

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого Совета
 факультета энергетики
 и систем управления
 А.В. Бурковский _____
 (подпись)
 _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теоретические основы электротехники

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: Электропривода, автоматики и управления в технических системах

Направление подготовки (специальности):

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код, наименование)

Направленность: Электропривод и автоматика, Электропривод и автоматика в робототехнических системах, Электромеханика, Электроснабжение

(название профиля по УП)

Часов по УП: 396; **Часов по РПД:** 396;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 360; **Часов по РПД:** 360;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: - 0;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: - 0;

Часов на самостоятельную работу по УП: 144 (36,4%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 144 (36,4%);

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 11;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 4; Зачет с оценкой – 3; Курсовые проекты - 0; Курсовые работы – 4; РГЗ- 3; Контрольные работы – 3,4.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: 4 года.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																		
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 10		Итого		
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	
Лекции					36	36	54	54										90	90
Лабораторные					18	18	36	36										54	54
Практические					18	18	54	54										72	72
Ауд. занятия					72	72	144	144										216	216
Сам. работа					36	36	108	108										144	144
Итого					108	108	252	252										360	360

Рабочая программа соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 года № 955

Программу составил: _____ Попова Т.В.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ к.т.н. Писаревский Ю.В.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности Электропривод и автоматика, Электропривод и автоматика робототехнических систем, Электромеханика, Электроснабжение.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах

протокол № от июня 2016 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС _____ д.т.н., проф., Бурковский В.Л..

Согласовано:

Зав. выпускающей кафедрой
«Электромеханических систем и
электроснабжения» _____ Шелякин В.П.

Председатель МКНП _____ Тикунов А.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины ТОЭ - 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	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	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.
1.2.2	освоение принципов построения моделей электромагнитных явлений и процессов, методов формализации и алгоритмизации;
1.2.3	приобретение навыков в решении задач в области электротехники традиционными методами и средствами вычислительной техники;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.Б.10
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по высшей математике (ОПК-2), физике ((ОПК-2) и информатике (ОПК-1) в пределах программы высшего образования в объёме бакалавриата	
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо, как предшествующее	
Б1.Б.11	Электрические машины
Б1.Б.12	Общая энергетика
Б1.В.ОД.5	Силовая электроника
Б1.В.ОД.6	Теория автоматического управления
Б1.В.ОД.7	Электрические и электронные аппараты
Б1.В.ОД.8	Электрический привод
Б1.В.ОД.2	Метрология
Б1.В.ОД.10	Моделирование и исследование электроприводов

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-3	способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей
Знает: - 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;	
Умеет: - использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;	
Владеет:	

- 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.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	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;
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;
3.3	Владеть:
3.3.1	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. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Электрические цепи. Основные понятия. Физические основы.	3	1	2	-	-	6	8
2	Линейные цепи постоянного тока. Методы расчета.	3	2-6	10	6	8	10	34
3	Линейные цепи синусоидального тока.	3	7-16	20	8	8	8	44
4	Резонансные явления и частотные характеристики	3	17	2	2	2	6	12
5	Индуктивно-связанные цепи	3	18	2	2	-	6	10
6	Трехфазные электрические цепи	4	23-25	8	8	8	14	38
7	Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами	4	26-27	4	4	4	10	22
8	Четырехполюсники и электрические фильтры	4	28-30	6	6	4	16	32
9	Переходные процессы в линейных цепях	4	31-33	6	6	4	16	32
10	Нелинейные цепи постоянного тока	4	34-35	4	4	4	12	24
11	Магнитные цепи	4	35-36	4	4		6	14
12	Нелинейные цепи переменного тока. Переходные процессы в нелинейных цепях.	4	36-37	6	6	8	12	32

13	Цепи с распределенными параметрами	4	37-38	4	4	4	4	16
14	Уравнения Максвелла. Векторное исчисление	4	38	2	2		2	6
15	Электростатика	4	39	2	2		4	8
16	Электрическое поле в проводящих средах	4	39	2	2		4	8
17	Постоянное магнитное поле	4	40	2	2		4	8
18	Переменное электромагнитное поле	4	40	4	4		4	12
Итого				90	72	54	144	360

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в (ИФ)
3 семестр		36	
1. Электрические цепи. Основные понятия. Физические основы.		2	
1	Лекция 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. 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.	2	
2. Линейные цепи постоянного тока. Методы расчета.		10	
2	Лекция 2 Закон Ома для участка и полной цепи. Законы Кирхгофа. Потенциальная диаграмма. Примеры.	2	
3	Лекция 3 Эквивалентные преобразования электрических цепей; преобразование сопротивлений звезда-треугольник; последовательное соединение источников ЭДС; перенос ЭДС через узел.	2	
4	Лекция 4 Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа; метод контурных токов. Принцип и метод наложения; принцип линейности.	2	
5	Лекция 5 Метод узловых потенциалов (напряжений); метод двух узлов; примеры расчетов. Метод эквивалентного генератора (активного двухполюсника). Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей. Примеры.	2	
6	Лекция 6 Теорема компенсации. Принцип взаимности. Баланс мощностей. Примеры. Коэффициент полезного действия. Компенса-	2	

	ция реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).		
3. Линейные цепи синусоидального тока		20	
7	Лекция 7 Получения синусоидальной ЭДС. Основные понятия: период, угловая частота, фаза, начальная фаза, разность фаз. Мгновенное, действующее и среднее значения синусоидальных напряжений и токов.	2	
8	Лекция 8 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.	2	
9	Лекция 9 Элементы R, L и C в цепи синусоидального тока. Временные и векторные диаграммы. Углы сдвига фаз. Активные и реактивные сопротивления.		
10	Лекция 10 Последовательное соединение R, L, C. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления. Треугольники напряжений и сопротивлений.		
11	Лекция 11 Параллельное соединение R, L, C. Активная, реактивная, полная и комплексная проводимости. Треугольники тока и проводимостей.		
12	Лекция 12 Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.		
13	Лекция 13 Анализ разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом). Метод законов Кирхгофа, контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентного генератора. Примеры. Построение векторных диаграмм.		
14	Лекция 14 Топографические диаграммы. Влияние изменения параметров на режим в цепи. Примеры.	2	
15	Лекция 15 Мощность и энергия в цепях переменного тока. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Комплексная мощность. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности.	2	
16	Лекция 16 Компенсация реактивной мощности. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии). Коэффициент полезного действия.		
4. Резонансные явления и частотные характеристики		2	
17	Лекция 17	2	

