

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 12 » 10 20 15 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Уровень высшего образования: бакалавр

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Смоленск – 2015 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков: формирование фундамента знаний, языка электротехники и методологии решения ее задач.

Задачами дисциплины являются:

- изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, выработка общих подходов к формулировке и решению электротехнических задач;
- привитие навыков применения теоретических знаний, формирование знаний основных законов и методов теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей и их применения для решения практических задач;
- научное обоснование принятия конкретных технических решений при проектировании электроустановок и электрооборудования

Дисциплина направлена на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций:

ОПК-3 «способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей»

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- общие методические приемы изучения материала дисциплины (составления конспекта лекций, реферата по учебной литературе, свои возможности в процессе критического переосценывания своих взглядов),
- основы программирования в математических и схемотехнических пакетах задач электротехники,
- методы расчета установившегося и переходного режима линейных и нелинейных цепей, методы анализа задач теории электромагнитного поля,

Уметь:

- программировать в математических и схемотехнических пакетах задач электротехники,
- применять математический аппарат для анализа, учитывать физические законы, законы электротехники,
- выполнять расчеты установившегося и переходного режима линейных и нелинейных цепей, решать основные задачи теории электромагнитного поля,

Владеть:

- приемами контроля с проверки разработанных программ и моделей задач электротехники,
- математическим аппаратом анализа с учетом физических законов и законов электротехники,
- приемами самоконтроля при выполнении расчетов установившегося и переходного режима линейных и нелинейных цепей, в решении основных задач теории электромагнитного поля.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части цикла (Б1) основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Теоретические основы электротехники» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.12 «Электрические машины»;

Б1.В.ОД.2 «Теория подобия и моделирования».

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» является завершающей в образовательной траектории освоения компетенции ОПК-3.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.10	
Часов (всего) по учебному плану:	576	
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	16	3, 4, 5 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	1; 36	3 семестр
	1; 36	4 семестр
	0.5; 18	5 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0.5; 18	3 семестр
	1; 36	4 семестр
	0.5; 18	5 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0.5; 18	3 семестр
	1; 36	4 семестр
	1; 36	5 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)(ЗЕТ, часов)	2; 72	3 семестр
	3; 108	4 семестр
	2; 72	5 семестр
Зачет (в объёме часов СРС)	0.5; 18	3 семестр
Экзамены	1; 36	4 семестр
	1; 36	5 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	10/36; 10
Подготовка к практическим занятиям (пз)	6/36; 6
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	64/36; 64
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	2; 72
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	82/36; 82
Подготовка к зачету (3 семестр)	0.5; 18
Всего	7; 252
Подготовка к экзамену (4 и 5 семестры)	2; 72

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
3 семестр							
1	Раздел 1. Линейные цепи постоянного тока.	56	14	8	8	26	8
1.1	Тема 1. Приемники и источники электрической энергии. Схемы замещения источников энергии.	8	2	2	-	4	
1.2	Тема 2. Законы Кирхгофа. Метод наложения. Входные и взаимные проводимости и сопротивления	10	2	-	4	4	4
1.3	Тема 3. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Линейные соотношения в электрических цепях.	8	2	2	-	4	
1.4	Тема 4. Метод эквивалентного источника. Определение параметров эквивалентного источника.	10	2	-	4	4	4
1.5	Тема 5. Преобразование электрических схем. Передача электрической энергии от активного двухполюсника нагрузке.	8	2	2	-	4	
1.6	Тема 6. Нелинейные электрические цепи при постоянных токах. Методы их расчета.	8	2	-	-	6	
1.7	Тема 7. Нелинейные магнитные цепи при постоянных потоках. Методы их расчета.	4	2	2	-		
2	Раздел 2. Линейные цепи синусоидального тока.	54	14	6	10	24	10
2.1	Тема 8. Синусоидальный ток. Векторная диаграмма. Комплексный метод. Законы Кирхгофа и в комплексной форме. Комплексные сопротивление и проводимость	8	2	2	-	4	
2.2	Тема 9. Топографическая диаграмма. Мощности: активная, реактивная, полная, комплексная. Баланс мощностей. Эквивалентные схемы пассивного двухполюсника. Определение параметров пассивного двухполюсника.	14	2	2	4	6	4
2.3	Тема 10. Резонансы напряжений и токов. Условия резонансов. Векторные диаграммы. Резонансные кривые. Частотные характеристики.	11	4	1	2	4	2
2.4	Тема 11. Взаимная индуктивность. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Последовательное соединение индуктивно связан-	11	2	1	4	4	4

	ных элементов.						
	Тема 12. Расчет цепей переменного тока со взаимной индукцией. Линейный трансформатор: уравнения, векторная диаграмма, вносимые сопротивления.	6	2	-	-	4	
2.5	Тема 13. Комплексные уравнения прямой и окружности. Круговые диаграммы для цепей синусоидального тока.	4	2	-	-	2	
3	Раздел 3. Трехфазные цепи синусоидального тока.	34	8	4	-	22	
3.1	Тема 14. Трехфазный генератор. Расчет симметричной трехфазной цепи.	10	2	2	-	6	
3.2	Тема 15. Расчет несимметричной трехфазной цепи. Измерение активной и реактивной мощности в трехфазной цепи.	14	2	2	-	10	
3.3	Тема 16. Метод симметричных составляющих. Сопротивления трехфазной цепи для токов различных последовательностей.	6	2	-	-	2	
3.4	Тема 17. Симметричные составляющие напряжений и токов в симметричной и несимметричной трехфазной цепи.	4	2	-	-	2	
3.5	Тема 18. Расчет трехфазных цепей с несимметричной нагрузкой методом симметричных составляющих.	-	-	-	-	2	
	Итого 3 семестр	144	36	18	18	72	
	4 семестр						
4	Раздел 4. Несинусоидальные токи в линейных цепях.	18	4	4	4	6	4
4.1	Тема 19. Представление несинусоидальных периодических функций в виде тригонометрических рядов. Расчет линейных цепей с несинусоидальными источниками энергии.	18	4	4	4	6	4
5	Раздел 5. Четырехполюсники и фильтры.	32	8	6	8	10	6
5.1	Тема 20. Четырехполюсники. Основные уравнения пассивных четырехполюсников. Схемы соединения четырехполюсников.	6	2	2	-	2	2
5.2	Тема 21. Симметричный четырехполюсник. Вторичные параметры. Уравнения четырехполюсника с гиперболическими функциями.	10	2	2	4	2	2
5.3	Тема 22. Цепные схемы	3	1	-	-	2	
5.4	Тема 24. Частотные электрические фильтры. Полосы пропускания и задержания. Низкочастотный фильтр. Высокочастотный фильтр. Полосовой, заграждающий, RC – фильтры	13	3	2	4	4	2
6	Раздел 6. Переходные процессы в линейных электрических цепях.	62	10	12	8	32	6

