

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Факультет приборостроения, электротехнических
и биотехнических систем
Кафедра электромеханики**

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Тарасенко О.В.

« 18 »

(подпись)



2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы электротехники»

По направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль: «Электромеханика»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы электротехники» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. –77 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы электротехники» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами МИНОБРНАУКИ РОССИИ № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г., №662 от 19.07.2022).

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. тех. наук, доцент Мирошниченко О.Н.
старший преподаватель Креселюк Ю.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электромеханики
« 14 » 04 20 23 года, протокол № 6-1.

Заведующий кафедрой *В.В. Яковенко* Яковенко В.В.

Переутверждена: « » 20 года, протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии
факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем
« 18 » 04 20 23 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета приборостроения,
электротехнических и биотехнических систем *С.П. Яременко* Яременко С.П.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – приобретение навыков расчета электрических и магнитных полей для их прикладного применения для создания, передачи и распределения электроэнергии как универсального посредника между источниками энергии и потребителями, для решения проблем электромеханики, электротехнологии, передачи и распределения информации, электроники, автоматики, телемеханики, информационно-измерительной и вычислительной техники.

Задачи:

- изучение одной из форм материи
- изучение электромагнитного поля и его проявлений в различных устройствах техники ;
- усвоение современных методов моделирования электромагнитных процессов, методов анализа, синтеза и расчета электрических цепей, электрических и магнитных полей, значение которых необходимо для понимания и успешного решения инженерных проблем будущей специальности

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» относится к циклу профессиональных дисциплин подготовки.

знания:

основные понятия математического анализа, аналитической геометрии, линейной и векторной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, теории дифференциальных уравнений;

Физические основы механики, физику колебаний и волн, молекулярную физику и термодинамику, электричество и магнетизм, оптику, атомную и ядерную физику;

основные законы органической и неорганической химии, классификацию и свойства химических элементов, веществ и соединений;

математические формулировки основных законов и правил электротехники, основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы электротехнического и электроэнергетического оборудования; основные источники научно-технической информации по математическому моделированию и программным средствам моделирования;

структуру и основные виды обеспечения САПР, математические модели объектов проектирования, методы оптимизации, используемые в САПР;

принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов;

основы построения электроприводов современных технологических процессов, статические и динамические характеристики; основные методы синтеза электроприводов постоянного и переменного тока.

умения:

применять методы математического анализа при решении инженерных задач; использовать навыки аналитического и численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений и систем;

на практике применять знание физических законов к решению учебных, научных и научно-технических задач; находить аналогии между различными явлениями природы и техническими процессами;

использовать основные элементарные методы химического исследования веществ и соединений;

правильно и технически грамотно поставить и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования в профессиональной деятельности; использовать прикладные программные средства для моделирования процессов профессиональной деятельности;

использовать современную вычислительную технику для решения простейших задач проектирования, пользоваться современными программными средствами и оболочками для построения простых баз данных и реализации основных алгоритмов проектирования;

использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем, построения их характеристик и моделирования;

читать структурные и электрические схемы электроприводов; выполнять расчеты по выбору основных элементов электрических схем; проводить расчеты и выполнять графические построения характеристик в пуско- тормозных и регулировочных режимах приводных электродвигателей.

навыки:

владеть

математическими методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки экспериментальных данных; исследования, аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений;

методами проведения физического эксперимента и математической обработки полученных результатов, научиться их анализировать и обобщать; составлять отчет о своей работе с анализом результатов;

информацией о назначении и областях применения основных химических веществ и их соединений;

простейшими методами оценки технической, в частности энергетической, эффективности объектов профессиональной деятельности и навыками четкого

математического обоснования этих методов; навыками применения математических методов конечных разностей и конечных элементов к решению задач моделирования различных процессов; планирования и постановки задач исследования.

навыками проектирования систем электроснабжения с применением наиболее распространенных программных комплексов Компас-график;

методиками анализа и синтеза систем автоматического управления;

техническими требованиями на встраиваемые комплектные электроприводы в автоматизируемые комплексы технологических процессов; методами управления и наладки пуско- тормозных и регулировочных режимов электроприводов технологических процессов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин математического и естественнонаучного циклов – «Физика», «Введение в специальность», «Информационные технологии в отрасли», «Высшая математика» и служит основой для освоения дисциплин «Электроника», «Электрические машины и аппараты», «Теория электропривода», «Основы метрологии и электрические измерения», «Теория автоматического управления», «Электротехническое материаловедение», «Общая энергетика» что позволяет выполнить специальную часть в выпускной квалификационной работе.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук. необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-3.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-3.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин	Знать: математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной, теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, численных методов; законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, основы оптики, квантовой механики и атомной физики; химические процессы; Уметь: применять математические методы и алгоритмы для решения практических задач; решать задачи, используя различные методы

		разработки алгоритмов и выбирая наиболее подходящие алгоритмы и средства их реализации в зависимости от постановки задачи; конструировать и разрабатывать программное обеспечение, реализующее алгоритмы средней сложности с использованием возможностей современных систем программирования, основных управляющих конструкций, стандартных типов и функций языков высокого уровня; тестировать разрабатываемые программы с использованием различных методов; разрабатывать основные программные документы; анализировать разработанные алгоритмы (в различных нотациях) и программы, написанные на языках высокого уровня, оценивать эффективность алгоритмов и их реализации; Владеть: построением математических моделей алгоритмов и программ, интерпретации полученных результатов; разработкой и анализом алгоритмов решения задач средней сложности; разработкой и отладкой программ на языках процедурного и объектно-ориентированного программирования: реализации разработанных алгоритмов с использованием стандартных типов данных, процедур и функций; разработки пользовательских типов, процедур и функций; разработкой и оформлением программной документации; навыками самостоятельного решения задач с помощью компьютеров, изучения новых возможностей и средств разработки программ.
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических	ПК ОПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования; ОПК-4.2. Способен подготовить	Знать: методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока; методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока; основы теории

машин	исходные данные для математического описания физики процесса в электрических цепях и электрических машинах с учетом их назначения и элементной базы; ОПК-4.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при моделировании электрических цепей и электрических машин.	электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами; принцип действия электронных устройств; Уметь: анализировать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использовать знания их режимов работы и характеристик; применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов; Владеть: навыками количественной оценки изменений электромагнитных переменных, прогнозирования функционирования электрической цепи или электротехнического устройства при изменении этих переменных, а также управляющих и возмущающих воздействий; формулирования требований к простейшим электромагнитным устройствам, определения их характеристик и параметров.
-------	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	504 (15 зач ед)	504 (15 зач ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	270	52
в том числе:		
Лекции	153	28
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	68	12
Лабораторные работы	34	12
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	249	452
Итоговая аттестация	зачет , экзамен	зачет, экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 3

Тема 1. Основные понятия и законы электрической цепи

Электрическая цепь. Источники и приемники электромагнитной энергии. Ток, напряжение и мощность. Выбор положительных направлений токов и напряжений. Линейные и нелинейные электрические цепи. Установившийся и переходный режимы электрических цепей. Схемы замещения электрических цепей. Резистивные, индуктивные и емкостные элементы схем замещения. Линейные и нелинейные элементы. Законы Ома и электромагнитной индукции. Источники ЭДС и тока. Схемы замещения катушек индуктивности, электрических конденсаторов и источников электрической энергии.

Основные топологические понятия для схем замещения электрических цепей: ветвь, узел, контур, граф.

Первый и второй законы Кирхгофа. Теоремы Телледжена и компенсации. Баланс мощности в резистивных цепях.

Тема 2. Установившийся режим линейных цепей с постоянными и гармоническими напряжениями и токами

Постоянные и периодические токи и напряжения. Гармонические (синусоидальные) токи и напряжения. Промышленная частота. Постоянный ток как частный случай гармонического тока. Действующие значения гармонических величин. Символический метод. Действия над гармоническими величинами с одинаковой угловой частотой. Законы Ома и Кирхгофа в символической форме. Комплексные сопротивления и проводимости. Метод уравнений Кирхгофа в символической форме. Мощность при гармонических токах и напряжениях. Активная, реактивная и полная мощности. Знаки мощностей и направление передачи энергии.

Баланс мощностей при гармонических напряжениях и токах. Топографические и лучевые векторные диаграммы. Методы контурных токов и

узловых потенциалов в символической форме. Преобразования комплексных схем замещения. Принцип наложения и теорема об эквивалентном источнике.

Цепи со взаимной индуктивностью. Собственные и взаимные индуктивности. Коэффициент связи. Согласное и встречное включение индуктивно связанных элементов. Расчет цепей со взаимной индуктивностью символическим методом. Развязка индуктивной связи. Двухобмоточный трансформатор в линейном режиме: основные уравнения, схема замещения, векторные диаграммы.

Тема 3. Частотные свойства и резонансные эффекты в линейных электрических цепях

Резонанс в линейных электрических цепях при гармонических напряжениях и токах. Резонанс при последовательном, параллельном и смешанном соединениях индуктивных и емкостных элементов цепи. Добротность контура. Резонансные и частотные характеристики. Применение резонансных эффектов для усиления гармонических напряжений и токов, а также для повышения коэффициента мощности.

Тема 4 . Установившийся режим линейных трехфазных цепей при гармонических напряжениях и токах

Линейные трехфазные цепи. Статическая и динамическая нагрузка. Статические и динамические трехфазные цепи. Фаза и нулевой провод. Фазные ЭДС и напряжения. Линейные напряжения. Симметричная трехфазная система напряжений и токов. Фазовый оператор.

Получение симметричной трехфазной системы ЭДС при помощи синхронного электромашинного генератора. Соединение фазных обмоток генератора и трансформатора звездой и треугольником.

Симметричный режим трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником. Активная, реактивная и полная мощности трехфазной цепи в симметричном режиме. Расчет на одну фазу трехфазных цепей в симметричном режиме. Векторные диаграммы трехфазных цепей. Баланс мощностей в трехфазных цепях. Определение порядка чередования фаз. Измерение мощности в

трехфазных цепях. Вращающееся магнитное поле и принцип действия асинхронного двигателя.

Несимметричный режим трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником. Расчет сложной трехфазной цепи в несимметричном режиме методом узловых потенциалов (напряжений).

Тема 5. Метод симметричных составляющих

Разложение несимметричной трехфазной системы гармонических напряжений и токов на симметричные составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей. Комплексные сопротивления элементов трехфазной цепи токам прямой, обратной и нулевой последовательностей. Метод симметричных составляющих. Виды местной симметрии. Расчет цепи при обрыве фазы и коротком замыкании одной и двух фаз. Векторные диаграммы. Баланс мощностей.

Семестр 4

Тема 6 Линейные электрические цепи при негармонических периодических напряжениях и токах

Представление негармонических периодических напряжений и токов в виде тригонометрического ряда Фурье. Дискретные (линейчатые) спектры. Значения негармонических токов и напряжений и их измерение: среднее за период, среднее по модулю, максимальное и действующее значения. Коэффициенты формы, амплитуды, искажения и гармоник. Практически синусоидальные напряжения и токи в электроэнергетике. Мощность при периодических напряжениях и токах: активная, реактивная, полная. Коэффициент мощности. Эквивалентные синусоиды. Расчет сложных линейных цепей с высшими гармониками методом наложения. Резонансные явления и их применение в простейших фильтрах для пропускания в нагрузку определенных гармоник напряжений и токов. Условия появления высших гармоник в трехфазных цепях. Фазные ЭДС и линейные напряжения с высшими гармониками. Гармоники прямой, обратной и нулевой

последовательностей. Расчет симметричного режима линейных трехфазных цепей с высшими гармониками.

Тема 7. Четырехполюсники в линейном режиме

Пассивные и активные четырехполюсники. Уравнения в форме А. Режимы холостого хода и короткого замыкания. Т и П – образные схемы замещения пассивных четырехполюсников. Входное и выходное сопротивления. Симметричные и несимметричные четырехполюсники. Уравнения активных четырехполюсников. Режим согласованной нагрузки.

Тема 8. Переходные процессы в линейных электрических цепях

Переходные процессы в электрических цепях. Коммутация и скачкообразное изменение напряжений и токов. Законы коммутации. Условия возникновения переходных процессов. Линейные дифференциальные уравнения. Классический метод расчета переходных процессов. Принужденные и свободные составляющие напряжений и токов, корни характеристического уравнения, независимые и зависимые начальные условия. Особенности расчета переходных процессов в цепях первого порядка. Постоянная времени и длительность переходного процесса. Аперiodический, критический и колебательный режимы переходного процесса в цепях второго порядка. Угловая частота свободных колебаний. Обобщенные законы коммутации.

