

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Декан факультета _____ А.В. Бурковский
«31» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Теоретические основы электротехники»

Направление подготовки 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРО-
ТЕХНИКА

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2016

Автор программы
Заведующий кафедрой
Электропривода, автомати-
ки и управления в техниче-
ских системах

/Попова Т.В./

/Бурковский В.Л./

Руководитель ОПЮП

/Питолин В.М./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины - формирование понятий и приобретение навыков студентами в области анализа и моделирования электрических цепей и электромагнитных явлений, а также умения применять формальные методы расчета к исследованию физических явлений в электротехнических устройствах и электроэнергетических системах.

1.2. Задачи освоения дисциплины: - изучение электромагнитных явлений и их прикладного применения для создания, передачи и распределения электроэнергии, для решения проблем современной электротехники, электромеханики, электротехнологии, электроники, автоматики, телемеханики, информационно-измерительной и вычислительной техники;
- освоение принципов построения моделей электромагнитных явлений и процессов, методов формализации и алгоритмизации;
- приобретение навыков в решении задач в области электротехники традиционными методами и средствами вычислительной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы электротехники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-3	Знать теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах;
	уметь использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;
	владеть- методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, навыками решения задач и проведения лабораторных экспериментов по теории электрических цепей и электромагнитного поля.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теоретические основы электротехники» составляет 11 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Аудиторные занятия (всего)	216	72	144
В том числе:			
Лекции	90	36	54
Практические занятия (ПЗ)	72	18	54
Лабораторные работы (ЛР)	54	18	36
Самостоятельная работа	144	36	108
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	396 11	108 3	288 8

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	6
Аудиторные занятия (всего)	46	26	16	4
В том числе:				
Лекции	16	8	6	2
Практические занятия (ПЗ)	18	10	6	2
Лабораторные работы (ЛР)	12	8	4	-

Самостоятельная работа	333	114	120	99
Курсовая работа	+		+	
Контрольная работа	+	+		+
Часы на контроль	17	4	4	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	0 11	144 4	140 3.89	112 3.11

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Цепи постоянного тока	Электрическая энергия и ее использование. Основные этапы развития науки об электрических и магнитных явлениях. Предмет курса ТОЭ, его построение, связь со смежными и специальными дисциплинами. Научные абстракции, применяемые в теории электрических цепей: активные и пассивные элементы. Линейные и нелинейные электрические цепи. Электрическое напряжение и электродвижущая сила (ЭДС). Понятие электрического потенциала. Источники ЭДС и источники тока. Схемы электрических цепей. Закон Ома для участка и полной цепи. Законы Кирхгофа. Потенциальная диаграмма. Эквивалентные преобразования электрических цепей; преобразование сопротивлений звезда-треугольник; последовательное соединение источников ЭДС; перенос ЭДС через узел. Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа; метод контурных токов. Принцип и метод наложения; принцип линейности. Метод узловых потенциалов (напряжений); метод двух узлов; примеры расчетов. Метод эквивалентного генератора (активного двух-полюсника). Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей. Теорема компенсации. Принцип взаимности. Баланс мощностей. Примеры. Коэффициент полезного действия. Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).	10	10	8	18	46
2	Цепи однофазного синусоидального тока	Получения синусоидальной ЭДС. Основные понятия: период, угловая частота, фаза, начальная фаза, разность фаз. Мгновенное, действующее и среднее значения синусоидальных напряжений и токов. Применение комплексных чисел к расчету линейных цепей с синусоидальными токами и напряжениями. Показательная, тригонометрическая и алгебраическая формы записи	26	26	10	18	80

		комплексных величин. Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме. Элементы R, L и C в цепи синусоидального тока. Временные и векторные диаграммы. Углы сдвига фаз. Активные и реактивные сопротивления. Последовательное соединение R, L, C. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления. Треугольники напряжений и сопротивлений. Параллельное соединение R, L, C. Активная, реактивная, полная и комплексная проводимости. Треугольники тока и проводимостей. Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям. Анализ разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом). Метод законов Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентного генератора. Примеры. Построение векторных диаграмм. Топографические диаграммы. Влияние изменения параметров на режим в цепи. Примеры. Мощность и энергия в цепях переменного тока. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Комплексная мощность. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности. Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии). Коэффициент полезного действия. Общее условие резонанса. Резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансные частоты и добротность. Частотные характеристики. Примеры. Резонанс в сложном соединении. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электромеханических системах и устройствах.</i> Явление электромагнитной индукции. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи. Расчет цепей при наличии в них индуктивно-связанных катушек. Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Экспериментальное определение одноименных зажимов. Запись уравнений для цепей со взаимной индуктивностью. Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.</i>					
3	Трехфазные цепи	Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор). Схемы соединения фаз генератора. Преимущества трехфазных цепей. Получение вращающегося магнитного поля. Принцип действия асинхронных и синхронных машин. Схемы соединения фаз нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи. Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником. Векторные диаграммы. Примеры. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной си-	12	8	8	40	68

		стемы. Измерение активной мощности трехфазной цепи. Метод симметричных составляющих. Анализ трехфазных цепей методом симметричных составляющих.					
4	Цепи с несинусоидальными токами и напряжениями	Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление входных периодических несинусоидальных ЭДС. Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим. Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия.</i> Алгоритм расчета установившегося режима при несинусоидальных периодических воздействиях. Применение комплексного метода расчета режимов в электрических цепях. Мощность в цепи периодического несинусоидального тока. Коэффициент мощности. Высшие гармоники в трехфазных цепях.	6	4	4	10	24
5	Четырехполосники и фильтры	Основные понятия и определения. Различные виды уравнений пассивного четырехполосника. А-форма уравнений четырехполосника и ее особенности. Взаимосвязи форм уравнений четырехполосника. Аналитический и экспериментальный способы определения коэффициентов. Эквивалентные схемы замещения четырехполосников. Характеристические параметры: постоянная передачи, коэффициенты затухания и фазы симметричного четырехполосника. Характеристическое сопротивление четырехполосника. Активные управляемые четырехполосники. Соединения четырехполосников. Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполосниками. Электрические фильтры. Назначение, принцип работы, классификация. К - фильтры низкой и высокой частоты. Применение уравнений симметричного четырехполосника к расчету параметров фильтров. Полосовые и заграждающие фильтры. Многозвенные фильтры. Понятие об активных фильтрах. Фильтры Чебышева и Баттерворта.	6	4	4	10	24
6	Переходные процессы	Переходные процессы в линейных электрических цепях. Условия существования переходных процессов. Законы коммутации. Переходный процесс в RL, RC цепях Классический метод расчета переходных процессов. Общий алгоритм расчета переходного режима классическим методом. Обобщенные законы коммутации. Примеры расчетов. Переходный процесс в RLC цепи. Включение на постоянную и синусоидальную ЭДС. Свободная и принужденная (установившаяся) составляющие режима. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Включение на синусоидальную ЭДС RC цепи.</i> Операторный метод расчета переходных процессов. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Формула разложения для определения оригинала функции. Алгоритм операторного метода расчета переходного процесса. Примеры. Передаточные функции. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением состояния цепи. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> Переходная функция. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии. Понятие об интеграле Дюамеля. Цифровой сигнал в линейной цепи. <i>Дифференцирующие и интегрирующие цепи.</i>	10	6	4	12	32
7	Нелинейные электрические и	Нелинейные электрические цепи постоянного	10	8	8	10	36

