

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



«Утверждаю»

Проректор по УМР

О.М. Вальц

13 сентября 2018 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ**  
**ЦЕПЕЙ»**

Направление подготовки:

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника»**

Профили подготовки:

**13.03.02.1 Электромеханика**

**13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети**

**13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты**

**13.03.02.4 Электроснабжение**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Форма обучения : **заочная**

Санкт-Петербург, 2018

Рабочая программа дисциплины «Моделирование электрических цепей» разработана в соответствии с требованиями ФГО ВО по направлению: 13.03.02.«Электроэнергетика и электротехника» в соответствии с рабочими учебными планами направлений подготовки.

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профили подготовки:

13.03.02.1 Электромеханика

13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети

13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты

13.03.02.4 Электроснабжение

*Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета*

**Разработчик:** А.Л.Виноградов, к.т.н., доцент

**Рецензент:** Н.Н. Дзекцер к.т.н., научный руководитель, ООО "Системы энергоэкологической безопасности»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Электроэнергетики и автомобильного транспорта от «12» сентября 2018 года, протокол №1

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ..	5
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	11
5.1. Темы контрольной работы .....	11
5.2. Темы курсовых работ .....	11
5.3. Перечень методических рекомендаций .....	11
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену.....	12
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	14
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ.....	116
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ.....	16
Приложение.....	18

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

- 1.1. Целями освоения дисциплины «Моделирование электрических цепей» является:
- изучение основных понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей  
методов анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах.
- 1.2. Изучение дисциплины «Моделирование электрических цепей» способствует решению следующей задачи профессиональной деятельности: подготовке студентов к проектной, технологической, конструкторской, и эксплуатационной деятельности, связанной с изготовлением и эксплуатацией изделий.
- 1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### *Профессиональные (ПК)*

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование и (или) описание компетенции</b>
<b>ПК-1</b>	способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-14</b>	Способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### **Знать:**

- основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей;
- методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах.

- **Уметь:**
- применять математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока;
- применять компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока.
- Применять методы расчета несинусоидальных и переходных процессов
  
- **Владеть:**
- методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях;
- навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем;

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Моделирование электрических цепей» относится к вариативной части дисциплин по выбору блока Б.1.

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами опорных учебных дисциплин учебного плана: математика; химия; начертательная геометрия и инженерная графика; физика; информатики; теоретической механики; электрическое и конструкционное материаловедение; теоретические основы электротехники; прикладная механика; теоретические основы электротехники, электрические машины, теория автоматического управления, электрический привод, основы теории надёжности.

Дисциплина является предшествующей для изучения специальных дисциплин.

Приобретённые знания будут непосредственно использованы студентами при изучении последующих дисциплин, прохождении производственной практики, написании выпускных квалификационных работ.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	<b>Модуль 1. Основы теории электрических цепей</b>	<b>31/0,8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	–	<b>28</b>	–	–	–

2.	Тема 1.1. Модели элементов электрических цепей	7/0,2	–	–	–	7	–	–	–
3	Тема 1.2. Законы электрических цепей	8/0,2	–	–	–	8	–	–	–
4.	Тема 1.3. Электрические цепи постоянного тока	8/0,2	0,5	1	–	6,5	–	–	–
5.	Тема 1.4. Применение математических программных пакетов для расчёта простых электрических цепей постоянного тока	8/0,2	0,5	1	–	6,5	–	–	–
6.	<b>Модуль 2. Электрические цепи синусоидального тока</b>	<b>37/1,0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	–	<b>33</b>	–	–	–
7.	Тема 2.1. Методы расчёта линейных цепей синусоидального тока	5/0,1	0,5	1	–	3,5	–	–	–
8.	Тема 2.2. Методы расчёта сложных электрических цепей	6/0,1	–	1	–	5	–	–	–
9.	Тема 2.3. Резонансные явления, индуктивно связанные цепи	7/0,1	0,5	–	–	6,5	–	–	–
10.	Тема 2.4. Трёхфазные электрические цепи	9/0,3	–	–	–	9	–	–	–
11.	Тема 2.5. Анализ и расчёт трёхфазных электрических цепей	10/0,4	1	–	–	9	–	–	–
12.	<b>Модуль 3. Несинусоидальные и переходные процессы в линейных цепях. Нелинейные электрические цепи</b>	<b>40/1,2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	–	<b>37</b>	–	–	–
13.	Тема 3.1. Расчёт линейных цепей с несинусоидальными ЭДС	9/0,4	0,5	1	–	7,5	–	–	–
14.	Тема 3.2. Переходные процессы в линейных цепях с ненулевыми начальными условиями	16/0,4	0,3	1	–	14,7	–	–	–
15.	Тема 3.3. Нелинейные электрические цепи	15/0,2	0,2	–	–	14,8	–	–	–
<b>Всего</b>		<b>108/3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	–	<b>98</b>	<b>1</b>	–	<b>1</b>