Операторный метод расчета переходных процессов в линейных цепях. Преобразования Лапласа, операторные изображения основных функций и теорема разложения для отыскания оригинала по известному операторному изображению функций. Операторные схемы замещения линейных элементов.

Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Комбинированный (операторно- классический) метод расчета переходных процессов. Переходные и импульсные характеристики пассивных линейных цепей. Единичная функция и единичный импульс. Расчет напряжений и токов при прямоугольных импульсах и при воздействии на цепь импульсов напряжения или тока произвольной формы.

Тема 9. Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей

Нелинейные резистивные элементы: двухполюсные и многополюсные, пассивные и активные, неуправляемые и управляемые, инерционные и безынерционные. Безынерционные элементы как источники высших гармоник в электрических цепях. Симметричные и несимметричные, статические и динамические вольтамперные характеристики. Вольтамперные характеристики для действующих значений. Вольтамперные характеристики лампы накаливания, полупроводникового диода, транзистора, вакуумного триода, бареттера, термистора и других нелинейных резистивных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивления. Расчет нелинейных резистивных цепей при постоянных и переменных напряжениях и токах методом эквивалентного генератора, графическим сложением характеристик, методами итераций и линеаризации.

Нелинейные индуктивные элементы. Веберамперные характеристики. Статическая и дифференциальная индуктивности. Магнитные цепи нелинейных индуктивных элементов. Напряженность и индукция магнитного поля, магнитный поток, потокосцепление, петля гистерезиса, основная кривая намагничивания. Кривая размагничивания постоянного магнита. Потери на гистерезис и вихревые токи. Шихтованные магнитопроводы. Расчет магнитных цепей нелинейных индуктивных элементов. Законы Кирхгофа для магнитной цепи. Неразветвленная и разветвленная магнитная цепь. Метод двух узлов в расчете разветвленных магнитных цепей. Расчет электрических цепей с линейными и нелинейными индуктивными элементами. Аппроксимация веберамперных характеристик. Нелинейный индуктивный элемент как безынерционный элемент – источник высших гармоник в электрической цепи.

Нелинейные емкостные элементы: вариконды и варикапы. Кулонвольтные характеристики и их аппроксимация. Статическая и дифференциальная емкости. Расчет электрических цепей с линейными и нелинейными емкостными элементами. Нелинейный емкостный элемент – источник высших гармоник в электрических цепях.

Метод эквивалентных синусоид как приближенный метод расчета установившегося режима в нелинейных цепях с резистивными, индуктивными и емкостными элементами. Резонансные явления в нелинейных цепях: феррорезонансы напряжений и токов. Стабилизаторы переменного напряжения.

Особенности переходных процессов в нелинейных электрических цепях. Приближенный расчет переходных процессов в нелинейных цепях методами условной линеаризации и последовательных интервалов. Численный расчет переходных процессов в нелинейных цепях на ЭВМ методом переменных состояния.

Тема 10. Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)

Примеры цепей с распределенными параметрами. Уравнения однородной линии в частных производных. Решение уравнений однородной линии при установившемся синусоидальном режиме. Волновое сопротивление и постоянная распространения, коэффициенты затухания (ослабления) и фазы, фазовая скорость и длина волны. Распределение действующих значений напряжения и тока, а также мощности вдоль цепи с распределенными параметрами. Бегущие волны. Режимы цепей с распределенными параметрами. Линии без искажения и потерь. Режимы линий без потерь.

Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами. Решение уравнений однородной линии без потерь в переходном режиме. Падающая и отраженная волны. Коэффициент отражения. Расчет распределения напряжения и тока вдоль линии при переходном процессе.

Семестр 5.

Тема 11. Электромагнитное поле. Параметры и уравнения электромагнитного поля.

Граничные условия в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга.

Электростатическое поле как частный вид электромагнитного поля. Закон Кулона. Напряженность и потенциал. Энергия и емкость. Теорема Гаусса в

дифференциальной и интегральной форме, уравнения Лапласа и Пуассона. Граничные условия. Электростатическое поле заряженных осей. Графическое изображение картины электростатического поля. Задачи расчета электростатического поля в электроэнергетике. Методы расчета электростатических полей: наложения, зеркальных изображений, применение теоремы Гаусса, интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона. Группы формул Максвелла, потенциальные и емкостные коэффициенты (коэффициенты электростатической индукции), частичные емкости. Емкости двухпроводной и трехпроводной линий с учетом влияния поверхности земли. Электростатическое поле двух параллельных разноименно заряженных цилиндров.

Уравнения электрического поля постоянного тока в проводящей среде. Параметры электрического поля - плотность тока, напряженность, потенциал. Граничные условия. Аналогия между электрическим полем в проводящей среде и электростатическим полем. Электрическое поле токов утечки через несовершенную изоляцию. Электрическое поле токов растекания в земле. Графическое изображение картины электрического поля постоянного тока в проводящей среде.

Тема 12 Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля.

Параметры и уравнения магнитного поля постоянного тока. Вихревое и потенциальное магнитное поле. Граничные условия. Скалярный и векторный потенциалы магнитного поля. Энергия магнитного поля. Графическое изображение картины магнитного поля. Методы расчета магнитных полей: применение закона полного тока в интегральной и дифференциальной формах, методы наложения и зеркальных изображений, интегрирование уравнения Пуассона для векторного магнитного потенциала, интегрирование уравнения Лапласа для скалярного магнитного потенциала. Расчеты магнитных потоков, индуктивностей и сил в магнитном поле. Магнитное поле и индуктивности двух- и трехпроводной линий. Магнитное поле и индуктивность коаксиального кабеля.

4.3. Лекции

Семестр 3.

№ П/п	Название темы	Объем часов	
		очная	заочная
1	Основные понятия и законы электрической цепи	10	1
2	Установившийся режим линейных цепей с постоянными и гармоническими напряжениями и токами	14	2
3	Частотные свойства и резонансные эффекты в линейных электрических цепях	10	2
4	Установившийся режим линейных трехфазных цепей при гармонических напряжениях и токах	13	2
5	Метод симметричных составляющих	4	1
Итого:		51	8

Семестр 4

6	Линейные электрические цепи при негармонических периодических напряжениях и токах	4	1
7	Четырехполюсники в линейном режиме	8	2
8	Переходные процессы в линейных электрических цепях	12	2
9	Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей	20	3
10	Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)	6	2
Итого		51	10

Семестр 5.

11	Электромагнитное поле. Параметры и уравнения электромагнитного поля.	25	5
12	Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля	26	5
Итого часов		51	10

4.4. Практические (семинарские) занятия

Семестр 3.

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Электрические цепи. Основные определения. Физические основы. Линейные цепи постоянного тока Анализ цепей постоянного тока с помощью закона Ома. Методы расчета. Расчет электрических цепей постоянного тока по законам Кирхгофа. Построение потенциальной диаграммы.	2	1
	Методы контурных токов и узловых потенциалов. Метод	2	

2	эквивалентного генератора. Баланс мощностей. Условие передачи максимальной мощности в нагрузку		
3	Методы расчета цепей постоянного тока. Контрольная работа	2	
4	Линейные цепи синусоидального тока. Временные диаграммы. начальные фазы, угол сдвига фаз. Расчет цепей синусоидального тока по мгновенным значениям.	2	1
5	Расчет цепей синусоидального тока при последовательном и параллельном соединении приемников комплексным методом. Векторные диаграммы.	2	
6	Расчет разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом. Векторные диаграммы.	2	
7	Анализ разветвленных цепей синусоидального тока. Топографические диаграммы. Анализ цепей синусоидального тока методами контурных токов и узловых потенциалов. Расчет мощности в цепи синусоидального тока. Баланс мощностей.	2	
8	Резонанс напряжений в цепях синусоидального тока. Резонансные явления в цепях с параллельным соединением элементов. Частотные характеристики.	2	
9	Расчет индуктивно-связанных цепей. Трансформатор.	1	
Семестр 4.			
10	Трехфазные электрические цепи. Расчет симметричных режимов трехфазных цепей.	2	1
11	Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей.	2	
12	Расчет трехфазных методом симметричных составляющих	2	
13	Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами.	2	
14	Высшие гармоники в трехфазных цепях.	2	
15	Классический метод расчета переходных процессов. Цепи 1-го порядка.	2	
16	Операторный метод. Переходные функции. Передаточные функции.	2	
17	Расчет линий с распределенными параметрами	2	
18	Графические и аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока.	1	
Семестр 5.			
19	Закон Кулона для точечных зарядов	2	1
20	Напряженность и потенциал электростатического поля	2	
21	Индукция электромагнитного поля	2	
22	Условия на границе раздела вещества с разными электрическими характеристиками	2	
23	Использование метода зеркальных изображений	2	
24	Метод интегральных уравнений Фредгольма второго рода для анализа полей	2	
25	Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла в статике.	2	
26	Переменное магнитное поле Уравнения Максвелла	2	

27	Уравнения Пуассона и Лапласа для векторного потенциала	2	
28	Расчет емкостей. Емкость двухпроводной линии.	2	2
29	Электрическое поле растекания токов, сопротивление растекания, расчет заземлителя.	2	
30	Магнитное поле постоянных токов. Применение закона полного тока	2	
31	Векторный магнитный потенциал. Энергия магнитного поля.	2	
32	Расчет собственной и взаимной индуктивности	2	
33	Силы в магнитном поле; расчет сил.	2	2
34	Общая характеристика задач электротехники и их решение	2	
35	Переменное электромагнитное поле в проводящей среде.	2	
Итого часов		68	12

4.5. Лабораторные работы

Семестр 3.

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исследование простой цепи постоянного тока	1	1
2	Исследование разветвленной цепи постоянного тока	2	
3	Исследование активного двухполюсника	2	
4	Преобразование соединения сопротивлений треугольником В эквивалентное соединение звездой	2	
5	Последовательное соединение цепей переменного тока	2	
6	Параллельное соединение цепей переменного тока	2	
7	Смешанное соединение цепей переменного тока	2	1
8	Резонанс в цепях переменного тока	2	
9	Исследование цепей переменного тока с взаимной индуктивностью	2	

Семестр 4.

10	Исследование трехфазной электрической цепи при соединении звездой без нейтрального провода	2	2
11	Исследование трехфазной цепи при соединении треугольником	2	
12	Линейные цепи несинусоидального периодического тока	2	1
13	Переходные процессы в линейных цепях с одним накопителем энергии	2	3
14	Переходные процессы в линейных цепях с источником синусоидального напряжения	2	
15	Пассивные линейные четырехполюсники	2	2
16	Нелинейные цепи постоянного тока	2	2
17	Феррорезонанс напряжений	2	2
18	Итоговое занятие	1	
Итого часов		34	12

4.6. Самостоятельная работа студентов

1 семестр

№ п/п	Название темы	Вид СР	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Расчет сложных электрических цепей методом свертывания	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
2	Связь между напряжением и током в основных элементах электрической цепи	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
3	Сравнительная оценка основных методов расчета разветвленных цепей.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
4	Анализ разветвленных цепей синусоидального тока комплексным методом (алгоритм расчета комплексным методом). Метод узловых потенциалов	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
5	Особенности расчета линейных электрических цепей при наличии взаимной индукции	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
6	Частотные характеристики цепей при последовательном и параллельном соединении реактивных LC - элементов.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
7	Практическое значение резонанса в электротехнических и электромеханических системах и устройствах	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	10	
8	Параллельное соединение индуктивно-связанных катушек.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	7	
Итого:			77	126

Семестр 2

9	Величины и коэффициенты, характеризующие несинусоидальный режим	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	10
10	Комплексная форма ряда Фурье	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	10
11	Состав гармоник при наличии симметрии форм кривых входного воздействия.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	10
12	Катушка с ферромагнитным сердечником	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	10
13	Включение на синусоидальную ЭДС RC цепи	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
14	Переходная функция.. Понятие об интеграле Дюамеля..	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
15	Расчет переходного процесса при произвольном входном воздействии	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
16	Цифровой сигнал в линейной цепи	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
17	Дифференцирующие и интегрирующие цепочки	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
18	Смешанное соединение нелинейных элементов	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	12
19	Переходные процессы в электрических цепях с распределенными параметрами..	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по	4	12

		лабораторным работам		
20	Запись уравнений Кирхгофа для цепей с четырехполюсниками. Понятие об активных фильтрах. Фильтры Чебышева и Баттерворта.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
21	Передача импульсной информации по линии	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	4	12
22	Дифференциальная форма закона Ома, 2-го закона Кирхгофа и закона Джоуля-Ленца.	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	2	8
23	Критерии распределенности параметров элементов электротехнических и электромеханических устройств	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	1	4
Итого:			77	160

Семестр 3

24	Дивергенция напряженности	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	16	26
25	Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	16	26
26	Плотность тока	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	16	26
27	Условия на границе раздела двух сред с разными магнитными проницаемостями	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	16	26
28	Теорема Умова -Пойтинга	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	16	26
29	Метод интегральных уравнений Фредгольма для анализа полей	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторным работам	15	36
Итого:			95	166

4.7. Курсовые работы/проекты.