6.1	Тема 25. Классический метод расчета переходных процессов. Переходные процессы в цепях RL, RC.	10	2	2	4	2	2
6.2	Тема 26. Переходные процессы в цепях RLC.	10	2	2	-	6	2
6.3	Тема 27. Порядок расчета переходных процессов классическим методом.	14	2	2	4	6	2
6.4	Тема 28. Операторный метод расчета переходных процессов. Определение изображений токов и напряжений по эквивалентным операторным схемам.	10	2	2	-	6	
6.5	Тема 29. Определение оригиналов токов и напряжений по таблицам соответствия и по формулам разложения.	9	1	2	-	6	
6.6	Тема 30. Некорректные коммутации. Метод переменных состояния.	9	1	2	-	6	
7	Раздел 7. Нелинейные цепи переменного тока	74	10	12	12	40	
7.1	Тема 31. Нелинейные электрические цепи переменного тока. Методы их анализа и расчета. Простейшие выпрямители.	26	4	4	8	10	
7.2	Тема 32. Цепи переменного тока с нелинейной катушкой индуктивности. Метод расчета по эквивалентным синусоидам.	9	2	2	-	5	
7.3	Тема 33. Эквивалентные схемы замещения катушки индуктивности с учетом потерь в стали.	8	1	2	-	5	
7.4	Тема 34. Феррорезонансные явления. Феррорезонанс напряжений.	16	2	2	2	10	
7.5	Тема 35. Феррорезонансный стабилизатор напряжения. Феррорезонанс токов.	15	1	2	2	10	
8	Раздел 8. Переходные процессы в нелинейных цепях. Автоколебания	30	4	2	4	20	
8.1	Тема 36. Понятие об устойчивости равновесия в нелинейной цепи с элементами, имеющими падающий участок вольт-амперной характеристики.	24	2	2	-	10	
8.2	Тема 37. Релаксационные автоколебания в нелинейной цепи с туннельным диодом или однопереходным транзистором	16	2	-	4	10	
8.3	Тема 38. Понятие о методах анализа и расчета переходных процессов в нелинейных цепях переменного тока. Включение катушки со сталью на синусоидальное напряжение						
	Итого 4 семестр	216	36	36	36	108	
	5 семестр						
9	Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами.	54	8	6	16	24	6
9.1	Тема 39. Дифференциальные уравнения длинной линии. Установившийся режим в	14	2	2	4	6	2

	длинной линии.						
9.2	Тема 40. Уравнения длинной линии с гиперболическими функциями.	14	2	2	4	6	2
9.3	Тема 41. Длинные линии без потерь. Режим холостого хода. Стоячие волны.	12	1	1	4	6	1
9.4	Тема 42. Режим короткого замыкания. Произвольная нагрузка длинной линии без потерь.	8	1	1	4	2	1
9.5	Тема 43. Переходные процессы в длинных линиях. Волновые уравнения. Переходные процессы при нулевых начальных условиях.	3	1	-	-	2	
9.6	Тема 44. Расчет переходных процессов в длинных линиях при ненулевых начальных условиях.	3	1	-		2	
10	Раздел 10. Теория электромагнитного поля. Стационарные поля.	52	6	6	16	24	6
10.1	Тема 45. Электростатика. Интегральные уравнения .	9	1	1	4	4	1
10.2	Тема 46. Дифференциальные соотношения электростатики. Граничные условия.	5	1	1		4	1
10.3	Тема 47. Поле двухпроводной линии. Поле многопроводной линии с учетом влияния земли.	9	1	1	4	4	1
10.4	Тема 48. Электрическое поле постоянного тока в проводящей среде.	9	1	1	4	4	1
10.5	Тема 47. Магнитное поле. Векторы магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Закон полного тока.	9	1	1	4	4	1
10.6	Тема 48. Дифференциальные уравнения магнитного поля. Граничные условия магнитного поля.	5	1	1		4	1
11	Раздел 11. Переменное электромагнитное поле.	38	4	6	4	24	4
11.1	Тема 49. Уравнения Максвелла в дифференциальной и комплексной форме.	13	1	2	4	6	2
11.2	Тема 50. Теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме.	8	1	1		6	1
11.3	Тема 51. Гармоническая плоская поляризованная электромагнитная волна в диэлектрической среде.	6	1	1		4	1
11.4	Тема 52. Гармоническая плоская поляризованная электромагнитная волна в проводящей среде. Электромагнитное экранирование.	6	1	1		4	
11.5	Тема 53. Электрический поверхностный эффект. Сопротивление проводников при сильно выраженном поверхностном эф-	5	-	1		4	

фекте.							
Итого 5 семестр	144	18	18	36	72		
Итого: 3, 4, 5 семестры	504	90	72	90	252		
всего по видам учебных занятий 576 часов (включая 36 часов на подготовку к экзамену в 4-м семестре и 36 часов – в 5-м семестре)	90	72	90	252			

Содержание по видам учебных занятий

3 семестр

Раздел 1. Линейные цепи постоянного тока.

Тема 1. Приемники и источники электрической энергии. Схемы замещения источников энергии.

Лекция 1. Краткий исторический очерк развития науки об электрических и магнитных явлениях и их практическом применении. Основоположники отечественной школы ТОЭ.

Физические основы электротехники. Электрическая цепь и её элементы, сосредоточенные и распределенные параметры, активные и пассивные элементы. Линейные электрические цепи постоянного тока. Приемники электрической энергии: вольтамперные характеристики. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца.

Источники электрической энергии, их внешние характеристики, представление их схемами, содержащими источники тока и напряжения; взаимное преобразование соответствующих схем. Мощности источников. Положительные направления токов и напряжений. Определения: неразветвленная цепь, разветвленная цепь, узел, ветвь, контур.

Практическое занятие 1. Расчет простейших цепей постоянного тока. Обобщенный закон Ома. Законы Кирхгофа. Баланс мощностей

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическому занятию, знакомство с содержанием расчетного задания.

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ, опросы «у доски» на практических занятиях, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 2. Законы Кирхгофа. Метод наложения. Входные и взаимные проводимости и сопротивления

Лекция 2. Законы Кирхгофа. Принцип наложения; использование его для расчета цепей методом наложения. Входные и взаимные проводимости и сопротивления; расчетное и опытное определение их. Коэффициенты передачи напряжений и токов.

Лабораторная работа 1. Простые цепи постоянного тока №1.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, выполнение первых разделов расчетно-графического задания (4 час).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ, опросы «у доски» на практических занятиях, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 3. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Линейные соотношения в электрических цепях.

Лекция 3. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов, Линейные соотношения в электрических цепях. Расчетное, опытное определение коэффициентов линейных соотношений.

Практическое занятие 2. Входные и взаимные проводимости. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение первых разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 4. Метод эквивалентного источника. Определение параметров эквивалентного источника.

Лекция 4. Метод эквивалентного источника (вывод). Определение параметров эквивалентного источника (опытное и расчетное). Расчет тока в ветви методом эквивалентного источника (последовательность расчета)

Лабораторная работа 2. Активный двухполюсник. Линейные соотношения (№3).

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, выполнение разделов расчетно-графического задания.

Тема 5. Преобразование электрических схем. Передача электрической энергии от активного двухполюсника нагрузке.

Лекция 5. Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Преобразование электрических схем. Взаимное преобразование соединений ветвей треугольником и трехлучевой звездой.

Практическое занятие 3. Преобразования электрических схем. Метод эквивалентного источника.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к выполнению и защите лабораторной работы, выполнение разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 6. Нелинейные электрические цепи при постоянных токах. Методы их расчета.

Лекция 6. Понятие нелинейной электрической цепи, уравнения, методы их решения. Классификация нелинейных элементов по общим свойствам. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Параметры, характеризующие нелинейные активные сопротивления цепи постоянного тока.