	<p>Общее условие резонанса. Резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансные частоты и добротность. Частотные характеристики. Примеры. Резонанс в сложном соединении.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электро-механических системах и устройствах.</i></p>		
5. Индуктивно-связанные цепи		2	
18	<p>Лекция 18</p> <p>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.</p> <p>Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.</i></p>	2	
Четвертый семестр		54	
6. Трехфазные цепи		8	
23	<p>Лекция 19</p> <p>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.</p>	2	
23	<p>Лекция 20</p> <p>Схемы соединения фаз нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи.</p>	2	
24	<p>Лекция 21</p> <p>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.</p>	2	
25	<p>Лекция 22</p> <p>Метод симметричных составляющих. Анализ трехфазных цепей методом симметричных составляющих.</p>	2	
7. Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами		4	
25	<p>Лекция 23</p> <p>Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление входных периодических несинусоидальных ЭДС. Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим. Состав гармоник при наличии симметрии форм</i></p>	2	

	<i>кривых входного воздействия.</i>		
26	Лекция 24 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	
8. Четырехполюсники и электрические фильтры		6	
27	Лекция 25 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.	2	
27	Лекция 26 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.	2	
28	Лекция 27 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.	2	
9. Переходные процессы в линейных цепях		6	
29	Лекция 28 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.	2	
29	Лекция 29 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>	2	
30	Лекция 30 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.	2	

	<p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> Переходная функция. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии. Понятие об интеграле Дюамеля. Цифровой сигнал в линейной цепи.</p> <p><i>Дифференцирующие и интегрирующие цепочки.</i></p>		
10. Нелинейные цепи постоянного тока		4	
31	<p>Лекция 31 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. Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический. Последовательное, параллельное соединение нелинейных элементов. Метод двух узлов.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Смешанное соединение нелинейных элементов.</i></p>	2	
31	<p>Лекция 32 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.</p>	2	
11. Магнитные цепи		4	
32	<p>Лекция 33 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.</p>	2	
33	<p>Лекция 34 Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей. Численные методы расчета. Магнитные цепи с постоянными магнитами. Энергия магнитного поля постоянного магнита. Примеры расчета.</p>	2	
12. Нелинейные цепи переменного тока. Переходные процессы в нелинейных цепях.		6	
33	<p>Лекция 35 Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Общая характеристика графических, графоаналитических и аналитических методов расчета.</p> <p>Методы расчета нелинейных цепей переменного тока: точные и приближенные. Расчет по мгновенным значениям. Метод гармонической линеаризации (по действующим значениям). Понятие о методе гармонического баланса.</p>	2	
34	<p>Лекция 36 Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока:</p>	2	

	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.		
35	Лекция 37 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.	2	
13. Цепи с распределенными параметрами		4	
35	Лекция 38 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.	2	
36	Лекция 39 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.	2	
14. Уравнения Максвелла. Векторное исчисление		2	
37	Лекция 40 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.	2	
15. Электростатика		2	
37	Лекция 41 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.	2	
16. Электрическое поле в проводящих средах		2	
38	Лекция 42 Уравнения электрического поля постоянных токов. Граничные условия. Аналогия электрического поля в проводящей	2	

	<p>среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя.</p> <p><i>Тема для самостоятельного изучения:</i> <i>Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.</i></p>		
17. Постоянное магнитное поле		2	
39	<p>Лекция 43</p> <p>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.</p>	2	
18. Переменное электромагнитное поле		4	
39	<p>Лекция 44</p> <p>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.</p>	2	
40	<p>Лекция 45</p> <p>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.</p>	2	
Итого часов		90	

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в (ИФ)	Виды контроля
3 семестр		18		
1	Электрические цепи. Основные определения. Физические основы. Линейные цепи постоянного тока Анализ цепей постоянного тока с помощью закона Ома. Методы расчета. Расчет электрических цепей постоянного тока по законам Кирхгофа. Построение потенциальной диаграммы.	2		решен. задач
3	Методы контурных токов и узловых потенциалов. Метод эквивалентного генератора. Баланс мощностей. Условие передачи максимальной мощности в нагрузку	2		решен. задач

5	Методы расчета цепей постоянного тока. Контрольная работа	2		к.р.
7	Линейные цепи синусоидального тока. Временные диаграммы. начальные фазы, угол сдвига фаз. Расчет цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.	2		решен. задач
9	Расчет цепей синусоидального тока при последовательном и параллельном соединении приемников комплексным методом. Векторные диаграммы.	2		решен. задач
11	Расчет разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом. Векторные диаграммы.	2		решен. задач
13	Анализ разветвленных цепей синусоидального тока. Топографические диаграммы. Анализ цепей синусоидального тока методами контурных токов и узловых потенциалов. Расчет мощности в цепи синусоидального тока. Баланс мощностей.	2		решен. задач Контрольная работа.
15	Резонанс напряжений в цепях синусоидального тока. Резонансные явления в цепях с параллельным соединением элементов. Частотные характеристики.	2		решен. задач
17	Расчет индуктивно-связанных цепей. Трансформатор.	2		решен. задач
4 семестр		54		
23	Трехфазные электрические цепи. Расчет симметричных режимов трехфазных цепей.	2		решен. задач
24	Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей.	2		решен. задач
24	Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей.	2		решен. задач
25	Расчет трехфазных цепей при питании от несимметричного источника ЭДС.	2		решен. задач КР
26	Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами.	2		решен. задач
26	Высшие гармоники в трехфазных цепях.	2		решен. задач
27	Четырехполюсники. Определение первичных параметров.	2		решен. задач
28	Четырехполюсники. Вторичные параметры, схемы замещения.	2		решен. задач
28	Электрические фильтры	2		решен. задач
29	Классический метод расчета переходных процессов. Цепи 1-го порядка.	2		решен. задач
30	Расчет переходных процессов в цепях 2-го порядка классическим методом.	2		решен. задач
30	Операторный метод. Переходные функции. Передаточные функции.	2		решен. задач к.р.
31	Графические и аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока.	2		решен. задач