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ(108часа)**

##### **Модуль 1. Основы теории электрических цепей (31 час)**

##### **Тема 1.1. Модели элементов электрических цепей (7 часов)**

Понятие электрической цепи. Электромагнитные процессы в электрической цепи. Обозначения ЭДС, токов и напряжений, изменяющихся и неизме-

няющихся во времени. Структурные схемы электрических цепей. Ветви, узлы и контуры электрической цепи. Элементы электрической цепи.

Схемы электрических цепей. Направление действия источника ЭДС в цепях постоянного тока. Направления ЭДС, тока и напряжения в цепях синусоидального тока.

### **Тема 1.2. Законы электрических цепей (8 часов)**

Первый и второй законы Кирхгофа. Применение первого закона Кирхгофа к узлу электрической цепи. Применение второго закона Кирхгофа к замкнутому контуру электрической цепи. Сопротивление, индуктивность и емкость электрической цепи. Количество тепловой энергии, выделяющееся в сопротивлении при протекании тока. Величина сопротивления любого элемента цепи. Способность цепи накапливать энергию магнитного поля. Потокосцепление катушки. Линейные и нелинейные элементы электрической цепи. Линейные и нелинейные электрические цепи. Идеальные элементы электрической цепи. Вольтамперная характеристика сопротивления. Веберамперная характеристика индуктивности. Кулонвольтная характеристика емкости.

### **Тема 1.3. Электрические цепи постоянного тока (8 часов)**

Цепи, у которых ЭДС источников, а также токи и напряжения на всех ее элементах остаются неизменными во времени. Сопротивление в цепи постоянного тока. Индуктивность в цепи постоянного тока. Ёмкость в цепи постоянного тока. Расчетный параметр цепи постоянного тока. Закон Ома для любой ветви цепи постоянного тока. Первый закон Кирхгофа для любого узла цепи постоянного тока. Второй закон Кирхгофа для любого контура цепи постоянного тока. Энергия электромагнитного поля, вырабатываемая в источниках постоянного тока. Преобразование энергии в приемниках в тепло и другие виды энергии. Количество энергии, выделяемой в приемнике. Мощность приемника.

Простая и сложная электрическая цепь. Энергетический баланс сложной цепи постоянного тока. Эквивалентное сопротивление сложной электрической цепи.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекции	Электрические цепи постоянного тока	0,5 час
Практическое занятие:	Расчет электрических цепей постоянного тока	1 часа

## **Тема 1.4. Применение математических программных пакетов для расчёта простых электрических цепей постоянного тока (8 часов)**

Последовательное соединение элементов. Параллельное соединение элементов. Расчёт с помощью MathCAD общего сопротивления последовательно соединённых резисторов. Расчёт с помощью MathCAD общего сопротивления параллельно соединённых резисторов. Алгоритм расчёта преобразования «звезды» резисторов в «треугольник» с помощью MathCAD. Расчёт входного сопротивления  $R$  в параллельно-последовательной цепи.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекции	Применение математических программных пакетов	0,5 час
Практическое занятие:	Расчет электрических цепей с помощью MathCAD	1 час