	магнитные цепи постоянного и переменного тока	тока. Понятия об элементах и свойствах нелинейных цепей. Классификация нелинейных элементов. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивления. Модели нелинейных элементов. Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический. Последовательное, параллельное соединение нелинейных элементов. Метод двух узлов. <i>Тема для самостоятельного изучения: Смешанное соединение нелинейных элементов.</i> Численные методы расчета нелинейных цепей. Аппроксимация вольтамперных характеристик функциями, полиномами, сплайнами. Составление уравнений нелинейной цепи. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Расчет сложных нелинейных цепей. Понятие устойчивости нелинейной цепи постоянного тока. Магнитные цепи постоянного тока. Основные понятия, характеристики и уравнения, применяемые при расчете магнитных цепей. Ферромагнитные материалы и их свойства. Формальная аналогия законов и уравнений магнитных и электрических нелинейных цепей. Законы Кирхгофа и Ома для магнитных цепей. Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей. Численные методы расчета. Магнитные цепи с постоянными магнитами. Энергия магнитного поля постоянного магнита. Примеры расчета. Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Общая характеристика графических, графоаналитических и аналитических методов расчета. Методы расчета нелинейных цепей переменного тока: точные и приближенные. Расчет по мгновенным значениям. Метод гармонической линеаризации (по действующим значениям). Понятие о методе гармонического баланса. Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока: феррорезонанс напряжений и токов. Общий случай расчета методом гармонической линеаризации. Катушка с ферромагнитным сердечником. Эквивалентные параметры, схемы замещения и векторные диаграммы катушки со стальным сердечником и нелинейного трансформатора. Метод кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик элементов. Схемы с диодами. Управляемые нелинейные элементы: тиристор. Включение на емкостную и индуктивную нагрузки. Особенности работы. Примеры расчета. Схемы с транзисторами. Транзистор как коммутатор в схемах управления бесконтактными двигателями постоянного тока.					
8	Цепи с распределенными параметрами	Цепи с распределенными параметрами. Примеры цепей с распределенными параметрами; передача энергии и информации. Критерии распределенности параметров элементов электротехнических и электромеханических устройств. Погонные (первичные) параметры линий передачи. Телеграфные уравнения. Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме. Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Коэффициент отраже-	4	2	4	10	20

		ния. Линия как четырехполюсник. Неискажающая линия. Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны. Согласование нагрузки с длинной линией. Самостоятельное изучение: Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами. Передача импульсной информации по линии.					
9	Теория электромагнитного поля	Электромагнитное поле как единство электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла - полная система уравнений электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Уравнения Максвелла в статике. Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал электрического поля. Уравнения Лапласа и Пуассона. Проводники в электрическом поле. Граничные условия электростатического поля. Расчет емкостей. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости. Емкость двухпроводной линии. Энергия электростатического поля. Силы в электрическом поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Граничные условия. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.</i> Магнитное поле постоянного тока. Основные уравнения. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока и его применение к расчету простейших магнитных полей. Векторный магнитный потенциал. Векторное уравнение Пуассона. Аналогия с электростатическим полем. Выражение магнитного потока через векторный потенциал. Скалярный магнитный потенциал. Уравнение Лапласа. Энергия магнитного поля. Расчет собственной и взаимной индуктивности. Силы в магнитном поле; расчет сил. Переменное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Переменное электромагнитное поле в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна и скорость ее распространения в диэлектрике. Переменное электромагнитное поле в проводящей среде. Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны. Явление поверхностного эффекта. Активное и внутреннее индуктивное сопротивления проводов. Сопротивление провода при проявлении поверхностного эффекта. Электромагнитное экранирование.	6	4	4	16	30
Итого			90	72	54	144	360

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Цепи постоянного тока	Электрическая энергия и ее использование. Основные этапы развития науки об электрических и магнитных явлениях. Предмет курса ТОЭ, его построение, связь со смежными и специальными дисциплинами. Научные абстракции, применяемые в теории электрических цепей: активные и пассивные элементы. Линейные и нелинейные электрические цепи. Электрическое напряжение и электродвижущая сила (ЭДС). Понятие электрического потенциала. Источники ЭДС и источники тока. Схемы электрических цепей. Закон Ома для участка и полной цепи.	2	2	2	40	46

		Законы Кирхгофа. Потенциальная диаграмма. Эквивалентные преобразования электрических цепей; преобразование сопротивлений звезда-треугольник; последовательное соединение источников ЭДС; перенос ЭДС через узел. Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа; метод контурных токов. Принцип и метод наложения; принцип линейности. Метод узловых потенциалов (напряжений); метод двух узлов; примеры расчетов. Метод эквивалентного генератора (активного двух-полосника). Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей. Теорема компенсации. Принцип взаимности. Баланс мощностей. Примеры. Коэффициент полезного действия. Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).					
2	Цепи однофазного синусоидального тока	Получения синусоидальной ЭДС. Основные понятия: период, угловая частота, фаза, начальная фаза, разность фаз. Мгновенное, действующее и среднее значения синусоидальных напряжений и токов. Применение комплексных чисел к расчету линейных цепей с синусоидальными токами и напряжениями. Показательная, тригонометрическая и алгебраическая формы записи комплексных величин. Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме. Элементы R, L и C в цепи синусоидального тока. Временные и векторные диаграммы. Углы сдвига фаз. Активные и реактивные сопротивления. Последовательное соединение R, L, C. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления. Треугольники напряжений и сопротивлений. Параллельное соединение R, L, C. Активная, реактивная, полная и комплексная проводимости. Треугольники тока и проводимостей. Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям. Анализ разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом). Метод законов Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентного генератора. Примеры. Построение векторных диаграмм. Топографические диаграммы. Влияние изменения параметров на режим в цепи. Примеры. Мощность и энергия в цепях переменного тока. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Комплексная мощность. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности. Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии). Коэффициент полезного действия. Общее условие резонанса. Резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансные частоты и добротность. Частотные характеристики. Примеры. Резонанс в сложном соединении. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электромеханических системах и устрой-</i>	4	2	2	40	48