32	Разветвленные цепи. Метод двух узлов.	2		решен. задач
32	Магнитные цепи постоянного тока.	2		решен. задач
33	Магнитные цепи с постоянными магнитами	2		решен. задач
34	Расчет нелинейных цепей переменного тока по характеристикам для мгновенных значений.	2		решен. задач
34	Расчет нелинейных цепей по действующим значениям.	2		решен. задач
35	Расчет цепей с помощью кусочно-линейной аппроксимации.	2		решен. задач
36	Определение параметров длинных линий передач. Расчет установившихся режимов в длинных линиях электропередач.	2		решен. задач
36	Линия как четырехполюсник. Неискажающая линия. Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны. Согласование нагрузки с длинной линией.	2		решен. задач
37	Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла в статике.	2		решен. задач
38	Расчет емкостей. Емкость двухпроводной линии.	2		решен. задач
38	Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя.	2		решен. задач
39	Магнитное поле постоянных токов. Применение закона полного тока. Векторный магнитный потенциал. Энергия магнитного поля. Расчет собственной и взаимной индуктивности. Силы в магнитном поле; расчет сил.	2		решен. задач
40	Переменное электромагнитное поле в проводящей среде.	2		решен. задач
40	Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны.	2		решен. задач
Итого часов		72		

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в (ИФ)	Виды контроля
3 семестр		18		
3-4	Разветвленная электрическая цепь постоянного тока.	4		защита
7-8	Методы наложения. Метод эквивалентного генератора.	6		защита
11-12	Линейные цепи синусоидального тока.	4		защита
15-16	Линейные цепи синусоидального тока при смешанном соединении приемников.	4		защита
4 семестр		36		
24-25	Трехфазные цепи: соединение звездой.	4		защита
26-27	Трехфазные цепи: соединение треугольником.	4		защита
28-29	Несинусоидальные токи в линейной цепи.	4		защита
30-31	Пассивные линейные четырехполюсники.	4		
32-33	Переходные процессы в линейных цепях.	4		
34-35	Нелинейные цепи постоянного тока.	4		защита
36-37	Феррорезонанс	6		защита
38-39	Нелинейные цепи переменного тока.	6		защита
Итого часов		54		

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр		Зачет с оценкой	18

1	Подготовка к практическому занятию.	-	2
2	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
3	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
4	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
5	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 1 "Анализ линейной электрической цепи постоянного тока"		2
6	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 1		2
7	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 1	защита	2
8	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 1	защита	2
9	Подготовка к контрольной. Подготовка к лабораторной работе.	контрольная работа	5
10	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 2 "Анализ линейной электрической цепи синусоидального тока"		2
11	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 2		2
12	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	3
	Выполнение РГЗ 2		2
13	Подготовка к контрольной.. Подготовка к лабораторной работе.	контрольная работа	5
	Выполнение РГЗ 2	защита	2
16	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	5
17	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к зачету.	опрос	5
18	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к зачету.	опрос	5
4 семестр		Зачет с оценкой	108
23	Подготовка к практическому занятию.	-	2
24	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	2
			2
25	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4

26	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4
27	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4
28	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы	защита	4
29	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к контрольной.. Подготовка к лабораторной работе.	контрольная работа	6
30	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4
31	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4
32	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы		4
33	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
	Выполнение Курсовой работы	защита	4
34	Подготовка к контрольной. Подготовка к лабораторной работе.	контрольная работа	6
35	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
36	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
37	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
38	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	4
39	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе.	опрос	6
40	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к зачету.	опрос	6
5 семестр		Экзамен	54
1-2	Подготовка к практическому занятию.	опрос	-
	Выполнение РГЗ 5 “Расчет нелинейной цепи методом кусочно-линейной аппроксимации”		10
3-4	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 5		5
5-6	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 5		5
7-8	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1

	Выполнение РГЗ 5	защита	5
9-10	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 6 “Расчет магнитных цепей.”		5
11-12	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 6		5
13-14	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 6		5
15-16	Подготовка к практическому занятию.	опрос	1
	Выполнение РГЗ 6	защита	3
17-18	Подготовка к практическому занятию.	опрос	3
Итого часов			180

4.5 Методические рекомендации для студентов по изучению дисциплины ТОЭ

Цель методических указаний – обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (далее - РПД), с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся на образовательном портале вуза, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

4.5.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

4.5.2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Навыки решения задач студент получает на практических занятиях, а также путем самостоятельного решения задач, которые в том числе приведены в методических разработках, список которых приведен в РПД.

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется

не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии.

На практических занятиях после прочтения лекционного курса по соответствующей теме и решения задач по этой тематике проводится небольшая контрольная работа, результаты которой показывают степень освоения материала студентами по теме.

4.5.3. Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям

Подготовка к выполнению лабораторных работ оценивается по факту выполнения предварительных расчетов и изучения кратких теоретических сведений. Для допуска к выполнению лабораторной работы, необходимо представить преподавателю результаты предварительных расчетов, которые являются составной частью отчета, и если того требует задание на подготовку построить необходимые графики и диаграммы.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после проведения руководителем инструктажа по технике безопасности и пожарной безопасности с записью об этом в соответствующем журнале и личной росписью в нем каждого студента.

Все работы по сборке схем или их изменению должны проводиться только при отключенном напряжении. Напряжение на источники лабораторного стенда подается путем поворота пакетного переключателя по часовой стрелке на один оборот. При этом загораются сигнальные лампы на передней панели стенда.

Все схемы в отчете чертят по государственному стандарту и всем правилам ЕСКД с помощью чертежных инструментов. Графики и диаграммы выполняются в масштабе на миллиметровой бумаге.

При защите лабораторных работ студент должен показать практические навыки выполнения лабораторных исследований и проведения расчетов, а так же теоретические знания, отвечая на вопросы преподавателя.

4.5.4. Методические рекомендации по выполнению различных форм самостоятельных домашних заданий (РГР)

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

Расчетно-графические задания выдаются после рассмотрения соответствующего материала на лекции, решения подобных задач на практике и выполнения лабораторных работ на аналогичную тему. Защита расчетных заданий, в первую очередь, направлена на выяснение, выполнена ли работа самостоятельно или помощь была слишком значимой. В последнем случае работа может быть заменена на другую. При самостоятельном выполнении лабораторных работ и практических заданий выполнение расчетных заданий не вызывает затруднений.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Студентам следует:

- руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным РПД;
- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы;
- при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

4.5.5 Методические рекомендации по подготовке, написанию и оформлению курсовой работы

Выполнение курсовой работы проводится с целью формирования общепрофессиональных компетенций и способностей к научно-исследовательской работе, позволяющих: осуществлять поиск и использование информации (в том числе справочной и нормативной), сбор данных с применением современных информационных технологий, необходимых для решения профессиональных задач;

выбирать инструментальные средства для обработки данных в соответствии с поставленной задачей, применяя современный математический аппарат, программные продукты; анализировать результаты расчетов, используя современные методы интерпретации данных, обосновывать полученные выводы.

