.)
9. Саватеев, Д.А. Векторные диаграммы в электротехнике [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Д. А. Саватеев; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3.0 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2013 г. (абонемент-26шт., чит. зал-4шт.)
10. Карпов, Е.А. Теоретические основы электротехники: основы нелинейной электротехники в упражнениях и задачах / Е.А. Карпов, В.Н. Тимофеев, М.Ю. Хацаюк ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. – Красноярск : СФУ, 2017. – 184 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. –  
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497218> (дата обращения: 23.04.2019). – Библиогр.: с. 180. – ISBN 978-5-7638-3724-7. – Текст : электронный.

#### **6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- 1) Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека онлайн"  
<http://biblioclub.ru>

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

1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*

**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;
- лаборатории

**10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности**

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения									
	Очная					Заочная				
	Семестр				Всего часов	Семестр				Всего часов
	3					5				
Лекции	24				24	4				4
Практические занятия	28				28	6				6
Лабораторные работы	32				32	6				6
Самостоятельная работа	60				60	124				124
Подготовка к промежуточной аттестации						4				4
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>				<b>144</b>	<b>144</b>				<b>144</b>
Формы промежуточной аттестации и текущего контроля										
Зачет	+					+				

**Перечень лабораторных работ по формам обучения**

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	<b>Очная форма</b>
1.	Соотношения в линейных электрических цепях постоянного тока
2.	Исследование передачи энергии постоянного тока от активного двухполюсника в нагрузку
3.	Исследование простых цепей синусоидального тока при последовательном соединении ре-

	зистора и катушки; резистора и конденсатора
4.	Исследование простых цепей синусоидального тока при параллельном соединении резистора и катушки; резистора и конденсатора
5.	Резонанс напряжений в цепях синусоидального тока.
6.	Резонанс токов в синусоидальных цепях
7.	Исследование электрических цепей с взаимной индукцией.
8.	Исследование пассивного четырехполюсника.
9.	Исследование трехфазной системы при соединении приемников треугольником
10.	Исследование трехфазной системы при соединении приемников звездой
11.	Исследование линейной электрической цепи при воздействии несинусоидальных периодических напряжений
12.	Исследование переходных процессов в линейной электрической цепи первого порядка (натурное и с помощью компьютерной модели)
13.	Исследование переходных процессов в линейной электрической цепи второго порядка (натурное и с помощью компьютерной модели)
14.	Исследование феррорезонансных явлений

### Перечень практических работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	<b>Очная форма</b>
1.	Расчет линейной цепи постоянного тока с использованием законов Ома и Кирхгофа, метода контурных токов
2.	Расчет разветвленной линейной электрической цепи постоянного тока с использованием метода двух узлов, эквивалентного генератора
3.	Расчет разветвленной линейной электрической цепи переменного тока методом контурных токов и методом эквивалентного генератора.
4.	Построение векторной диаграммы токов и напряжений разветвленной линейной электрической цепи переменного тока. Баланс мощностей.
5.	Построение круговой диаграммы токов и напряжений разветвленной линейной электрической цепи переменного тока
6.	Расчет цепи с магнитно-связанными катушками
7.	Расчет коэффициентов пассивного четырехполюсника
8.	Расчет трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки «треугольником»
9.	Расчет трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки «звездой»
10.	Расчет линейной электрической цепи при питании от источника периодической несинусоидальной ЭДС
11.	Расчет переходных процессов в разветвленной электрической цепи классическим методом
12.	Расчет переходных процессов в разветвленной электрической цепи операторным методом
13.	Расчет переходных процессов в разветвленной электрической цепи с помощью интеграла Дюамеля
14.	Расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока
15.	Расчет магнитной цепи с применением законов Кирхгофа и кривых намагничивания