Не предусмотрены рабочим учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронные конспект лекций, методические указания размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и практическим занятиям, наглядные пособия и плакаты.

Работа в команде: каждая лабораторная работа выполняется несколькими студентами совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого каждый студент получает свое индивидуальное задание к лабораторной работе, частично связанное с вариантом задания по курсовому проектированию, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

6. Формы контроля освоения дисциплины.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- вопросы к лабораторным работам;
- задания к контрольным работам;
- вопросы к зачету;
- вопросы и задача к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (4 и 5 семестр) (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решение задач). Студентам, выполнившим 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице

Национальная шкала	Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендуемую литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в излагаемых ответах в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в	не зачтено

	доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	
--	--	--

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Черевко А.И., Теоретические основы электротехники / А.И. Черевко, М.Л. Ивлев - Архангельск : ИД САФУ, 2015. - 94 с. - ISBN 978-5-261-01024-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010241.html> - Режим доступа : по подписке.

2. Бутырин П.А., Основы электротехники : учебник для студентов средних и высших учебных заведений профессионального образования по направлениям электротехники и электроэнергетики / Бутырин П.А. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01249-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012499.html> - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Евсеев М.Е., Теоретические основы электротехники : учебное пособие / М.Е. Евсеев. - СПб. : Политехника, 2015. - 380 с. - ISBN 978-5-7325-0273-2 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732502732.html> (дата обращения: 15.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Дудченко О.Л., Теоретические основы электротехники / О.Л. Дудченко, Г.Б. Федоров - М. : МИСиС, 2017. - 90 с. - ISBN -- - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL :

http://www.studentlibrary.ru/book/misis_0012.html - Режим доступа : по подписке.

в) методические рекомендации:

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электромеханика» по дисциплине «Теоретические основы электротехники» по теме «Линейные цепи синусоидального тока» (учебно-методическое пособие) / Сост.: О.Н. Мирошниченко, Н.И.Кузнецов. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 15 с.

г) интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Теоретические основы электротехники» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

9. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Теоретические основы электротехники»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой	Контролируемые темы учебной дисциплины, лабораторных работ	Этапы формирования (семестр изучения)
-------	--------------------------------	---	---	--	---------------------------------------

			дисциплине)		
1	ОПК-3	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук. необходимым и для решения профессиональных задач.	Тема 1. Основные понятия электрической цепи постоянного тока.	3
				Тема 2. Схемы замещения электрических цепей.	3
				Тема 3. Основные законы электрической цепи постоянного тока. Методы расчета цепей постоянного тока	3
				Тема 4. Установившийся режим линейных цепей	3
				Тема 5. Метод векторных диаграмм.	3
				Тема 6. Символический метод расчета цепей при гармоническом воздействии	3
				Тема 7 Мощность при гармонических токах и напряжениях.	3
				Тема 8 Цепи со взаимной индуктивностью.	3
				Тема 9. Развязка индуктивной связи.	3
				Тема 10. Частотные свойства и резонансные эффекты в линейных электрических цепях	3
			ОПК-3.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	Тема 11 . Установившийся режим линейных трехфазных цепей при гармонических напряжениях и токах	3
				Тема 13 Несимметричный режим трехфазной цепи	3
				Тема 14. Метод симметричных составляющих	4
				Тема 15 Линейные электрические цепи при негармонических периодических напряжениях и токах	4
				Тема 16 . Сложные линейные цепи с высшими гармониками	4
				Тема 17 . Четырехполюсники в линейном режиме	4
				Тема 18. Переходные процессы в линейных электрических цепях	4
				Тема 19. Классический метод расчета переходных процессов.	4
				Тема 20. Операторный метод расчета переходных процессов в линейных цепях	4
				ОПК-3.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в	

		области физики и смежных с ней естественнона учных дисциплин	Тема 21. Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей	4
			Тема 22. Нелинейные индуктивные элементы.	4
			Тема 23. Расчет магнитных цепей нелинейных индуктивных элементов.	4
			Тема 24. Нелинейные емкостные элементы.	4
			Тема 25 Особенности переходных процессов в нелинейных электрических цепях.	4
			Тема 26. Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)	4
			Тема 27. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	4
			Тема 28 . Электромагнитное поле. Параметры и уравнения электромагнитного поля.	5
			Тема 29. Электромагнитное поле Теоремы и изображение электромагнитного поля	5
			Тема.30 Задачи расчета электростатического поля в электроэнергетике.	5
			Тема 31 Методы расчета электростатических полей	5
			Тема 32 Емкости двухпроводной и трехпроводной линий	5
			Тема 33. Уравнения электрического поля постоянного тока в проводящей среде.	5
			Тема 34 Электрическое поле токов утечки и растекания	5
			Тема 35 Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля.	5
			Тема 36 Энергия магнитного поля. Графическое изображение картины магнитного поля.	5
			Тема 37 Методы расчета магнитных полей	5
			Тема 38. Расчеты магнитных потоков, индуктивностей и сил в магнитном поле. Магнитное поле и индуктивности двух- и трехпроводной линий.	5

				Тема 39 Магнитное поле и индуктивность коаксиального кабеля.	5
2	ОПК-4	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования; ОПК-4.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в электрических цепях и электрических машинах с учетом их назначения и элементной базы; ОПК-4.3. Способен адекватно применить математических инструментальных при моделировании	Тема 1. Основные понятия электрической цепи постоянного тока.	3
				Тема 2. Схемы замещения электрических цепей.	3
				Тема 3. Основные законы электрической цепи постоянного тока. Методы расчета цепей постоянного тока	3
				Тема 4. Установившийся режим линейных цепей	3
				Тема 5. Метод векторных диаграмм.	3
				Тема 6. Символический метод расчета цепей при гармоническом воздействии	3
				Тема 7 Мощность при гармонических токах и напряжениях.	3
				Тема 8 Цепи со взаимной индуктивностью.	3
				Тема 9. Развязка индуктивной связи.	3
				Тема 10. Частотные свойства и резонансные эффекты в линейных электрических цепях	3
				Тема 11 . Установившийся режим линейных трехфазных цепей при гармонических напряжениях и токах	3
				Тема 13 Несимметричный режим трехфазной цепи	3
				Тема 14. Метод симметричных составляющих	4
				Тема 15 Линейные электрические цепи при негармонических периодических напряжениях и токах	4
				Тема 16 . Сложные линейные цепи с высшими гармониками	4
				Тема 17 . Четырехполюсники в линейном режиме	4
				Тема 18. Переходные процессы в линейных электрических цепях	4
				Тема 19. Классический метод расчета переходных процессов.	4
				Тема 20. Операторный метод расчета переходных процессов в линейных цепях	4

		и электрически цепей и электрически машин.	Тема 21. Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей	4
			Тема 22. Нелинейные индуктивные элементы.	4
			Тема 23. Расчет магнитных цепей нелинейных индуктивных элементов.	4
			Тема 24. Нелинейные емкостные элементы.	4
			Тема 25 Особенности переходных процессов в нелинейных электрических цепях.	4
			Тема 26. Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)	4
			Тема 27. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	4
			Тема 28 . Электромагнитное поле. Параметры и уравнения электромагнитного поля.	5
			Тема 29. Электромагнитное поле Теоремы и изображение электромагнитного поля	5
			Тема.30 Задачи расчета электростатического поля в электроэнергетике.	5
			Тема 31 Методы расчета электростатических полей	5
			Тема 32 Емкости двухпроводной и трехпроводной линий	5
			Тема 33. Уравнения электрического поля постоянного тока в проводящей среде.	5
			Тема 34 Электрическое поле токов утечки и растекания	5
			Тема 35 Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля.	5
			Тема 36 Энергия магнитного поля. Графическое изображение картины магнитного поля.	5
			Тема 37 Методы расчета магнитных полей	5
			Тема 38. Расчеты магнитных потоков, индуктивностей и сил в магнитном поле. Магнитное поле и индуктивности двух- и трехпроводной линий.	5
			Тема 39 Магнитное поле и	5

				индуктивность коаксиального кабеля.	
				Тема 1. Основные понятия электрической цепи постоянного тока.	3

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Показатель оценивания (знания, умения, навыки)	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-3	ОПК-3.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук. необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-3.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-3.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин	Знать: математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной, теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, численных методов; законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, основы оптики, квантовой механики и атомной физики; химические процессы; Уметь: применять математические методы и алгоритмы для решения практических задач; решать задачи, используя различные методы разработки алгоритмов и выбирая наиболее подходящие алгоритмы и	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 7 Тема 8 Тема 9 Тема 10 Тема 11 Тема 12 Тема 13 Тема 14 Тема 15 Тема 16 Тема 17 Тема 18 Тема 19 Тема 20 Тема 21 Тема 22 Тема 23 Тема 24 Тема 25 Тема 26 Тема 27 Тема 28 Тема 29 Тема 30 Тема 31 Тема 32 Тема 33 Тема 34 Тема 35	Вопросы к лабораторным работам, вопросы для контроля выполнения курсового проекта и вопросы к экзаменам

			средства их реализации в зависимости от постановки задачи; конструировать и разрабатывать программное обеспечение, реализующее алгоритмы средней сложности с использованием возможностей современных систем программирования, основных управляющих конструкций, стандартных типов и функций языков высокого уровня; тестировать разрабатываемые программы с использованием различных методов; разрабатывать основные программные документы; анализировать разработанные алгоритмы (в различных нотациях) и программы, написанные на языках высокого уровня, оценивать эффективность алгоритмов и их реализации; Владеть: построением математических моделей алгоритмов и программ, интерпретации полученных результатов; разработкой и анализом алгоритмов решения задач средней сложности; разработкой и отладкой программ на языках процедурного и объектно-ориентированного программирования: реализации разработанных алгоритмов с использованием стандартных типов данных, процедур и функций; разработки пользовательских типов, процедур и функций; разработкой и оформлением программной документации; навыками	Тема 36 Тема 37 Тема38 Тема 39	
--	--	--	--	---	--

			самостоятельного решения задач с помощью компьютеров, изучения новых возможностей и средств разработки программ.		
2	ОПК-4	ОПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования; ОПК-4.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в электрических цепях и электрических машинах с учетом их назначения и элементной базы; ОПК-4.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при моделировании электрических цепей и электрических машин.	Знать: методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока; методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока; основы теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами; принцип действия электронных устройств; Уметь: анализировать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использовать знания их режимов работы и характеристик; применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов; Владеть: навыками количественной оценки изменений электромагнитных переменных, прогнозирования функционирования электрической цепи или электротехнического устройства при изменении этих переменных, а также управляющих и возмущающих воздействий; формулирования требований к простейшим электромагнитным	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 7 Тема 8 Тема 9 Тема 10 Тема 11 Тема 12 Тема 13 Тема 14 Тема 15 Тема 16 Тема 17 Тема 18 Тема 19 Тема 20 Тема 21 Тема 22 Тема 23 Тема 24 Тема 25 Тема 26 Тема 27 Тема 28 Тема 29 Тема 30 Тема 31 Тема 32 Тема 33 Тема 34 Тема 35 Тема 36 Тема 37 Тема 38 Тема 39	Вопросы к лабораторным работам , вопросы для контроля выполнения курсового проекта и вопросы к экзаменам

			устройствам, определения их характеристик и параметров.		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

Оценочные средства для текущей аттестации (лабораторная работа):

Вопросы к лабораторным работам:

1. Составить систему уравнений для расчета цепи (см. рис. 3 лаб.раб1): а) с помощью законов Кирхгофа; б) методом контурных токов; в) методом преобразований.