		ствах. Явление электромагнитной индукции. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи. Расчет цепей при наличии в них индуктивно-связанных катушек. Последовательное соединение индуктивно-связанных катушек. Экспериментальное определение одноименных зажимов. Запись уравнений для цепей со взаимной индуктивностью. Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора. Тема для самостоятельного изучения: Параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.					
3	Трехфазные цепи	Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор). Схемы соединения фаз генератора. Преимущества трехфазных цепей. Получение вращающегося магнитного поля. Принцип действия асинхронных и синхронных машин. Схемы соединения фаз нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи. Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником. Векторные диаграммы. Примеры. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности трехфазной цепи. Метод симметричных составляющих. Анализ трехфазных цепей методом симметричных составляющих.	4	4	2	40	50
4	Цепи с несинусоидальными токами и напряжениями	Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление входных периодических несинусоидальных ЭДС. Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах. Тема для самостоятельного изучения: Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим. Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия. Алгоритм расчета установившегося режима при несинусоидальных периодических воздействиях. Применение комплексного метода расчета режимов в электрических цепях. Мощность в цепи периодического несинусоидального тока. Коэффициент мощности. Высшие гармоники в трехфазных цепях.	2	4	4	20	30
5	Четырехполюсники и фильтры	Основные понятия и определения. Различные виды уравнений пассивного четырехполюсника. А-форма уравнений четырехполюсника и ее особенности. Взаимосвязи форм уравнений четырехполюсника. Аналитический и экспериментальный способы определения коэффициентов. Эквивалентные схемы замещения четырехполюсников. Характеристические параметры: постоянная передачи, коэффициенты затухания и фазы симметричного четырехполюсника. Характеристическое сопротивление четырехполюсника. Активные управляемые четырехполюсники. Соединения четырехполюсников. Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполюсниками. Электрические фильтры. Назначение, принцип работы, классификация. k - фильтры низкой и высокой частоты. Применение уравнений симметричного четырехполюсника к расчету параметров фильтров. Полосовые и заграждающие фильтры. Многозвенные фильтры. Понятие об активных фильтрах. Фильтры Чебышева и Баттерворта.	1	2		50	53

6	Переходные процессы	Переходные процессы в линейных электрических цепях. Условия существования переходных процессов. Законы коммутации. Переходный процесс в RL, RC цепях Классический метод расчета переходных процессов. Общий алгоритм расчета переходного режима классическим методом. Обобщенные законы коммутации. Примеры расчетов. Переходный процесс в RLC цепи. Включение на постоянную и синусоидальную ЭДС. Свободная и принужденная (установившаяся) составляющие режима. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Включение на синусоидальную ЭДС RC цепи.</i> Операторный метод расчета переходных процессов. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Формула разложения для определения оригинала функции. Алгоритм операторного метода расчета переходного процесса. Примеры. Передаточные функции. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением состояния цепи. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> Переходная функция. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии. Понятие об интеграле Дюамеля. Цифровой сигнал в линейной цепи. <i>Дифференцирующие и интегрирующие цепи.</i>	1	2	1	40	45
7	Нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного и переменного тока	Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Понятия об элементах и свойствах нелинейных цепей. Классификация нелинейных элементов. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивления. Модели нелинейных элементов. Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический. Последовательное, параллельное соединение нелинейных элементов. Метод двух узлов. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> Смешанное соединение нелинейных элементов. Численные методы расчета нелинейных цепей. Аппроксимация вольтамперных характеристик функциями, полиномами, сплайнами. Составление уравнений нелинейной цепи. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Расчет сложных нелинейных цепей. Понятие устойчивости нелинейной цепи постоянного тока. Магнитные цепи постоянного тока. Основные понятия, характеристики и уравнения, применяемые при расчете магнитных цепей. Ферромагнитные материалы и их свойства. Формальная аналогия законов и уравнений магнитных и электрических нелинейных цепей. Законы Кирхгофа и Ома для магнитных цепей. Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей. Численные методы расчета. Магнитные цепи с постоянными магнитами. Энергия магнитного поля постоянного магнита. Примеры расчета. Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Общая характеристика графических, графоаналитических и аналитических методов расчета. Методы расчета нелинейных цепей переменного тока: точные и приближенные. Расчет по мгновенным значениям. Метод гармонической линеаризации (по действующим значениям). Понятие о методе гармонического баланса.	2	2	1	40	45

		Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока: феррорезонанс напряжений и токов. Общий случай расчета методом гармонической линеаризации. Катушка с ферромагнитным сердечником. Эквивалентные параметры, схемы замещения и векторные диаграммы катушки со стальным сердечником и нелинейного трансформатора. Метод кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик элементов. Схемы с диодами. Управляемые нелинейные элементы: тиристор. Включение на емкостную и индуктивную нагрузки. Особенности работы. Примеры расчета. Схемы с транзисторами. Транзистор как коммутатор в схемах управления бесконтактными двигателями постоянного тока.					
8	Цепи с распределенными параметрами	Цепи с распределенными параметрами. Примеры цепей с распределенными параметрами; передача энергии и информации. Критерии распределенности параметров элементов электротехнических и электромеханических устройств. Погонные (первичные) параметры линий передачи. Телеграфные уравнения. Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме. Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Коэффициент отражения. Линия как четырехполюсник. Неискажающая линия. Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны. Согласование нагрузки с длинной линией. Самостоятельное изучение: Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами. Передача импульсной информации по линии.				30	30
9	Теория электромагнитного поля	Электромагнитное поле как единство электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла - полная система уравнений электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Уравнения Максвелла в статике. Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал электрического поля. Уравнения Лапласа и Пуассона. Проводники в электрическом поле. Граничные условия электростатического поля. Расчет емкостей. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости. Емкость двухпроводной линии. Энергия электростатического поля. Силы в электрическом поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Граничные условия. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя. <i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.</i> Магнитное поле постоянного тока. Основные уравнения. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока и его применение к расчету простейших магнитных полей. Векторный магнитный потенциал. Векторное уравнение Пуассона. Аналогия с электростатическим полем. Выражение магнитного потока через векторный потенциал. Скалярный магнитный потенциал. Уравнение Лапласа. Энергия магнитного поля. Расчет собственной и взаимной индуктивности. Силы в магнитном поле; расчет сил. Переменное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в комплексной форме.				33	33

		Комплексные параметры среды. Переменное электромагнитное поле в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна и скорость ее распространения в диэлектрике. Переменное электромагнитное поле в проводящей среде. Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны. Явление поверхностного эффекта. Активное и внутреннее индуктивное сопротивления проводов. Сопротивление провода при проявлении поверхностного эффекта. Электромагнитное экранирование.					
Итого			16	18	12	333	379

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Исследование разветвленной электрической цепи постоянного тока»

Лабораторная работа № 2 «Методы расчета электрических цепей постоянного тока»

Лабораторная работа № 3 «Исследование работы электрических цепей синусоидального тока»

Лабораторная работа № 4 «Разветвленная электрическая цепь синусоидального тока»

Лабораторная работа № 5 «Исследование трехфазной цепи присоединения фаз нагрузки звездой»

Лабораторная работа № 6 «Исследование трехфазной цепи присоединения фаз нагрузки треугольником»

Лабораторная работа № 7 «Анализ линейных электрических цепей при несинусоидальных ЭДС и токах»

Лабораторная работа № 8 «Четырехполюсник»

Лабораторная работа № 9 «Переходные процессы в линейных электрических цепях»

Лабораторная работа № 10 Явление феррорезонанса в нелинейной электрической цепи переменного тока»

Лабораторная работа № 11 «Исследование цепей постоянного тока с нелинейными элементами»

Лабораторная работа № 12 «Нелинейные элементы с кусочно-линейной ВАХ в цепях переменного тока»

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4 семестре для очной формы обучения, в 5 семестре для заочной формы обучения.

