

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

  
С.Н. Авдеев  
« 30 » 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

**направление подготовки / специальность**

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Электроснабжение

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины. Научить будущих бакалавров применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов; научить проводить вычислительные эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований с анализом результатов; дать возможность будущим бакалаврам овладеть основами математических и компьютерных технологий расчёта параметров элементов оборудования, а также режимов работы объектов профессиональной деятельности.

Задачи: 1) изучить основные инструменты математических матричных пакетов программ; 2) научиться применять математические программные пакеты для решения прикладных задач.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.О.17 «Теоретические основы электротехники» относится к дисциплинам базовой обязательной части учебного плана бакалавриата по профилю «Электроснабжение».

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-3.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока. ОПК-3.2. Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока. ОПК-3.3. Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределёнными параметрами.	Знает методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока. Умеет использовать методы расчёта переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока. Владеет основами теории электромагнитного поля и цепей с распределёнными параметрами.	Перечень рейтинговых контрольных и экзаменационных вопросов и задач.

#### 4. ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 19 зачетных единиц, 684 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Электрическая цепь и её элементы. Двухполюсные активные и пассивные элементы	3	1	2	1	1		6	
2	Топологические понятия и соотношения в цепи. Законы Кирхгофа	3	2	2	1	1		6	
3	Топологические матрицы графа и их свойства	3	3	2	1	1		6	
4	Алгебраические методы анализа цепей при установившемся режиме при постоянном токе	3	4	2	1	1		6	
5	Матричная форма закона Ома. Составление матричных уравнений при наличии ветвей с идеальными источниками. Метод узловых потенциалов	3	5	2	1	1		6	
6	Метод напряжений ветвей дерева. Метод контурных токов	3	6	2	1	1		6	Рейтинг-контроль № 1
7	Свойства и преобразования электрических цепей. Баланс мощностей. Принцип и метод наложения. Теорема взаимности. Теорема компенсации. Теорема об эквивалентном источнике	3	7	2	1	1		6	
8	Расчет цепей, содержащих элементы R, L, C и источники гармонического напряжения и тока. Синусоидальные напряжения и токи и их параметры. Гармонический ток в сопротивлении R, индуктивности L и емкости C. Последовательная и параллельная цепи с элементами R, L, C	3	8	2	1	1		6	
9	Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока.	3	9	2	1	1		6	

	Комплексные амплитуды и действующие значения. Комплексные сопротивления и проводимости. Расчет мощностей								
10	Уравнения состояния электрических цепей в комплексной форме. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме	3	10	2	1	1		6	
11	Узловые уравнения и контурные уравнения в комплексной форме. Топографические диаграммы	3	11	2	1	1		6	
12	Трёхфазные цепи. Основные понятия и соотношения. Симметричные трёхфазные цепи и их расчет	3	12	2	1	1		6	Рейтинг-контроль № 2
13	Несимметричные трёхфазные цепи. Измерение мощности в трёхфазных цепях. Метод симметричных составляющих	3	13	2	1	1		6	
14	Вращающееся магнитное поле	3	14	2	1	1		6	
15	Анализ электрических цепей с электронными элементами и взаимной индукцией. Трёхполюсные элементы цепей. Транзистор. Индуктивный трёхполюсник	3	15	2	1	1		6	
16	Анализ простых цепей с взаимной индукцией. Анализ цепей с трансформаторами; матричный метод	3	16	2	1	1		6	
17	Расчет разветвлённых цепей с взаимной индукцией	3	17	2	1	1		6	
18	Преобразования цепей с взаимной индукцией	3	18	2	1	1		6	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 3 семестр:				36	18	18		108	Экзамен (36)
19	Расчет цепей с невзаимными элементами в линейном режиме. Составление матричных уравнений с невзаимными элементами. Неопределённые матрицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений электронных трёхполюсников	4	1	2	2	1		8	
20	Многополюсники при синусоидальных токах и напряжениях. Основные уравнения четырехполюсников	4	2	2	2	1		8	
21	Определение коэффициентов четырехполюсников. Эквивалентные схемы четырехполюсника	4	3	2	2	1		8	
22	Режим четырехполюсника при нагрузке. Характеристическое сопротивление и коэффициент передачи четырехполюсника	4	4	2	2	1		9	

23	Графы четырехполюсников и их простые соединения	4	5	2	2	1		8	
24	Анализ электрических цепей при несинусоидальных периодических напряжениях и токах. Расчет мгновенных значений напряжений и токов. Действующие значения токов и напряжений. Ряд Фурье в комплексной форме	4	6	2	2	1		9	Рейтинг-контроль № 1
25	Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях. Классический метод расчета переходных процессов в разветвленных цепях	4	7	2	2	1		9	
26	Переходные и импульсные характеристики цепей. Расчет переходных процессов при воздействии источников ЭДС и тока произвольной формы	4	8	2	2	1		8	
27	Операторный метод расчета переходных процессов. Прямое и обратное преобразования Лапласа	4	9	2	2	1		9	
28	Теорема разложения. Уравнения электрических цепей в операторной форме. Матричные уравнения цепи в операторной форме	4	10	2	2	1		9	
29	Преобразования Фурье и спектральные характеристики. Применение преобразования Фурье к расчету переходных процессов	4	11	2	2	1		8	
30	Элементы электрической цепи с распределёнными параметрами. Однородная двухпроводная линия. Её дискретная схема замещения. Система «телеграфных» уравнений	4	12	2	2	1		9	Рейтинг-контроль № 2
31	Однородная двухпроводная линия в синусоидальных режимах	4	13	2	2	1		8	
32	Линия без искажений, линия без потерь, измерительная линия	4	14	2	2	1		9	
33	Методы расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и напряжениях. Характерные нелинейности и графическое представление характеристик. Графический метод расчета цепей с последовательным соединением линейных и нелинейных элементов	4	15	2	2	1		9	
34	Графический метод расчета цепей с параллельным и последовательно-параллельным соеди-	4	16	2	2	1		9	

	нением линейных и нелинейных элементов								
35	Уравнения для магнитных цепей и аналогия с электрическими цепями. Графический метод расчета магнитных цепей	4	17	2	2	1		8	
36	Нелинейные элементы и их характеристики при переменных токах и напряжениях. Аналитические методы расчета нелинейных цепей	4	18	2	2	1		8	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 4 семестр:				36	36	18		153	Экзамен (45)
37	Понятие об электромагнитном поле (ЭМП). Физические величины, характеризующие ЭМП. Первичные источники ЭМП	5	1	2	1	1		4,5	
38	Дифференциальные операторы в теории ЭМП	5	2	2	1	1		4,5	
39	Законы теории ЭМП в интегральной и дифференциальной формах	5	3	2	1	1		4,5	
40	Связь между векторами ЭМП и электрофизическими свойствами среды	5	4	2	1	1		4,5	
41	Основные энергетические соотношения в теории ЭМП. Теорема Умова – Пойнтинга	5	5	2	1	1		4,5	
42	Граничные условия для векторов ЭМП на поверхностях раздела сред. Закон сохранения заряда в дифференциальной и интегральной формах	5	6	2	1	1		4,5	Рейтинг-контроль № 1
43	Законы электростатики. Скалярная краевая задача электростатики	5	7	2	1	1		4,5	
44	Метод изображений. Наиболее важные частные случаи решения задач электростатики	5	8	2	1	1		4,5	
45	Законы постоянного электрического поля в проводящей среде. Аналогия этого поля с электростатическим полем	5	9	2	1	1		4,5	
46	Электрическое поле вблизи проводника с током. Постоянное электрическое поле в несовершенной изолирующей среде. Методы электрического моделирования физических полей	5	10	2	1	1		4,5	
47	Законы магнитостатики. Векторная краевая задача магнитостатики. Закон Био-Савара	5	11	2	1	1		4,5	
48	Интегральные параметры магнитостатического поля. Скалярная краевая задача магнитостатики	5	12	2	1	1		4,5	Рейтинг-контроль № 2
49	Метод пространственных инте-	5	13	2	1	1		4,5	

	гральных уравнений в магнито-статике								
50	Наиболее важные частные случаи решения задач магнитостатики. Мощность, передаваемая по двухпроводной линии постоянного тока	5	14	2	1	1		4,5	
51	Переменное гармоническое ЭМП. Уравнения Максвелла в комплексной форме	5	15	2	1	1		4,5	
52	Комплексные параметры электрофизических свойств среды. Системы электродинамических потенциалов и соответствующие уравнения математической физики	5	16	2	1	1		4,5	
53	Элементарные излучатели гармонического ЭМП. Поверхностный эффект.	5	17	2	1	1		4,5	
54	Эффект близости. Принцип электромагнитного экранирования	5	18	2	1	1		4,5	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 5 семестр:				36	18	18		81	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР									+
Итого по дисциплине				108	72	54		342	3 экзамена (108)

**Тематический план  
форма обучения – заочная**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Электрическая цепь и её элементы. Двухполюсные активные и пассивные элементы	3	1	0,3	0,3	0,5		9	
2	Топологические понятия и соотношения в цепи. Законы Кирхгофа	3	2	0,4	0,4			10	
3	Топологические матрицы графа и их свойства	3	3	0,3	0,3			9	
4	Алгебраические методы анализа цепей при установившемся режиме при постоянном токе	3	4	0,2	0,5	0,5		10	
5	Матричная форма закона Ома. Составление матричных уравнений при наличии ветвей с	3	5	0,4	0,5	0,5		10	