2. Как определить входное сопротивление цепи относительно зажимов любой ветви схемы (см. рис. 3 лаб.раб 2).

Что называется двух- и четырехполюсником?

3. В каких случаях двухполюсники и четырехполюсники называются активными?

4. Как изображаются на схеме активные и пассивные двухполюсники?

5. В чем сущность теоремы об эквивалентном генераторе (активном двухполюснике)?

6. В каких случаях применяется для расчета цепей метод эквивалентного генератора?

7. Что такое ток короткого замыкания двухполюсника?

8. Как определяется входное сопротивление двухполюсника?

9. Назвать условия эквивалентного преобразования пассивного участка электрической цепи.

10. Написать формулы для преобразования треугольника в звезду:

а) если $R_{31}=\infty$; б) $R_{12}=\infty$; в) если $R_{23}=0$; Для каждого случая изобразить схему.

11. Для случая в ветви с резистором R_{12} последовательно включена ЭДС; объяснить, можно ли пользоваться формулами преобразования (4) ÷ (6). Изобразить схему.

12. Для случая параллельно ветви с резистором R_{12} включен идеальный источник тока, объяснить, можно ли пользоваться формулами преобразования (4) ÷ (6). Изобразить схему.

Записать комплексную амплитуду тока, напряжения, ЭДС.

13. Записать комплекс действующего значения тока, напряжения, ЭДС.

14. Выразить аналитически действующее значение общего напряжения через напряжения последовательно соединенных:

- а) резистора и катушки индуктивности;
- б) резистора и конденсатора;
- в) L, C ;
- г) R, L, C .

15. Как выражаются через ток и параметры элементов цепи активная и реактивная составляющие напряжения? Существуют ли они?

16. Как по показаниям амперметра, вольтметра и ваттметра определить полное, активное и реактивное сопротивления?

17. Как аналитически выразить комплексное полное сопротивление последовательно соединенных резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

18. В каких единицах измеряются полная (кажущаяся), активная и реактивная мощности?

19. Треугольник сопротивлений, мощностей

Записать аналитическое выражение для действующего значения общего тока через токи параллельно соединенных:

- а) резистора и катушки;
- б) резистора и конденсатора;
- в) резистора, катушки и конденсатора.

20. Как определить полную, активную и реактивную проводимости по показаниям амперметра, вольтметра и ваттметра?

21. Записать аналитическое выражение для полной проводимости всей цепи через проводимости параллельно соединенных резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

22. Чему равна активная и реактивная составляющие тока? Существуют ли они?

23. Как изменится величина общего тока при подключении к катушке индуктивности параллельно конденсатора?

24. Как изменится полная, активная и реактивная мощности и коэффициент мощности при подключении к катушке индуктивности параллельно конденсатора?

25. Как определить индуктивность катушки и емкость конденсатора по известным (заданным) индуктивному и емкостному сопротивлению?

26. Что такое треугольник проводимостей.

27. Записать аналитически выражение для входного сопротивления смешанного соединения электрической цепи.

Почему при резонансе напряжений напряжение на катушке индуктивности больше, чем на емкости?

28. От чего зависят значения перенапряжений на зажимах катушки и на зажимах конденсаторной батареи при резонансе напряжений?

29. При какой частоте наступит резонанс напряжений в цепи с $L = 0,5 \text{ Г}$, $C = 100 \text{ мкФ}$?

30. Построить векторную диаграмму для напряжений при резонансе напряжений.

31. Из выражения $b_L = \frac{X_L}{r + X_L^2}$ следует, что при $X_L=0$, $b_L=0$; при $X_L = \infty$, $b_L=0$. Значит, функция $b_L(X_L)$ имеет максимум. При каком соотношении $\frac{X_L}{r}$ индуктивная проводимость будет наибольшей? Чему она равна, если $r = 25$ Ом?

32. При каких значениях r , L , C входное сопротивление параллельного контура равно бесконечности?

33. Что такое взаимная индуктивность?

34. Что понимают под согласным и встречным соединением катушек индуктивности?

35. Как экспериментально определяют взаимную индуктивность?

36. Почему коэффициент связи катушек $K_{св} < 1$?

37. Нарисуйте векторную диаграмму при последовательном соединении катушек.

38. Запишите систему уравнений для воздушного трансформатора.

39. Нарисуйте векторную диаграмму воздушного трансформатора.

Что называется трехфазной системой ЭДС, токов и напряжений?

40. Какие трехфазные системы ЭДС, токов и напряжений называют симметричными?

41. Какая нагрузка называется симметричной?

42. Может ли быть несимметричная нагрузка равномерной, однородной? Уметь написать условия при равномерной и при однородной нагрузке.

43. Что называется смещением нейтрали? Объяснить его роль в 3-фазной и 4-проводной цепи.

44. Какие токи и напряжения называются фазными, линейными? Показать их на схеме.

45. Указать соотношения между фазными и линейными напряжениями при соединении звездой в случае симметричной нагрузки.

46. Могут ли быть равны фазные напряжения на источнике и приемнике, соединенном звездой при несимметричной нагрузке?

Каков принцип соединения фаз в треугольник?

47. Каковы соотношения между фазными и линейными токами, напряжениями при соединении фаз в треугольник?

48. В чем преимущество схемы соединения треугольником?

49. Как выражается связь между фазными и линейными токами при соединении треугольником при несимметричной нагрузке?

50. Как определяются активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы?

51. С чего начинается построение топографической диаграммы при учете сопротивления линейных проводов?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству текущего контроля (лабораторная работа):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, нет погрешностей в оформлении работы.
хорошо (4)	задания лабораторной работы выполнены с несущественными недочетами или неточностями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, присутствуют некоторые погрешности в оформлении.
удовлетворительно (3)	выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, допущено небрежность и неточность у оформления.
незачтено (2)	Студентом допущены серьезные ошибки по содержанию работы или задания лабораторной работы выполнены неправильно; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Оценочные средства для текущей аттестации (контрольная работа):

Контрольная работа № 1

1.1 АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер варианта выбирается согласно порядковому номеру студента в журнале группы. Номер схемы электрической цепи и параметры ее элементов согласно варианту указаны в табл. 1.1. Ток источника тока $J=2$ А. Схемы электрических цепей постоянного тока представлены на рис. 1.1.

Задание

1. Произвести топологический анализ цепи (определить число ветвей, узлов, линейно-независимых контуров).
2. Записать в развёрнутой и матричной формах систему уравнений, необходимую для определения токов в ветвях схемы по законам Кирхгофа. Рассчитать токи ветвей.
3. Рассчитать токи в ветвях схемы методом контурных токов.
4. Рассчитать токи в ветвях схемы методом узловых потенциалов.
5. Сравнить результаты расчетов по п.п. 2, 3, 4 сведя их в таблицу и сделать вывод о целесообразности использования того или иного метода при анализе предложенной цепи.
6. Рассчитать мощности источников и приемников электрической энергии и проверить выполнение условия баланса мощностей.
7. Определить методом эквивалентного генератора ток в резисторе, отмеченном на схеме стрелочкой. Построить графики зависимости тока и мощности, выделенной в нем, при изменении его сопротивления от нуля до $3R_3$. Определить значение сопротивления отмеченного резистора, при котором в нем выделяется максимальная мощность.

Таблица 1.1

№ вариан та	№ схем ы	E ₁ , В	E ₂ , В	E ₃ , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом
Исходные данные для первой группы (ЭТ-1*1)										
1	1	50	120	90	50	60	45	60	100	-
2	2	100	180	90	75	60	40	90	50	-
3	3	120	180	90	75	60	40	90	50	100
4	4	120	90	180	75	40	60	90	50	100
5	5	120	120	80	60	40	60	80	50	-
6	6	120	180	90	60	60	40	90	90	-
7	7	120	180	90	60	60	40	90	50	10
8	8	120	180	90	60	60	40	90	50	10
9	9	120	180	80	60	60	50	90	50	40
10	10	180	120	90	60	60	40	90	50	-
11	11	120	180	90	60	60	40	60	50	-
12	12	180	50	30	80	60	20	60	50	30
13	13	100	120	90	60	60	40	90	50	100
14	14	120	180	90	60	40	90	50	80	50
15	15	120	180	90	60	60	40	40	50	100
16	16	120	180	90	60	60	40	90	50	100
17	17	120	180	90	60	80	40	90	100	100
18	18	180	90	120	60	60	40	90	50	-
19	19	60	120	90	120	60	40	90	60	10
20	20	120	180	90	60	60	40	90	50	100
21	21	120	180	90	60	60	40	90	50	-
22	22	15	20	10	20	30	15	10	20	-
23	23	25	20	10	20	30	15	10	20	-

Продолжение табл. 1.1

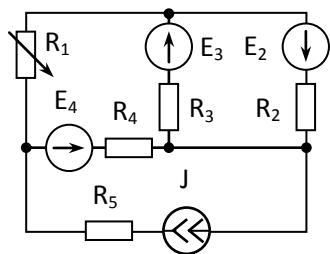
№ варианта	№ схемы	E ₁ , В	E ₂ , В	E ₃ , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом
Исходные данные для второй группы (ЭТ1*2)										
1	26	15	20	10	20	30	15	10	20	-
2	27	15	20	10	20	30	10	10	20	-
3	28	20	20	10	20	40	15	100	20	10
4	29	15	20	10	20	30	20	20	10	30
5	30	40	60	120	50	80	60	40	80	120
6	1	150	220	190	150	160	145	160	100	-
7	2	200	280	190	175	160	140	190	150	-
8	3	220	280	190	175	160	140	190	150	100
9	4	220	190	280	175	140	160	190	150	100
10	5	220	220	280	160	140	160	180	150	-
11	6	220	280	290	160	160	140	190	190	-
12	7	220	280	290	160	160	140	190	150	110
13	8	220	280	290	160	160	140	190	150	110
14	9	220	280	280	160	160	150	190	150	140
15	10	280	220	290	160	160	140	190	150	-
16	11	220	280	290	160	160	140	160	150	-
17	12	280	150	230	180	160	120	160	150	130
18	13	200	220	290	160	160	140	190	150	100
19	14	220	280	290	160	140	190	150	180	150
20	15	220	280	290	160	160	140	140	150	100
21	16	220	280	290	160	160	140	190	150	100
22	17	220	280	290	160	180	140	190	100	100
23	18	280	190	220	160	160	140	190	150	-

Продолжение табл. 1.1

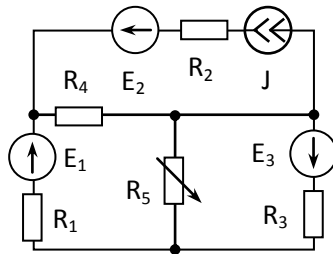
№ варианта	№ схемы	E ₁ , В	E ₂ , В	E ₃ , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом
Исходные данные для первой группы (ЭТ 2*1)										
1	6	60	90	45	60	60	140	90	90	-
2	7	60	90	45	60	60	140	90	50	110
3	8	60	90	45	60	60	140	90	50	110
4	9	60	90	40	60	60	50	90	50	140
5	10	90	60	45	60	60	140	90	50	-
6	11	50	50	75	60	150	50	120	50	-
7	12	40	60	50	80	60	145	60	100	60
8	13	75	70	50	60	60	140	80	150	50
9	14	50	75	50	100	120	80	100	50	80
10	15	60	75	50	120	120	80	140	100	150
11	16	150	90	90	60	100	140	90	100	150
12	17	60	48	50	160	160	80	100	150	100
13	18	150	150	120	60	100	80	50	50	-
14	19	120	60	90	100	120	140	90	50	100
15	20	120	90	180	60	140	60	90	50	100
16	21	50	100	45	60	60	50	90	100	-
17	22	45	60	40	120	60	30	30	40	-
18	23	45	20	20	120	30	115	110	20	-
19	24	50	20	80	40	60	115	120	45	60
20	25	60	50	40	60	100	100	50	80	90
21	26	45	40	25	120	30	25	110	20	-
22	27	50	25	40	120	30	25	110	20	-
23	28	20	20	25	120	125	40	50	20	10