очной формы обучения «Анализ трехфазных цепей с учетом влияния высших гармоник»;

заочной формы обучения «Анализ режимов работы трехфазных цепей с учетом влияния высших гармоник»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- изучить методы анализа трехфазных электрических цепей синусои-

дального и несинусоидального токов при симметричной и несимметричной нагрузках; особенности расчета трехфазных цепей для гармоник кратных трем;

- освоить расчет и методы измерения мощностей в трехфазных цепях синусоидального и несинусоидального тока;

- закрепить навыки построения векторных топографических диаграмм, совмещенных с векторной диаграммой токов для трехфазных цепей

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-3	Знать теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах;	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;	Решение стандартных практических задач, выполнение расчетно-графических и лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, навыками решения задач и проведения лабораторных экс-	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	периментов по теории электрических цепей и электромагнитного поля.			
--	--	--	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3, 4 семестре для очной формы обучения, 5, 6, 4 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-3	Знать теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях, навыками решения задач и проведения лабораторных экспериментов по теории электрических цепей и электромагнитного поля.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Тема «Трехфазные цепи»

Вопрос 1 Какое утверждение **не справедливо** для симметричной трехфазной цепи, нагрузка которой соединена звездой с нулевым проводом ?

1. Мощность, потребляемая трехфазным приемником, равна $\sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}\cos\varphi$.
2. При обрыве фазы В напряжение на фазах А и С не изменится.
3. Линейное напряжение приемника не равно фазному.
4. При обрыве фазы В токи фаз А и С станут меньше.
5. При закорачивании фазы нагрузки С сработает защита.
6. Все ответы правильные.

Вопрос 2 Какое утверждение **не справедливо** для несимметричной трехфазной цепи, нагрузка которой соединена звездой с нулевым проводом ?

1. Мощность, потребляемая трехфазным приемником, равна $U_{\text{л}} (I_{\text{А}}\cos\varphi_{\text{А}} + I_{\text{В}}\cos\varphi_{\text{В}} + I_{\text{С}}\cos\varphi_{\text{С}})/\sqrt{3}$.
2. При обрыве фазы В напряжение на фазах А и С не изменится.
3. При обрыве нейтрали линейные напряжения приемника изменятся.
4. При обрыве фазы В токи фаз А и С не изменятся.
5. При закорачивании фазы нагрузки С сработает защита.
6. Все ответы правильные

Вопрос 3 Какое утверждение **не справедливо** для симметричной трехфазной цепи, нагрузка которой соединена звездой ?

1. Мощность, потребляемая трехфазным приемником, равна $\sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}\cos\varphi$.
2. При обрыве фазы В напряжение на фазах А и С не изменится.
3. Линейное напряжение приемника не равно фазному.
4. При обрыве фазы В токи фаз А и С станут меньше.
5. При закорачивании фазы нагрузки С сработает защита.
6. Все ответы правильные.

Вопрос 4 Какое утверждение **не справедливо** для несимметричной трехфазной цепи, нагрузка которой соединена звездой?

1. Мощность, потребляемая трехфазным приемником, равна $U_{\text{л}} (I_{\text{А}}\cos\varphi_{\text{А}} + I_{\text{В}}\cos\varphi_{\text{В}} + I_{\text{С}}\cos\varphi_{\text{С}})/\sqrt{3}$.
2. При обрыве фазы В напряжения на фазах А и С изменятся.
3. При закорачивании нейтрали линейные напряжения приемника не изменятся.
4. При обрыве фазы В токи фаз А и С изменятся.
5. При закорачивании фазы нагрузки С защита не сработает.

6. Все ответы правильные

Вопрос 5 Во сколько раз изменится линейный ток, если симметричную нагрузку, соединенную звездой без нейтрали, соединить в треугольник при неизменном линейном напряжении ? Источник симметричный.

Укажите правильный ответ.

1. Увеличится в $\sqrt{3}$ раз.
2. Уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.
3. Уменьшится в 3 раза.
4. Увеличится в 3 раза.
5. Увеличится в $2\sqrt{3}$ раз.
6. Правильного ответа нет.

Вопрос 6 Во сколько раз изменится активная мощность, если симметричную нагрузку, соединенную звездой без нейтрали, соединить в треугольник при неизменном линейном напряжении ?Источник симметричный.

Укажите правильный ответ.

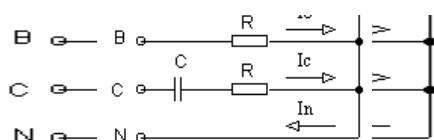
1. Увеличится в $\sqrt{3}$ раз.
2. Уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.
3. Увеличится в 3 раза
4. Уменьшится в 3 раза..
5. Не изменится.
6. Правильного ответа нет.

Вопрос 7 Во сколько раз изменится линейный ток, если симметричную нагрузку, соединенную в треугольник без нейтрали, соединить звездой при неизменном линейном напряжении ?Источник симметричный.

Укажите правильный ответ.

1. Увеличится в $\sqrt{3}$ раз.
2. Уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.
3. Уменьшится в 3 раза.
4. Увеличится в 3 раза.
5. Увеличится в $2\sqrt{3}$ раз.
6. Правильного ответа нет.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач



Задача 1

Укажите правильную запись комплексов токов $\dot{I}_A$ или $\dot{I}_C$, если $\dot{I}_B = I_B e^{j0^\circ}$?

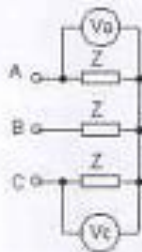


1. $\dot{I}_A = I_A e^{j(-120^\circ - \phi_A)}$
2. $\dot{I}_A = I_A e^{j(-120^\circ + \phi_A)}$
3. $\dot{I}_C = I_C e^{-j210^\circ}$
4. $\dot{I}_C = I_C e^{-j30^\circ}$
5. Правильного ответа нет.

Задача 2

В симметричной трехфазной цепи показания вольтметров V_A и V_C одинаковые и равны 220 В. Что покажут вольтметры, если в фазе В произойдет обрыв нагрузки?

Укажите правильный ответ.

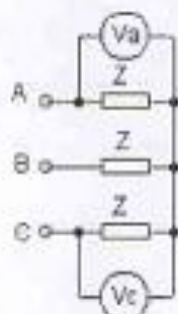


1. $V_A = 110$; $V_C = 110$;
2. $V_A = 220$; $V_C = 220$;
3. $V_A = 220/\sqrt{3}$; $V_C = 220/\sqrt{3}$;
4. $V_A = 110\sqrt{3}$; $V_C = 110\sqrt{3}$;
5. $V_A = 380$; $V_C = 380$;
6. Правильного ответа нет.

Задача 3

В симметричной трехфазной цепи показания вольтметров V_A и V_C одинаковые и равны 220 В. Что покажут вольтметры, если в фазе В произойдет пробой нагрузки (короткое замыкание)?

Укажите правильный ответ.