Преобразования нелинейных электрических цепей постоянного тока. Замена последовательного, параллельного, смешанного соединений линейных и нелинейных элементов одним эквивалентным НЭ. Вольтамперные характеристики последовательного соединения нелинейного резистора и источника ЭДС; параллельного соединения НЭ и источника тока. Преобразование нескольких параллельных ветвей с ЭДС и линейными и нелинейными резисторами в одну эквивалентную.

Расчет нелинейной цепи постоянного тока: 1) аналитические методы, 2) графические методы. Расчет сложной электрической цепи с одним НЭ методом активного двухполюсника; расчет нелинейной цепи с двумя узлами.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока, выполнение разделов расчетно-графического задания (6 час).

Текущий контроль – при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 7. Нелинейные магнитные цепи при постоянных потоках. Методы их расчета.

Лекция 7. Нелинейные магнитные цепи при постоянных магнитных потоках. Определение магнитной цепи. Статические характеристики магнитных материалов. Основные законы и особенности магнитной цепи. Законы Кирхгофа для магнитной цепи. Аналогия между магнитными и электрическими цепями. Расчеты магнитных цепей

Практическое занятие 5. Расчет линейных и нелинейных магнитных цепей при постоянных токах и магнитных потоках.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям по расчету нелинейных цепей постоянного тока, выполнение разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – при консультировании расчетно-графической работы.

Раздел 2. Линейные цепи синусоидального тока.

Тема 8. Синусоидальный ток. Векторная диаграмма.

Комплексный метод. Законы Кирхгофа и в комплексной форме. Комплексные сопротивление и проводимость

Лекция 8. Применение переменного тока в технике. Мгновенное значение, период, частота, положительное направление переменного тока. Синусоидальный ток. Среднее и действующее значения синусоидальных функций. Векторное изображение синусоидальных функций. Векторная диаграмма. Основы комплексного метода Синусоидальный ток в активном сопротивлении, мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма, Синусоидальный ток в катушке индуктивности. Мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма. Индуктивное сопротивление. Энергия магнитного поля катушки индуктивности. Синусоидальный ток в ветви с конденсатором. Мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма. Емкостное сопротивление. Векторная диаграмма. Энергия электрического поля конденсатора.

Закон Ома в комплексной форме. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Комплексное сопротивление. Полное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Комплексная проводимость. Полная проводимость. Треугольник проводимостей.

Практическое занятие 6. Простейшие цепи синусоидального тока. Векторные диаграммы.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям по расчету цепей переменного тока, выполнение 1 части расчетно-графической работы.

Текущий контроль – при защите расчетно-графической работы

Тема 9. Топографическая диаграмма. Мощности: активная, реактивная, полная, комплексная. Баланс мощностей. Эквивалентные схемы пассивного двухполюсника. Определение параметров пассивного двухполюсника.

Лекция 9. Топографическая диаграмма. Колебания энергии в цепи переменного тока. Мощности: активная, реактивная, полная и комплексная. Определение этих мощностей по известным комплексам тока и напряжения. Коэффициент мощности. Треугольник мощностей. Знак мощности и направление передачи энергии. Баланс мощностей для цепи переменного тока. Показания приборов в цепи переменного тока.

Практическое занятие 7. Баланс мощностей. Топографическая диаграмма.

Пассивный двухполюсник.

Лабораторная работа 3. Простые цепи синусоидального тока (№4).

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям по расчету цепей переменного тока к выполнению и защите лабораторной работы.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях, при допуске и защите лабораторных работ.

Тема 10. Резонансы напряжений и токов. Условия резонансов. Векторные диаграммы. Резонансные кривые. Частотные характеристики.

Лекция 10. Пассивный двухполюсник. Эквивалентные схемы двухполюсника. Активные и реактивные составляющие токов и напряжений. Определение параметров пассивного двухполюсника на переменном токе. Условие передачи максимальной мощности от источника питания к приемнику. Согласование нагрузки.

Лекция 11. Резонансные явления. Резонанс напряжений в неразветвленной цепи. Условие резонанса, векторная диаграмма, энергетические соотношения при резонансе. Частотные характеристики неразветвленной цепи. Резонансные кривые. Резонанс токов. Условие резонанса, векторная диаграмма, частотные характеристики параллельного контура.

Практическое занятие Резонансные режимы

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям, к выполнению и защите лабораторной работы, к выполнению разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях, при допуске и защите лабораторных работ, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 11. Взаимная индуктивность. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Последовательное соединение индуктивно связанных элементов.

Лекция 12. Индуктивно связанные элементы. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи индуктивных элементов. ЭДС и напряжение взаимной индукции: мгновенное значение, выражение в комплексной форме. Последовательное соединение индуктивно связанных элементов. Согласное и встречное включение. Входное сопротивление цепи, векторная диаграмма. Разметка зажимов индуктивно связанных элементов. Определение взаимной индуктивности опытным путем.

Практическое занятие 8. Индуктивно связанные цепи. Воздушный трансформатор. Круговые диаграммы.

Лабораторная работа 4. Цепи синусоидального тока с индуктивно связанными элементами (№6).

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям, к выполнению и защите лабораторной работы, к выполнению разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях, при допуске и защите лабораторных работ, при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 12. Расчет цепей переменного тока со взаимной индукцией. Линейный трансформатор: уравнения, векторная диаграмма, вносимые сопротивления

Лекция 13. Особенности расчета цепей переменного тока при наличии взаимной индукции. Параллельное соединение индуктивно связанных элементов. Воздушный трансформатор. Уравнения, векторная диаграмма, вносимые сопротивления

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, к выполнению разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – при консультировании расчетно-графической работы.

Тема 13. Комплексные уравнения прямой и окружности. Круговые диаграммы для цепей синусоидального тока.

Лекция 14. Комплексные уравнения прямой и окружности. Круговые диаграммы для неразветвленной цепи и для активного двухполюсника. Круговые диаграммы для любой разветвленной цепи..

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, к выполнению разделов расчетно-графического задания.

Текущий контроль – при консультировании и защите расчетно-графической работы, ч.2.

Раздел 3. Трехфазные цепи синусоидального тока.

Тема 14. Трехфазный генератор. Расчет симметричной трехфазной цепи

Лекция 15. Понятие о трехфазном источнике питания. Векторная диаграмма и график мгновенных значений ЭДС трёхфазного генератора. Фазный множитель трёхфазной системы. Расчет симметричной трёхфазной цепи. Рассмотреть на примере:

- а) источник и приемник соединены звездой с нулевым проводом;
- б) источник соединен звездой, приемник соединен треугольником, сопротивления линейных проводов учитываются.

Практическое занятие 9. Симметричные режимы трехфазных цепей.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям.

Текущий контроль – при консультировании и защите расчетно-графической работы

Тема 15. Расчет несимметричной трехфазной цепи. Измерение активной и реактивной мощности в трехфазной цепи.

Лекция 16. Расчет несимметричной трёхфазной цепи. Рассмотреть на примере:

- а) источник и приемник соединены звездой с нулевым проводом; известны фазные напряжения источника;
- б) нагрузка соединена звездой, заданы линейные напряжения источника;
- с) нагрузка соединена треугольником, заданы линейные напряжения источника;
- д) нагрузка соединена треугольником, сопротивления линейных проводов учитываются, заданы линейные напряжения;
- е) смешанное соединение нагрузки.