	идеальными источниками. Метод узловых потенциалов								
6	Метод напряжений ветвей дерева. Метод контурных токов	3	6	0,4	0,3			9	Рейтинг-контроль № 1
7	Свойства и преобразования электрических цепей. Баланс мощностей. Принцип и метод наложения. Теорема взаимности. Теорема компенсации. Теорема об эквивалентном источнике	3	7	0,4	0,5	0,5		10	
8	Расчет цепей, содержащих элементы R, L, C и источники гармонического напряжения и тока. Синусоидальные напряжения и токи и их параметры. Гармонический ток в сопротивлении R, индуктивности L и емкости C. Последовательная и параллельная цепи с элементами R, L, C	3	8	0,2	0,2			10	
9	Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока. Комплексные амплитуды и действующие значения. Комплексные сопротивления и проводимости. Расчет мощностей	3	9	0,4	1	0,5		10	
10	Уравнения состояния электрических цепей в комплексной форме. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме	3	10	0,4	0,5			9	
11	Узловые уравнения и контурные уравнения в комплексной форме. Топографические диаграммы	3	11	0,4	1	0,5		10	Рейтинг-контроль № 2
12	Трехфазные цепи. Основные понятия и соотношения. Симметричные трехфазные цепи и их расчет	3	12-14	1	1	0,5		10	
13	Несимметричные трехфазные цепи. Измерение мощности в трехфазных цепях. Метод симметричных составляющих	3	15-17	1	1	0,5		10	
14	Вращающееся магнитное поле	3	18	0,2	0,5			9	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 3 семестр:				6	8	4		135	Экзамен (27)
1	Многополюсники при синусоидальных токах и напряжениях. Основные уравнения четырехполюсников	4	1-2	0,6	0,4	0,4		13	
2	Определение коэффициентов четырехполюсников. Эквивалентные схемы четырехполюсника	4	3	0,6	0,4	0,4		13	
3	Режим четырехполюсника при нагрузке. Характеристическое	4	4	0,6	0,4	0,4		13	

	сопротивление и коэффициент передачи четырехполосника								
4	Графы четырехполосников и их простые соединения	4	5	0,6	0,4	0,4		13	
5	Анализ электрических цепей при несинусоидальных периодических напряжениях и токах. Расчет мгновенных значений напряжений и токов. Действующие значения токов и напряжений. Ряд Фурье в комплексной форме	4	6	0,6	0,4	0,4		13	Рейтинг-контроль № 1
6	Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях. Классический метод расчета переходных процессов в разветвленных цепях	4	7-9	0,6	0,4	0,4		13	
7	Переходные и импульсные характеристики цепей. Расчет переходных процессов при воздействии источников ЭДС и тока произвольной формы	4	10-12	0,6	0,4	0,4		13	Рейтинг-контроль № 2
8	Операторный метод расчета переходных процессов. Прямое и обратное преобразования Лапласа	4	13-15	0,6	0,4	0,4		13	
9	Теорема разложения. Уравнения электрических цепей в операторной форме. Матричные уравнения цепи в операторной форме	4	16-17	0,6	0,4	0,4		14	
10	Преобразования Фурье и спектральные характеристики. Применение преобразования Фурье к расчету переходных процессов	4	18	0,6	0,4	0,4		13	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 4 семестр:				6	4	4		139	Экзамен (27)
1	Анализ электрических цепей с электронными элементами и взаимной индукцией. Трехполосные элементы цепей. Транзистор. Индуктивный трёхполосник	5	1	0,5	0,3			12	
2	Анализ простых цепей с взаимной индукцией. Анализ цепей с трансформаторами; матричный метод	5	2	0,5	0,4	1		12	
3	Расчет разветвлённых цепей с взаимной индукцией	5	3	0,5	0,3			12	
4	Преобразования цепей с взаимной индукцией	5	4	0,5	0,3			12	
5	Расчет цепей с невязными элементами в линейном режиме. Составление матричных уравнений с невязными элементами. Неопределённые мат-	5	5-6	0,5	0,4			12	Рейтинг-контроль № 1

	рицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений электронных трехполосников								
6	Элементы электрической цепи с распределёнными параметрами. Однородная двухпроводная линия. Её дискретная схема замещения. Система «телеграфных» уравнений	5	7-8	0,5	0,3			11	
7	Однородная двухпроводная линия в синусоидальных режимах	5	9-10	0,5	0,4	1		12	
8	Линия без искажений, линия без потерь, измерительная линия	5	11-12	0,5	0,3			11	Рейтинг-контроль № 2
9	Методы расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и напряжениях. Характерные нелинейности и графическое представление характеристик. Графический метод расчета цепей с последовательным соединением линейных и нелинейных элементов	5	13-15	0,5	0,3			12	
10	Графический метод расчета цепей с параллельным и последовательно-параллельным соединением линейных и нелинейных элементов	5	16	0,5	0,3			12	
11	Уравнения для магнитных цепей и аналогия с электрическими цепями. Графический метод расчета магнитных цепей	5	17	0,5	0,4			11	
12	Нелинейные элементы и их характеристики при переменных токах и напряжениях. Аналитические методы расчета нелинейных цепей	5	18	0,5	0,3			12	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 5 семестр:				6	4	2		141	Экзамен (27)
1	Понятие об электромагнитном поле (ЭМП). Физические величины, характеризующие ЭМП. Первичные источники ЭМП	6	1	0,3				6	
2	Дифференциальные операторы в теории ЭМП	6	2	0,3				5	
3	Законы теории ЭМП в интегральной и дифференциальной формах	6	3	0,4				6	
4	Связь между векторами ЭМП и электрофизическими свойствами среды	6	4	0,3				6	
5	Основные энергетические соотношения в теории ЭМП. Теорема Умова – Пойнтинга	6	5	0,4				6	
6	Граничные условия для векторов ЭМП на поверхностях раздела сред. Закон сохранения за-	6	6	0,3				6	Рейтинг-контроль № 1

	ряда в дифференциальной и интегральной формах								
7	Законы электростатики. Скалярная краевая задача электростатики	6	7	0,3				6	
8	Метод изображений. Наиболее важные частные случаи решения задач электростатики	6	8	0,4				6	
9	Законы постоянного электрического поля в проводящей среде. Аналогия этого поля с электростатическим полем	6	9	0,3				6	
10	Электрическое поле вблизи проводника с током. Постоянное электрическое поле в несовершенной изолирующей среде. Методы электрического моделирования физических полей	6	10	0,3				6	
11	Законы магнитостатики. Векторная краевая задача магнитостатики. Закон Био-Савара	6	11	0,4		1		6	
12	Интегральные параметры магнитостатического поля. Скалярная краевая задача магнитостатики	6	12	0,4		1		6	Рейтинг-контроль № 2
13	Метод пространственных интегральных уравнений в магнитостатике	6	13	0,3				6	
14	Наиболее важные частные случаи решения задач магнитостатики. Мощность, передаваемая по двухпроводной линии постоянного тока	6	14	0,4		1		6	
15	Переменное гармоническое ЭМП. Уравнения Максвелла в комплексной форме	6	15	0,3				6	
16	Комплексные параметры электрофизических свойств среды. Системы электродинамических потенциалов и соответствующие уравнения математической физики	6	16	0,3				6	
17	Элементарные излучатели гармонического ЭМП. Поверхностный эффект.	6	17	0,3				6	
18	Эффект близости. Принцип электромагнитного экранирования	6	18	0,3		1		6	Рейтинг-контроль № 3
Всего за бсеместр:				6		4		107	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР									+
Итого по дисциплине				24	16	14		522	4 экзамена (108)

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### Часть 1. Основы теории цепей (весь семестр 3)

#### Раздел 1. Элементы и параметры электрических цепей.

Понятие об электрической цепи. Классификация элементов и цепей. Резистивные, индуктивные и ёмкостные двухполюсники, их характеристики и параметры.

#### Раздел 2. Топологические понятия и соотношения теории цепей.

Законы Кирхгофа как следствие законов теории электромагнитного поля. Построение систем уравнений по законам Кирхгофа. Топологические параметры цепи. Законы Кирхгофа в матричной форме. Графы электрических цепей и их наиболее важные подграфы. Топологические матрицы и правила их заполнения.

#### Раздел 3. Линейные электрические цепи постоянного тока.

Алгебраические методы анализа цепей при установившемся режиме при постоянном токе. Матричная форма закона Ома. Составление матричных уравнений при наличии ветвей с идеальными источниками. Метод узловых потенциалов. Метод напряжений ветвей дерева. Метод контурных токов. Свойства и преобразования электрических цепей. Баланс мощностей. Принцип и метод наложения. Теорема взаимности. Теорема компенсации. Теорема об эквивалентном источнике.

#### Раздел 4. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

Расчет цепей, содержащих элементы  $R$ ,  $L$ ,  $C$  и источники гармонического напряжения и тока. Синусоидальные напряжения и токи и их параметры. Гармонический ток в сопротивлении  $R$ , индуктивности  $L$  и емкости  $C$ . Последовательная и параллельная цепи с элементами  $R$ ,  $L$ ,  $C$ . Метод комплексных амплитуд и комплексных действующих значений. Комплексные проводимости и сопротивления линейных пассивных двухполюсников. Мощности в синусоидальных режимах. Уравнения состояния электрических цепей в комплексной форме. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Узловые уравнения и контурные уравнения в комплексной форме. Топографические диаграммы. Баланс комплексных мощностей.

#### Раздел 5. Трёхфазные цепи в синусоидальных режимах.

Трёхфазные цепи. Основные понятия и соотношения. Симметричные трехфазные цепи и их расчет. Несимметричные трехфазные цепи. Измерение мощности в трехфазных цепях. Метод симметричных составляющих. Вращающееся магнитное поле.

#### Раздел 6. Линейные цепи с взаимной индукцией и невзаимными элементами.

Линеаризованные схемы замещения транзистора и индуктивного трёхполюсника. Анализ простых цепей с взаимной индукцией. Анализ цепей с трансформаторами; матричный метод. Расчет разветвлённых цепей с взаимной индукцией. Преобразования цепей с взаимной индукцией.

### Часть 2. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи (весь семестр 4)

#### Раздел 7. Цепи с невзаимными элементами в линейном режиме.

Составление матричных уравнений с невзаимными элементами. Неопределённые матрицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений электронных трехполюсников.