## **Модуль 2. Электрические цепи синусоидального тока (37 часов)**

### **Тема 2.1. Методы расчёта линейных цепей синусоидального тока (5 часов)**

Основные понятия о синусоидальных процессах. Аналитическая запись синусоидальных токов и напряжений. Действующие значения синусоидальных токов и напряжений. Элементы в цепи синусоидального тока. Мощность цепи синусоидального тока. Амплитудные и фазовые соотношения между током и напряжением в простейших электрических цепях. Понятие о коэффициенте мощности и коэффициенте полезного действия. Понятие о двухполюсниках и об эквивалентных цепях. Способы графического изображения синусоидальных токов и напряжений. Применение векторных диаграмм к расчету цепей синусоидального тока. Закон Кирхгофа в векторной форме записи. Фазовые соотношения между синусоидальными токами и напряжениями. Зависимость активного, индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты. Цепь с последовательным соединением  $R, L, C$ . Цепь с параллельным соединением  $R, L$  и  $C$ .

Положение векторов токов и напряжений на комплексной плоскости. Комплексное действующее значение напряжения. Комплексное действующее значение тока. Построение векторных диаграмм сложных цепей на комплексной плоскости. Полное сопротивление цепи. Угол сдвига между напряжением и током. Активное и реактивное сопротивления цепи. Показательная форма записи комплексной проводимости. Закон Ома в комплексной форме записи для участка цепи. Показательная форма записи комплексной мощности. Комплексный ток, сопряженный заданному комплексному току. Комплексная мощность, полная мощность, активная мощность и реактивная мощность цепи. Первый закон Кирхгофа в комплексной форме записи. Алгебраическая сумма комплексных токов в узле. Второй закон Кирхгофа в комплексной форме записи. Алгебраическая сумма комплексных ЭДС контура. Алгоритмы составления уравнений по законам Кирхгофа.



**Виды учебных занятий:**

Лекции	Методы расчёта линейных цепей синусоидального тока	0,5 час
Практическое занятие:	Расчёт линейных цепей синусоидального тока	1 час

**Тема 2.2. Методы расчёта сложных электрических цепей (6 часов)**

Представление о независимых контурах. Схема сложной электрической цепи. Понижение порядка системы уравнений сложной электрической цепи по сравнению с решением задачи по 1-му и 2-му законам Кирхгофа. Расчет цепи методом контурных токов. Понижение порядка системы уравнений сложной электрической цепи при расчёте методом узловых напряжений по сравнению с методом контурных токов. Алгоритм расчета цепи методом узловых напряжений.

**Виды учебных занятий:**

Практическое занятие:	Расчёта сложных цепей синусоидального тока	1 час
-----------------------	--	-------

**Тема 2.3. Резонансные явления, индуктивно связанные цепи (7 часов)**

Резонанс в цепи, содержащей сопротивления индуктивности и емкости. Реактивные сопротивления и проводимости отдельных участков цепи при резонансе в цепи. Резонанс напряжений и резонанс токов в цепи. Схема  $RLC$  цепи с последовательным соединением элементов. Комплексное сопротивление цепи, состоящей из последовательно соединенных элементов  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Добротность контура. Определение кратности превышения напряжения на индуктивности и на емкости над напряжением на зажимах всей цепи.

Идеальные катушки индуктивности. Индуктивно связанные катушки. Две катушки, навитые одинаково друг на друга и расположенные своими осями под углом  $90^\circ$  друг к другу. Распределение магнитных потоков двух катушек. Согласное и встречное включения индуктивно связанных катушек. Параметры катушек: их взаимная индуктивность, частота и комплексное напряжение.

**Виды учебных занятий:**

Лекции	Резонансные явления, индуктивно связанные цепи	0,5 час
--------	--	---------

**Тема 2.4. Трёхфазные электрические цепи. (9час.)**

Трёхфазные цепи синусоидального тока. Трёхфазный генератор и векторная диаграмма. Несвязанные трехфазные цепи. Токи линейных проводов. Ток в нейтральном проводе. Симметричная система фазных токов. Симметричный режим работы трехфазной цепи. Напряжения между линейными проводниками. Фазные и линейные токи. Первый закон Кирхгофа к узлам трехфазного приемника. Векторная диаграмма.