Измерение активной и реактивной мощности в трёхфазной цепи.

Практическое занятие 9а. Несимметричные режимы трехфазных цепей.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала, подготовка к практическим занятиям.

Текущий контроль – опросы «у доски» на практических занятиях.

Тема 16. Метод симметричных составляющих. Сопротивления трехфазной цепи для токов различных последовательностей

Лекция 17. Метод симметричных составляющих. Представление любой трёхфазной несимметричной системы величин в виде суммы трёх симметричных систем векторов. Сопротивления симметричной трёхфазной цепи для токов различных последовательностей.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала

Текущий контроль – на консультациях

Тема 17. Симметричные составляющие напряжений и токов в симметричной и несимметричной трехфазной цепи.

Лекция 18. Расчет токов в симметричной цепи при несимметричных напряжениях. Симметричные составляющие напряжений и токов в несимметричной трёхфазной цепи.

Расчет цепей с несимметричной нагрузкой методом симметричных составляющих.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала

Текущий контроль – на консультациях

Тема 18. Расчет трехфазных цепей с несимметричной нагрузкой методом симметричных составляющих.

Самостоятельная работа. Проработка лекционного материала

Текущий контроль – на консультациях

Содержание лекций

3 семестр

Лекция 1. Краткий исторический очерк развития науки об электрических и магнитных явлениях и их практическом применении. Основоположники отечественной школы ТОО.

Физические основы электротехники. Электрическая цепь и её элементы, сосредоточенные и распределенные параметры, активные и пассивные элементы. Линейные электрические цепи постоянного тока. Приемники электрической энергии: вольтамперные характеристики. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца.

Источники электрической энергии, их внешние характеристики, представление их схемами, содержащими источники тока и напряжения; взаимное преобразование соответствующих схем. Мощности источников. Положительные направления токов и напряжений. Определения: неразветвленная цепь, разветвленная цепь, узел, ветвь, контур,

Лекция 2. Законы Кирхгофа. Принцип наложения; использование его для расчета цепей методом наложения. Входные и взаимные проводимости и сопротивления; расчетное и опытное определение их. Коэффициенты передачи напряжений и токов.

Лекция 3. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов, Линейные соотношения в электрических цепях. Расчетное, опытное определение коэффициентов линейных соотношений.

Лекция 4. Метод эквивалентного источника (вывод). Определение параметров эквивалентного источника (опытное и расчетное). Расчет тока в ветви методом эквивалентного источника (последовательность расчета).

Лекция 5. Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Преобразование электрических схем. Взаимное преобразование соединений ветвей треугольником и трехлучевой звездой.

Лекция 6. Понятие нелинейной электрической цепи, уравнения, методы их решения. Классификация нелинейных элементов по общим свойствам. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Параметры, характеризующие нелинейные активные сопротивления цепи постоянного тока.

Преобразования нелинейных электрических цепей постоянного тока. Замена последовательного, параллельного, смешанного соединений линейных и нелинейных элементов одним эквивалентным НЭ. Вольтамперные характеристики последовательного соединения нелинейного резистора и источника ЭДС; параллельного соединения НЭ и источника тока. Преобразование нескольких параллельных ветвей с ЭДС и линейными и нелинейными резисторами в одну эквивалентную.

Расчет нелинейной цепи постоянного тока: 1) аналитические методы, 2) графические методы. Расчет сложной электрической цепи с одним НЭ методом активного двухполюсника; расчет нелинейной цепи с двумя узлами.

Лекция 7. Нелинейные магнитные цепи при постоянных магнитных потоках. Определение магнитной цепи. Статические характеристики магнитных материалов. Основные законы и особенности магнитной цепи. Законы Кирхгофа для магнитной цепи. Аналогия между магнитными и электрическими цепями. Расчеты магнитных цепей.

Лекция 8. Применение переменного тока в технике. Мгновенное значение, период, частота, положительное направление переменного тока. Синусоидальный ток. Среднее и действующее значения синусоидальных функций. Векторное изображение синусоидальных функций. Векторная диаграмма. Основы комплексного метода Синусоидальный ток в активном сопротивлении, мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма, Синусоидальный ток в катушке индуктивности. Мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма. Индуктивное сопротивление. Энергия магнитного поля катушки индуктивности. Синусоидальный ток в ветви с конденсатором. Мгновенное значение тока, напряжения, мощности. Векторная диаграмма. Емкостное сопротивление. Векторная диаграмма. Энергия электрического поля конденсатора.

Закон Ома в комплексной форме. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Комплексное сопротивление. Полное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Комплексная проводимость. Полная проводимость. Треугольник проводимостей.

Лекция 9. Топографическая диаграмма. Колебания энергии в цепи переменного тока. Мощности: активная, реактивная, полная и комплексная. Определение этих мощностей по известным комплексам тока и напряжения. Коэффициент мощности. Треугольник мощностей. Знак мощности и направление передачи энергии. Баланс мощностей для цепи переменного тока. Показания приборов в цепи переменного тока.

Лекция 10. Пассивный двухполюсник. Эквивалентные схемы двухполюсника. Активные и реактивные составляющие токов и напряжений. Определение параметров пассивного двухполюсника на переменном токе. Условие передачи максимальной мощности от источника питания к приемнику. Согласование нагрузки.

Лекция 11. Резонансные явления. Резонанс напряжений в неразветвленной цепи. Условие резонанса, векторная диаграмма, энергетические соотношения при резонансе. Частотные характеристики неразветвленной цепи. Резонансные кривые. Резонанс токов. Условие резонанса, векторная диаграмма, частотные характеристики параллельного контура.

Лекция 12. Индуктивно связанные элементы. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи индуктивных элементов. ЭДС и напряжение взаимной индукции: мгновенное значение, выражение в комплексной форме. Последовательное соединение индуктивно связанных элементов. Согласное и встречное включение. Входное сопротивление цепи, векторная диаграмма. Разметка зажимов индуктивно связанных элементов. Определение взаимной индуктивности опытным путем.

Лекция 13. Особенности расчета цепей переменного тока при наличии взаимной индукции. Параллельное соединение индуктивно связанных элементов. Воздушный трансформатор. Уравнения, векторная диаграмма, вносимые сопротивления.

Лекция 14. Комплексные уравнения прямой и окружности. Круговые диаграммы для неразветвленной цепи и для активного двухполюсника. Круговые диаграммы для любой разветвленной цепи.

Лекция 15. Понятие о трехфазном источнике питания. Векторная диаграмма и график мгновенных значений ЭДС трёхфазного генератора. Фазный множитель трёхфазной системы. Расчет симметричной трёхфазной цепи. Рассмотреть на примере:

- с) источник и приемник соединены звездой с нулевым проводом;
- д) источник соединен звездой, приемник соединен треугольником, сопротивления линейных проводов учитываются.

Лекция 16. Расчет несимметричной трёхфазной цепи. Рассмотреть на примере:

- ф) источник и приемник соединены звездой с нулевым проводом; известны фазные напряжения источника;
- г) нагрузка соединена звездой, заданы линейные напряжения источника;
- h) нагрузка соединена треугольником, заданы линейные напряжения источника;
- и) нагрузка соединена треугольником, сопротивления линейных проводов учитываются, заданы линейные напряжения;
- j) смешанное соединение нагрузок.