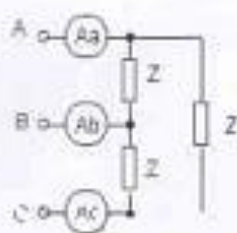


1. $V_A = 110$; $V_C = 110$;
2. $V_A = 220$; $V_C = 220$;
3. $V_A = 220/\sqrt{3}$; $V_C = 220/\sqrt{3}$;
4. $V_A = 110\sqrt{3}$; $V_C = 110\sqrt{3}$;
5. $V_A = 380$; $V_C = 380$;
6. Правильного ответа нет.

Задача 4

В симметричной трехфазной цепи амперметры показывают ток 10 А. Что покажут амперметры, если в фазе АВ произойдет обрыв нагрузки?

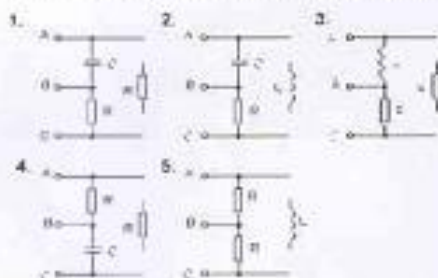
Укажите правильный ответ.



1. $I_A = 10$; $I_B = 10$; $I_C = 10\sqrt{2}$;
2. $I_A = 5$; $I_B = 5$; $I_C = 5\sqrt{3}$;
3. $I_A = 10/\sqrt{3}$; $I_B = 10/\sqrt{3}$; $I_C = 10$;
4. $I_A = 10$; $I_B = 10$; $I_C = 10/\sqrt{3}$;
5. $I_A = 10\sqrt{3}$; $I_B = 10\sqrt{3}$; $I_C = 30$;
6. Правильного ответа нет.

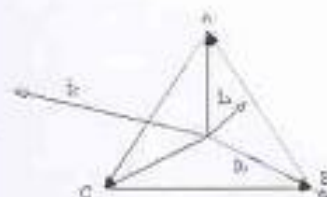
Задача 5

На векторной диаграмме приведены векторы напряжений генератора и токов нагрузки. Укажите схему, соответствующую данной векторной диаграмме.



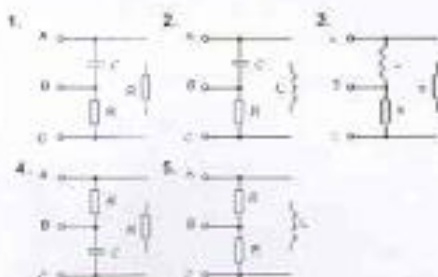
$$R = X_L = X_C$$

6. Соответствующей схемы нет.



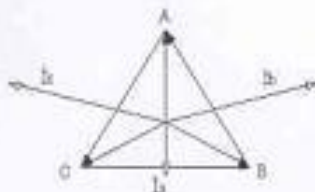
Задача 6

На векторной диаграмме приведены векторы напряжений генератора и токов нагрузки. Укажите схему, соответствующую данной векторной диаграмме.

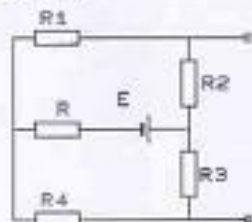


$$R = X_L = X_C$$

6. Соответствующей схемы нет.



Задача 7

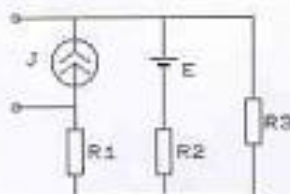


Определить ЭДС генератора, эквивалентного заданной схеме, если:
 $R_1 = 4 \text{ Ом}$; $R_2 = 16 \text{ Ом}$;
 $R_3 = 7 \text{ Ом}$; $R_4 = 18 \text{ Ом}$;
 $E = 50 \text{ В}$, сопротивление R можно считать равным нулю.

Укажите правильный ответ:

1. 0 2. 50 В 3. 54 В 4. 26 В 5. 25 В
 6. Правильного ответа нет.

Задача 8



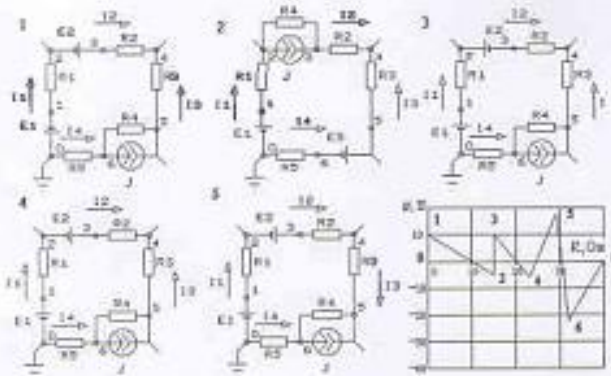
Относительно свободных зажимов определить параметры двухполюсника, эквивалентного данной схеме, если:
 $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 10 \text{ Ом}$;
 $R_3 = 10 \text{ Ом}$; $E = 100 \text{ В}$;
 $J = 5 \text{ А}$.

Укажите правильный ответ:

1. 12.5 В, 20 Ом 2. 50 В, 10 Ом 3. 0 В, 10 Ом
 4. 26 В, 15 Ом 5. 62.5 В, 10 Ом
 6. Правильного ответа нет.

Задача 9

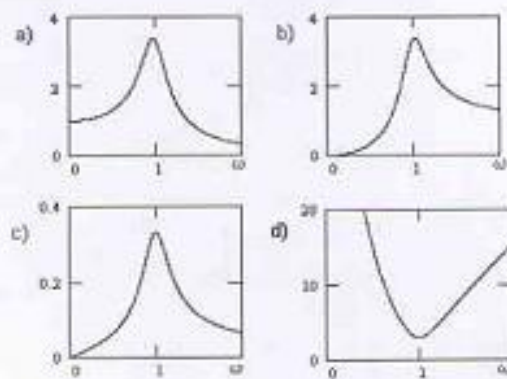
Какой из схем соответствует данная потенциальная диаграмма, если: $R_1=15\text{ Ом}$; $R_2=8\text{ Ом}$; $R_3=6\text{ Ом}$; $R_4=8\text{ Ом}$; $R_5=3\text{ Ом}$; $E_1=10\text{ В}$; $E_2=15\text{ В}$; $I_1=1\text{ А}$; $I_2=2\text{ А}$; $I_3=4\text{ А}$; $I_4=2\text{ А}$; $I=3\text{ А}$.



6. Соответствующей схемы нет.

Задача 10

Для параллельного соединения R , L , C укажите график входного тока в зависимости от частоты.