4.5.6. Методические рекомендации по работе с литературой

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, курсовой работы, доклада и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы, как в библиотеке, так и дома.

К каждой теме учебной дисциплины подобрана основная и дополнительная литература.

Основная литература - это учебники и учебные пособия.

Дополнительная литература - это различные справочники, энциклопедии, интернет ресурсы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Информационные лекции;
5.2	Практические занятия: - решение задач на основе теоретических знаний, получаемых на лекциях; - проведение письменных контрольных работ;
5.3	лабораторные работы: - выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании, - защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: - изучение теоретического материала, - подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям, - работа с учебно-методической литературой, - подготовка отчетов по лабораторным работам, - выполнение РГЗ; - подготовка к текущему контролю успеваемости, а также промежуточной аттестации;
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы, выполнению РГЗ и отчетов по лабораторным работам.
5.6	Информационные технологии - личный кабинет обучающегося; - самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных; - использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ,
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ**

Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
1	2	3	4	5
1. Электрические цепи. Основные понятия. Физические основы.	Научные абстракции, применяемые в теории электрических цепей. Схемы электрических цепей.	Опрос	Устный	1 неделя
2. Линейные цепи постоянного тока. Методы расчета.	Законы Ома и Кирхгофа.	Опрос	Устный	2-5 неделя
	Решение задач путем непосредственного применения законов Ома и Кирхгофа	Контрольная письменная работа	Письменный	4 неделя
	Анализ разветвленных цепей постоянного тока	Выполнение и защита РГЗ	Письменный	5 неделя
3. Линейные цепи синусоидального тока.	Основные понятия	Опрос	Устный	6-9 недели
	Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока	Контрольная письменная работа	Письменный	10-12 неделя
	Анализ разветвленных цепей синусоидального тока	Выполнение и защита РГЗ	Письменный	13-16 неделя
4. Резонансные явления и частотные характеристики	Резонанс токов и напряжений	Опрос	Устный	17 неделя
5. Индуктивно-связанные цепи	Анализ цепей синусоидального тока с индуктивно-связанными катушками	Опрос	Письменный	18 неделя
	Анализ трехфазных цепей	Опрос	Устный	23 неделя

6. Трехфазные электрические цепи	Соотношения в трехфазных цепях при симметричной и несимметричной нагрузках	Опрос	Письменный Курсовая работа	24-25 недели
7. Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами	Анализ цепей при питании от несинусоидального источника питания	Опрос	Письменный	26-27 недели
	Резонансные явления в цепях с несинусоидальными токами и напряжениями	Опрос	Устный	28 неделя
8. Четырехполюсники и электрические фильтры	Определение первичных и вторичных параметров четырехполюсников	Опрос	Устный	29-30 недели
9. Переходные процессы в линейных цепях	Классический метод расчета переходных процессов	Контрольная письменная работа	Письменный	31-32 недели
	Операторный метод расчета переходных процессов	Выполнение и защита РГЗ	Письменный	33 неделя
	Переходные процессы в цепях синусоидального тока	Опрос	устный	34 неделя
10. Нелинейные цепи постоянного тока	Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока	Опрос	Письменный	35-36 недели
11. Магнитные цепи	Графический метод расчета нелинейных магнитных цепей постоянного тока	Опрос	Письменный	36-37 недели
12. Нелинейные цепи переменного тока. Переходные процессы в нелинейных цепях.	Анализ нелинейных цепей методом кусочно-линейной аппроксимации	Опрос	Устный	38-40 недели

13. Цепи с распределенными параметрами	Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме.	Опрос	Устный	1-3 недели
	Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Согласование нагрузки с длиной линии.	Выполнение и защита РГЗ	Письменный	3 неделя
14. Уравнения Максвелла. Векторное исчисление	Уравнения Максвелла в статике.	Опрос	Устный	4-5 недели
15. Электростатика	Уравнения Лапласа и Пуассона.	Опрос	Устный	6-7 недели
	Метод зеркальных изображений.	Опрос	Устный	8-9 недели
16. Электрическое поле в проводящих средах	Численные методы расчета электростатического поля.	Опрос	Устный	10 неделя
17. Постоянное магнитное поле	Энергия магнитного поля. Расчет собственной и взаимной индуктивности.	Опрос	Устный	11-13 недели
18. Переменное электромагнитное поле	Численные методы расчета магнитных полей.	Опрос	Устный	14-15 недели
	Поверхностный эффект. Эффект близости	Опрос	Устный	16 неделя
	Электромагнитное экранирование.	Опрос	Устный	17 неделя

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: <ul style="list-style-type: none"> - выполнение расчетно-графических работ; - выполнение курсовой работы; - контрольные письменные работы; - устный опрос (проверка выполнения домашних заданий); - отчет и защита выполненных лабораторных работ.

6.2	Темы письменных работ
3 семестр	
6.2.1	Контрольные работы по темам: «Анализ линейных электрических цепей постоянного тока»; «Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока»;
6.2.2	Расчетно-графические работы по темам: «Анализ линейных электрических цепей постоянного тока»; «Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока»; «Анализ трехфазных цепей»
4 семестр	
6.2.3	Контрольные работы по темам: «Анализ трехфазных цепей» «Цепи с несинусоидальными периодическими токами и напряжениями»; «Четырехполюсники»; «Переходные процессы»
6.2.4	Курсовая работа: «Анализ трехфазных цепей»;
5 семестр	
6.2.5	Контрольные работы по темам: «Магнитные цепи»; «Цепи с распределенными параметрами» «Теория поля»
6.2.6	Расчетно-графические работы по темам: «Магнитные цепи»; «Цепи с распределенными параметрами»; «Анализ нелинейных цепей переменного тока методом кусочно-линейной аппроксимации»