#### Раздел 8. Теория четырёхполюсников.

Многополюсники при синусоидальных токах и напряжениях. Основные уравнения четырехполюсников. Определение коэффициентов четырехполюсников. Эквивалентные схемы четырехполюсника. Режим четырехполюсника при нагрузке. Характеристическое сопротивление и коэффициент передачи четырехполюсника. Графы четырехполюсников и их простые соединения.

Раздел 9. Несинусоидальные периодические режимы в линейных электрических цепях.

Разложение несинусоидальных периодических токов и напряжений в ряд Фурье. Применение различных форм этого разложения (в том числе и комплексных) для расчёта мгновенных значений токов и напряжений. Коэффициенты, характеризующие форму ос-

циллограмм токов и напряжений. Мощности при несинусоидальных периодических режимах.

Раздел 10. Переходные процессы в линейных электрических цепях.

Понятие о переходных процессах. Их отличие от установившихся процессов. Законы коммутации. Классический метод анализа переходных процессов. Переходные и импульсные характеристики электрических цепей. Расчёт переходных процессов при воздействии ЭДС и токов источников произвольной (непериодической) формы, интеграл Дюамеля. Прямое и обратное преобразование Лапласа. Операторные уравнения и операторные схемы замещения резистивных, индуктивных и ёмкостных элементов. Операторный метод расчёта переходных процессов. Прямое и обратное преобразование Фурье. Спектральный метод анализа переходных процессов.

Раздел 11. Линейные цепи с распределёнными параметрами.

Элементы электрической цепи с распределёнными параметрами. Однородная двухпроводная линия. Её дискретная схема замещения. Система «телеграфных» уравнений. Однородная двухпроводная линия в синусоидальных режимах. Линия без искажений, линия без потерь, измерительная линия.

Раздел 12. Нелинейные электрические и магнитные цепи.

Классификация методов расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и напряжениях. Характерные нелинейности и графическое представление характеристик. Графический метод расчета цепей с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным соединением линейных и нелинейных элементов. Понятие о магнитных цепях. Аналогия уравнений электрических и магнитных цепей. Соответствие физических величин. Графический метод анализа статических режимов магнитных цепей. Нелинейные элементы и их характеристики при переменных токах и напряжениях. Аналитические методы расчета нелинейных цепей.

Часть 3. Теория электромагнитного поля (весь семестр 5)

Раздел 13. Основные понятия и общие вопросы теории электромагнитного поля.

Понятие об электромагнитном поле (ЭМП). Физические величины, характеризующие ЭМП. Первичные источники ЭМП. Дифференциальные операторы в теории ЭМП. Законы теории ЭМП в интегральной и дифференциальной формах. Связь между векторами ЭМП и электрофизическими свойствами среды. Основные энергетические соотношения в теории ЭМП. Теорема Умова – Пойнтинга. Граничные условия для векторов ЭМП на поверхностях раздела сред. Закон сохранения заряда в дифференциальной и интегральной формах.

Раздел 14. Электростатическое поле.

Законы электростатики. Скалярная краевая задача электростатики. Метод изображений. Энергия системы заряженных проводников. Наиболее важные частные случаи решения задач электростатики.

Раздел 15. Электрическое поле постоянного тока в проводящей среде.

Законы постоянного электрического поля в проводящей среде. Аналогия этого поля с электростатическим полем. Электрическое поле вблизи проводника с током. Постоянное электрическое поле в несовершенной изолирующей среде. Методы электрического моделирования физических полей.

Раздел 16. Магнитостатическое поле.

Законы магнитостатики. Векторная краевая задача магнитостатики. Закон Био-Савара. Интегральные параметры магнитостатического поля. Скалярная краевая задача магнитостатики. Метод пространственных интегральных уравнений в магнитостатике. Наиболее важные частные случаи решения задач магнитостатики. Мощность, передаваемая по двухпроводной линии постоянного тока.

Раздел 17. Переменное гармоническое электромагнитное поле.

Понятие о переменном гармоническом ЭМП. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры электрофизических свойств среды. Системы электроди-

намических потенциалов и соответствующие уравнения математической физики. Элементарные излучатели гармонического ЭМП. Поверхностный эффект. Эффект близости. Принцип электромагнитного экранирования.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

#### **Часть 1. Основы теории цепей (весь семестр 3)**

Решение задач по применению уравнений активных и пассивных двухполюсников (1 час).

Составление систем линейно-независимых уравнений по законам Кирхгофа для разветвлённых электрических цепей (1 час).

Составление графов и топологических матриц электрических цепей (1 час).

Составление полных систем уравнений линейных электрических цепей относительно токов и напряжений ветвей или их пассивных участков в режиме постоянного тока (1 час).

Решение задач по применению метода узловых потенциалов в линейных цепях постоянного тока (1 час).

Решение задач по применению методов контурных токов и напряжений ветвей дерева в линейных цепях постоянного тока (1 час).

Эквивалентные преобразования линейных электрических цепей и расчёты балансов мощностей в режиме постоянного тока (1 час).

Базовые задачи по применению метода комплексных амплитуд и комплексных действующих значений синусоидально изменяющихся токов и напряжений (1 час).

Расчёты комплексных токов, напряжений и мощностей в простейших линейных цепях синусоидального тока (1 час).

Составление полных систем уравнений состояния линейных разветвлённых цепей синусоидального тока в комплексно-матричной форме (1 час).

Решение задач по применению методов узловых потенциалов, контурных токов и напряжений ветвей дерева с построением векторных и топографических диаграмм и расчётом балансов мощностей в линейных цепях синусоидального тока (1 час).

Расчёты симметричных режимов работы трёхфазных цепей (1 час).

Расчёты несимметричных режимов работы трёхфазных цепей с построением векторных и топографических диаграмм (2 часа).

Анализ простейших цепей с невзаимными и индуктивно связанными трёхполюсниками в синусоидальных режимах с применением схем замещения с зависимыми источниками (1 час).

Анализ синусоидального режима линейной индуктивно связанной схемы замещения однофазного трансформатора, питающего двухполюсную нагрузку (1 час).

Анализ синусоидального режима разветвлённой линейной электрической цепи с учётом индуктивных связей заданных пар ветвей (1 час).

Решение задач по преобразованию цепей с взаимной индукцией (1 час).

#### **Часть 2. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи (весь семестр 4)**

Анализ синусоидального режима разветвлённой линейной электрической цепи с включением зависимых источников в заданные ветви (2 часа).

Составление уравнений четырёхполюсников по их заданным схемам (2 часа).

Определение коэффициентов четырёхполюсников различных форм уравнений по их заданным схемам (2 часа).

Анализ синусоидальных режимов четырёхполюсников при подключении нагрузок к их выходным зажимам (2 часа).

Расчёты характеристических параметров четырёхполюсников (2 часа).

Разложение типовых периодических токов и напряжений на гармонические составляющие и расчёты коэффициентов, характеризующих их форму (2 часа).

Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях классическим методом (4 часа).

Анализ переходных процессов в линейных электрических цепях операторным методом (4 часа).

Расчёты комплексных спектральных характеристик простейших непериодических сигналов (2 часа).

Анализ синусоидального режима однородной двухпроводной линии по дискретной схеме замещения (2 часа).

Анализ синусоидального режима однородной двухпроводной линии с применением телеграфных уравнений в комплексной форме (2 часа).

Анализ синусоидальных волновых процессов в линии без искажений и без потерь при различных режимах нагрузки (2 часа).

Анализ режимов постоянного тока в нелинейных цепях с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным соединением двухполюсников графическим методом (4 часа).

Анализ постоянных режимов нелинейных неразветвлённых и разветвлённых магнитных цепей графическим методом (4 часа).

### Часть 3. Теория электромагнитного поля (весь семестр 5)

Анализ кулоновских силовых взаимодействий в замкнутой системе трёх точечных зарядов на плоскости (1 час).

Анализ вариантов распределений векторов электростатического поля заряженной сферы и коаксиальной системы проводников (1 час).

Анализ электростатических полей в плоских конденсаторах с многослойной или неоднородной изоляцией (1D модель) (2 часа).

Анализ электростатических полей в цилиндрических конденсаторах с многослойной или неоднородной изоляцией (1D модель) (2 часа).

Анализ электростатических полей в системах двух параллельных цилиндрических проводников с несовпадающими осями (2 часа).

Анализ электростатического поля в двухпроводной линии с учётом влияния земли (2 часа).

Анализ поля растекания тока заземлителя в форме системы сфер или полусфер (2 часа).

Анализ электрического поля в несовершенной неоднородной изоляции плоского конденсатора (2 часа).

Анализ магнитостатических полей в системах простых геометрических форм (2 часа).

Моделирование поверхностного эффекта в плоской проводящей магнитной пластине с линейными свойствами (1D модель) (2 часа).

### Содержание лабораторных занятий по дисциплине

#### Семестр 3

Знакомство с компьютеризированным стендом. Исследование линейной электрической цепи постоянного тока (4 часа).

Исследование разветвлённой цепи постоянного тока с несколькими источниками ЭДС (4 часа).

Исследование линейных неразветвлённых цепей синусоидального тока (4 часа).

Исследование линейных разветвлённых цепей синусоидального тока (4 часа).

Исследование трёхфазной цепи, соединённой звездой (2 часа).

#### Семестр 4

Исследование линейных пассивных четырёхполюсников (4 часа).

Исследование линейной электрической цепи с несинусоидальной периодической ЭДС (4 часа).

Исследование переходных процессов в цепи с катушкой индуктивности и резисторами (4 часа).

Исследование переходных процессов в цепи с конденсатором и резисторами (4 часа).

Исследование переходных процессов в последовательной RLC цепи (2 часа).

#### Семестр 5

Исследование магнитостатического поля цилиндрической катушки (4 часа).