## **Тема 2.5. Анализ и расчёт трёхфазных электрических цепей(10час)**

Комплексная мощность трехфазной. Комплексная мощность фазы. Комплексные токи. Сопряженные комплексные токи фаз. Активная, реактивная и полная мощность при симметричном режиме работы трехфазной цепи.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекции	Трёхфазные электрические цепи. Анализ и расчёт трёхфазных электрических цепей.	1 час.
--------	--	--------

## **Модуль 3. Несинусоидальные и переходные процессы в линейных цепях. Нелинейные электрические цепи (40 часов)**

### **Тема 3.1. Расчёт линейных цепей с несинусоидальными ЭДС (9 часов)**

Периодические токи и напряжения, изменяющиеся во времени по несинусоидальному периодическому закону. Несинусоидальная периодическая функция, удовлетворяющая условиям Дирихле. Разложение несинусоидальной периодической функции в тригонометрический ряд Фурье. Действующие значения несинусоидального тока и также напряжения.

Напряжение и ток при несинусоидальном режиме. Активная мощность при несинусоидальном режиме. Реактивная мощность при несинусоидальном режиме. Полная мощность при несинусоидальных напряжениях и токах. Мгновенное значение несинусоидального тока в любой ветви в данный момент времени. Разложение несинусоидальных источников ЭДС в ряд Фурье. Расчет постоянной составляющей тока. Расчет мгновенных значений гармоник тока комплексным методом. Активное сопротивление в диапазоне низких частот.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекции	Линейные цепей с несинусоидальными ЭДС	0,5 час
Практическое занятие:	Расчёт линейных цепей с несинусоидальными ЭДС	1 час

### **Тема 3.2. Переходные процессы в линейных цепях (16 часов)**

Переходные процессы связаны с изменением магнитной энергии в индуктивности и электрической энергии в емкости и запасом этих энергий на момент коммутации. Энергия магнитного поля в индуктивности. Энергия электрического поля в ёмкости. Первый закон коммутации. Второй закон коммутации. Независимые начальные условия. Электромагнитные процессы при переходном процессе. Характер переходных процессов в зависимости от количества энергии. Запас магнитной энергии в индуктивности и ее рассеиванием в виде тепла на активных сопротивлениях. Цепь с запасенной энергией в индуктивности на момент коммутации. Короткое замыкание цепи  $R, L, C$ . Электромагнитные процессы при переходном процессе в цепях с запасом электрической энергии в емкости и рассеиванием этой энергии в виде тепла на активных сопротивлениях

цепи. Короткое замыкание цепи  $R, C$ . Начальные условия до коммутации.

**Виды учебных занятий:**

Лекции	Переходные процессы в линейных цепях	0,3 час
Практическое занятие:	Расчёт переходных процессов в линейных цепях	1 час

**Тема 3.3. Нелинейные электрические цепи (15 часов)**

Схемы замещения нелинейных резистивных элементов. Статическая вольтамперная характеристика. Динамическая вольтамперная характеристика. Статическое и дифференциальное сопротивление. Абсолютная магнитная проницаемость веществ. Напряженность магнитного поля. Относительная магнитная проницаемость. Магнитная проницаемость вакуума. Петля гистерезиса. Катушки индуктивности с ферромагнитным сердечником. Вебер-амперная характеристика катушки индуктивности. Статические и динамические катушки индуктивности. Накопителей энергии электрического поля. Кулонвольтная характеристика конденсатора. Статическая и динамическая ёмкости. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока графическими методами. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока с помощью первого и второго законов Кирхгофа. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока численными методами. Цепь с последовательным соединением нелинейных резистивных элементов и её вольтамперные характеристики. Расчет цепи с использованием второго закона Кирхгофа. Цепь с параллельным соединением нелинейных резистивных элементов и её вольтамперные характеристики.

**Виды учебных занятий:**

Лекции	Нелинейные электрические цепи	0,2 час
--------	-------------------------------	---------

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**5.1. Темы контрольной работы**

Расчёт частотных свойств цепи с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости.