24	29	10	20	25	120	45	20	40	10	30
25	30	80	120	50	50	80	120	40	100	100

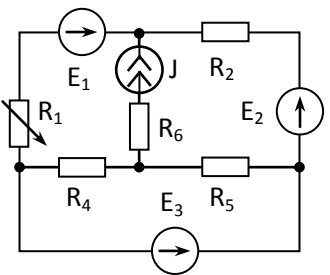
1



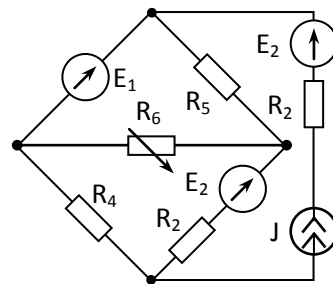
2



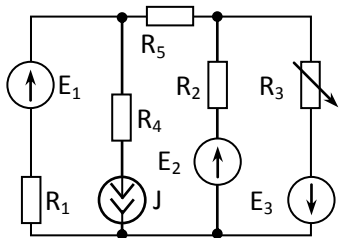
3



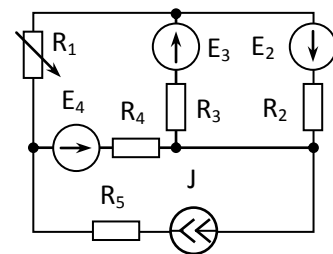
4



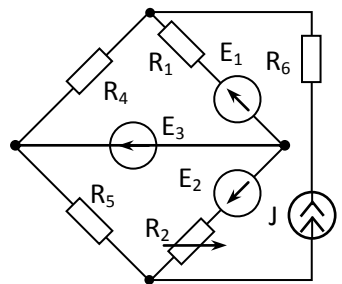
5



6



7



8

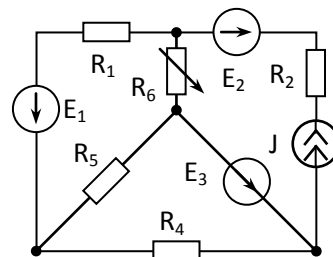
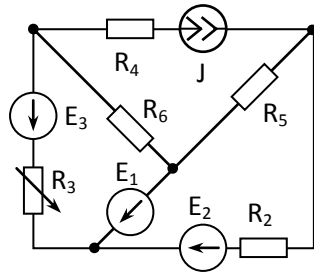
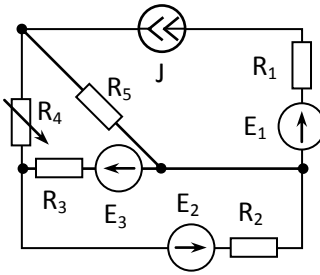


Рис. 1.1

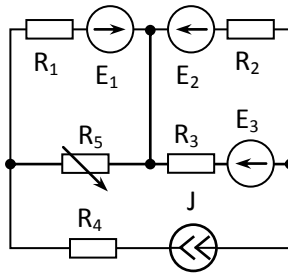
9



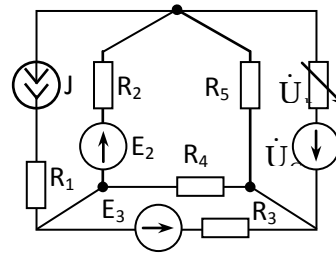
10



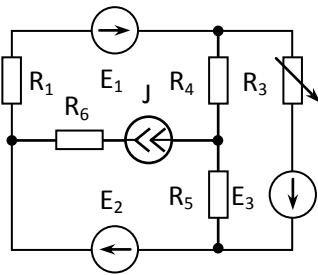
11



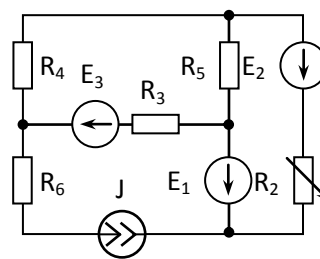
12



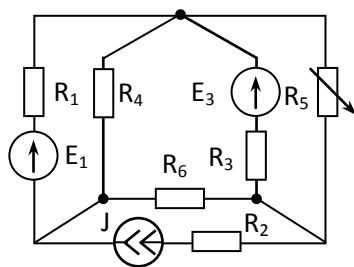
13



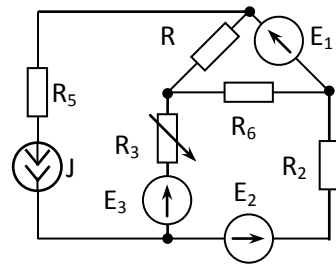
14



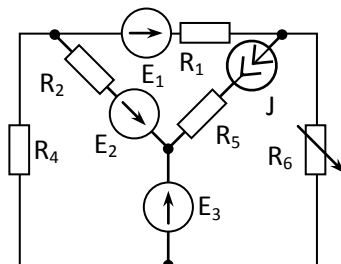
15



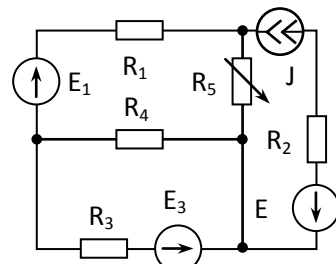
16



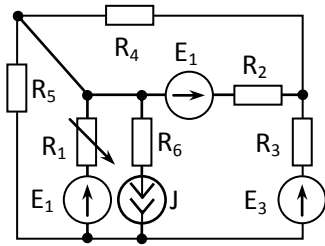
17



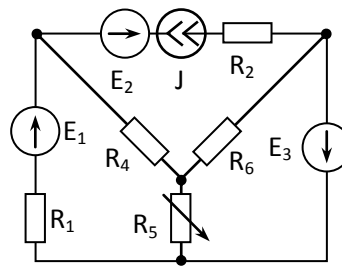
18



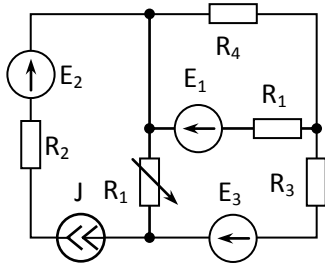
19



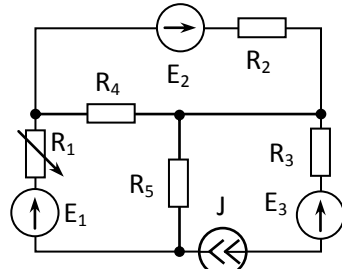
20



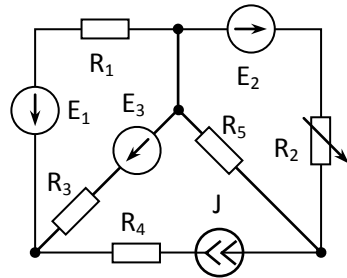
21



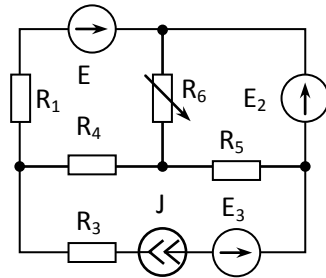
22



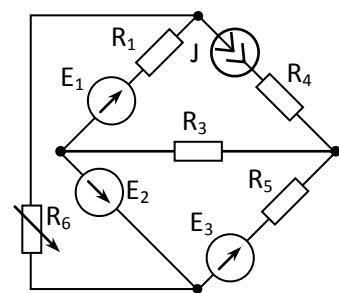
23



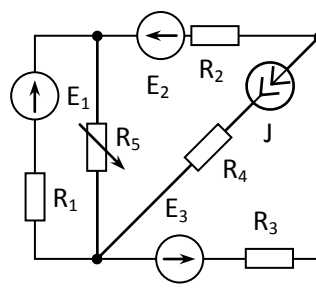
24



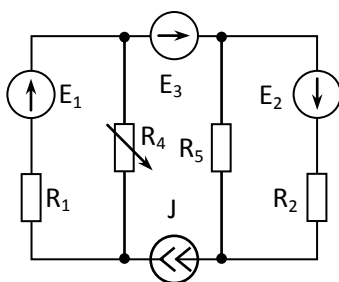
25



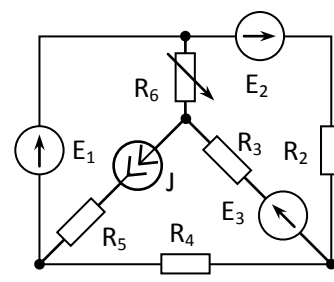
26



27



28



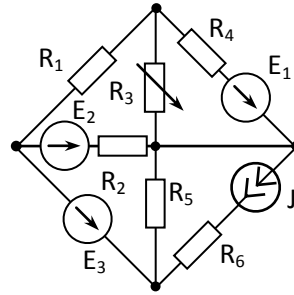
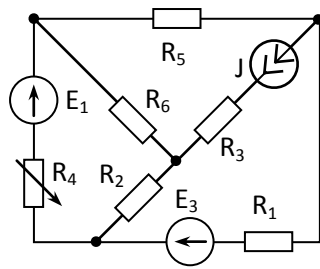


Рис.1.1.

1.2. АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Номер варианта выбирается согласно порядковому номеру студента в журнале группы. Дана схема электрической цепи однофазного синусоидального тока (рис. 2.1), содержащая источники синусоидальных ЭДС, резисторы, катушки индуктивности и конденсаторы.

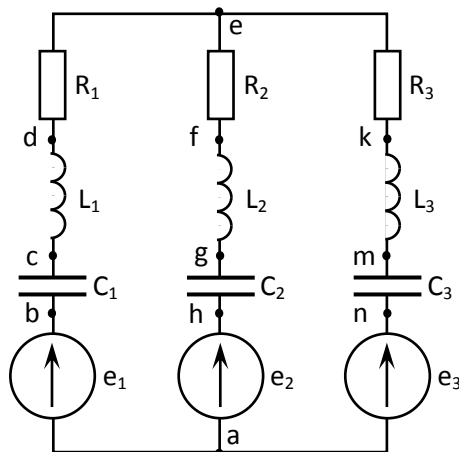


Рис. 2.1

Мгновенные значения ЭДС источников:

$$e_a(t) = E_{a\ m} \sin(314t + \Psi_a),$$

$$e_b(t) = E_{b\ m} \sin(314t + \Psi_b);$$

$$e_c(t) = E_{c\ m} \sin(314t + \Psi_c),$$

где амплитудные значения и начальные фазы ЭДС источников:

Таблица 2.1

№ вар	e ₁ , В	e ₂ , В	e ₃ , В	R ₁ , Ом	L ₁ , Гн	C ₁ , мкФ	R ₂ , Ом	L ₂ , Гн	C ₂ , мкФ	R ₃ , Ом	L ₃ , Гн	C ₃ , мкФ
Исходные данные для первой группы (ЭТ 1*1)												
1	e _a	-	e _b	100	0,5	10	150	0,3	-	-	0,6	20
2	-	e _b	e _c	200	-	10	150	0,6	50	120	0,5	-
3	e _a	e _b	-	100	0,3	-	-	0,5	10	100	0,6	30
4	e _c	e _a	-	-	0,4	20	100	-	30	120	0,5	40
5	-	e _c	e _b	150	0,5	-	100	0,5	30	-	0,2	10
6	-	e _a	e _b	50	0,2	10	60	0,5	-	200	-	30
7	e _b	-	e _c	100	0,3	40	150	-	20	50	0,6	-
8	-	e _c	e _a	200	0,25	10	-	0,8	40	100	-	20
9	e _a	e _c	-	-	0,3	10	200	0,5	-	100	0,6	20
10	-	e _b	e _a	50	-	10	100	0,2	20	-	0,5	40
11	e _b	e _a	-	-	0,5	50	80	0,2	20	100	-	30
12	e _c	e _b	-	120	0,2	-	60	0,3	10	150	-	20
13	-	e _c	e _a	140	-	20	-	0,6	40	100	0,5	50
14	e _c	e _a	-	80	0,5	30	-	0,4	10	120	0,2	-
15	-	e _b	e _c	60	0,3	-	100	0,5	10	140	0,4	-
16	e _c	-	e _b	25	-	20	100	0,6	-	30	0,5	30
17	e _a	-	e _c	125	0,5	-	30	-	20	80	0,5	10
18	e _b	e _c	-	130	-	-	20	-	30	150	0,8	10
19	-	e _c	e _b	40	0,8	-	60	-	-	80	0,5	10
20	e _a	-	e _c	35	0,5	-	100	0,2	10	20	-	-
21	e _a	e _c	-	-	-	20	150	0,5	-	30	0,2	20
22	e _b	e _c	-	100	0,4	-	-	-	20	150	0,5	20