Исследование взаимной индуктивности круглых и прямоугольных катушек (4 часа).

Исследование магнитного и электромагнитного экранирования (4 часа).

Компьютерное моделирование электрического поля постоянного тока в несовершенной изоляции коаксиального кабеля (3 часа).

Компьютерное моделирование поверхностного эффекта и эффекта близости в экранированном двужильном кабеле (3 часа).

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

### **5.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля**

#### Семестр 3. Рейтинг- контроль 1.

1. При каком условии параметры элемента электрической цепи считают сосредоточенными?
2. Запишите словесную формулировку принципа взаимности для элемента электрической цепи.
3. Запишите словесную формулировку принципа суперпозиции (положения) для линейной электрической цепи.
4. Запишите определение идеального источника ЭДС и покажите его графическое изображение на схеме.
5. Запишите формулу, связывающую ток и напряжение на зажимах реального источника ЭДС, и покажите его графическое изображение на схеме.
6. Запишите определение идеального источника тока и покажите его графическое изображение на схеме.
7. Запишите формулу, связывающую ток и напряжение на зажимах реального источника тока, и покажите его графическое изображение на схеме.
8. Запишите формулу, связывающую ток и напряжение на зажимах двухполюсного резистивного элемента, и формулу для определения электрической энергии, поступающей в такой элемент.
9. Запишите формулу, связывающую напряжение и потокосцепление двухполюсного индуктивного элемента (индуктивности). Запишите подобную формулу для линейной индуктивности.
10. Запишите формулу для определения энергии, поступающей в индуктивность.
11. Запишите формулу, связывающую ток и заряд двухполюсного емкостного элемента (емкости). Запишите подобную формулу для линейной емкости.
12. Запишите формулу для определения энергии, поступающей в емкость.
13. Запишите формулу закона Кирхгофа для произвольного узла электрической цепи и формулу закона Кирхгофа для произвольного контура цепи и соответствующие словесные формулировки этих законов.
14. Запишите определение графа электрической цепи и его подграфов.
15. Запишите определение матрицы соединений (узловой матрицы) и правила составления этой матрицы.

16. Запишите, с использованием узловой матрицы, закон Кирхгофа для токов и формулу, связывающую напряжение ветвей и потенциалы узлов схемы.
17. Запишите определение матрицы контуров и правила составления этой матрицы.
18. Запишите, с использованием матрицы контуров, закон Кирхгофа для напряжений и формулу, связывающую токи ветвей и контурные токи.
19. Изобразите схему ветви электрической цепи, содержащую сопротивление, источник ЭДС и источник тока и запишите для нее закон Ома в алгебраической форме.
20. Запишите в матричной форме закон Ома для всех ветвей схемы электрической цепи и опишите все слагаемые в этой формуле.
21. На конкретном примере покажите, как исключается из схемы идеальный источник тока, и объясните зачем нужно такое преобразование.
22. На конкретном примере покажите, как исключается из схемы идеальный источник э.д.с. и объясните зачем нужно такое преобразование.
23. Запишите в матричной форме узловые уравнения и покажите в развернутом виде матрицу узловых проводимостей и матрицу узловых токов.
24. Запишите правила составления узловых уравнений в матричной форме.
25. Запишите в матричной форме контурные уравнения и покажите в развернутом виде матрицу контурных сопротивлений и матрицу контурных ЭДС.
26. Запишите правила составления контурных уравнений в матричной форме.

#### Семестр 3. Рейтинг- контроль 2.

1. Запишите в алгебраической форме уравнение баланса мощностей в электрической цепи и объясните слагаемые этого уравнения.
2. Запишите в матричной и алгебраической форме принцип и метод наложения для токов в электрической цепи. Объясните слагаемые этих уравнений.
3. Запишите в матричной и алгебраической форме принцип и метод наложения для напряжений в электрической цепи. Объясните слагаемые этих уравнений.
4. Запишите словесную формулировку теоремы взаимности (теоремы обратимости) для линейной электрической цепи.
5. Запишите словесную формулировку теоремы компенсации для электрической цепи.
6. Запишите формулу для расчета тока ветви по теореме об эквивалентном источнике и нарисуйте соответствующую этой формуле эквивалентную схему.
7. Запишите формулу для расчета напряжения ветви по теореме об эквивалентном источнике и нарисуйте соответствующую этой формуле эквивалентную схему.
8. Какими параметрами определяется синусоидальные токи и напряжения? Почему промышленная частота переменного тока равна 50Гц?
9. Запишите формулу, определяющую ЭДС генератора гармонической ЭДС, и объясните величины, входящие в эту формулу.
10. Запишите формулу для расчета активной мощности, действующего значения тока и напряжения при гармоническом токе в активном сопротивлении «г».
11. Запишите формулы для расчета реактивной мощности в индуктивности; укажите размерность этой мощности. Изобразите на комплексной плоскости взаимное расположение комплексных действующих значений векторов напряжения и тока в индуктивности.
12. Запишите формулы для расчета реактивного сопротивления и реактивной мощности в емкости; укажите размерность этой мощности. Изобразите на комплексной плоскости взаимное расположение комплексных действующих значений векторов напряжения и тока в емкости.
13. Для схемы с последовательно включенными элементами  $r, L, C$ , подключенной к источнику гармонической ЭДС, заданы параметры всех элементов схемы. Запишите формулы для расчета действующего значения тока в схеме и сдвига фаз между напряжением и током в схеме.
14. При каком условии в схеме с последовательно включенными элементами  $r, L, C$ , под-

ключенной к источнику гармонической ЭДС, возникает резонанс напряжений? Какую особенность имеет этот режим работы схемы?

15. При каком условии в схеме с параллельно включенными элементами  $r, L, C$ , подключенной к источнику гармонического тока, возникает резонанс токов? Какую особенность имеет этот режим работы схемы?

16. Напишите формулу для комплексного сопротивления произвольной ветви схемы в показательной и алгебраической форме. Напишите такую формулу для ветви, состоящей из последовательно соединенных элементов  $r, L, C$ .

17. Напишите формулу для комплексной проводимости произвольной ветви схемы в показательной и алгебраической форме. Напишите такую формулу для пассивного участка ветви, содержащей параллельно соединенные элементы  $r, L, C$ .

18. Напишите формулы для расчета мощностей по комплексным напряжению и току, а также по комплексным сопротивлениям и проводимостям.

19. Запишите закон Ома для произвольной ветви, содержащей комплексное сопротивление  $Z_k$  и гармонический источник э.д.с. и тока, в комплексной форме. Запишите в матричной форме уравнения Кирхгофа для комплексных значений токов и напряжений.

20. Запишите матричные узловые уравнения и контурные уравнения в комплексной форме; запишите формулу для расчета матрицы контурных сопротивлений.

### Семестр 3. Рейтинг- контроль 3.

1. Запишите формулы, определяющие связь между фазными и линейными (междуфазными) напряжениями и токами в симметричной трехфазной системе при соединении фаз «треугольником» и «звездой».

2. Запишите формулы для расчета комплексных мощностей в симметричной трехфазной системе при соединении фаз «треугольником» и «звездой».

3. Объясните роль нулевого провода при соединении фаз «звездой», рассматривая трехфазную систему как схему с двумя узлами  $O$  и  $O_1$  и анализируя формулу для расчета напряжения на нулевом проводе.

4. Объясните, почему для измерения активной мощности несимметричной трехпроводной трехфазной цепи достаточно иметь два ваттметра.

5. Нарисуйте схему для измерения реактивной мощности в симметричной трехфазной цепи, векторную диаграмму для этой цепи; напишите формулу, поясняющую возможности измерения реактивной мощности.

6. Запишите формулы для расчета токов в фазах  $A, B, C$  при несимметричном режиме трехфазной цепи через симметричные составляющие этих токов.

7. Запишите формулы для расчета токов симметричных составляющих через фазные токи фаз  $A, B, C$ .

8. Сформулируйте условия создания вращающегося магнитного поля в электрических машинах, подключенных к многофазным симметричным системам напряжений.

9. Для трехполюсного элемента транзистора нарисуйте схему, содержащую упрощенное изображение транзистора нарисуйте схему, содержащую упрощенное изображение транзистора и два источника ЭДС, питающие его; объясните принцип действия транзистора.

10. Напишите систему уравнений для входного и выходного напряжения транзистора и его эквивалентную схему, содержащую зависимый источник ЭДС.

11. Напишите систему уравнений для переменных составляющих входного и выходного напряжения транзистора и его эквивалентную схему, содержащую зависимый источник тока.

12. Для индуктивного трехполюсника запишите формулы для определения потокосцеплений  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$  через собственные и взаимные индуктивности.

13. Для индуктивного трёхполюсника запишите формулы для расчета первичного и вторичного напряжения через собственные и взаимные индуктивности.

14. Запишите формулу для коэффициента трансформации трансформатора и обоснуйте ее, исходя из закона электромагнитной индукции.

15. Запишите формулу для расчета энергии, потребляемой трансформатором, и объясните физический смысл слагаемых этой формулы.
16. Нарисуйте векторные диаграммы для согласного и встречного включения двух последовательно соединенных катушек индуктивности. Объясните принципиальное различие этих диаграмм.
17. Нарисуйте схему двухобмоточного трансформатора и запишите систему уравнений для него в комплексной форме.
18. Напишите формулу для входного сопротивления трансформатора и объясните его слагаемые.
19. Напишите уравнение баланса активных мощностей в трансформаторе и объясните слагаемые этого уравнения.
20. Запишите матрицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений четырехполюсного трансформатора.

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 1.