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе- ченность
7.1.1. Основная литература				
1	Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В.	1. Основы теории цепей. М.: Энергоатомиздат, 2002.	2002, печ.	1
2	Фурсов В.Б.	Установившееся состояние в линейных цепях: Учеб.пособие. Воронеж.гос.техн.ун-т, 2003.	2003, печ.	
3	Фурсов В.Б.	Неустановившееся состояние в электрических цепях: Учеб.пособие. Воронеж. гос.техн.ун-т, 2006	2006, печ.	
4	Фурсов В.Б.	Теория поля: Учеб.пособие. Воронеж. гос.техн.ун-т, 2011	2011, печ.	
7.1.2. Дополнительная литература				

5	Фурсов В.Б.	Компьютерное моделирование электрических цепей и электромагнитных полей: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2012. 106 с.	2012, печ.	0,5
7.1.3 Методические разработки				
6	Фурсов В.Б.	Методические указания для самостоятельной работы по курсу ТОЭ. часть 1. Воронеж. гос. техн. ун-т, Воронеж 2006.	2006, печ.	0.7
7	Фурсов В.Б.	Методические указания для самостоятельной работы по курсу ТОЭ. часть 2. Воронеж. гос. техн. ун-т, Воронеж 2008	2008, печ.	0.6
8	Фурсов В.Б.	Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий № 1-5 по курсу “Теоретические основы электротехники”	2011, печ.	1
9	Попова Т.В. Ген Ж.А.	Исследование электрических цепей: Лабораторный практикум по дисциплине «Теоретические основы электротехники»/ учеб. пособие. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет».	2015, печ.	1
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
	Методические указания к выполнению лабораторных работ и РГР представлены в электронной образовательной среде.			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	В специализированных лабораториях кафедры ЭАУТС планируются и проводятся лабораторные занятия, лаборатории оборудованы стендами для выполнения лабораторных работ, предусмотренных планом.
8.2	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения расчетов к выполнению РГР.

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
по дисциплине «Теоретические основы электротехники»
 для направления подготовки **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**
 профилей подготовки «Электропривод и автоматика», «Электромеханика»,
 «Электроснабжение», «Электропривод и автоматика робототехнических систем»
 Форма обучения – очная. Срок обучения- 4 года.

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе- ченность
1. Основная литература				
Л1.1	Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В.	1. Основы теории цепей. М.: Энергоатомиздат, 2002.	2002, печ.	1
Л1.2	Фурсов В.Б.	Установившееся состояние в линейных цепях: Учеб.пособие. Воронеж.гос.техн.ун-т, 2003.	2003, печ.	1
Л1.3	Фурсов В.Б.	Неустановившееся состояние в электрических цепях: Учеб.пособие. Воронеж. гос.техн.ун-т, 2006	2006, печ.	1
Л1.4	Фурсов В.Б.	Теория поля: Учеб.пособие. Воронеж. гос.техн.ун-т, 2011	2011, печ.	1
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Фурсов В.Б.	Компьютерное моделирование электрических цепей и электромагнитных полей: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2012. 106 с.	2012, печ.	0,5
3 Методические разработки				
Л3.1	Фурсов В.Б.	Методические указания для самостоятельной работы по курсу ТОЭ. часть 1. Воронеж.гос.техн. ун-т, Воронеж 2006.	2006, печ.	0.7
Л3.2	Фурсов В.Б.	Методические указания для самостоятельной работы по курсу ТОЭ. часть 2. Воронеж.гос.техн. ун-т, Воронеж 2008	2008, печ.	0.6
Л3.3	Фурсов В.Б.	Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий № 1-5 по курсу “Теоретические основы электротехники”	2011, печ.	1
Л3.4	Попова Т.В. Ген Ж.А.	Исследование электрических цепей: Лабораторный практикум по дисциплине «Теоретические основы электротехники»/ учеб. пособие. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет».	2015, печ.	1

Зав. кафедрой _____ Бурковский В.Л. /
 Директор НТБ _____ / Буковшина Т.И. /

Приложение 2

Приложение к рабочей программе
дисциплины «Теоретические основы электротехники»

**Фонд оценочных средств
по дисциплине «Теоретические основы электротехники»**

для направления подготовки (специальности)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код, наименование)

Профили подготовки (специализация) **Электропривод и автоматика, Электропривод и автоматика робототехнических систем, Электромеханика, Электроснабжение**

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная

Срок обучения 4 года

Индексированные результаты обучения

Компетенция	Результат	Индекс
ОПК-3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Знает: - 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;	ОПК3. Р1
	Умеет - использовать законы и методы расчета электрических цепей при изучении специальных электротехнических дисциплин;	ОПК3. Р2
	Владеет - 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.	ОПК3. Р3

1. Оценочные средства по контрольным работам

Контрольная работа

Задание	Проверяемый результат	Максимальный балл
Задача 1	ОПКЗ. Р2	3
Задача 2	ОПКЗ. Р1	3
Итоговый балл		6

Критерий оценки знаний:

3 – задача решена верно;

2 – имеются незначительные арифметические или логические ошибки;

1 – задача не решена полностью, но имеется правильный подход к решению;

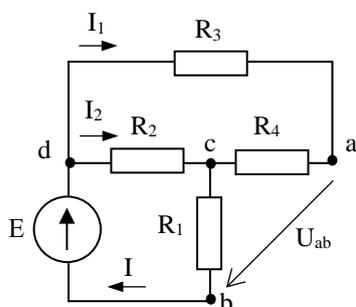
0 – в остальных случаях.

Шкала оценивания: если хотя бы по одной задаче получено 0 баллов, то оценка 2, в противном случае:

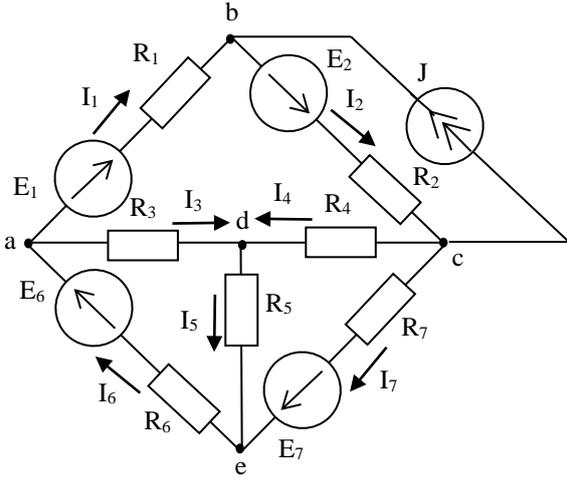
Итоговый балл	0-2	3	4-5	6
Оценка	2	3	4	5

Методика проведения: проводится в аудитории во время практических занятий, используется письменный метод контроля, применяется фронтальная форма, время выполнения задания – 45 минут, задания выполняются без использования справочной литературы и средств коммуникации; результат сообщается на следующем по расписанию занятии по дисциплине «ТОЭ».