23	-	e _a	e _c	120	0,3	20	-	0,8	40	-	-	20
24	e _c	-	e _a	-	0,8	40	50	-	20	100	0,5	20
25	-	e _a	e _c	50	0,5	10	-	0,1	20	100	-	30

Продолжение табл. 2.1

№ в.а.п.	e ₁ , В	e ₂ , В	e ₃ , В	R ₁ , Ом	L ₁ , Гн	C ₁ , мкФ	R ₂ , Ом	L ₂ , Гн	C ₂ , мкФ	R ₃ , Ом	L ₃ , Гн	C ₃ , мкФ
Исходные данные для второй группы (ЭТ 1*2)												
1	e _a	e _b	-	80	0,5	-	150	0,2	-	30	0,2	20
2	e _b	e _c	-	30	0.2	-	-	0.5	-	60	0.5	50
3	-	e _a	e _b	45	-	30	100	0.1	10	10	0.6	-
4	e _b	-	e _a	60	0.6	-	50	0.8	50	-	0.3	10
5	e _a	e _b	-	-	0.25	10	20	0.4	-	35	0.25	40
6	e _a	e _c	-	120	0,5	10	150	0,3	-	-	0,6	20
7	e _b	e _c	-	180	-	10	150	0,6	50	120	0,5	-
8	-	e _a	e _c	120	0,3	-	-	0,5	10	100	0,6	30
9	e _c	-	e _a	-	0,4	20	80	-	30	120	0,5	40
10	-	e _a	e _c	130	0,5	-	100	0,5	30	-	0,2	10
11	e _c	-	e _b	50	0,2	10	80	0,5	-	200	-	30
12	e _a	-	e _c	110	0,3	40	150	-	20	50	0,6	-
13	e _b	e _c	-	210	0,25	10	-	0,8	40	100	-	20
14	-	e _c	e _b	-	0,3	10	190	0,5	-	100	0,6	20
15	e _a	-	e _c	50	-	10	120	0,2	20	-	0,5	40
16	-	e _a	e _b	-	0,5	50	80	0,2	20	130	-	30
17	e _b	-	e _c	120	0,2	-	60	0,3	10	120	-	20
18	-	e _c	e _a	130	-	20	-	0,6	40	110	0,5	50
19	e _a	e _c	-	90	0,5	30	-	0,4	10	110	0,2	-

20	-	e _b	e _a	60	0,3	-	110	0,5	10	140	0,4	-
21	e _b	e _a	-	25	-	20	120	0,6	-	30	0,5	30
22	e _c	e _b	-	125	0,5	-	30	-	20	90	0,5	10
23	-	e _c	e _a	130	-	-	20	-	30	140	0,8	10
24	e _c	e _a	-	40	0,8	-	80	-	-	60	0,5	10
25	-	e _b	e _c	35	0,5	-	90	0,2	10	30	-	-
Исходные данные для группы (ЭТ 2*1)												
1	e _b	e _a	-	80	0,5	-	150	0,2	-	30	0,2	20
2	e _c	e _b	-	30	0,2	-	-	0,5	-	60	0,5	50
3	-	e _c	e _a	45	-	30	100	0,1	10	10	0,6	-
4	e _c	e _a	-	60	0,6	-	50	0,8	50	-	0,3	10
5	-	e _b	e _c	-	0,25	10	20	0,4	-	35	0,25	40
6	e _c	-	e _b	120	0,5	10	150	0,3	-	-	0,6	20
7	e _a	-	e _c	180	-	10	150	0,6	50	120	0,5	-
8	e _b	e _c	-	120	0,3	-	-	0,5	10	100	0,6	30
9	-	e _c	e _b	-	0,4	20	80	-	30	120	0,5	40
10	e _a	-	e _c	130	0,5	-	100	0,5	30	-	0,2	10
11	e _a	e _c	-	50	0,2	10	80	0,5	-	200	-	30
12	e _b	e _c	-	110	0,3	40	150	-	20	50	0,6	-
13	-	e _a	e _c	210	0,25	10	-	0,8	40	100	-	20
14	e _c	-	e _a	-	0,3	10	190	0,5	-	100	0,6	20
15	-	e _a	e _c	50	-	10	120	0,2	20	-	0,5	40

Продолжение табл. 2.1

№ вар.	e_1 , В	e_2 , В	e_3 , В	R_1 , Ом	L_1 , Гн	C_1 , мкФ	R_2 , Ом	L_2 , Гн	C_2 , мкФ	R_3 , Ом	L_3 , Гн	C_3 , мкФ
16	-	e_a	e_b	25	-	20	100	0,6	-	30	0,5	30
17	e_b	-	e_c	125	0,5	-	30	-	20	80	0,5	10
18	-	e_c	e_a	130	-	-	20	-	30	150	0,8	10
19	e_a	e_c	-	40	0,8	-	60	-	-	80	0,5	10
20	-	e_b	e_a	35	0,5	-	100	0,2	10	20	-	-
21	e_b	e_a	-	-	-	20	150	0,5	-	30	0,2	20
22	e_c	e_b	-	100	0,4	-	-	-	20	150	0,5	20
23	-	e_c	e_a	120	0,3	20	-	0,8	40	-	-	20
24	e_c	e_a	-	-	0,8	40	50	-	20	100	0,5	20
25	-	e_b	e_c	50	0,5	10	-	0,1	20	100	-	30

Задание

1. Составить согласно варианту расчетную схему электрической цепи и провести ее топологический анализ.
2. На основании законов Кирхгофа записать систему уравнений для расчета токов во всех ветвях схемы в двух формах: а) дифференциальной; б) символической.
3. Рассчитать комплексные действующие значения токов во всех ветвях схемы методом узловых потенциалов.
4. Рассчитать потенциалы всех точек схемы, приняв потенциал узла «а» равным нулю. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов. Графически показать на векторной диаграмме выполнение законов Кирхгофа для исследуемой цепи.
5. По топографической диаграмме определить напряжение между точками «d» и «m».
6. Записать мгновенные значения тока в ветви, не содержащей источник ЭДС, и напряжения на зажимах этой ветви. Построить в одних осях координат их временные диаграммы. На диаграмме показать угол сдвига фаз между напряжением и током в этой ветви.
7. Рассчитать комплексные мощности приемников и источников электрической энергии. Проверить выполнение баланса комплексных мощностей.

1.3. АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ

Номер варианта выбирается согласно порядковому номеру студента в журнале группы. К трехфазному генератору, создающему симметричную трехфазную систему синусоидальных ЭДС, фазы которого соединены по схеме «звезда», подключены:

- а) нагрузка, фазы которой соединены по схеме «звезда» с нейтральным проводом;
- б) нагрузка, фазы которой соединены по схеме «треугольник».

Набор элементов, включенных в фазы нагрузки и в нулевой провод, задан согласно варианту в табл. 3.1 – для «звезды» и в табл. 3.2 – для «треугольника».

ЭДС фазы генератора $E_{\phi}=220$ В.

Параметры элементов цепи:

$R_1=100$ Ом, $R_2=150$ Ом, $X_{L1}=100$ Ом, $X_{L2}=200$ Ом, $X_{C1} = 100$ Ом, $X_{C2} = 200$ Ом.

Задание

1. По составу элементов каждой фазы начертить расчетные схемы замещения трехфазных электрических цепей, нагрузка которых соединена по схеме «звезда» и «треугольник».

2. Для каждой схемы рассчитать фазные и линейные токи и напряжения, построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов. На диаграмме показать линейные и фазные напряжения источника и приемников, напряжение смещения нейтрали.

3. Для каждой схемы определить активную и реактивную мощности приемников и трехфазного источника энергии. Составить уравнение баланса мощностей.

Таблица 3.1

	Z_a	Z_b	Z_c	Z_n
Исходные данные для первой группы (ЭТ 1*1)				
1	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{L2} R_1$	$X_{L2} R_1$	X_{L1}, X_{C1}
2	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1$	$X_{C1} R_1$	$X_{C2} X_{L2}$
3	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L1} R_1$
4	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}
5	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{L2} R_2$	$X_{L2} R_2$	X_{L1}, R_2
6	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} X_{L1}$
7	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, R_2	0
8	X_{L2}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$
9	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C1}, R_2	X_{L1}, X_{C1}
10	$X_{C1} R_1$	$X_{L2} R_2$	$X_{L2} R_2$	X_{C2}, R_2
11	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$
12	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$	$X_{L1} R_1$	0
13	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C1}	$X_{C2} R_1$
14	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C2} X_{L2}$
15	$X_{C1} R_1$	X_{L1}, X_{C1}	$X_{L1} R_2$	X_{L1}, X_{C2}
16	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1$	X_{L1}, X_{C1}	X_{L1}, R_2
17	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1$	$X_{C1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}
18	X_{L2}, X_{C2}	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_2$	$X_{C2} R_1$
19	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_2	0
20	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L2} R_1$	X_{C2}, R_2
21	$X_{L1} R_2$	$X_{L1} R_2$	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$

22	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C1}	$X_{C1} R_2$	X_{C2}, R_2
23	X_{C2}	X_{L1}, X_{C2}	X_{L1}	$X_{C1} X_{L1}$
24	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_2$	X_{L1}, X_{C1}
25	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L2} R_1$	$X_{C1} R_2$
Исходные данные для второй группы (ЭТ 1*2)				
1	X_{L2}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, R_2	$X_{C1} R_2$
2	$X_{C2} R_1$	$X_{C1} R_2$	$X_{C1} R_2$	0
3	X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, R_2	$R_2, X_{L2} R_1$
4	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L2} R_1$	$X_{C2} X_{L2}$
5	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{C2}, R_1	$R_2, X_{L2} R_1$
6	$X_{C2} X_{L2}$	X_{L2}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} X_{L1}$
7	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$	$X_{C1} R_2$	0
8	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}	$X_{L1} R_1$
9	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_2$	X_{L1}, X_{C1}
10	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C1}	$R_2, X_{L2} R_1$	X_{C2}, R_2
11	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1$	$X_{L2} R_1$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$
12	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_1$	$X_{C1} R_1$	0
13	X_{L2}, X_{C2}	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{L1} R_1$	$X_{C2} R_1$
14	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$	$X_{C2} X_{L2}$
15	$X_{C1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_2$	X_{L1}, X_{C2}
16	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_2$	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, R_2
17	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C1}	X_{L1}, R_2	X_{L2}, X_{C2}
18	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{C2} R_1$
19	X_{L2}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, R_2	$X_{C1} R_2$

Продолжение табл. 3.1

№ вар.	Z_a	Z_b	Z_c	Z_n
Исходные данные для второй группы (ЭТ 1*2)				
20	$X_{C1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_2$	X_{C2}, R_2
21	$X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$
22	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1$	$X_{L1} R_1$	X_{C2}, R_2
23	X_{L2}, X_{C2}	X_{L2}, X_{C2}	X_{L1}, X_{C1}	$X_{C1} X_{L1}$
24	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C1}
25	$X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_2$	$X_{L1} R_2$	$X_{C1} R_2$

Продолжение табл. 3.1

№ вар.	Z_a	Z_b	Z_c	Z_n
Исходные данные для группы (ЭТ 2*1)				
1	$X_{L1} R_2$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C1}	X_{L1}, X_{C1}
2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C1} R_1$	$X_{C2} X_{L2}$
3	X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_2$	$R_2, X_{L1} R_1$
4	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}
5	$R_1, X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_2$	$R_2, X_{L2} R_1$	X_{L1}, R_2
6	$X_{L2} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_1	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, R_2
7	$X_{C1} R_1$	$X_{C2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L2}, X_{C2}
8	$X_{L1} R_1$	X_{C2}, R_1	X_{L2}, X_{C2}	$X_{C2} R_1$
9	$X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	0
10	$X_{L2} R_2$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_1$	X_{C2}, R_2
11	$X_{L1} R_1$	$X_{C2} X_{L2}$	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$
12	X_{L1}, R_2	$X_{C2} X_{L2}$	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{C2}, R_2
13	$X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$
14	X_{L1}, X_{C1}, R_2	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C1}
15	$X_{L2} R_2$	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C1} R_1$	$X_{C1} R_2$
16	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_2$
17	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C2} X_{L2}$	0
18	X_{L1}, X_{C1}	X_{L2}, X_{C2}	X_{L2}, X_{C2}	$R_2, X_{L2} R_1$
19	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$X_{C2} X_{L2}$
20	$X_{L1} R_2$	$X_{C1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L2} R_1$