1. Запишите матрицу сопротивлений  $[Z]$  транзистора, включенного по схеме с общей базой.
2. Запишите матрицу проводимостей  $[Y]$  транзистора, включенного по схеме с общей базой.
3. Запишите неопределенную матрицу проводимостей транзистора, включенного по схеме с общей базой.
4. Нарисуйте три возможные схемы включения транзистора и укажите названия этих схем.
5. Напишите узловые и контурные уравнения в комплексной форме для расчета схем с транзисторами. Объясните их особенности.
6. Запишите уравнения четырехполюсника в форме  $Z$ . Напишите соотношения для расчета коэффициентов этих уравнений.
7. Запишите уравнения четырехполюсника в форме  $Y$ . Напишите соотношения для расчета коэффициентов этих уравнений.
8. Запишите уравнения четырехполюсника в форме  $H$ . Укажите для расчета, каких цепей (схем) применяется такая форма уравнений.
9. Запишите уравнения четырехполюсника в форме  $A$  для включения источника к входным зажимам (первый вариант) и для включения источника к выходным зажимам (второй вариант).
10. Каким соотношением связаны коэффициенты уравнений в форме  $A$  для взаимных цепей? Какой четырехполюсник называют симметричным?
11. Каким соотношением связаны входные сопротивления четырехполюсника, описываемого уравнениями в форме  $A$ .
12. Изобразите эквивалентные схемы четырехполюсников, непосредственно удовлетворяющие уравнениям в форме  $Z$  и форме  $Y$ .
13. Запишите входное сопротивление четырехполюсника при прямом питании (со стороны входных зажимов), выраженное через сопротивления при разомкнутых и короткозамкнутых зажимах.
14. Запишите входное сопротивление четырехполюсника при обратном питании (со стороны выходных зажимов), выраженное через сопротивления при разомкнутых и короткозамкнутых зажимах.
15. Запишите определение входного сопротивления четырехполюсника и формулу для его расчета через коэффициенты уравнений в форме  $A$ .
16. Какой формулой определяется комплексный коэффициент передачи четырехполюсника? Какой физический смысл действительной и мнимой частей этого коэффициента?
17. Изобразите сигнальные графы четырехполюсников в форме  $A$  и  $Z$ .
18. Изобразите сигнальные графы четырехполюсников в форме  $Y$  и  $H$ .

19. Изобразите схему каскадного соединения двух четырехполюсников, представленных коэффициентами уравнений в форме А и сигнальный граф, соответствующий этому соединению. Запишите уравнения связи между входными и выходными напряжениями и токами, выраженные через коэффициенты обоих четырехполюсников.
20. Запишите ряд Фурье для периодического несинусоидального напряжения в виде суммы слагаемых с начальными фазами (первый вариант) и в виде суммы слагаемых без начальных фаз (второй вариант).
21. Запишите формулы связи амплитуд и начальных фаз слагаемых ряда Фурье с начальными фазами с коэффициентами ряда Фурье без начальных фаз.
22. Запишите формулу для расчета действующего значения несинусоидального периодического тока через действующие значение токов гармоник.
23. Запишите определения для коэффициентов формы, коэффициента амплитуды и коэффициента искажения несинусоидальной периодической функции (напряжения, тока).
24. Запишите формулу для расчета активной мощности при периодических несинусоидальных токах и напряжениях.
25. Запишите ряд Фурье в комплексной форме.

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 2.

1. Классический метод расчета переходных процессов. Вывод правил коммутации для тока в катушке и напряжения на емкости.
2. Определение свободной составляющей переходного процесса (напряжения, тока) при простых и кратных корнях характеристического уравнения электрической цепи.
3. Порядок расчета переходных процессов классическим методом.
4. Изобразите графически единичную функцию и дельта-функцию и напишите формулу связи между этими функциями. Напишите формулу связи между переходной и импульсной характеристикой цепи.
5. Напишите формулу для расчета тока  $i(t)$  в цепи, на которую воздействует напряжение произвольной формы, значение которого равно нулю в нулевой момент времени.
6. Напишите формулу для расчета тока  $i(t)$  в цепи, на которую воздействует напряжение произвольной формы, значение которого  $u(0) \neq 0$  в нулевой момент времени.
7. Запишите законы (правила) коммутации для схем содержащих емкостные контуры и индуктивные сечения.
8. Запишите формулы для прямого и обратного преобразования Лапласа.
9. Запишите формулы для расчета тока  $i(t)$  по теореме разложения при простых корнях полинома  $M(P)$  для изображения искомого тока  $I(P) = N(P)/M(P)$ .
10. Изобразите последовательную и параллельную операторные эквивалентные схемы индуктивности. Объясните физический смысл элементов этих схем.
11. Изобразите последовательную и параллельную операторные эквивалентные схемы емкости. Объясните физический смысл элементов этих схем.
12. Запишите в матричной форме закон Ома для изображений напряжений и токов для произвольной операторной схемы.
13. Запишите в матричной форме законы Кирхгофа для произвольной операторной схемы.
14. Запишите формулы для прямого и обратного преобразования Фурье. Запишите формулу для расчета энергии непериодического сигнала.
15. Выведите формулу для комплексного коэффициента передачи дифференцирующей цепи, составленной из последовательно соединенных элементов  $r, C$ . Определите амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики этой цепи.
16. Выведите формулу для комплексного коэффициента передачи интегрирующей цепи, составленной из последовательно соединенных элементов  $r, C$ . Определите амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики этой цепи.

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 3.

1. Укажите характерные нелинейности и графические характеристики типичных нелинейных элементов электрических и магнитных цепей.

2. Укажите на конкретном примере порядок расчета неразветвленных электрических цепей с последовательным соединением двух нелинейных элементов.
3. Укажите на конкретном примере порядок расчета электрической цепи с параллельным соединением двух ветвей с нелинейными элементами.
4. Укажите на конкретном примере порядок расчета электрической цепи с последовательно-параллельным соединением линейных и нелинейных элементов.
5. Запишите соответствия между электрическими и магнитными величинами, а также соответствующие формулы для расчета магнитного сопротивления для участка магнитной цепи с равномерным и неравномерным магнитным полем.
6. Запишите законы Кирхгофа для магнитной цепи.
7. Запишите порядок расчета неразветвленной магнитной цепи при прямой задаче (задан магнитный поток) и при обратной задаче (задана намагничивающая сила).
8. Какие характеристики нелинейных элементов используют при переменных напряжениях и токах.
9. Объясните особенности инерционных и безинерционных нелинейных элементов.
10. Объясните термин «аппроксимация» характеристик нелинейных элементов. Какие виды аппроксимации таких элементов используют при расчетах нелинейных цепей.
11. Объясните сущность метода гармонического баланса при расчете нелинейных цепей и запишите соответствующее исходное уравнение и его решение.
12. Объясните суть метода эквивалентных синусоид на примере расчета режима работы катушки с ферромагнитным сердечником. Нарисуйте векторную диаграмму такой катушки.
13. Нарисуйте схему замещения катушки с ферромагнитным сердечником.
14. Нарисуйте векторную диаграмму трансформатора с ферромагнитным сердечником.
15. Изобразите схему замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником.
16. Нарисуйте схему однополупериодного выпрямителя и для такой схемы с гармоническим источником напряжения, идеальным вентилем и активным сопротивлением  $r$ ; определите средние и действующие значение тока.
17. Объясните, почему в электрической цепи с гармоническим источником напряжения, идеальным вентилем и активным сопротивлением  $r$  коэффициент мощности  $\cos(\varphi)_{\text{экр}} < 1$ .
18. Изобразите вольтамперную характеристику опорного диода (стабилитрона), укажите рабочий участок этой характеристики и простейшую схему для стабилизации или одностороннего ограничения.

#### Семестр 5. Рейтинг- контроль 1.

1. Что называется электромагнитным, электрическим и магнитным полем?
2. Что называют вектором напряжённости электрического поля?
3. Что называют вектором магнитной индукции?
4. Какая сила (количественно) действует в магнитном поле на криволинейный и прямолинейный проводник?
5. Что такое электрический диполь, и какой физической величиной он характеризуется?
6. Что такое магнитный диполь, и какой физической величиной он характеризуется?
7. Что такое электрическая поляризованность вещества? Как она количественно выражается?
8. Что такое намагниченность вещества? Как она количественно выражается?
9. Дайте общее определение электрического смещения.
10. Дайте общее определение напряжённости магнитного поля.
11. Что такое объёмная плотность электрического заряда.
12. Что такое плотность тока?
13. Сформулируйте закон полного тока в интегральной форме.
14. Сформулируйте закон электромагнитной индукции в интегральной форме.
15. Чему равен поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность?

16. Сформулируйте закон непрерывности линий магнитной индукции в интегральной форме.
17. Сформулируйте закон полного тока в дифференциальной форме. Прокомментируйте компоненты плотности полного тока.
18. Сформулируйте закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме.
19. Сформулируйте закон непрерывности линий магнитной индукции в дифференциальной форме.
20. Сформулируйте закон, количественно выражающий истоки векторного поля электрического смещения в дифференциальной форме.
21. Сколько энергии на единицу объёма нужно затратить, чтобы перевести точку наблюдения  $Q$  из состояния  $(\mathbf{E} = 0, \mathbf{D} = 0)$  в состояние  $(\mathbf{E}(Q,t), \mathbf{D}(Q,t))$ ?
22. Сколько энергии на единицу объёма нужно затратить, чтобы перевести точку наблюдения  $Q$  из состояния  $(\mathbf{H} = 0, \mathbf{B} = 0)$  в состояние  $(\mathbf{H}(Q,t), \mathbf{B}(Q,t))$ ?
23. Чему равна объёмная плотность энергии электромагнитного поля? Чему равна обратимая составляющая этой плотности энергии?
24. Чему равна объёмная плотность мощности тепловых потерь от токов проводимости?
25. Чему равна объёмная плотность мощности сторонних источников электромагнитного поля?
26. Как ведёт себя вектор напряжённости магнитного поля на поверхности раздела сред?
27. Как ведёт себя вектор напряжённости электрического поля на поверхности раздела сред?
28. Как ведёт себя вектор электрического смещения на поверхности раздела сред?
29. Как ведёт себя вектор магнитной индукции на поверхности раздела сред?
30. Из какого закона следует закон сохранения заряда в дифференциальной форме и как он записывается?
31. Сформулируйте закон сохранения заряда в интегральной форме.
32. Как ведёт себя вектор полной плотности тока на поверхности раздела сред?
33. Как ведёт себя вектор плотности тока проводимости на поверхности раздела сред, если в анализируемой системе отсутствуют сторонние электрические токи?
34. Чему равна электромагнитная мощность, излучаемая некоторым объёмом в окружающее пространство?
35. Запишите общий вид уравнения баланса электромагнитных мощностей для некоторого объёма.
36. Чему равна плотность потока электромагнитной мощности? Какой физической величиной она характеризуется?