Пример вариантов контрольной работы №1:

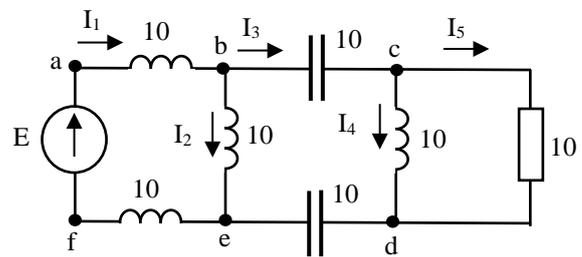


Задача 1. В схеме, имеющей параметры $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 20 \text{ Ом}$; $R_3 = R_4 = 10 \text{ Ом}$; $E = 30 \text{ В}$, определить напряжение U_{ab} .

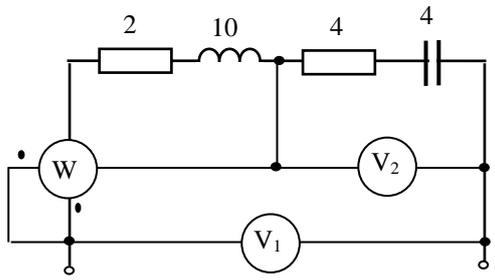


Задача 2. Составить систему уравнений по законам Кирхгофа для определения токов в ветвях схемы рис. 1.25 и записать ее в матричной форме.

Пример вариантов контрольной работы №2:

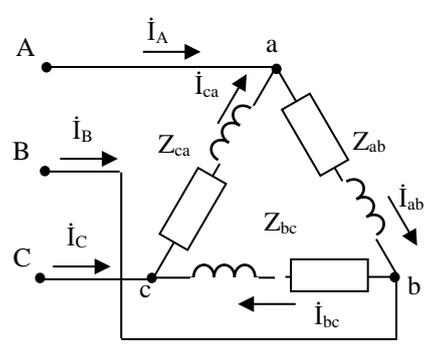


1. Построить топографическую диаграмму, приняв потенциал узла $\phi_d = 0$, определить входное напряжение при известном токе в пятой ветви $\dot{I}_5 = 1A$. Сопротивления элементов цепи указаны на схеме в омах.



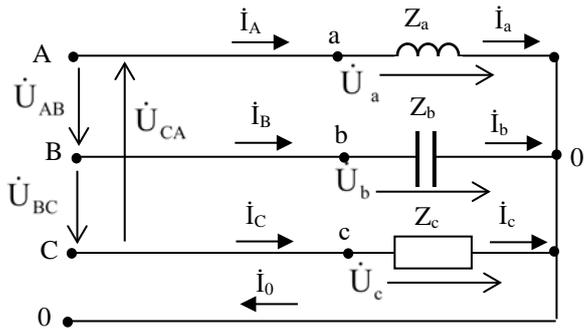
2. В схеме мгновенное значение входного тока $i=2\sin(\omega t+20^\circ)$ А. Сопротивления элементов цепи заданы на схеме в омах. Определить показания измерительных приборов.

Пример вариантов контрольной работы №3:



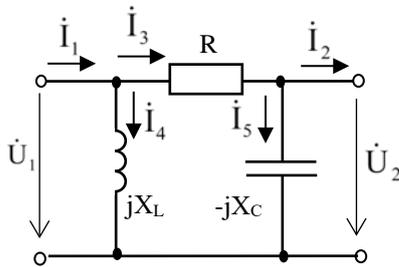
Задача 1. Рассчитать линейные и фазные токи и напряжения приемников. Построить топографические диаграммы, совмещенные с векторными диаграммами токов.

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



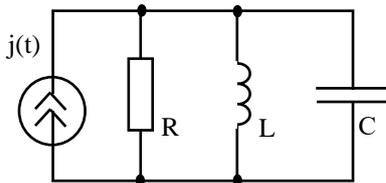
Задача 2. Определить линейные и фазные токи и напряжения в трехфазной нагрузке, соединенной по схеме звезда с нулевым проводом, сопротивление которого равно нулю (рис. 3.10). Питание осуществляется от источника с линейным напряжением $U_{л}=220\text{В}$, сопротивления фаз нагрузки: $Z_a = -jX_L = j100\ \text{Ом}$, $Z_b = -jX_C = -j100\ \text{Ом}$, $Z_c = R = 100\ \text{Ом}$. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов.

Пример вариантов контрольной работы №4:



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

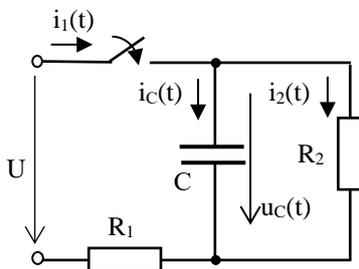
Расчет коэффициентов выполнить с помощью законов Кирхгофа и по входным сопротивлениям в режимах холостого хода и короткого замыкания.



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

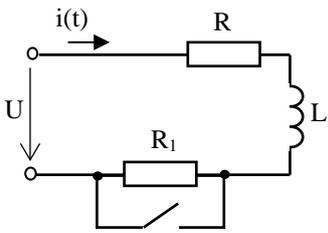
Найти токи в ветвях схемы, активную и полную мощности развиваемые источником, построить график $i_L(t)$. Параметры элементов схемы: $R = 20\ \text{Ом}$; $L = 31,8\ \text{мГн}$; $C = 159\ \text{мкФ}$.

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.

2. Оценочные средства по расчетно-графическим работам

Расчетно-графическая работа

Задание	Проверяемый результат	Максимальный балл
Задание 1	ОПКЗ. Р2	3
Задание 2	ОПКЗ. Р3	3
Задание 3	ОПКЗ. Р2	3
Задание 4	ОПКЗ. Р3	3
Задание 5	ОПКЗ. Р2	3
Итоговый балл		15

3 – задача решена верно;

2 – имеются незначительные арифметические или логические ошибки;

1 – задача не решена полностью, но имеется правильный подход к решению;

0 – в остальных случаях.