21	X_{L1}, X_{C1}	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_2$	$X_{C1} X_{L1}$
22	$X_{C1} R_1$	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	0
23	$X_{C1} R_2$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{C2}	$X_{L1} R_1$
24	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C1}
25	$R_2, X_{L2} R_1$	$X_{C1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	X_{C2}, R_2

Таблица 3.2

№ вар.	Z_{ab}	Z_{bc}	Z_{ca}
Исходные данные для первой группы (ЭТ1*1)			
1	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, R_2
2	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1$	$X_{L1} R_1$
3	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$	$X_{L1} R_1$
4	X_{L1}, X_{C2}	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} X_{L1}$
5	X_{C2}	X_{L1}, X_{C2}	X_{L1}
6	R_2, R_1	R_2	$X_{L1} R_1$
7	X_{L1}, X_{C2}	$X_{C1} R_1$	R_2, R_1
8	X_{L1}, X_{C1}, R_1	$X_{L2} R_2$	$X_{C1} X_{L1}$
9	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{L2} R_1$	$X_{L2} R_1$
10	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C1}, R_1	$X_{C2} X_{L2}$
11	$X_{L1} R_2$	$X_{L1} R_2$	$X_{L1} R_1$
12	X_{L2}, X_{C1}, R_2	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
13	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$
14	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_2
15	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
16	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C1}, R_2
17	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C2}, R_1	$X_{L1} R_1$
18	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} X_{L1}$
19	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{C1} R_2$
20	$X_{C2} R_1$	X_{L1}, X_{C1}, R_2	$X_{C2} R_1$

21	X_{L1}, X_{C1}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$R_2, X_{L1} R_1$
22	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L2} R_1$
23	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$R_2, X_{L1} R_1$
24	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_1
25	$X_{C1} R_1$	$X_{L2} R_2$	$X_{L2} R_2$
Исходные данные для второй группы (ЭТ 1*2)			
1	X_{L2}, X_{C1}, R_2	X_{L2}, X_{C1}, R_2	X_{L2}, X_{C1}, R_2
2	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C2} R_2$
3	$X_{C2} R_1$	$X_{C1} R_2$	$X_{C1} R_2$
4	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_1
5	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1$	$X_{C1} R_1$
6	X_{L1}, R_2	X_{L1}, X_{C1}, R_2	$X_{L1} R_2$
7	$X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$	$X_{C1} X_{L1}$
8	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2
9	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L2}, X_{C2}, R_2
10	X_{L1}	$X_{C1} R_1$	$X_{C2} R_1$
11	$X_{L1} R_1$	X_{L2}, X_{C1}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_1
12	R_2, R_1	X_{L2}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_1
13	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{C2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1
14	$X_{L2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}, R_1
15	$X_{C2} X_{L2}$	$X_{C1} R_1$	X_{L1}, X_{C1}, R_2

№ вар.	Z_{ab}	Z_{bc}	Z_{ca}
Исходные данные для второй группы (ЭТ 1*2)			
16	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L2}, X_{C2}, R_2
17	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$
18	$X_{L1} R_1$	$R_2, X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
19	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L1}, X_{C2}	X_{L1}, X_{C2}, R_2
20	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{C2}	$X_{L2} R_2$
21	X_{L1}, X_{C1}, R_2	R_2, R_1	X_{L2}, X_{C1}, R_2
22	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}	$X_{C1} X_{L1}$
23	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C1}, R_1	$X_{C1} R_2$
24	$X_{C1} R_2$	$X_{C2} X_{L2}$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
25	$X_{C2} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1$
Исходные данные для группы (ЭТ 2*1)			
1	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_2$	$X_{C1} X_{L1}$
2	$R_2, X_{L2} R_1$	X_{L2}, X_{C1}, R_2	$X_{C1} R_1$
3	$R_2, X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1, X_{L1}$
4	X_{L2}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$
5	$X_{L2} R_2$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L1}, X_{C2}
6	X_{L2}, X_{C1}, R_2	$X_{L1} R_1$	R_2
7	$X_{C2} R_2$	$X_{L1} R_1$	$X_{C1} R_1$
8	$X_{C1} R_2$	X_{L1}, X_{C2}, R_1	$X_{L2} R_2$

№ вар.	Z_{ab}	Z_{bc}	Z_{ca}
Исходные данные для группы (ЭТ 2*1)			
9	X_{L1}, X_{C2}, R_1	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{L2} R_1$
10	$X_{C1} R_1$	$X_{C2} R_1$	X_{L2}, X_{C1}, R_1
11	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_2$
12	$X_{C1} R_1$	R_2, R_1	X_{L2}, X_{C1}, R_2
13	$X_{C1} R_1, X_{L1}$	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{L1} R_1$
14	$X_{L1} R_1$	$X_{L2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
15	X_{L1}, X_{C2}	$X_{C2} X_{L2}$	X_{L1}, X_{C2}, R_1
16	R_2	$X_{L1} R_1$	$X_{L1} R_1$
17	$X_{C1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$X_{L1} R_1$
18	$X_{L2} R_2$	$X_{L1} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_1
19	$X_{L2} R_1$	X_{L1}, X_{C2}, R_2	X_{L2}, X_{C2}, R_2
20	X_{L2}, X_{C1}, R_1	X_{L1}, X_{C2}, R_2	$X_{C2} R_1$
21	$X_{L1} R_2$	X_{L1}, X_{C1}, R_2	X_{L1}, X_{C1}, R_2
22	$X_{C1} X_{L1}$	$X_{L1} R_1$	$R_1, X_{L1} R_1$
23	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{C1} X_{L1}$	X_{L1}, X_{C2}, R_2
24	X_{L2}, X_{C2}, R_2	$X_{C1} R_2$	$X_{C1} X_{L1}$
25	$X_{C2} R_1$	$X_{C2} R_1$	$X_{C1} R_1$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2

2.1 АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер варианта выбирается согласно порядковому номеру студента в журнале группы. Дана линейная электрическая цепь, содержащая источник постоянной ЭДС E , активные и реактивные элементы. В цепи происходит коммутация, производимая идеальным ключом. Схемы электрических цепей показаны согласно варианту на рис. 4.1. Параметры активных и реактивных элементов схемы заданы в табл. 4.1.