Расчёт трехфазной цепи.

**5.2. Темы курсовых работ**

Учебным планом не предусмотрены.

**5.3. Перечень методических рекомендаций**

№ п/п	Наименование
1	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

#### 5.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Назовите элемент, состоящий только из последовательно соединенных источников и приемников.
2. Назовите элемент, в котором гальванически соединены не менее трех ветвей.
3. Назовите элемент, образованный ветвями.
4. Как называется цепь с неизвестной структурой, имеющая два входных зажима?
5. Что принято за направление тока?
6. Как принято обозначать направления ЭДС, тока и напряжения, используя положительный полупериод тока, при котором ток не изменяет своего направления, в цепях синусоидального тока?
7. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.
8. Сформулируйте второй закон Кирхгофа.
9. Чему равно сопротивление в цепи постоянного тока?
10. Сформулируйте закон Ома для любой ветви цепи постоянного тока.
11. Сформулируйте первый закон Кирхгофа для цепи постоянного тока.
12. Сформулируйте второй закон Кирхгофа для цепи постоянного тока.
13. Что называется проводимостью цепи постоянного тока?
14. В какой вид энергия электромагнитного поля, вырабатываемая в источниках постоянного тока, преобразуется в приемниках?
15. Сформулируйте закон сохранения энергии для цепи постоянного тока.
16. Чему равна алгебраическая сумма всех мощностей источников энергии в цепи постоянного тока?
17. Представьте 1-й закон Кирхгофа в векторной форме записи.
18. Представьте 2-й закон Кирхгофа в векторной форме записи.
19. Используются ли векторные диаграммы для расчёта линейных цепей синусоидального тока?
20. Каковы исходные положения комплексного (символического) метода расчёта линейных цепей синусоидального тока?
21. Приведите алгоритм расчёта сложной электрической цепи методом узловых напряжений.
22. Чем обусловлен резонанс электрической цепи?
23. Назовите условие резонанса  $RLC$  цепи с последовательным соединением элементов.
24. Что называют резонансом токов?
25. Какие катушки называются индуктивно связанными?
26. Какие катушки называются идеальными катушками индуктивности.?
27. Какое соединение катушек называется согласным включением?
28. Какое соединение катушек называется встречным включением?
29. В чём заключаются основные преимущества трехфазных цепей синусоидального тока перед однофазными (двухпроводными) цепями?
30. Поясните расчет постоянной составляющей тока, если в разложении присутствует постоянная составляющая ЭДС.

31. Поясните расчет мгновенных значений гармоник тока комплексным методом.
32. Поясните суммирование мгновенных значений тока отдельных гармоник и постоянной составляющей.
33. Чем обусловлены электромагнитные процессы при переходном процессе в цепях с индуктивностью?
34. Представьте для цепи, образовавшейся после коммутации, уравнение по второму закону Кирхгофа.
35. Приведите схему замещения нелинейного резистивного элемента.
36. Какие элементы могут быть представлены нелинейными?
37. Какими характеристиками описываются свойства нелинейных резистивных элементов?
38. Чему равно дифференциальное сопротивление нелинейного резистивного элемента?
39. Для чего используют абсолютную магнитную проницаемость?
40. Поясните понятие напряженности магнитного поля.
41. Для чего используют относительную магнитную проницаемость?
42. Чему равна динамическая характеристика катушки индуктивности?
43. Чему равна дифференциальная индуктивность катушки?
44. Чему равна динамическая характеристика конденсатора?
45. Чему равна дифференциальная ёмкость конденсатора?
46. В чём заключается задача расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока?
47. Какие методы применяют для анализа простых нелинейных цепей?
4. Какие методы применяют для расчета сложных нелинейных цепей?
48. Приведите цепь с последовательным соединением нелинейных резистивных элементов и её вольтамперные характеристики.
49. Составьте уравнение согласно второму закону Кирхгофа цепи с последовательным соединением нелинейных резистивных элементов.
50. Приведите цепь с параллельным соединением нелинейных резистивных элементов и её вольтамперные характеристики.
51. Как по вольтамперной характеристике определить значение тока при заданном значении напряжения?