Шкала оценивания: если хотя бы по одной задаче получено 0 баллов, то оценка 2, в противном случае:

Итоговый балл	0-5	6-10	11-13	14-15
Оценка	2	3	4	5

Методика проведения: проводится в аудитории практических занятий во время для самостоятельной работы, используется письменный метод контроля, применяется фронтальная форма, время выполнения задания 2 недели, задания выполняются с использованием справочной литературы и средств коммуникации; результат сообщается на следующем по расписанию занятии по дисциплине «Электротехника».

Задания и методические указания к выполнению расчетно-графических работ приведены в ЛЗ.3.

3 Устный опрос по защите курсовой работы

Проверяемый результат ОПКЗ. Р1, ОПКЗ. Р2, ОПКЗ.Р3.

Вопросы к защите курсовой работы

1. Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор).
2. Схемы соединения генератора и нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи.
3. Преимущества трехфазных цепей.
4. Получение вращающегося магнитного поля, принцип работы асинхронного двигателя.

5. Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником.
6. Векторные диаграммы.
7. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности трехфазной цепи.
8. Понятие о методе симметричных составляющих.

Методика проведения: проводится в аудитории для проведения практических занятий после выполнения курсовой работы по вариантам, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, время проведения опроса 10-20 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Критерий оценки ответов:

- Оценка «отлично» выставляется студенту, ответившему на три вопроса;
- Оценка «хорошо» выставляется студенту, ответившему полностью на два вопроса и неполный ответ на третий вопрос ;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, ответившему на два вопроса с поправками;
- Оценка «неудовлетворительно, не ответившему вопросы.

Задания и методические указания к выполнению курсовой работы приведены в ЛЗ.3.

4. Оценочные средства устного опроса.

Проверяемый результат ОПКЗ. Р1, ОПКЗ. Р2, ОПКЗ.Р3

Устный опрос проводится на практических занятиях при проверке домашнего задания и решении задач на занятиях, а так же при допуске и защите лабораторных работ и сдаче зачета.

Методика проведения: проводится в аудитории для проведения лабораторных работ после выполнения работы по данной теме, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, время проведения опроса 5 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Критерий оценки ответов:

- Оценка «отлично» выставляется студенту, ответившему на три вопроса;
- Оценка «хорошо» выставляется студенту, ответившему полностью на два вопроса и неполный ответ на третий вопрос ;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, ответившему на два вопроса с поправками;
- Оценка «неудовлетворительно, не ответившему вопросы.

Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ приведены в ЛЗ.4.

Вопросы к зачету и экзамену

ЧАСТЬ I

9. 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.
10. 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.
11. Законы Кирхгофа.
12. Потенциальная диаграмма.
13. Эквивалентные преобразования электрических цепей: схемы замещения источников питания; последовательное, параллельное и смешанное соединение сопротивлений.
14. Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду и звезды в эквивалентный треугольник.
15. Перенос ЭДС через узел.
16. Методы расчета разветвленных цепей: непосредственно по законам Кирхгофа.
17. Метод контурных токов.
18. Принцип и метод наложения.
19. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов.
20. Метод эквивалентного генератора (активного двухполюсника).
21. Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей.
22. Понятие мощности (закон Джоуля-Ленца). Баланс мощностей.
23. Условие передачи максимума мощности и энергии в нагрузку.
24. Линейные цепи переменного тока. L и C и их характеристики.
25. 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.
26. Анализ цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.
27. Элементы R , L и C в цепи синусоидального тока. Разность фаз между напряжением и током. Сопротивления активные и реактивные.
28. Последовательное соединения R , L , C . Полное сопротивление.
29. Мгновенная и потребляемая активная мощность.
30. 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.
31. Анализ цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом).
32. Векторные диаграммы. Векторные топографические диаграммы.
33. Круговые диаграммы.
34. Комплексная мощность. Активная, реактивная и полная мощности.
35. Баланс мощностей. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности. Коэффициент полезного действия.
36. Компенсация реактивной мощности.
37. Условие передачи максимума активной мощности в нагрузку (согласование нагрузки с линией передачи энергии).
38. Явление электромагнитной индукции. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи.
39. Расчет цепей при наличии в них индуктивно-связанных катушек. Последовательное и параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.
40. Экспериментальное определение одноименных зажимов.
41. Запись уравнений для цепей со взаимной индуктивностью.

42. Идеальный трансформатор. Линейный трансформатор. Схемы замещения трансформатора.
43. Общее условие резонанса. Резонанс напряжений.
44. Резонанс токов.
45. Резонанс в параллельном контуре с потерями.
46. Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов. Практическое значение резонанса в электротехнических и электромеханических системах и устройствах.
47. Многофазные цепи и системы и их классификация. Получение трехфазной системы ЭДС (трехфазный генератор).
48. Схемы соединения генератора и нагрузки. Линейные и фазные токи и напряжения. Основные соотношения в симметричной трехфазной цепи.
49. Преимущества трехфазных цепей.
50. Получение вращающегося магнитного поля, принцип работы асинхронного двигателя.
51. Расчет трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах при полнофазных и неполнофазных схемах соединения нагрузки звездой и треугольником.
52. Векторные диаграммы.
53. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности трехфазной цепи.
54. Понятие о методе симметричных составляющих.
55. Источники периодического несинусоидального режима в цепи. Аналитическое представление периодических несинусоидальных источников. Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия.
56. Понятия об амплитудно-частотном и фазо-частотном спектрах.
57. Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим: максимальное, действующее и среднее значения; коэффициенты амплитуды и искажения.
58. Алгоритм расчета установившегося режима при несинусоидальных периодических воздействиях. Применение комплексного метода расчета режимов в электрических цепях.
59. Мощность в цепи периодического несинусоидального тока. Коэффициент мощности.
60. Особенность поведения высших гармоник в трехфазных цепях.
61. Определение коэффициентов четырехполюсника в опытах холостого хода и короткого замыкания.
62. Схемы замещения четырехполюсников.
63. Входное сопротивление четырехполюсника при произвольной нагрузке. Характеристическое сопротивление четырехполюсника.
64. Постоянная передачи симметричного четырехполюсника.
65. Уравнения симметричного четырехполюсника в гиперболической форме.
66. Соединения четырехполюсников.
67. Активные четырехполюсники (управляемые источники).
68. Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполюсниками.
69. Электрические фильтры. Назначение, принцип работы, классификация.
70. Структурные схемы фильтров k-типа. Фильтры низкой и высокой частоты.
71. Полосовые и заграждающие фильтры.
72. Понятие о активных фильтрах.