#### Семестр 5. Рейтинг- контроль 2.

1. Что называют электростатическим полем?
2. Запишите уравнения электростатики в дифференциальной форме.
3. Как ведёт себя вектор напряжённости электрического поля в электростатическом поле на границе двух диэлектриков.
4. Как ведёт себя вектор электрического смещения в электростатическом поле на границе двух диэлектриков.
5. Как ведут себя векторы электрического поля в электростатическом поле на границе раздела проводника и диэлектрика?
6. Как выражается напряжённость электрического поля в электростатическом поле через скалярный электрический потенциал?
7. Запишите линейное уравнение электростатики относительно скалярного электрического потенциала.
8. Как формулируется скалярная краевая задача анализа электростатического поля?
9. Чему равна энергия системы заряженных проводников в электростатическом поле?
10. Запишите фундаментальное решение уравнения электростатики для скалярного электрического потенциала и для напряжённости электрического поля.

11. Как выражается распределение скалярного электрического потенциала через известное распределение зарядов и поляризованности вещества?
12. Математически опишите поле электрического диполя.
13. Математически опишите поле бесконечно длинной заряженной оси.
14. Запишите формулу для распределения скалярного электрического потенциала вокруг системы двух разноимённо заряженных параллельных бесконечно длинных осей.
15. Докажите, что поверхности равного потенциала поля двух разноимённо заряженных параллельных бесконечно длинных осей представляют собой цилиндры с осями, параллельными электрическим осям. Запишите формулы для координат осей и радиусов этих цилиндров.
16. Запишите формулу для определения ёмкости коаксиального кабеля на единицу длины.
17. Как рассчитывается ёмкость «коаксиального» кабеля со смещённой жилой на единицу длины?
18. Как рассчитывается ёмкость двухпроводной линии с цилиндрическими проводами разного радиуса?
19. Как рассчитывается ёмкость двухпроводной линии с цилиндрическими проводами одинакового радиуса?
20. Как рассчитывается ёмкость системы цилиндр - плоскость (на единицу длины)?
21. Как рассчитываются потенциальные коэффициенты проводников двухпроводной линии с учётом влияния земли?
22. Как рассчитываются ёмкостные коэффициенты проводников двухпроводной линии с учётом влияния земли?
23. Как рассчитываются частичные ёмкости проводников двухпроводной линии с учётом влияния земли?
24. Как рассчитывается рабочая ёмкость двухпроводной линии с учётом влияния земли?
25. Что называют потенциальными коэффициентами системы проводников в электростатическом поле?
26. Что называют ёмкостными коэффициентами системы проводников в электростатическом поле?
27. Что называют частичными ёмкостями системы проводников в электростатическом поле?
28. Запишите уравнения постоянного электрического поля в проводящей среде в дифференциальной форме.
29. Расскажите об особенностях электрического поля в диэлектрике вблизи проводника с током.
30. Расскажите об особенностях расчёта постоянного электрического поля в несовершенных изолирующих средах.
31. Сформулируйте основные законы магнитостатики в интегральной форме.
32. Сформулируйте основные законы магнитостатики в дифференциальной форме.
33. Что называют магнитными полюсами?
34. Запишите линейаризованное уравнение материальной связи между векторами магнитной индукции и напряжённости магнитного поля.
35. Чему равна обратимая составляющая объёмной плотности энергии магнитостатического поля?
36. Как в общем случае выражается распределение напряжённости магнитного поля через скалярный магнитный потенциал?
37. Запишите линейное уравнение магнитостатики относительно скалярного магнитного потенциала.
38. Сформулируйте скалярную краевую задачу магнитостатики.

### Семестр 5. Рейтинг- контроль 3.

1. Расскажите о принципе действия магнитных экранов.
2. Запишите пространственное интегральное уравнение магнитостатики относительно вектора намагниченности вещества.
3. Используя теорему Умова-Пойнтинга, выведите соотношение, определяющее мощность, передаваемую по двухпроводной линии постоянного тока.
4. Что называют переменным гармоническим электромагнитным полем?
5. Что называют комплексной амплитудой гармонически изменяющегося вектора в пространстве?
6. Что называют комплексным действующим значением гармонически изменяющегося вектора в пространстве?
7. Как выражается мгновенное значение вектора в пространстве через его комплексные представления?
8. Запишите уравнения Максвелла в комплексной форме.
9. Запишите уравнения материальной связи в комплексной форме.
10. Чему равна комплексная электромагнитная мощность, излучаемая некоторым объёмом в окружающее пространство?
11. Запишите уравнение баланса комплексных электромагнитных мощностей для некоторого объёма в пространстве.
12. Чему равна плотность потока комплексной электромагнитной мощности? Какой физической величиной она характеризуется?
13. Что называют комплексной диэлектрической проницаемостью вещества в гармоническом электромагнитном поле? Какими параметрами она характеризуется?
14. Что называют комплексной магнитной проницаемостью вещества в гармоническом электромагнитном поле? Какими параметрами она характеризуется?
15. Что такое комплексная удельная электрическая проводимость вещества на фиксированной частоте?
16. Что называют комплексной эффективной диэлектрической проницаемостью вещества на фиксированной частоте?
17. Что такое векторный магнитный и скалярный электрический потенциалы и как они вводятся в модели гармонических электромагнитных полей?
18. Запишите общую систему уравнений математической физики относительно векторного магнитного и скалярного электрического потенциалов для гармонического электромагнитного поля.
19. Запишите векторное и скалярное уравнения Даламбера для однородной среды. Чему равна фазовая скорость распространения электромагнитной волны?
20. Запишите векторное и скалярное волновые уравнения для однородной среды. Чему равна пространственная частота электромагнитной волны?
21. Запишите формулы, определяющие распределение векторного магнитного и скалярного электрического потенциалов вокруг элементарного электрического излучателя (излучателя Герца).
22. Запишите формулы, определяющие распределение векторного магнитного и скалярного электрического потенциалов вокруг элементарного магнитного излучателя (излучателя Фицджеральда).
23. Что называют поверхностным эффектом и эффектом близости?
24. Какими уравнениями описывается распространение плоской волны в однородном проводящем полупространстве?
25. Какими соотношениями описывается распределение напряжённости электрического и магнитного поля при поверхностном эффекте в проводящем полупространстве?
26. Чему равен волновой импеданс проводника на фиксированной частоте и глубина проникновения электромагнитного поля в проводящее полупространство при поверхностном эффекте?

27. Какими соотношениями описывается поверхностный эффект в проводящем полупространстве?
28. Чему равна мощность потерь энергии на вихревые токи при синусоидальном перемагничивании плоской проводящей пластины?
29. Какими уравнениями описывается поверхностный эффект в круглом проводе?
30. Запишите формулы, описывающие распределение напряжённости электрического и магнитного поля, а также плотности тока проводимости в цилиндрическом проводнике при протекании по нему гармонического электрического тока.

#### Семестр 3. Контрольные вопросы по СРС.

1. Что такое электродвижущая сила?
2. Что называют резистивным двухполюсником?
3. Какая характеристика отражает свойства нелинейного резистивного двухполюсника?
4. Что такое электрическое сопротивление?
5. Что такое электрическая проводимость?
6. Какая характеристика отражает свойства двухполюсного источника электроэнергии?
7. Что такое внутреннее сопротивление и внутренняя проводимость линейного двухполюсного источника электроэнергии?
8. Что называют индуктивным двухполюсником?
9. Какая характеристика отражает свойства нелинейного индуктивного двухполюсника?
10. Что такое индуктивность?
11. Что называют ёмкостным двухполюсником?
12. Какая характеристика отражает свойства нелинейного ёмкостного двухполюсника?
13. Что такое электрическая ёмкость?
14. Сформулируйте правило формирования топологической матрицы узловых соединений.
15. Сформулируйте правило формирования топологической матрицы главных сечений.
16. Сформулируйте правило формирования топологической матрицы главных контуров.
17. Сформулируйте правила формирования матрицы узловых проводимостей.
18. Сформулируйте правила формирования столбцовой матрицы узловых токов источников.
19. Сформулируйте правила формирования матрицы проводимостей главных сечений.
20. Сформулируйте правила формирования столбцовой матрицы токов источников главных сечений.
21. Сформулируйте правила формирования матрицы контурных сопротивлений.
22. Сформулируйте правила формирования столбцовой матрицы контурных ЭДС.
23. Как выражается комплексная амплитуда синусоидально изменяющегося тока через параметры его изменения во времени?
24. Как выражается комплексное действующее значение синусоидально изменяющегося тока через параметры его изменения во времени?
25. Что такое делитель напряжения и как выражается его коэффициент передачи через сопротивления и проводимости?
26. Что такое делитель тока и как выражается его коэффициент передачи через сопротивления и проводимости?
27. Что такое импеданс и адмиттанс?
28. Что такое резонанс напряжений?
29. Что такое резонанс токов?

#### Семестр 4. Контрольные вопросы по СРС.

1. Что называют принуждённой составляющей режима цепи после коммутации?
2. Что называют свободной составляющей режима цепи после коммутации?
3. Какими свойствами обладает прямое преобразование Лапласа?
4. Что называют операторным изображением тока или напряжения?