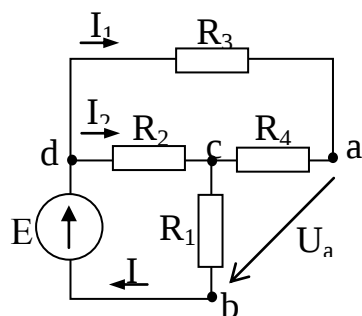


Укажите правильный ответ:

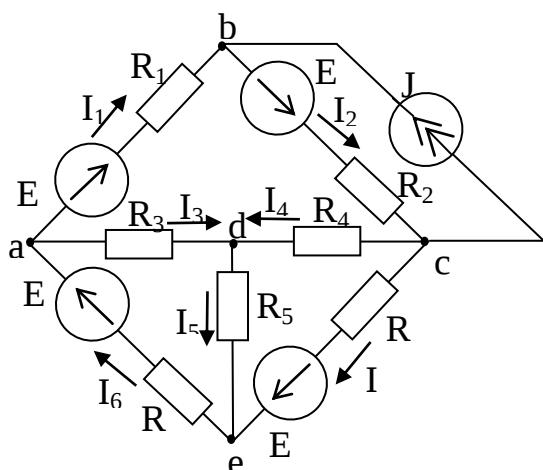
1. а 2. б 3. с 4. d 5. Правильного ответа нет

7.2.3

Пример вариантов контрольной работы №1:

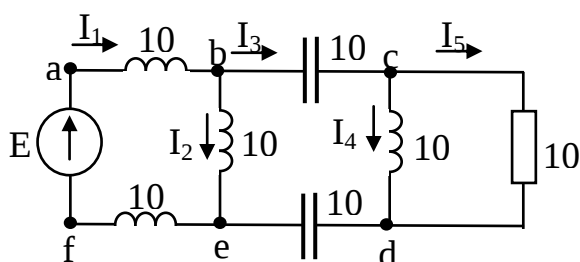


Задача 1. В схеме, имеющей параметры $R_1=5\text{ Ом}$; $R_2=20\text{ Ом}$; $R_3=R_4=10\text{ Ом}$; $E=30\text{ В}$, определить напряжение U_{ab} .



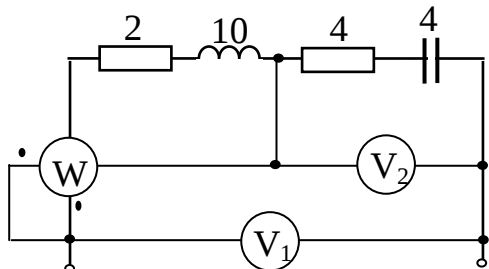
Задача 2. Составить систему уравнений по законам Кирхгофа для определения токов в ветвях схемы рис. 1.25 и записать ее в матричной форме.

Пример вариантов контрольной работы №2:



1. Построить топографическую диаграмму, приняв потенциал узла $\phi_d = 0$, определить входное напряжение при известном токе в пятой ветви $\dot{I}_5 = 1A$.

Сопротивления элементов цепи указаны на схеме в омах.

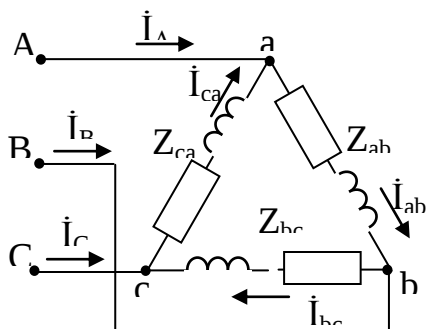


2. В схеме мгновенное значение входного тока

$$i = 2\sin(\omega t + 20^\circ) \text{ A.}$$

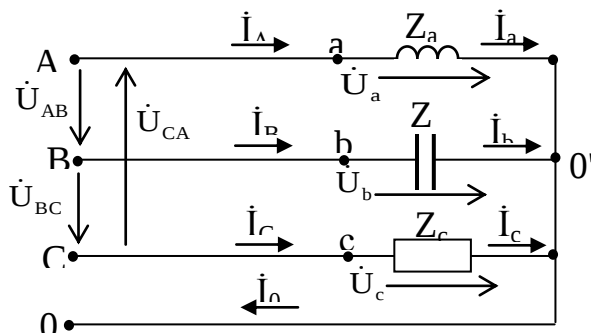
Сопротивления элементов цепи заданы на схеме в омах. Определить показания измерительных приборов.

Пример вариантов контрольной работы №3:



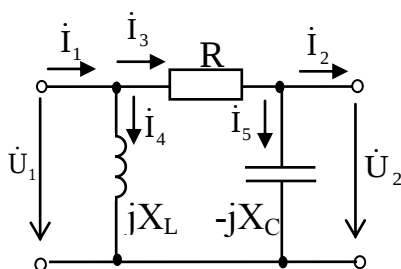
Задача 1. Рассчитать линейные и фазные токи и напряжения приемников. Построить топографические диаграммы, совмещенные с векторными диаграммами токов.

Данные для расчета: $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$; $R = X = 100 \text{ Ом}$.



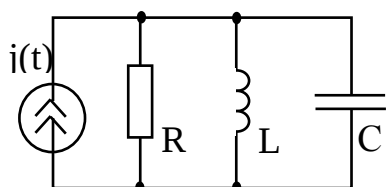
совмещенную с векторной диаграммой токов.

Пример вариантов контрольной работы №4:



1. Четырехполусник, схема которого приведена на рисунке, имеет параметры $R = X_L = 10 \text{ Ом}$, $X_C = 20 \text{ Ом}$. Определить коэффициенты А-формы записи уравнений четырехполусника и убедиться, что результаты удовлетворяют соотношению $AD - BC = 1$.

Расчет коэффициентов выполнить с помощью законов Кирхгофа и по входным сопротивлениям в режимах холостого хода и короткого замыкания.

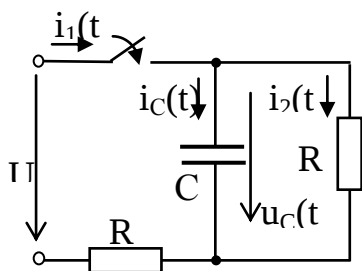


2. Схема питается от источника периодического несинусоидального тока частотой 50 Гц, изменяющегося по закону $i(t) = 1 + 1,57 \cos \omega t + 0,67 \cos 2\omega t - 0,12 \cos 4\omega t$.

Найти токи в ветвях схемы, активную и полную мощности развиваемые источником, построить график $i_L(t)$. Параметры элементов схемы: $R = 20 \text{ Ом}$; $L = 31,8 \text{ мГн}$; $C =$

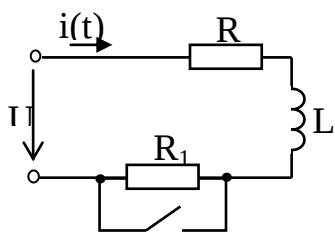
159 мкФ.

Пример вариантов контрольной работы №5:



1. . В электрической цепи, схема которой показана на рис., происходит коммутация. Найти зависимость от времени токов ветвей и напряжения конденсатора при переходном процессе.

Исходные данные: $U = 100 \text{ В}$, $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$, $C = 10 \text{ мкФ}$.



2. Цепь постоянного тока состоит из индуктивности $L=0,1$ Гн и двух резисторов с сопротивлениями $R=10$ Ом и $R_1=30$ Ом. Приложенное напряжение $U=120$ В.