ЧАСТЬ II

1. Переходные процессы в линейных электрических цепях. Понятия, необходимые и достаточные условия существования переходных процессов в электрических цепях. Законы коммутации.
2. Переходный процесс в RL, RC и RLC цепях. Включение на постоянную ЭДС.

3. Включение на синусоидальную ЭДС.
4. Классический метод расчета переходных процессов: расчет принужденной составляющей; собственные частоты цепи (корни характеристического уравнения), способы их определения. Расчет постоянных интегрирования.
5. Общий алгоритм расчета переходного режима классическим методом.
6. Обобщенные законы коммутации.
7. Операторный метод расчета переходных процессов. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме.
8. Формула разложения.
9. Алгоритм операторного метода расчета переходного процесса.
10. Понятия передаточных функций. Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии: переходные функции, понятие интеграла Дюамеля.
11. Дифференцирующие и интегрирующие цепи.
12. Понятие о методе переменных состояния. Уравнения состояния цепи и способы их формирования.
13. Численные методы расчета переходных процессов.
14. 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.
15. Последовательное, параллельное и смешанное соединение элементов.
16. Основные свойства и методы расчета нелинейных электрических цепей при постоянных токах: графический, графоаналитический, аналитический методы расчета; метод эквивалентного генератора; метод двух узлов.
17. Численные методы расчета нелинейных цепей. Аппроксимация вольтамперных характеристик функциями, полиномами, сплайнами.
18. Составление уравнений нелинейной цепи. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.
19. Расчет сложных нелинейных цепей.
20. Понятие устойчивости нелинейной цепи постоянного тока.
21. Магнитные цепи постоянного тока. Основные понятия, характеристики и уравнения, применяемые при расчете магнитных цепей. Ферромагнитные материалы и их свойства.
22. Формальная аналогия законов и уравнений магнитных и электрических нелинейных цепей. Законы Кирхгофа и Ома для магнитных цепей.
23. Метод двух узлов расчета характеристик магнитных цепей.
24. Магнитные цепи с постоянными магнитами.
25. Нелинейные электрические цепи переменного тока. Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях.
26. Периодические режимы в нелинейных цепях. Нелинейные элементы как генераторы высших гармоник тока и напряжения. Общая характеристика графических, графоаналитических и аналитических методов расчета.
27. Методы расчета: по мгновенным значениям; с помощью кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик элементов цепи.
28. Расчет по действующим значениям периодических несинусоидальных величин (метод гармонической линеаризации; понятие о методе гармонического баланса).
29. Резонансные явления в нелинейных цепях переменного тока: феррорезонанс напряжений и токов. Цепи с ферромагнитными сердечниками.
30. Эквивалентные параметры, схемы замещения и векторные диаграммы катушки со стальным сердечником и нелинейного трансформатора.
31. Схемы с диодами. Управляемые нелинейные элементы: тиристор, транзистор.
32. Переходные процессы в нелинейных цепях.

33. Численные методы расчета нелинейных цепей переменного тока. Составление уравнений нелинейных цепей.
34. Методы решений нелинейных дифференциальных уравнений.
35. Понятие фазовой плоскости.
36. Автоколебания в нелинейных цепях.
37. Телеграфные уравнения.
38. Установившееся состояние цепи с распределенными параметрами при синусоидальных сигналах; телеграфные уравнения в комплексной форме.
39. Решение телеграфных уравнений. Падающие и отраженные волны. Коэффициент отражения.
40. Линия как четырехполюсник.
41. Неискажающая линия.
42. Линия без потерь. Бегущие и стоячие волны.
43. Согласование нагрузки с длинной линией.
44. Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами.

ЧАСТЬ III ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

- 1 Электромагнитное поле как единство электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла - полная система уравнений электромагнитного поля.
- 2 Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
- 3 Уравнения Максвелла в статике.
- 4 Электростатическое поле и его уравнения.
- 5 Потенциал электрического поля.
- 6 Уравнения Лапласа и Пуассона.
- 7 Проводники в электрическом поле.
- 8 Граничные условия электростатического поля.
- 9 Применение закона Гаусса к расчету простейших полей.
- 10 Метод зеркальных изображений.
- 11 Решение уравнений Лапласа и Пуассона в простейших случаях.
- 12 Компьютерные методы расчета полей: метод сеток; понятие о методе конечных элементов.
- 13 Электростатическое экранирование.
- 14 Расчет емкостей. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости.
- 15 Емкость двухпроводной линии.
- 16 Энергия электростатического поля. Силы в электрическом поле.
- 17 Уравнения электрического поля постоянных токов.
- 18 Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.
- 19 Граничные условия в проводящей среде.
- 20 Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем.
- 21 Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя.
- 22 Основные уравнения магнитостатики.
- 23 Закон полного тока и его применение к расчету простейших магнитных полей.
- 24 Векторный магнитный потенциал.
- 25 Векторное уравнение Пуассона.
- 26 Граничные условия в магнитном поле.
- 27 Расчет некоторых полей с помощью векторного потенциала. Аналогия с электростатическим полем.
- 28 Выражение магнитного потока через векторный потенциал.
- 29 Скалярный магнитный потенциал. Уравнение Лапласа.
- 30 Энергия магнитного поля.

- 31 Расчет собственной и взаимной индуктивности.
- 32 Силы в магнитном поле; расчет сил.
- 33 Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды.
- 34 Переменное электромагнитное поле в диэлектрике. Плоская электромагнитная волна и скорость ее распространения в диэлектрике.
- 35 Переменное электромагнитное поле в проводящей среде.
- 36 Плоская электромагнитная волна; длина волны; затухание волны.
- 37 Явление поверхностного эффекта.
- 38 Активное и внутреннее индуктивное сопротивления проводов. Сопротивление провода при проявлении поверхностного эффекта.
- 39 Эффект близости.
- 40 Электромагнитное экранирование.
- 41 О критериях разграничения задач теории электрических и магнитных цепей и задач теории электромагнитного поля.
- 42 Поток энергии электромагнитного поля. Вектор Пойтинга. Теорема Умова-Пойтинга.