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Гаврилов Л. П. Расчет и моделирование линейных электрических цепей с применением ПК [Электронный учебник] : Учебное пособие / Гаврилов Л. П., 2009, СОЛОН-ПРЕСС. – 439 с.

Режим доступа : <http://iprbookshop.ru/8657>

2. Фриск В. В. Основы теории цепей [Электронный учебник] : Учебное пособие / Фриск В. В., 2009, СОЛОН-ПРЕСС. - 192 с.

Режим доступа : <http://iprbookshop.ru/8639>

### **Дополнительная литература**

1. Кучер В.Я. Моделирование электрических цепей: учебное пособие. – СПб.: АНО ВПО СЗТУ, 2013. – 111 с.

2. Фриск, В. В. Основы теории цепей. Использование пакета Microwave Office для моделирования электрических цепей на персональном компьютере : учеб. пособие / Валерий Владимирович Фриск, 2010, Солон-Пресс. – 160 с.

### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office 2016

2. Текстовый редактор Блокнот

3. Браузеры IE, Google Chrome, Mozilla Firefox

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

<http://edu.nwotu.ru/>

2. Электронная библиотека АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>

3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

5. Информационные системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении учебной дисциплины студенту необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями.

9.1. При изучении тем из модулей повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения тем необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенных в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения модуля дисциплины необходимо пройти контрольный тест по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения модулей приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями

9.4. В завершении изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

### **9.6. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости, по личному заявлению, осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

WWW (англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология рабо-

ты в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Библиотека.

2. Справочно-правовая система Консультант Плюс.

3. Электронная информационно-образовательная среда университета.

4. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## **12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ**

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Тест по модулю 1	0 – 12
Тест по модулю 2	0 – 12
Тест по модулю 3	0 – 11
Контрольная работа	0 – 30
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

<b>Минимальный балл допуска к зачету</b>	<b>Не менее 51</b>
Незачтено	Менее 51
Зачтено	51-100



### Оценка по контрольной работе

Оценка	Количество баллов
отлично	27-30
хорошо	23-26
удовлетворительно	18-22
неудовлетворительно	менее 18

<b>БОНУСЫ</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	<b>Баллы</b>
- за активность	0 - 10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0-50
- за оформление заявок на полезные методы (рац. предложения)	0-50

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *Профессиональные (ПК)*

Код компетенции	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-1</b>	способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-14</b>	Способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Основы теории электрических цепей	ПК-1,7,14	Контрольный тест 1,2
2	Модуль 2. Электрические цепи синусоидального тока	ПК-1,7,14	Контрольный тест 3,4
	Несинусоидальные и переходные процессы в линейных цепях. Нелинейные электрические цепи	ПК-1,7,14	Контрольный тест 3,4
3	Модуль 1-3	ПК-1,7,14	Контрольная работа Итоговый контрольный тест

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> ПК-1,7,14- основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного то-	Не знает	Имеет понятие об - основных и законах теории электрических и магнитных цепей; о методах анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и	Знает основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; но не знает методы анализа цепей по-	Знает основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; но не может применить методы анализа цепей постоян-	Знает - основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и

	ков в стационарных и переходных режимах		переходных режимах.	стоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах	ного и переменного токов в стационарных и переходных режимах.	переменного токов в стационарных и переходных режимах
Второй этап	<b>Уметь</b> ПК-1,7,14 применять математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока; применять компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока. Применять методы расчета несинусоидальных процессов	Не умеет	Ошибается в применять математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока; применять компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока.	Правильно применяет математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока; Применяет компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока. но ошибается в применении методов и переходных процессов	Умеет применять математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока; Применять компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока. применять метод расчета несинусоидальных процессов но ошибается в применении переходных процессов	применять математические программные пакеты для расчета простых электрических цепей постоянного тока; применять компьютерные модели для расчета линейных цепей синусоидального тока. Применять методы расчета несинусоидальных процессов
Третий этап	<b>Владеть</b> ПК-1,7,14- методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем;	Не владеет	Имеет понятие о методах расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; электротехнического оборудования и систем; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем	Владеет методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; но не владеет методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.	Владеет методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; но ошибается при выборе метода анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем;	Владеет методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях; навыками исследовательской работы; методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем;