Измерение активной и реактивной мощности в трёхфазной цепи.

Лекция 17. Метод симметричных составляющих. Представление любой трёхфазной несимметричной системы величин в виде суммы трёх симметричных систем векторов. Сопротивления симметричной трёхфазной цепи для токов различных последовательностей.

Лекция 18. Расчет токов в симметричной цепи при несимметричных напряжениях. Симметричные составляющие напряжений и токов в несимметричной трёхфазной цепи.

Расчет цепей с несимметричной нагрузкой методом симметричных составляющих.

Содержание лекций

4 семестр

Лекция 1. Несинусоидальные периодические напряжения и токи. Представление их в виде ряда Фурье-Эйлера. Состав высших гармоник при наличии симметрии кривых тока или напряжения. Величины, характеризующие несинусоидальные напряжения и токи: максимальное, действующее, среднее значения и среднее значение по модулю. Мощность периодических несинусоидальных токов. Расчет цепей с периодическими несинусоидальными ЭДС и токами. Особенности расчета трехфазных цепей с несинусоидальными токами.

Лекция 2. Многополюсники. Основные определения четырехполюсников: пассивные, активные, проходные, обратимые. Пассивные проходные четырехполюсники и их уравнения различного типа. Основные уравнения четырехполюсника. Определение коэффициентов четырехполюсника опытным и расчетным методами.

Симметричные и несимметричные четырехполюсники. Входное сопротивление четырехполюсника при произвольной нагрузке. Сопротивления ХХ и КЗ и их связь с коэффициентами.

Лекция 3. Эквивалентные схемы четырехполюсников: Т-образные и П-образные. Вторичные параметры: характеристическое сопротивление и постоянная передачи четырехполюсника.

Лекция 4. Уравнения четырехполюсника с характеристическими параметрами. Входное сопротивление симметричного четырехполюсника. Схемы замещения симметричного четырехполюсника. Цепные схемы.

Лекция 5. Электрические фильтры. Полосы пропускания и затухания. Типы фильтров. Низкочастотные реактивные фильтры. АЧХ и ФЧХ НЧ фильтров.

Лекция 6. Высокочастотные реактивные фильтры. АЧХ и ФЧХ ВЧ фильтров. Зависимость характеристического сопротивления низкочастотного и высокочастотного фильтров от частоты.

Лекция 7. Возникновение переходных процессов в электрических цепях. Допущения, принимаемые при расчете переходных процессов. Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов. Принужденная и свободная составляющие переходного тока или напряжения.

Переходные процессы в цепях: $R, L; R, C$. Постоянная времени и длительность процесса, баланс энергии.

Лекция 8. Переходный процесс в неразветвленной цепи R, L, C : апериодический и колебательный контуры, критическое сопротивление.

Лекция 9. Методы составления характеристического уравнения. Корни, их положение на комплексной плоскости. Определение постоянных интегрирования. Порядок расчета переходных процессов классическим методом. Расчет переходных процессов в разветвленных цепях.

Лекция 10. Расчет переходных процессов операторным методом. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Эквивалентные операторные схемы и правила их составления. Применение методов расчета линейных электрических цепей к определению изображений.

Лекция 11. Получение оригинала по его изображению при помощи таблиц операторных изображений и по теореме разложения. Формулы разложения Хевисайда. Особенности расчета переходных процессов операторным методом в случае синусоидального источника.

Лекция 12. Интеграл Дюамеля. Некорректные коммутации.

Лекция 13. Метод переменных состояния. Синтез активных фильтров на операционных усилителях.

Лекция 14. Методы расчета и анализа нелинейных цепей переменного тока. Расчет цепей с инерционными нелинейными элементами. Цепи с безинерционными НЭ, имеющими одностороннюю проводимость. Графический расчет цепи. Простейшие выпрямители.

Лекция 15. Выпрямление одно- и трехфазного тока. Анализ схем.

Лекция 16. Цепи переменного тока с нелинейной индуктивностью. Определения, понятия, допущения. Формула "4.44", её вывод. Линеаризация для мгновенных значений введением эквивалентных синусоид. Схема замещения катушки со сталью без учета потерь, векторная диаграмма. Расчет тока в катушке со сталью с помощью зависимостей.

Лекция 17. Вихревые токи, гистерезис. Динамические петли гистерезиса. Потери в стали. Эквивалентные параметры и схемы, векторные диаграммы катушки со сталью при учете потерь в стали, Эквивалентная схема катушки со сталью с учетом воздушного зазора и потока рассеивания.

Лекция 18. Феррорезонансные явления. Феррорезонанс напряжений

Феррорезонансный стабилизатор напряжения. Феррорезонанс токов. Понятие о переходных процессах в нелинейных цепях и методах их анализа.

Содержание лекций

5 семестр

Лекция 1. Цепи с распределенными параметрами. Первичные параметры длинной линии. Дифференциальные уравнения однородной длинной линии. Синусоидальный установившийся ре-

жим в однородной длинной линии. Бегущие волны. Фазовая скорость, волновое сопротивление, постоянная распространения, длина волны.

Определение постоянных интегрирования в уравнениях длинной линии. Уравнения однородной длинной линии с гиперболическими функциями. Входное сопротивление длинной линии. Коэффициент отражения волны. Условие для неискаженной линии.

Лекция 2. Длинные линии без потерь: постоянная распространения, фазовая скорость распространения волны, волновое сопротивление. Системы уравнений длинной линии без потерь. Режим холостого хода в длинной линии без потерь. Стоячие волны. Узлы и пучности напряжения и тока. Зависимость входного сопротивления разомкнутой на конце длинной линии без потерь от длины. Использование отрезков длинных линий, разомкнутых на конце, в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров.

Режим короткого замыкания в длинных линиях без потерь. Использование отрезков короткозамкнутых линий в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров. Реактивная нагрузка в длинных линиях без потерь. Произвольная нагрузка в длинных линиях без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Построение графиков распределения напряжения и тока вдоль линии. Согласование основной питающей линии с нагрузкой. Схемы согласования с четвертьволновым трансформатором и шлейфами.

Лекция 3. Переходные процессы в линейных цепях с распределенными параметрами. Прямые и обратные волны в длинной линии. Волновые уравнения. Определение падающих волн. Определение отраженных волн по эквивалентной схеме и с помощью коэффициента отражения. Определение преломленных волн.

Отражение волны с прямоугольным фронтом от конца линии в случае активной, индуктивной и емкостной нагрузки, в режимах ХХ и КЗ. Расчет переходных процессов при ненулевых начальных условиях.

Лекция 4. Теория электромагнитного поля. Электростатическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса в интегральной форме и её применение. Потенциал эл. поля. Потенциальность электростатического поля. Силовые и эквипотенциальные линии. Связь напряженности с градиентом потенциала. Поляризация диэлектриков. Поверхностная плотность связанных зарядов.

Теорема Гаусса для поляризованной среды. Дифференциальные соотношения электростатики. Уравнения Лапласа и Пуассона. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.

Лекция 5. Единственность решения уравнений Лапласа и Пуассона, Поле заряженной оси. Поле двух заряженных осей. Поле двухпроводной линии. Метод зеркальных изображений. Эл. поле двухпроводной и трехфазной линий с учетом влияния земли. Емкостные и потенциальные коэффициенты. Частичные емкости. Энергия электростатического поля. Стационарное электрическое поле. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.