Сопротивление R_1 внезапно замыкается накоротко. Найти функцию изменения тока в катушке после замыкания ключа; начертить график изменения этого тока во времени.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Электрическая энергия и ее использование. Основные этапы развития науки об электрических и магнитных явлениях. Предмет курса ТОЭ, его построение, связь со смежными и специальными дисциплинами.
2. Электрическая цепь и ее элементы. Понятие ветви, узла, контура. Схемы электрических цепей. Двухполюсники активные (E - ЭДС, J - источники тока) и пассивные (R - сопротивление) элементы. ВАХ. Параметры электрических цепей. Линейные и нелинейные электрические цепи. Условно положительные направления токов и напряжений в элементах цепи.
3. Законы Кирхгофа.
4. Потенциальная диаграмма.
5. Эквивалентные преобразования электрических цепей: схемы замещения источников питания; последовательное, параллельное и смешанное соединение сопротивлений.
6. Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду и звезды в эквивалентный треугольник.
7. Перенос ЭДС через узел.
8. Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа.
9. Метод контурных токов.
10. Принцип и метод наложения.
11. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов.
12. Метод эквивалентного генератора (активного двухполюсника).
13. Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей.
14. Понятие мощности (закон Джоуля-Ленца). Баланс мощностей.
15. Условие передачи максимума мощности и энергии в нагрузку.
16. Линейные цепи переменного тока. L и C и их характеристики.
17. Получение синусоидальной ЭДС. Основные понятия и величины, характеризующие синусоидальные напряжения и токи: период, угловая частота, фаза, разность фаз. Мгновенное, действующее и среднее значения синусоидальных напряжений и токов.
18. Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.
19. Элементы R , L и C в цепи синусоидального тока. Разность фаз между напряжением и током. Сопротивления активные и реактивные.
20. Последовательное соединения R , L , C . Полное сопротивление.
21. Мгновенная и потребляемая активная мощность.
22. Применение комплексных чисел к расчету линейных цепей с синусоидальными токами и напряжениями. Показательная, тригонометрическая и алгебраическая формы записи комплексных величин. Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме.
23. Анализ цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом).
24. Векторные диаграммы. Векторные топографические диаграммы.
25. Круговые диаграммы.

26. Комплексная мощность. Активная, реактивная и полная мощности.
27. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности. Коэффициент полезного действия.
28. Компенсация реактивной мощности.
29. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).
30. Явление электромагнитной индукции. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи.
31. Расчет цепей при наличии в них индуктивно-связанных катушек. Последовательное и параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.
32. Экспериментальное определение одноименных зажимов.
33. Запись уравнений для цепей со взаимной индуктивностью.
34. Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора.
35. Общее условие резонанса. Резонанс напряжений.
36. Резонанс токов.
37. Резонанс в параллельном контуре с потерями.
38. Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электромеханических системах и устройствах.
39. Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор).
40. Схемы соединения генератора и нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи.
41. Преимущества трехфазных цепей.
42. Получение вращающегося магнитного поля, принцип работы асинхронного двигателя.
43. Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником.
44. Векторные диаграммы.
45. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности трехфазной цепи.
46. Понятие о методе симметричных составляющих.

7.2.5 Примерный перечень вопросов к экзамену

- 1 Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление периодических несинусоидальных источников. Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия.
- 2 Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах.
- 3 Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим: максимальное, действующее и среднее значения; коэффициенты амплитуды и искажения.
- 4 Алгоритм расчета установившегося режима при несинусоидальных периодических воздействиях. Применение комплексного метода расчета режимов в электрических цепях.
- 5 Мощность в цепи периодического несинусоидального тока. Коэффициент мощности.
- 6 Особенность поведения высших гармоник в трехфазных цепях.
- 7 Определение коэффициентов четырехполюсника в опытах холостого хода и короткого замыкания.
- 8 Схемы замещения четырехполюсников.
- 9 Входное сопротивление четырехполюсника при произвольной нагрузке. Характеристическое сопротивление четырехполюсника.
- 10 Постоянная передачи симметричного четырехполюсника.

- 11 Уравнения симметричного четырехполюсника в гиперболической форме.
- 12 Соединения четырехполюсников.
- 13 Активные четырехполюсники (управляемые источники).
- 14 Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполюсниками.
- 15 Электрические фильтры. Назначение, принцип работы, классификация.
- 16 Структурные схемы фильтров k-типа. Фильтры низкой и высокой частоты.
- 17 Полосовые и заграждающие фильтры.
- 18 Понятие о активных фильтрах.
- 19 Переходные процессы в линейных электрических цепях. Понятия, необходимые и достаточные условия существования переходных процессов в электрических цепях. Законы коммутации.
- 20 Переходный процесс в RL, RC и RLC цепях. Включение на постоянную ЭДС.
- 21 Включение на синусоидальную ЭДС.
- 22 Классический метод расчета переходных процессов: расчет принужденной составляющей; собственные частоты цепи (корни характеристического уравнения), способы их определения. Расчет постоянных интегрирования.
- 23 Общий алгоритм расчета переходного режима классическим методом.
- 24 Обобщенные законы коммутации.
- 25 Операторный метод расчета переходных процессов. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме.
- 26 Формула разложения.
- 27 Алгоритм операторного метода расчета переходного процесса.
- 28 Понятия передаточных функций. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии: переходные функции, понятие интеграла Дюамеля.
- 29 Дифференцирующие и интегрирующие цепи.
- 30 Понятие о методе переменных состояния. Уравнения состояния цепи и способы их формирования.
- 31 Численные методы расчета переходных процессов.
- 32 Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Понятия об элементах и свойствах нелинейных цепей. Классификация нелинейных элементов. Вольтамперные характеристики нелинейных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивление. Модели нелинейных элементов.
- 33 Последовательное, параллельное и смешанное соединение элементов.
- 34 Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический, аналитический методы расчета; метод эквивалентного генератора; метод двух узлов.
- 35 Численные методы расчета нелинейных цепей. Аппроксимация вольтамперных характеристик функциями, полиномами, сплайнами.
- 36 Составление уравнений нелинейной цепи. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.
- 37 Расчет сложных нелинейных цепей.
- 38 Понятие устойчивости нелинейной цепи постоянного тока.
- 39 Магнитные цепи постоянного тока. Основные понятия, характеристики и уравнения, применяемые при расчете магнитных цепей. Ферромагнитные материалы и их свойства.
- 40 Формальная аналогия законов и уравнений магнитных и электрических нелинейных цепей. Законы Кирхгофа и Ома для магнитных цепей.
- 41 Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей.
- 42 Магнитные цепи с постоянными магнитами.
- 43 Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях.
- 44 Периодические режимы в нелинейных цепях. Нелинейные элементы как генераторы