#### 4. Шкалы оценивания

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Тест по модулю 1	0 –12
Тест по модулю 2	0 – 12
Тест по модулю 3	0 – 11
Контрольная работа	0 –30
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

<b>Минимальный балл допуска к за- чету</b>	<b>Не менее 51</b>
Незачтено	<b>Менее 51</b>
Зачтено	<b>51-100</b>

**5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы**

##### **5.1.Типовой вариант задания на контрольную работу**

**Расчёт частотных свойств цепи с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости.**

**Расчёт трехфазной цепи.**

Определить резонансную частоту; определить зависимости активного, индуктивного, емкостного и полного сопротивлений цепи от частоты приложенного напряжения;

-рассчитать частотную характеристику тока цепи;

Определить полосу пропускания и добротность цепи.

Нарисовать схему, предложенную на рисунке. Выбрать свой вариант из табл.3.Номер варианта – последняя цифра шифра студента

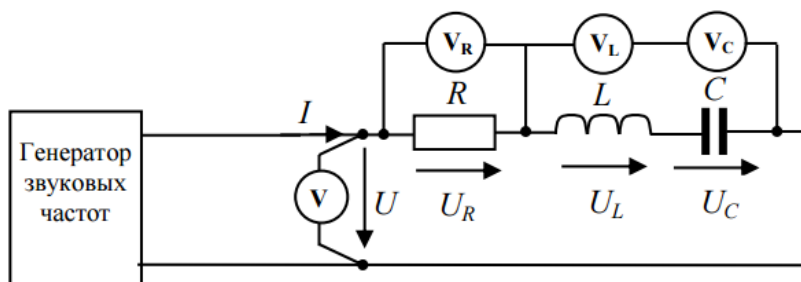


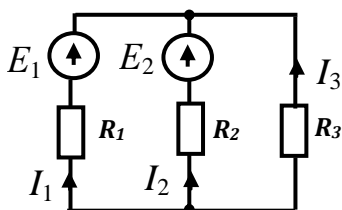
Рис. 13. Схема  $R, L, C$  цепи.

Таблица 3

№ варианта	$R, \text{ Ом}$	$L, \text{ мГн}$	$C, \text{ мкФ}$	$U, \text{ В}$
1	100	20	0,5	1
2	125	25	0,4	1
3	200	40	0,25	2
4	250	50	0,2	2
5	375	75	0,134	3
6	400	80	0,125	3
7	500	100	0,1	4
8	600	120	0,84	4
9	220	70	0,25	2
0	330	80	0,2	2

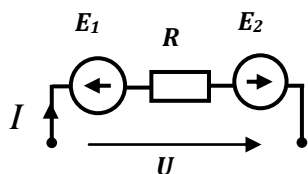
### 5.2. Типовой тест промежуточной аттестации.

1. Дано:  $I_1 = 4 \text{ А}$ ;  $I_2 = 8 \text{ А}$  Найдите ток  $I_3, \text{ А}$ .



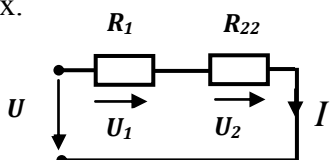
- 12      -1      5      12      -7  
 1.      2.      3.      4.      5.

2. Дано:  $E_1 = 200 \text{ В}$ ;  $E_2 = 300 \text{ В}$ ;  $R = 10 \text{ Ом}$ .  $U = 50 \text{ В}$ . Определите ток цепи  $I, \text{ А}$ .