5. Что называют операторным сопротивлением или проводимостью пассивного двухполюсного участка электрической цепи?
6. Что называют комплексной спектральной плотностью электрического сигнала?
7. Что называют амплитудной спектральной характеристикой электрического сигнала?
8. Что называют фазовой спектральной характеристикой электрического сигнала?
9. Что называют действительной спектральной характеристикой электрического сигнала?
10. Что называют мнимой спектральной характеристикой электрического сигнала?
11. Как получить сигнал (процесс) в виде функции времени, если известна его комплексная спектральная характеристика?
12. Как получить сигнал (процесс) в виде функции времени, если известна его действительная либо мнимая спектральная характеристика, если известно, что до начального момента времени ( $t=0$ ) сигнал был равен нулю?
13. Что называют элементами электрической цепи с распределёнными параметрами?
14. Какими первичными параметрами характеризуются свойства многопроводной линии? Что называют однородной линией?
15. Какими первичными параметрами характеризуются свойства двухпроводной линии?
16. Какими уравнениями описываются электромагнитные процессы в однородной двухпроводной линии?
17. Чем должна быть дополнена система телеграфных уравнений, чтобы она имела единственное решение относительно пространственно-временного распределения тока и напряжения?
18. Какими соотношениями описываются распределения комплексных действующих значений напряжения и тока вдоль длины однородной двухпроводной линии в синусоидальном режиме?
19. Что называют коэффициентом распространения, коэффициентом затухания и коэффициентом фазы однородной двухпроводной линии?
20. Какие соотношения позволяют представить однородную двухпроводную линию эквивалентным четырёхполюсником с сосредоточенными параметрами в синусоидальном режиме?
21. Какими соотношениями в комплексной форме описываются синусоидальные волны в однородной двухпроводной линии? Что такое волновое сопротивление линии?
22. Что такое коэффициент отражения в начале и в конце линии и как он выражается через волновое сопротивление и импеданс нагрузки?
23. В чём заключаются нежелательные эффекты, связанные с отражением волн в линии?
24. Что такое линия без искажений?
25. Что такое линия без потерь?
26. Стоячие волны в линии без потерь в режиме холостого хода.
27. Стоячие волны в линии без потерь в режиме короткого замыкания.
28. Стоячие волны в линии без потерь в режиме нагрузки на чисто реактивное сопротивление.
29. Что такое коэффициент бегущей волны?
30. Что такое измерительная линия?

#### Семестр 5. Контрольные вопросы по СРС.

1. В некоторой точке наблюдения напряжённость электрического поля равна 1 В/м. Что это значит?
2. В некоторой точке наблюдения магнитная индукция равна 1 Тл. Что это значит?
3. Какими физическими величинами количественно характеризуется электромагнитное поле? Как эти величины связаны с напряжённостью электрического поля и с магнитной индукцией, если точка наблюдения находится в вакууме?
4. Назовите первичные физические источники электромагнитного поля.
5. Какие типы электрических токов существуют в природе? Как они количественно выражаются?

6. Как описываются в общем случае статические диэлектрические и магнитные свойства вещества?
7. Какие допущения обычно принимаются при техническом описании диэлектрических и магнитных гистерезисных свойств вещества?
8. Запишите общий вид линеаризованной формы уравнений материальной связи, описывающих диэлектрические и магнитные свойства вещества.
9. Запишите и прокомментируйте линейную форму уравнения материальной связи, описывающего электропроводящие свойства вещества.
10. Как ведёт себя вектор напряжённости электрического поля на границе раздела проводников, если в анализируемой системе имеются сторонние источники ЭДС?
11. Как ведёт себя вектор плотности тока проводимости на границе раздела проводников, если в анализируемой системе имеются сторонние источники тока?
12. Как ведёт себя вектор плотности тока проводимости на границе раздела проводников, если в анализируемой системе имеются сторонние и внешние источники тока?
13. Запишите соотношения, характеризующую аналогию постоянного электрического поля в проводящей среде и электростатического поля в диэлектрике.
14. Как ведёт себя вектор напряжённости магнитного поля на границе раздела сред в магнитостатическом поле?
15. Как ведёт себя вектор магнитной индукции на границе раздела сред в магнитостатическом поле?
16. Что такое векторный магнитный потенциал? Запишите уравнение магнитостатики относительно векторного магнитного потенциала.
17. Сформулируйте векторную краевую задачу магнитостатики.
18. Запишите формулу для распределения векторного магнитного потенциала вокруг элемента тока.
19. Запишите формулу для распределения напряжённости магнитного поля вокруг элемента тока.
20. Как выражается магнитный поток через векторный магнитный потенциал.
21. Как выражается энергия магнитного поля через векторный магнитный потенциал?
22. Что называют магнитным потокосцеплением?
23. Что называют индуктивностью контура и взаимной индуктивностью двух контуров?
24. Запишите формулу для расчёта взаимной индуктивности двух контуров, если они находятся в бесконечной линейной однородной среде.
25. Запишите формулу для расчёта индуктивности двухпроводной линии с цилиндрическими проводами одинакового радиуса.
26. Как рассчитывается магнитостатическое поле в коаксиальном кабеле?
27. Запишите формулу для расчёта распределения напряжённости магнитного поля вдоль оси круглого контура с током.
28. Запишите формулу для расчёта распределения напряжённости магнитного поля вдоль оси цилиндрического соленоида с током.
29. Запишите формулу для расчёта распределения напряжённости магнитного поля вдоль оси цилиндрической катушки с конечной толщиной токового слоя.

## 5.2. Вопросы к экзаменам

### Семестр 3

1. Классификация электрических цепей и их элементов. Схема электрической цепи и ее элементов.
2. Двухполюсные активные элементы. Источник Э.Д.С. Источник тока.
3. Двухполюсные пассивные элементы: резистивный, индуктивный, емкостный.
4. Уравнения электрических цепей с сосредоточенными параметрами.
5. Граф электрической цепи и ее подграфы.
6. Законы Кирхгоффа.

7. Топологические матрицы графа схемы и их свойства: матрица соединений, матрица контуров.
8. Дуальные цепи.
9. Матричная форма закона Ома.
10. Составление матричных уравнений при наличии ветвей с идеальными источниками Э.Д.С. и тока.
11. Метод узловых уравнений.
12. Метод контурных уравнений.
13. Баланс мощностей в электрических цепях.
14. Принцип и метод наложения.
15. Теорема взаимности.
16. Теорема о компенсации.
17. Теорема об эквивалентном источнике (активном двухполюснике).
18. Синусоидальные токи, напряжения и их параметры.
19. Гармонический ток в сопротивлении  $r$ .
20. Гармонический ток в индуктивности  $L$ .
21. Гармонический ток в емкости  $C$ .
22. Электрическая цепь с сопротивлением  $r$ , индуктивностью  $L$  и емкостью  $C$  (последовательная цепь).
23. Электрическая цепь с сопротивлением  $r$ , индуктивностью  $L$  и емкостью  $C$  (параллельная цепь).
24. Резонанс напряжений.
25. Резонанс токов.
26. Комплексные амплитуды и действующие значения, характеризующие электрическую цепь.
27. Комплексные сопротивления и проводимости.
28. Расчет мощностей по комплексным напряжению и току.
29. Расчет мощностей по комплексным сопротивлениям и проводимостям.
30. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
31. Узловые уравнения и контурные уравнения в комплексной форме. Свойства и преобразования цепей с источниками гармонических Э.Д.С. и токов.
32. Топографические диаграммы электрических схем.
33. Многофазные цепи. Основные понятия и определения.
34. Симметричные трехфазные цепи.
35. Несимметричные трехфазные цепи.
36. Измерение мощности в трехфазных цепях.
37. Метод симметричных составляющих (в трехфазных цепях).
38. Вращающееся магнитное поле. Принцип действия асинхронного двигателя.
39. Трехполюсные элементы цепей: транзистор.
40. Трехполюсные элементы цепей: индуктивный трехполюсник.

#### Семестр 4

1. Анализ простых цепей с взаимной индукцией.
2. Анализ цепей с трансформаторами, уравнения трансформатора.
3. Матричный метод расчёта цепей с трансформаторами.
4. Расчёт разветвлённых цепей с взаимной индукцией.
5. Составление матричных уравнений для цепей с невзаимными элементами.
6. Неопределённые матрицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений электронных трёхполюсников.
7. Основные уравнения четырёхполюсников.
8. Определение коэффициентов четырёхполюсников.
9. Эквивалентные схемы четырёхполюсника.
10. Режим четырёхполюсника при нагрузке.

11. Характеристическое сопротивление и коэффициент передачи четырёхполюсника.
12. Расчёт мгновенных значений напряжений и токов в цепях с несинусоидальными источниками.
13. Действующие значения периодических несинусоидальных токов и напряжений.
14. Активная мощность при периодических несинусоидальных токах и напряжениях.
15. Ряд Фурье в комплексной форме.
16. Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Введение.
17. Классический метод расчёта переходных процессов в линейных электрических цепях.
18. Определение постоянных интегрирования. Правила коммутации.
19. Переходные процессы в схеме с последовательно соединёнными элементами  $r$  и  $L$  (три случая).
20. Переходные процессы в схеме с последовательно соединёнными элементами  $r$  и  $C$  (три случая).
21. Переходные процессы в схеме с последовательно соединёнными элементами  $r$ ,  $L$ ,  $C$  (общая теория).
22. Разряд конденсатора в цепи с последовательно соединёнными элементами  $r$ ,  $L$ ,  $C$ .
23. Операторный метод расчёта переходных процессов в электрических цепях (уравнения Лапласа и изображение простейших функций).
24. Закон Ома и Кирхгофа в операторной форме.
25. Теорема разложения (для расчёта переходных процессов).
26. Преобразование Фурье и спектральные характеристики.
27. Применение преобразования Фурье к расчёту переходных процессов (на примере дифференцирующей и интегрирующей цепей).
28. Переходные и импульсные характеристики цепей.
29. Расчёт переходных процессов при воздействии источников ЭДС и тока произвольной формы.
30. Нелинейные цепи. Характерные нелинейности и графическое представление характеристик.
31. Графический метод расчёта неразветвлённых цепей с последовательным соединением линейных и нелинейных элементов.
32. Графический метод расчёта цепей с параллельным соединением линейных и нелинейных элементов.
33. Графический метод расчёта цепей с последовательно- параллельным соединением линейных и нелинейных элементов.
34. Уравнения для магнитных цепей и аналогия с электрическими цепями.
35. Графический метод расчёта неразветвлённых магнитных цепей.
36. Нелинейные элементы и их характеристики при переменных токах и напряжениях.
37. Аналитические методы расчёта нелинейных цепей (при переменных токах).
38. Векторная диаграмма и схема замещения катушки с ферромагнитным сердечником.
39. Векторная диаграмма и схема замещения трансформатора с ферромагнитным сердечником.
40. Основные уравнения для цепей с распределёнными параметрами.
41. Волны в линии при установившемся режиме.
42. Установившиеся процессы в нагруженной, разомкнутой и короткозамкнутой линии с потерями.