Принцип непрерывности электрического тока. Потенциальность стационарного электрического поля. Граничные условия на поверхности раздела двух проводящих сред. Аналогия электростатического поля и стационарного эл. поля. Сопротивление растекания токов. Заземлители.

Лекция 6. Магнитное поле. Магнитная индукция, магнитный поток, закон полного тока. Магнитный момент кругового контура с током. Вектор намагниченности. Напряженность магнитного поля. Энергия магнитного поля.

Дифференциальная форма закона полного тока. Принцип непрерывности магнитного потока в дифференциальной форме. Магнитное поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Аналогия магнитного поля постоянных токов с электростатическим полем. Расчет индуктивностей. Численные методы расчета электрических и магнитных полей.

Лекция 7. Переменное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Полная система уравнений электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в комплексной форме.

Лекция 8. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Передача электромагнитной энергии вдоль проводов линии. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме.

Лекция 9. Гармоническая плоская поляризованная электромагнитная волна в диэлектрической среде. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Постоянная распространения плоской электромагнитной волны в диэлектрической среде. Волновое сопротивление.

Гармоническая плоская поляризованная электромагнитная волна в проводящей среде. Скорость распространения, глубина проникновения плоской электромагнитной волны в проводящей среде. Электромагнитное экранирование.

Электрический поверхностный эффект. Сопротивление проводников при сильно выраженном поверхностном эффекте.

Магнитный поверхностный эффект. Эффект близости.

Темы практических занятий

3 семестр

1. Расчет простейших цепей постоянного тока. Обобщенный закон Ома. Законы Кирхгофа. Баланс мощностей.
2. Входные и взаимные проводимости. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.
3. Преобразования электрических схем. Метод эквивалентного источника.
4. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока
5. Расчет линейных и нелинейных магнитных цепей при постоянных токах и магнитных потоках.
6. Простейшие цепи синусоидального тока. Векторные диаграммы.
7. Баланс мощностей. Топографическая диаграмма. Пассивный двухполюсник. Резонансные режимы
8. Индуктивно связанные цепи. Воздушный трансформатор. Круговые диаграммы.
9. Симметричные режимы трехфазных цепей. Несимметричные режимы трехфазных цепей. Зачетное занятие.

4 семестр

1. Несинусоидальные токи.
2. Четырехполюсники.
3. Симметричные четырехполюсники.
4. Реактивные фильтры.
5. Переходные процессы в простейших цепях 1-го порядка.
6. Расчет переходных процессов в цепях 2-го порядка классическим методом.
7. Расчет переходных процессов в цепях 2-го порядка классическим методом.
8. Операторный метод расчета переходных процессов.
9. Операторный метод расчета переходных процессов.
10. Интеграл Дюамеля. Некорректные коммутации.
11. Нелинейные цепи переменного тока с безынерционными нелинейными резисторами.
12. Резистивные цепи с диодами
13. Цепи с вентилями и линейными накопителями в установившемся режиме.
14. Выпрямление переменного тока
15. Цепи с нелинейной индуктивностью.
16. Схемы замещения катушки со сталью.
17. Феррорезонанс напряжений.
18. Феррорезонанс токов. Зачетное занятие.

5 семестр

1. Длинные линии с потерями. Синусоидальный установившийся режим в однородной длинной линии.
2. Длинные линии без потерь. Режим стоячих волн.
Длинные линии без потерь. Произвольная нагрузка.
3. Расчет переходных процессов в однородных длинных линиях без потерь при нулевых начальных условиях.
4. Расчет переходных процессов в однородных длинных линиях без потерь при ненулевых начальных условиях.
5. Интегральные соотношения электростатики. Дифференциальные соотношения электростатики. Электростатическое поле вблизи поверхности раздела двух сред.
Эл. поле двухпроводной линии. Метод зеркальных изображений. Потенциальные, емкостные коэффициенты, частичные емкости.
6. Стационарное эл. поле. Определение шагового напряжения и сопротивления растеканию тока.
7. Магнитное поле постоянного тока.
8. Вектор Пойнтинга. Применение теоремы Умова-Пойнтинга для вычисления потоков мощности и энергии электромагнитных полей.
9. Распространение плоских электромагнитных волн в диэлектрической и проводящей среде. Зачетное занятие.

Перечень лабораторных работ

3 семестр

1. Простые цепи постоянного тока (№1).
2. Активный двухполюсник. Линейные соотношения (№3).
3. Простые цепи синусоидального тока (№4).
4. Цепи синусоидального тока с индуктивно связанными элементами (№6).

4 семестр

1. Разветвленная цепь синусоидального тока (№10).
2. Нелинейные цепи постоянного тока (№12).
2. Трехфазная цепь синусоидального тока (№7).
3. Линейные цепи несинусоидального периодического тока (№18).
4. Пассивный четырехполюсник (№22).
5. Реактивные фильтры (№20).
6. Исследование переходных процессов в цепях первого порядка (№16)
7. Переходные процессы при разряде конденсатора (№17).
9. Зачетное занятие.

5 семестр

1. Цепи с вентилями (№11).
2. Феррорезонансные цепи (№15а).
3. Низкочастотный фильтр выпрямителя (№23)
4. Синтез и анализ активных RC-фильтров (№24)
5. Моделирование однородной длинной линии, (№21).
6. Исследование релаксационных автоколебаний в нелинейных цепях (№29).
- 7,8,9. Моделирование электрических и магнитных полей на физических и компьютерных моделях (№30, 31,32)

Расчетно-графические работы

3 семестр

1. Линейная цепь постоянного тока (часть 1).
2. Цепи синусоидального тока с независимыми источниками (часть 2).

4 семестр

1. Цепи трехфазного тока (часть 1).
2. Несинусоидальные токи в линейной трехфазной цепи (часть 2) по усмотрению кафедры.
3. Переходные процессы в линейных электрических цепях (часть 3).

5 семестр

1. Длинные линии в установившемся режиме (часть 1).
2. Переходные процессы в однородных длинных линиях без потерь (часть 2) (по усмотрению кафедры).
3. Расчет потенциальных полей (часть 3) (по усмотрению кафедры).

Для текущего контроля успеваемости используются контрольные работы, расчетные задания с их последующей защитой, защита отчетов по лабораторным работам, тестирование студентов.

Занятия в интерактивной форме проводятся в 3-м семестре – на лабораторных работах (18 часов), в 4-м и 5-м семестрах – на практических занятиях (по 16 часов). Всего интерактивных занятий 50 часов.

Практические занятия используют традиционный метод решения задач:

-преподаватель у доски формулирует условие задачи, обсуждает совместно со студентами план решения, наиболее подходящий метод. Основные этапы решения показываются на доске. Студенты выполняют расчеты с использованием калькулятора с программой действий с комплексными переменными. Обсуждаются методы проверки правильности. Строятся графики переменных, диаграммы и пр. Основная цель упражнений- привитие навыков самостоятельной работы по решению задач.

Лабораторные работы выполняются фронтальным методом в сильноточной и слаботочной лабораториях теории электрических цепей и лаборатории теории электромагнитного поля на физических стендах. Все лабораторные работы по теории цепей могут также выполняться на персональном компьютере.