- высших гармоник тока и напряжения. Общая характеристика графических, графо-аналитических и аналитических методов расчета.
- 45 Методы расчета: по мгновенным значениям; с помощью кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик элементов цепи.
 - 46 Расчет по действующим значениям периодических несинусоидальных величин (метод гармонической линеаризации; понятие о методе гармонического баланса).
 - 47 Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока: феррорезонанс напряжений и токов. Цепи с ферромагнитными сердечниками.
 - 48 Эквивалентные параметры, схемы замещения и векторные диаграммы катушки со стальным сердечником и нелинейного трансформатора.
 - 49 Схемы с диодами. Управляемые нелинейные элементы: тиристор, транзистор.
 - 50 Переходные процессы в нелинейных цепях.
 - 51 Численные методы расчета нелинейных цепей переменного тока. Составление уравнений нелинейных цепей.
 - 52 Методы решений нелинейных дифференциальных уравнений.
 - 53 Понятие фазовой плоскости.
 - 54 Автоколебания в нелинейных цепях.
 - 55 Телеграфные уравнения.
 - 56 Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме.
 - 57 Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Коэффициент отражения.
 - 58 Линия как четырехполюсник.
 - 59 Неискажающая линия.
 - 60 Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны.
 - 61 Согласование нагрузки с длинной линией.
 - 62 Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами.
 - 63 Электромагнитное поле как единство электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла - полная система уравнений электромагнитного поля.
 - 64 Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
 - 65 Уравнения Максвелла в статике.
 - 66 Электростатическое поле и его уравнения.
 - 67 Потенциал электрического поля.
 - 68 Уравнения Лапласа и Пуассона.
 - 69 Проводники в электрическом поле.
 - 70 Граничные условия электростатического поля.
 - 71 Применение закона Гаусса к расчету простейших полей.
 - 72 Метод зеркальных изображений.
 - 73 Решение уравнений Лапласа и Пуассона в простейших случаях.
 - 74 Компьютерные методы расчета полей: метод сеток; понятие о методе конечных элементов.
 - 75 Электростатическое экранирование.
 - 76 Расчет емкостей. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости.
 - 77 Емкость двухпроводной линии.
 - 78 Энергия электростатического поля. Силы в электрическом поле.
 - 79 Уравнения электрического поля постоянных токов.
 - 80 Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.
 - 81 Граничные условия в проводящей среде.
 - 82 Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем.
 - 83 Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя.

- 84 Основные уравнения магнитостатики.
- 85 Закон полного тока и его применение к расчету простейших магнитных полей.
- 86 Векторный магнитный потенциал.
- 87 Векторное уравнение Пуассона.
- 88 Граничные условия в магнитном поле.
- 89 Расчет некоторых полей с помощью векторного потенциала. Аналогия с электростатическим полем.
- 90 Выражение магнитного потока через векторный потенциал.
- 91 Скалярный магнитный потенциал. Уравнение Лапласа.
- 92 Энергия магнитного поля.
- 93 Расчет собственной и взаимной индуктивности.
- 94 Силы в магнитном поле; расчет сил.
- 95 Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды.
- 96 Переменное электромагнитное поле в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна и скорость ее распространения в диэлектрике.
- 97 Переменное электромагнитное поле в проводящей среде.
- 98 Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны.
- 99 Явление поверхностного эффекта.
- 100 Активное и внутреннее индуктивное сопротивления проводов. Сопротивление провода при проявлении поверхностного эффекта.
- 101 Эффект близости.
- 102 Электромагнитное экранирование.
- 103 О критериях разграничения задач теории электрических и магнитных цепей и задач теории электромагнитного поля.
- 104 Поток энергии электромагнитного поля. Вектор Пойтинга. Теорема Умова-Пойтинга.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 теоретических вопроса и задачу. Каждый ответ на вопрос оценивается от 0 до 5 баллов, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Цепи постоянного тока	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабора-

			торных работ,
2	Цепи однофазного синусоидального тока	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
3	Трехфазные цепи	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе.
4	Цепи с несинусоидальными токами и напряжениями	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
5	Четырехполюсники	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,
6	Переходные процессы	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного и переменного тока	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
8	Цепи с распределенными параметрами	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
9	Теория электромагнитного поля	ОПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Текст] : учебник /Бессонов, Лев Алексеевич./ допущено МО РФ. - 11-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012 (Можайск: Можайский полиграф. комбинат, 2005). - 701 с. : ил. - ISBN 5-8297-0159-6 : 631-00.

2 Нейман, В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах : учебное пособие. 3 : Четырехполюсники и трехфазные цепи / Нейман, В. Ю.- Новосибирск : НГТУ, 2010. - 144 с. - ISBN 978-5-7782-1547-4.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228780>

3 В.Ю. Нейман. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах : учебное пособие. 4 : Линейные электрические цепи несинусоидального тока /В.Ю. Нейман. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 182 с. - ISBN 978-5-7782-1821-5.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228781>

4 В.Ю. Нейман. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах : учебное пособие. 1 : Линейные электрические цепи постоянного тока / В.Ю. Нейман. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 116 с. - ISBN 978-5-7782-1796-6.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229135>

5 Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] /Атабеков Г. И., - 7-е изд., стер. - : Лань, 2009. - 592 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0800-9.

URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=90

6 Атабеков Г. И . Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле [Электронный ресурс]/ Атабеков Г. И.,Купалян С. Д.,Тимофеев А. Б.,Хухриков С. С., - 6-е изд., стер. - : Лань, 2010. - 432 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0803-0.

URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=644

7 Бутырин П. А. Теоретические основы электротехники. Интернет-тестирование базовых знаний [Электронный ресурс] / Бутырин П. А.,Коровкин Н. В., - 1-е изд. - : Лань, 2012. - 336 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1205-1.

URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3550

8 Т.В. Попова Исследование электрических цепей: лабораторный практикум: учеб. пособие / Т.В. Попова, Ж.А. Ген. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2015. 250 с.

9 Т.В. Попова Теоретические основы электротехники: типовые задания и примеры решения: учеб. пособие / Т.В. Попова, Ж.А. Ген, А.М. Щербаков. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. 114 с.

10 Т.В. Попова Анализ режимов работы трехфазных цепей с учетом влияния высших гармоник: Руководство по выполнению курсовой работы: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (2,0 Мб) / Т.В. Попова, Ж.А. Ген, О.А. Киселёва. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв. – Систем. требования : ПК 500 и выше ; 256 Мб ОЗУ ; Windows XP ; SVGA с разрешением 1024x768; (Adobe Acrobat) ; CD-ROM дисковод; мышь. –Загл. с экрана.

11 Никифорова Л.В. Теоретические основы электротехники: сборник задач с примерами решений. Часть 1. (учебное пособие)/ Никифорова Л.В., Попова Т.В. ГОУВПО ВГТУ, Воронеж, 2007. 166 с.

12 Никифорова Л.В. Теоретические основы электротехники: сборник задач с примерами решений. Часть 2. (учебное пособие) / Никифорова Л.В., Попова Т.В. ГОУВПО ВГТУ, Воронеж, 2008. 91с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- Компас-График LT;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader;
- Internet explorer;
- SMath Studio.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>

– Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

– <http://window.edu.ru>

– <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

– Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru

– Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

– All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

– Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

– Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

– Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Лаборатория ТОО №141, где расположены 6 универсальных лабораторных стендов.

Измерительные приборы: амперметры, вольтметры, фазометры, осциллографы.

Источники питания: ЛАТры, звуковые генераторы.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теоретические основы электротехники».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета электрических цепей постоянного и переменного тока. За-

нения проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
4	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	