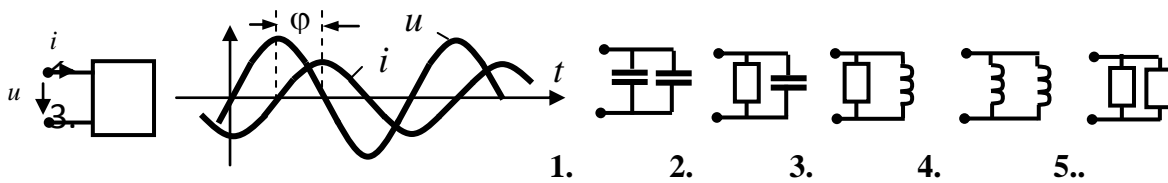
- 15      30      25      20      35  
 1.      2.      3.      4.      5..

3. Дано:  $U = 400 \text{ В}$ ;  $R_1 = 160 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ . Определите мощность цепи в ваттах.



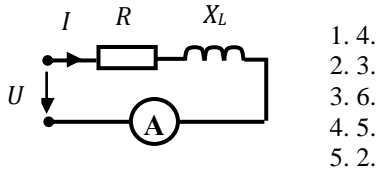
- 800      600      400      240      120  
 1.      2.      3.      4.      5..

4. Дано: Определите вид цепи.



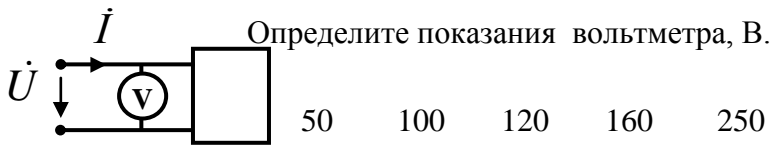
5. Определите показания амперметра, А.

Дано:  $U = 10 \text{ В}$ ;  $R = 3 \text{ Ом}$ ;  $X_L = 4 \text{ Ом}$ .



1. 4.
2. 3.
3. 6.
4. 5.
5. 2.

6. Дано:  $\dot{U} = (30 + j40) \text{ В}$ .

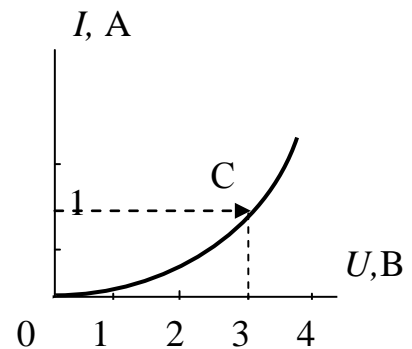


Определите показания вольтметра, В.

1. 50
2. 100
3. 120
4. 160
5. 250

7. Определите величину дифференциального сопротивления в точке С.

- |    |    |    |      |    |
|----|----|----|------|----|
| 1  | 2  | 3  | 0.33 | 0  |
| 1. | 2. | 3. | 4.   | 5. |



8. Если увеличить зазор в магнитопроводе, то магнитное сопротивление ...

**a** – уменьшится, **b** – увеличится, **3** – не изменится, **d** – не достаточно данных для ответа

9. Формула, по которой рассчитывается магнитное сопротивление  $R_M$  магнитопровода равна...

1.  $R_M = \frac{l}{\mu S}$  .    2.  $R_M = \frac{\mu S}{l}$  .    3.  $R_M = \frac{Sl}{\mu}$  .    4.  $R_M = \mu Sl$  .

10. Если магнитную проницаемость в сердечнике уменьшить, то магнитный поток...

**a** – уменьшится, **b** – увеличится, **c** – не изменится, **d** – не достаточно данных для ответа

**11.** В основе первого закона Кирхгофа для магнитных цепей лежит закон?

$$1. \oint_S \overline{B} d\overline{S} = 0. \quad 2. \oint_l \overline{H} d\overline{l} = I. \quad 3. \sum_{K=1}^N I_K = 0. \quad 4. u = w \frac{d\Phi}{dt}.$$

**12.** В основе принципа действия трансформатора лежит?

1. Закон электромагнитной индукции.
2. Закон Ома.
3. Законы Кирхгофа
4. Закон полного тока

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

6.1. Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3. Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4. Производится идентификация личности студента.

6.5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.