Самостоятельная работа студентов заключается в выполнении расчетно-графических заданий, подготовке к практическим занятиям, контрольным работам, лабораторным работам, тестам. При выполнении расчетно-графических работ, подготовке к лабораторным работам и их выполнении используются различные компьютерные программы.

Промежуточная аттестация по дисциплине: зачет с оценкой (3 семестр), экзамен (4, 5 семестры)

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

В экзаменационном билете имеется 2 вопроса и задача.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:
-конспекты отдельных лекций по дисциплине,

-методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнении расчетно-графической работы (см. Приложения к РПД).

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-3.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность компетенций в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Например, для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенций: ОПК-3 – способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей. Принимается во внимание знания обучающимися

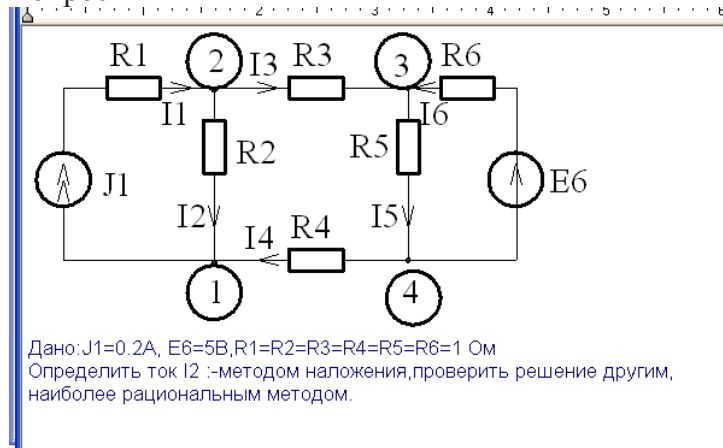
-преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям, расчетно-графическим работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и расчетно-графических работ, ответах на практических занятиях, тестах:

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, расчетно-графических работ, в результате выполнения заданий на практических занятиях.

На защите соответствующих лабораторных работ, расчетно-графических заданий, контрольных и тестовых работах используются типовые вопросы и задачи (см. Приложение к РПД).

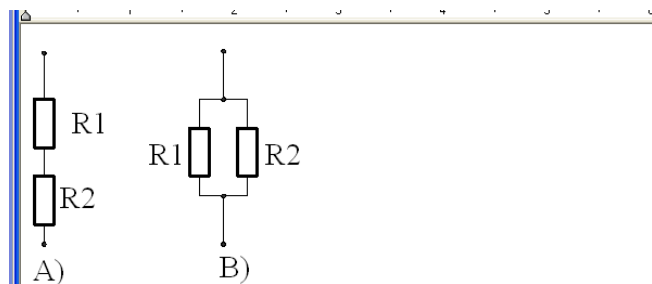
Например, оценивание уровня освоения компетенции ОПК-3 при изучении раздела «Линейные электрические цепи постоянного тока» производится по ответам на 10 представленных ниже вопросов тестового характера (см. Приложение к РПД):

Вопрос 1



Ответ	Балл
0.2	0
0.5	0
$6/7=0.858$	100
$1/7=0.143$	0

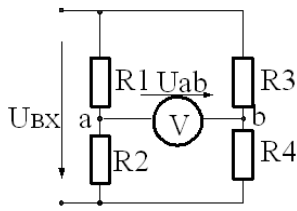
Вопрос 2



При последовательном соединении резисторов $R1$ и $R2$ (вариант "А") входное сопротивление равно 50 Ом , а при параллельном соединении их же- 12 Ом . Определить $R1$ и $R2$

Ответ	Балл
Ответ №1 Один резистор-40 Ом, другой 10 Ом	0
Ответ №2 Оба резистора по 25 Ом	0
Ответ №3 Один 30 Ом, другой 20 Ом	100
Ответ №4 Один 45 Ом, другой 5 Ом	0

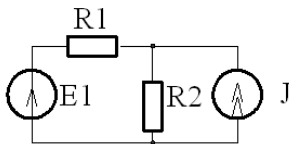
Вопрос3.



Входное напряжение равно 6 В. Сопротивления резисторов:
R1=2 Ом, R2=4 Ом, R3=4 Ом, R4=2 Ом.
Чему равно напряжение U_{ab} , измеряемое вольтметром?

Ответ	Балл
Ответ №1 1В	0
Ответ №2 2 В	100
Ответ №3 5 В	0
Ответ №4 -2 В	0

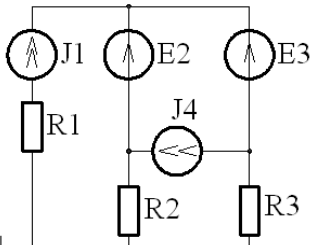
Вопрос 4



$J=1$ А, $R1=1$ Ом, $R2=2$ Ом. При какой ЭДС $E1$ источник ЭДС не генерирует и не потребляет энергию?

Ответ	Балл
Ответ №1 2В	100
Ответ №2 5 В	0
Ответ №3 1В	0
Ответ №4 3В	0

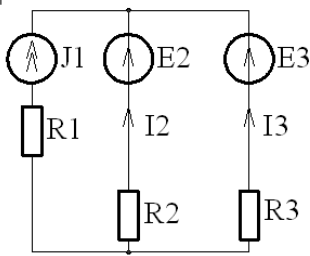
Вопрос 5



$E1=16$ В, $E3=4$ В, $J1=1$ А, $J4=2$ А.
 $R1=5$ Ом, $R2=8$ Ом, $R3=2$ Ом.
Определить входную проводимость второй ветви g_{22}

Ответ	Балл
№1 0.4 См	0
№2 0.2 См	0
№3 0.1 См	100
№4 0.3 См	0

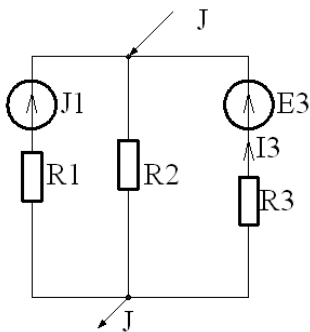
Вопрос 6



$J_1=1$ А, $E_2=16$ В, $E_3=4$ В,
 $R_1=5$ Ом, $R_2=8$ Ом, $R_3=2$ Ом.
Определить токи I_2 и I_3

Ответ	Балл
Ответ №1 $I_2=0, I_3=1.8$ А	0
Ответ №2 $I_2=1.8$ А, $I_3=0.6$ А	0
Ответ №3 $I_2=1.61$ А, $I_3=0.44$ А	100
Ответ №4 $I_2=1.3$ А, $I_3=0.2$ А	0

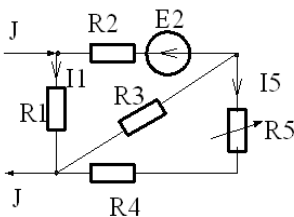
Вопрос 7



$E_1=4$ В, $E_3=10$ В, $J=0.3$ А.
 $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=40$ Ом.
Определить ток I_3 методом эквивалентного источника

Ответ	Балл
Ответ №1 $I_3=1$ А	0
Ответ №2 $I_3=0.114$ А	100
Ответ №3 $I_3=0.3$ А	0
Ответ №4 $I_3=0.25$ А	0

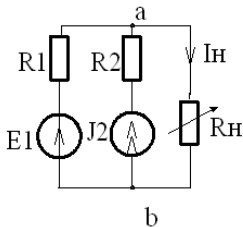
Вопрос 8



$J=1$ А, $E_2=4$ В, $R_1=2$ Ом, $R_2=1$ Ом, $R_3=2$ Ом, $R_4=3$ Ом, $R_5=var$.
Рассчитать зависимость тока I_1 от тока I_5 в рабочем диапазоне переменных.