#### Семестр 5

1. Определение электромагнитного поля. Математический аппарат теории электромагнитного поля.
2. Физические величины, характеризующие электромагнитное поле.

3. Пространственные дифференциальные операторы в теории электромагнитного поля.
4. Интегральные теоремы, применяемые в теории электромагнитного поля.
5. Уравнения теории электромагнитного поля в интегральной форме.
6. Уравнения Максвелла для неподвижных сред.
7. Соотношение между векторами поля и электрофизическими свойствами среды.
8. Энергия электромагнитного поля.
9. Граничные условия для векторов ЭМП.
10. Закон сохранения заряда.
11. Теорема Умова-Пойнтинга.
12. Основные уравнения электростатики.
13. Граничные условия для векторов электростатического поля.
14. Скалярный электрический потенциал. Краевая задача анализа электростатического поля.
15. Энергия системы заряженных проводников.
16. Метод изображений.
17. Фундаментальное решение уравнений Пуассона и Лапласа применительно к электростатике.
18. Поле электрического диполя.
19. Поле бесконечно длинной равномерно заряженной оси.
20. Поле двух бесконечно длинных разноименно заряженных осей.
21. Поле и ёмкость параллельных цилиндров с несовпадающими осями.
22. Поле и ёмкость системы цилиндр–плоскость.
23. Поле и ёмкость двухпроводной линии.
24. Поле и ёмкость двухпроводной линии с учётом влияния земли.
25. Распределение зарядов и потенциалов в системе заряженных проводников, потенциальные и ёмкостные коэффициенты, частичные ёмкости.
26. Принцип действия электростатических экранов.
27. Законы постоянного электрического поля в проводящей среде.
28. Граничные условия для векторов электрического поля постоянного тока.
29. Аналогия между электрическим полем постоянного тока в проводнике и электростатическим полем в диэлектрике.
30. Электрическое поле в диэлектрике вблизи проводника с током.
31. Электрическое поле в несовершенных изолирующих средах.
32. Электрическое моделирование физических полей.
33. Уравнения магнитостатического поля в интегральной форме.
34. Уравнения магнитостатического поля в дифференциальной форме.
35. Граничные условия для векторов магнитного поля.
36. Уравнения магнитостатики относительно векторного потенциала.
37. Краевая задача магнитостатики для неоднородных сред.
38. Магнитное поле элемента тока.
39. Выражение магнитного потока и энергии магнитного поля через векторный потенциал.
40. Потокосцепление. Собственная и взаимная индуктивность.
41. Распределение векторного потенциала в случае одиночного провода круглого сечения.
42. Магнитное поле и индуктивность коаксиального кабеля.
43. Магнитное поле круглого контура с током и соленоида.
44. Уравнение магнитостатики относительно скалярного магнитного потенциала.
45. Магнитное экранирование.
46. Пространственные интегральные уравнения в магнитостатике.
47. Мощность, передаваемая по двухпроводной линии постоянного тока.
48. Комплексное представление синусоидально изменяющихся векторных величин.
49. Уравнения Максвелла в комплексной форме.
50. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме.

51. Комплексные параметры электрофизических свойств среды и их учет в уравнениях материальной связи.
52. Системы электродинамических потенциалов и уравнения математической физики для гармонического ЭМП.
53. Излучатель Герца.
54. Элементарный магнитный излучатель.
55. Понятие о поверхностном эффекте и эффекте близости.
56. Плоская волна в однородном проводнике (в проводящем полупространстве).
57. Поверхностный эффект в проводящей пластине.
58. Поверхностный эффект в круглом проводе.

### 5.3. Темы (расчётные задания) по курсовой работе

1. Расчёт разветвлённой линейной цепи постоянного тока.
2. Расчёт несимметричной трёхфазной цепи.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
1. Теоретические основы электротехники : учеб. пособие / А. В. Крутов, Э. Л. Кочетова, Т. Ф. Гузанова. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2016. - 375 с. : ил. - ISBN 978-985-503-580-1.	2016	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855035801.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855035801.html</a>
2. Теоретические основы электротехники: учеб.-метод. пособие / А.И. Черевко, М.Л. Ивлев; Сев. (Арктич.) федер. ун-т, - Архангельск: САФУ, 2015. - Ч. 2. - 94 с.: ил. - ISBN 978-5-261-01024-1.	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010241.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010241.html</a>
3. Карпов, Е.А. Теоретические основы электротехники. Основы нелинейной электротехники в упражнениях и задачах : учеб. пособие / Е.А. Карпов, В.Н. Тимофеев, М.Ю. Хацаюк. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - 184 с. - ISBN 978-5-7638-3724-7.	2017	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763837247.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763837247.html</a>
Дополнительная литература		
1. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 3. Четырехполосники и трехфазные цепи: учеб. пособие / В.Ю. Нейман. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. - 144 с. - ISBN 978-5-7782-1547-4.	2010	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778215474.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778215474.html</a>
2. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 2. Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока: учеб. пособие / В.Ю. Нейман. - 2-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 166 с. - ISBN 978-5-7782-2628-9.	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226289.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226289.html</a>

3. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 4. Линейные электрические цепи несинусоидального тока: учеб. пособие / В.Ю. Нейман. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011.- 182 с. - ISBN 978-5-7782-1821-5.	2011	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778218215.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778218215.html</a>
4. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 1. Линейные электрические цепи постоянного тока: учеб. пособие / В.Ю. Нейман. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. -116с. - ISBN 978-5-7782-1796-6.	2011	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778217966.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778217966.html</a>
5. Теоретические основы электротехники. Переходные процессы в линейных электрических цепях : учебное пособие / Ю.В. Петренко. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. - 84 с. - ISBN 978-57782-2812-2.	2016	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228122.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228122.html</a>

## 6.2. Периодические издания

1. Журнал «Электричество».
2. Журнал «Электро. Электротехника. Электротехническая промышленность».
3. Журнал «Электротехника».
4. Журнал «Известия ВУЗов: электроника».
5. Журнал «Проектирование и технология электронных средств».

## 6.3. Интернет-ресурсы

[http://window.edu.ru/resource/976/77976/files/TOE\\_1.pdf](http://window.edu.ru/resource/976/77976/files/TOE_1.pdf)  
<http://electrichelp.ru/teoreticheskie-osnovy-elektrotexniki/>  
[http://portal.tpu.ru/SHARED/p/PUSTYNNIKOV/lekcion/Tab1/Tab/theoretical\\_foundations\\_of\\_electrical\\_engineering.pdf](http://portal.tpu.ru/SHARED/p/PUSTYNNIKOV/lekcion/Tab1/Tab/theoretical_foundations_of_electrical_engineering.pdf)  
[http://old.rim.mrsu.ru/kafedry/OTD/data/KL\\_TOE.pdf](http://old.rim.mrsu.ru/kafedry/OTD/data/KL_TOE.pdf)  
<https://toehelp.ru/theory/toe/contents.html>  
[http://rgr-toe.ru/file\\_archive/11/150/](http://rgr-toe.ru/file_archive/11/150/)  
[https://lms.kgeu.ru/pluginfile.php?file=%2F108212%2Fmod\\_resource%2Fcontent%2F1%2F%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%A2%D0%9E%D0%AD1.pdf](https://lms.kgeu.ru/pluginfile.php?file=%2F108212%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2F%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%A2%D0%9E%D0%AD1.pdf)  
<http://lib.maupfib.kg/wp-content/uploads/2015/12/end/kolledj/elektrotehnika/Lekcii%20po%20TOE.pdf>  
[http://electro.bntu.by/user/LK\\_TOE\\_2.pdf](http://electro.bntu.by/user/LK_TOE_2.pdf)  
<http://portal.tpu.ru/SHARED/I/LENAOLYA/job/imoyak/Tab/TOE.pdf>  
[http://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6\\_2010.pdf](http://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/12485/1/978-5-8050-0374-6_2010.pdf)  
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/693/1/SHM.PDF>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в лабораториях 522-3, 512-3.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения

1. Microsoft Office
2. MATLAB

Рабочую программу составил доцент Шмелёв В.Е. В.Е. Шмелёв

Рецензент (представитель работодателя)

Начальник проектного отдела ООО «МФ Электро» Чебрякова Ю.С. Ю.С. Чебрякова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электротехника и электро-энергетика»

Протокол № 1 от 30 августа 2021 года

Заведующий кафедрой Бадалян Нораир Петикович Н.П. Бадалян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 1 от 30 августа 2021 года

Председатель комиссии Бадалян Нораир Петикович Н.П. Бадалян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

*НАИМЕНОВАНИЕ*

образовательной программы направления подготовки *код и наименование ОП*, направленность: *наименование (указать уровень подготовки)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*