Ответ	Балл
Ответ №1 $I_1 = -1.4 + 2I_5$ в диапазоне $0 \leq I_5 \leq 1$ А	0
Ответ №2 $I_1 = 3 + 1.5I_5$ в диапазоне $0 \leq I_5 \leq 2$	0
Ответ №3 $I_1 = 1.40.42I_5$ в диапазоне $-0.19 \leq I_5 \leq 0$	100
Ответ №4 $I_1 = 1.4$ А и не зависит от I_5	0

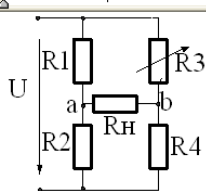
Вопрос 9



$E_1 = 5$ В, $J_2 = 1$ А, $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_N = \text{var}$.
При каком сопротивлении нагрузки в ней выделяется максимальная мощность? Чему она равна?

Ответ	Балл
№1 при сопротивлении 2 Ом, $P_{\text{max}} = 6.13$ Вт	100
№2 при сопротивлении 1.25 Ом, $P_{\text{max}} = 5$ Вт	0
№3 при сопротивлении 3 Ом, $P_{\text{max}} = 0.835$ Вт	0
№4 при сопротивлении 4 Ом, $P_{\text{max}} = 1.25$ Вт	0

Вопрос 10



$R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = \text{var}$, $R_4 = 10$ Ом. Определить, при каком R_3 мост уравновешен.

Ответ	Балл
№1 $R_3 = 20$ Ом	0
№2 $R_3 = 100$ Ом	0
№3 $R_3 = 5$ Ом	100
№4 $R_3 = 10$ Ом	0

Настройка критериев оценки может варьироваться. Как правило, она выбирается следующей:

- полный и правильный ответ на шесть вопросов соответствует пороговому уровню сформированности компетенций на данном этапе ее формирования, полный ответ на восемь – продвинутому уровню; при полном ответе на все десять вопросов – эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Пример оценивание уровня освоения компетенции ОПК-3 при изучении раздела «Линейные электрические цепи периодических несинусоидальных токов» производится по ответам на 6 представленных ниже вопросов тестового характера:

1. Разложение периодических функций на гармонические составляющие.
2. Действующее и среднее значения периодических несинусоидальных функций.
3. Показания приборов в цепях несинусоидального тока.
4. Мощности в цепях с периодическими несинусоидальными токами.
5. Порядок расчета цепей с несинусоидальными токами.
6. Особенности расчета трехфазных цепей несинусоидального тока

Полный и правильный ответ на три вопроса соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на четыре – продвинутому уровню; при полном ответе на все шесть вопросов – эталонному уровню).

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой (3 семестр), экзамен (4 и 5 семестры), оцениваемые по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамены по дисциплине «ТОЭ» (4 и 5 семестры) проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продол-

жить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплины (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента выносятся оценка зачета по дисциплине за 3 семестр, экзамена - за 4 и 5 семестры, в приложение к диплому – оценка экзамена по дисциплине за 5 семестр.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Учебно-методические материалы теоретического характера разработки кафедры ТОЭ
Учебно-методические разработки кафедры ТОЭ, посвященные расчетно-графическим работам и лабораторному практикуму.
Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной.
Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам).
Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)
(см. Приложение к РПД)
Другие виды самостоятельной работы (Проведение мультимедийных контрольных в компьютерном классе ауд.309 (см. Приложение к РПД).

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

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по изучению курса «Теоретические основы электротехники», в которые входят методические рекомендации к выполнению и защите лабораторных работ, по выполнению расчетных заданий вынесены в указанные Приложения к настоящей РПД.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Нейман, В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах : учебное пособие / В.Ю. Нейман. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - Ч. 1. Линейные электрические цепи постоянного тока. - 116 с. - ISBN 978-5-7782-1796-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229135>
2. Нейман, В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах : учебное пособие / В.Ю. Нейман. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - Ч. 3. Четырехполюсники и трехфазные цепи. - 144 с. - ISBN 978-5-7782-1547-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228780>

2. Основы электротехники и электроники : учебное пособие / под ред. В.П. Горелов, Н.П. Молочков ; В.П. Горелов ; авт. сост. Н.П. Молочков и др. - 5-е изд., стер. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 362 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-5857-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364587>.

б) дополнительная литература:

1. Зезюлькин Г.Г. и др. Расчетное задание по курсам «ТОЭ», «Электротехника и электроника» как составная часть УМК. Учебное пособие для студентов всех специальностей и факультетов. Под ред. В.В. Рожкова. – Выпуск 1: Смоленск, 2007. – 83 с.
2. Зезюлькин Г.Г. и др. Расчетное задание по курсам «ТОЭ», «Электротехника и электроника» как составная часть УМК. Учебное пособие для студентов всех специальностей и факультетов. Под ред. А.А. Гордиловского, Г.Г. Зезюлькина. – Выпуск 2: Смоленск, филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Смоленске, 2009. – 92 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Электронные учебные материалы по электротехнике, МАНиГ [электронный ресурс]: <http://www.shat.ru>
2. Электротехника и электроника: учебное пособие [электронный ресурс]: http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40470
3. Тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате .pdf для бесплатного перекачивания [электронный ресурс]: <http://www.kodges.ru/>
4. Электронная электротехническая библиотека [электронный ресурс]: <http://www.electrolibrary.info>
5. Общая электротехника и электроника. Электронный учебник [электронный ресурс]: http://toe.stf.mrsu.ru/demo_versia/
6. Доброжанова Н.И., Трубникова В.Н. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока методом контурных токов: практикум по ТОЭ [электронный ресурс]: <http://window.edu.ru/resource/151/19151>
7. Линейные электрические цепи. Электронное учебное пособие. [электронный ресурс]: <http://ets.ifmo.ru/usolzev/SEITEN/u1/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает, практические занятия и лабораторные работы. Изучение курса завершается экзаменом в 5-м семестре.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах (указать каких), выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические (семинарские) занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических (семинарских) занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MS Word или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении лекционных занятий предусматривается использование систем мультимедиа.

При проведении лабораторных работ предусматривается использование программ моделирования, тестовых и контролирующих программ.

При выполнении расчетно-графических работ используется ПО: пакеты MatLab, MathCad, Elcut.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в обычной аудитории.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в лаб. А-301, А-310, А-315, оснащенных универсальными стендами, обеспечивающими выполнение лабораторных работ.

Авторы,
канд. техн. наук, доцент

В.С. Петров

канд. техн. наук, доцент

К.К. Крутиков

Заведующий кафедрой ТОЭ
канд. техн. наук, доцент

А.А. Гордиловский

Программа утверждена на заседании кафедры ТОЭ от 12.10.2015 года, протокол №3.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- ме- нен- ных	заме- ме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10