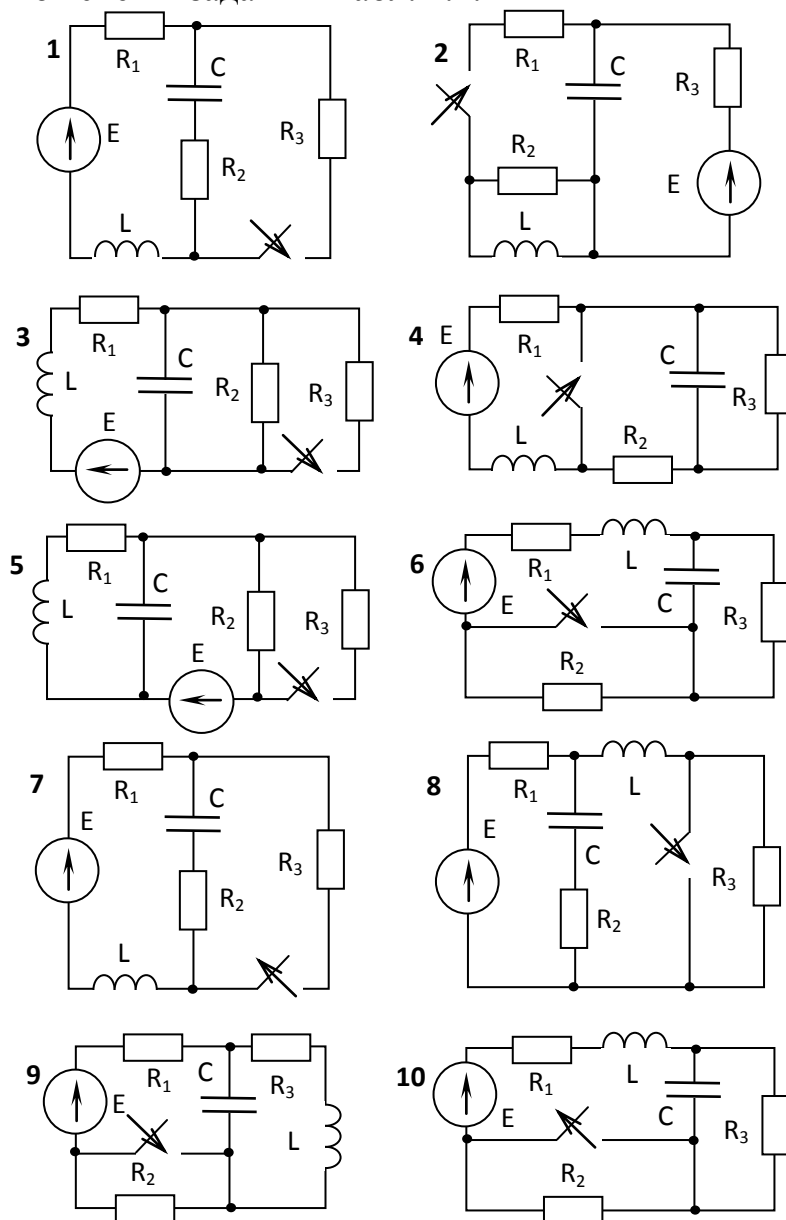


Рис. 4.1

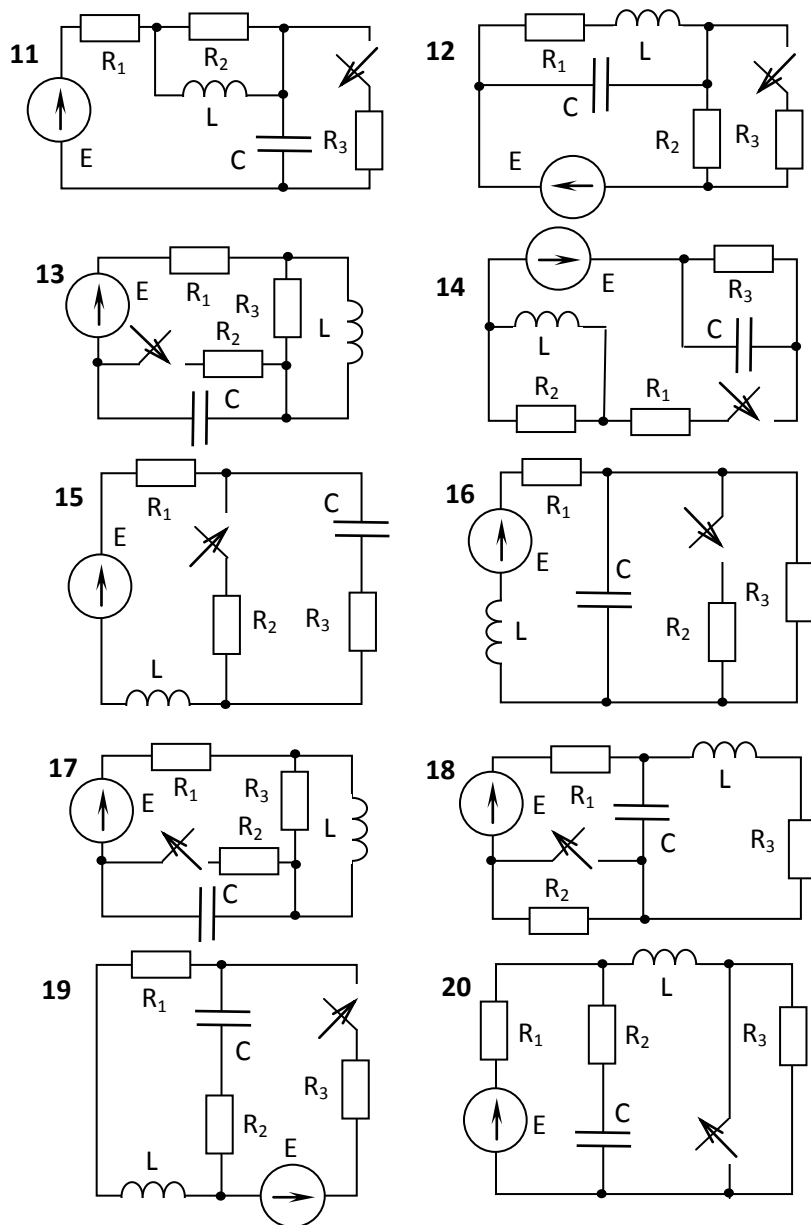


Рис. 4.1. Продолжение

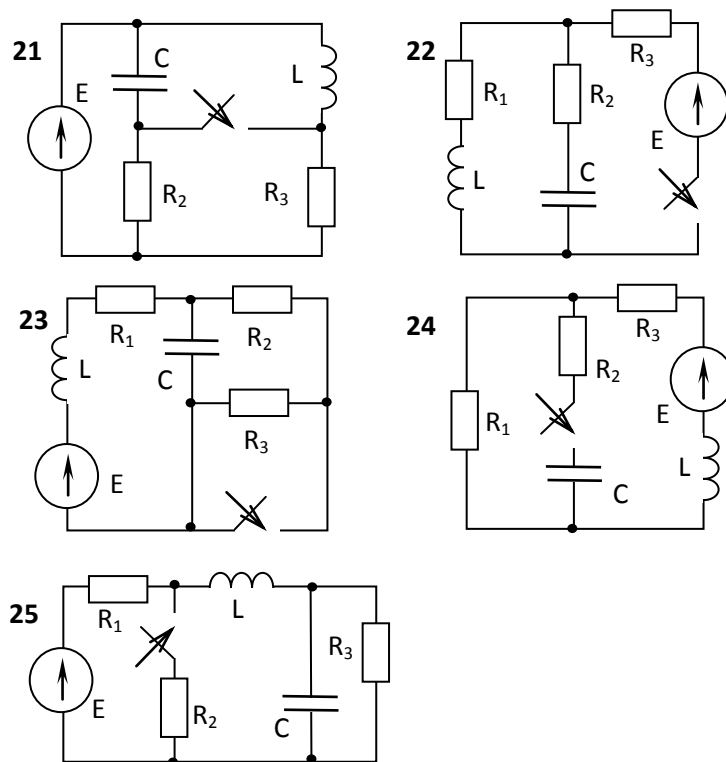


Рис. 4.1. Окончание

Таблица 4.1

E, В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	C, мкФ	L, мГн
100	20	100	80	20	0,6

Задание

1. Классическим методом определить закон изменения во времени напряжения на зажимах конденсатора $u_c(t)$ и тока в индуктивной катушке $i_L(t)$
2. Операторным методом рассчитать переходные функции напряжения на зажимах конденсатора $u_c(t)$ и тока в индуктивной катушке $i_L(t)$.
3. Построить графики изменения во времени величин, рассчитанных в п.1 и 2, на интервале времени от $t=0$ до $t=5/p_{\min}$, где $p_{\min}$ – минимальный по модулю корень характеристического уравнения.

На временных диаграммах необходимо показать, свободные и принужденные составляющие, а также график зависимости искомых переходных функций.

Задача 2.1.1: МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Дана разветвленная магнитная цепь с намагничивающими катушками. Номер схемы магнитной цепи и данные для расчета согласно варианту заданы в табл. 5.2.

Кривая намагничивания стали магнитопровода приведена в табл. 5.3.

Задание

1. Начертить схему замещения магнитной цепи, приведенной согласно варианту на рис. 5.6.
2. Рассчитать намагничивающие токи и магнитные потоки, указанные в последней графе табл. 5.2 согласно варианту. Расчет выполнять методом двух узлов.
3. Результаты расчетов проверить с помощью первого и второго законов Кирхгофа.

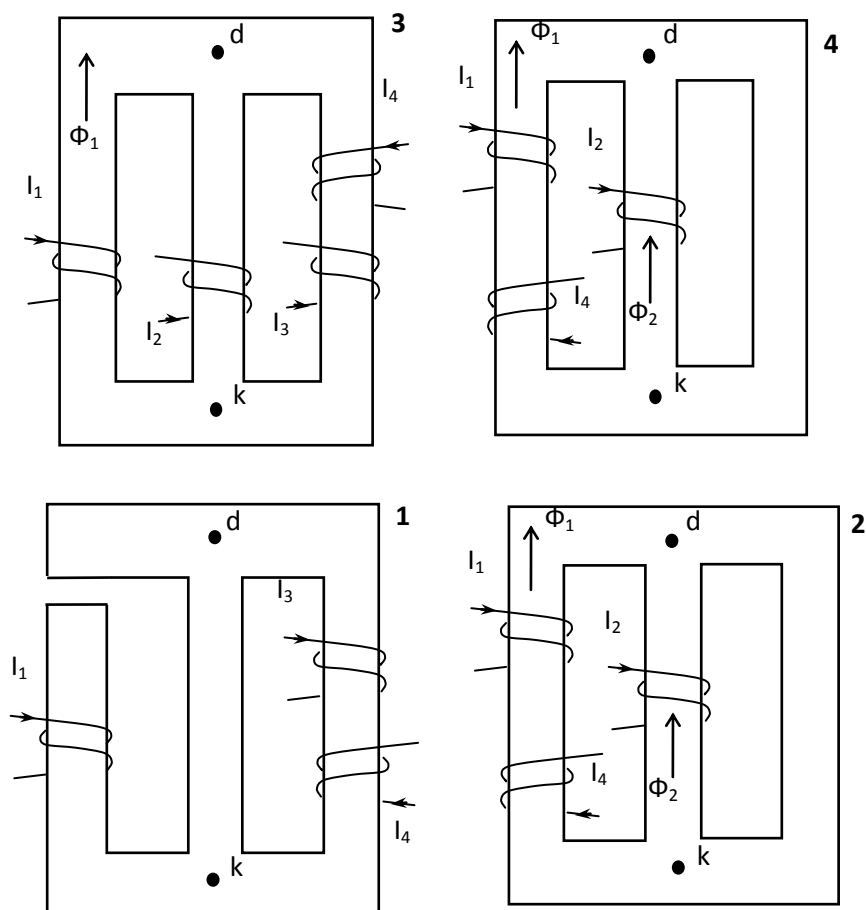


Рис. 5.6

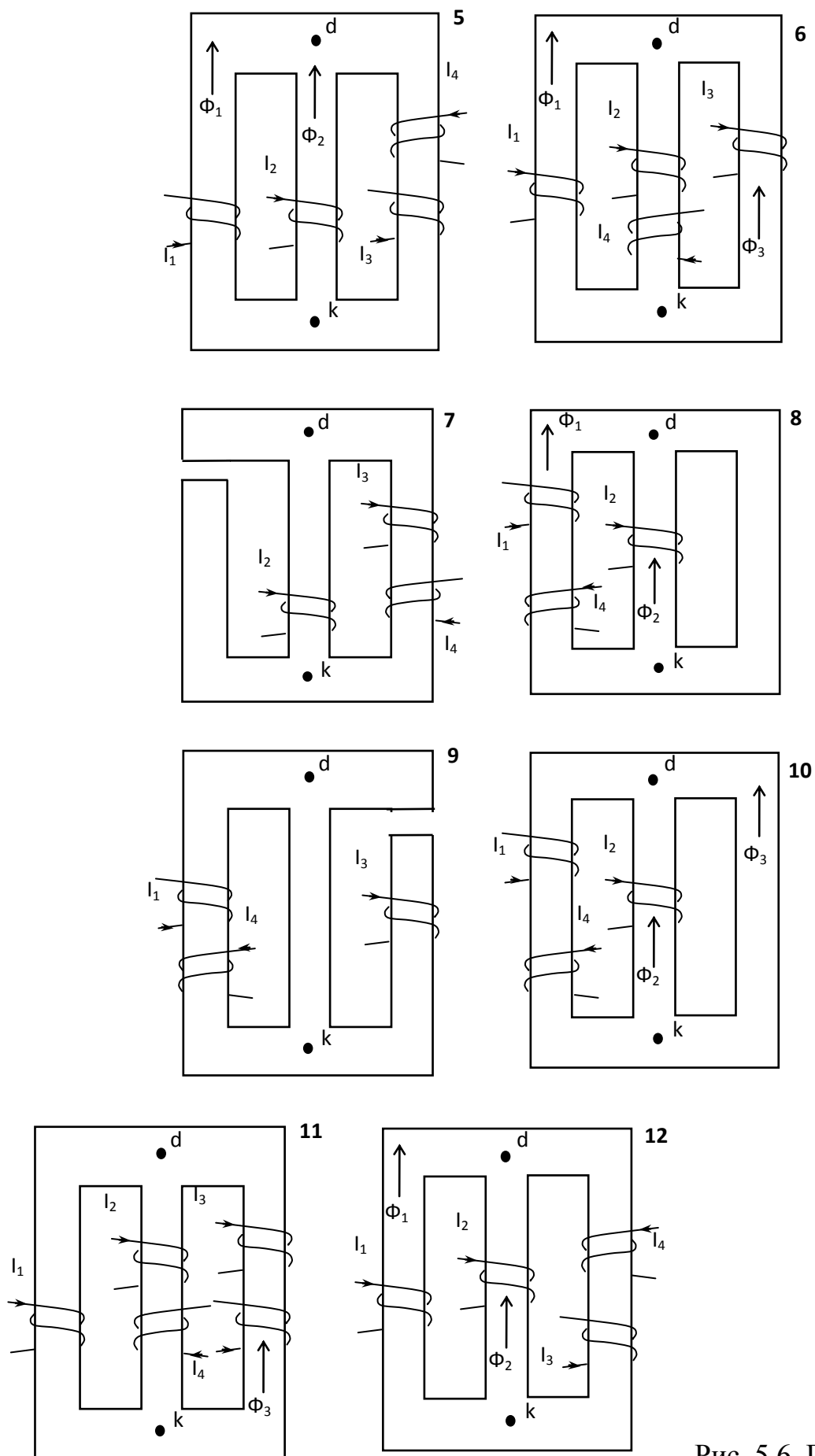


Рис. 5.6. Продолжение

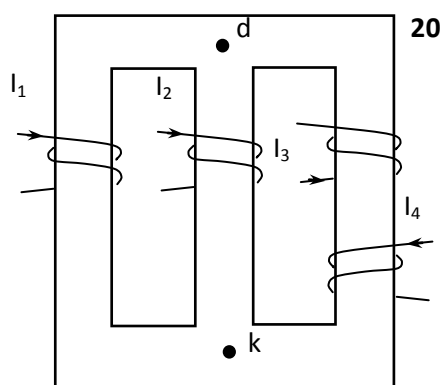
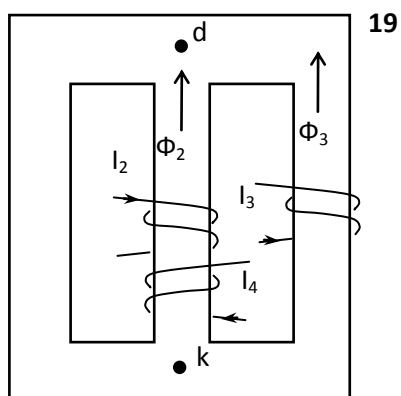
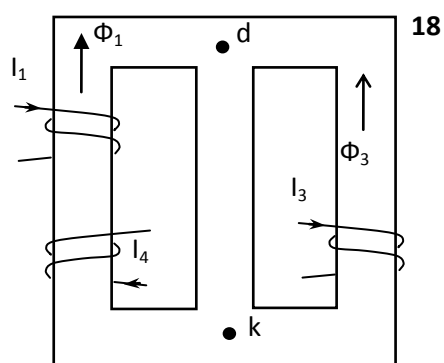
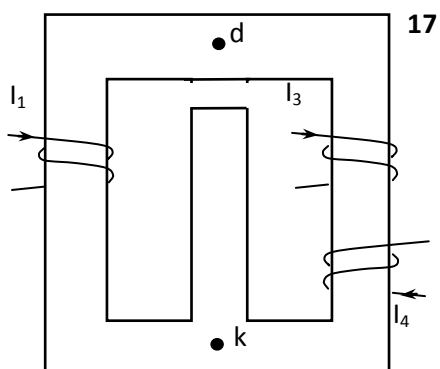
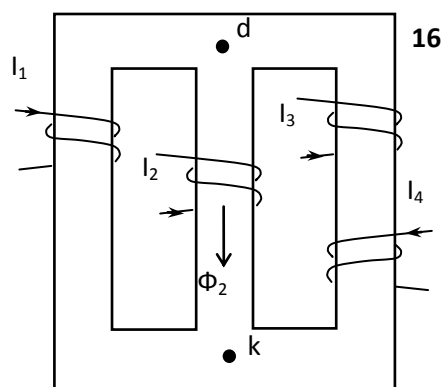
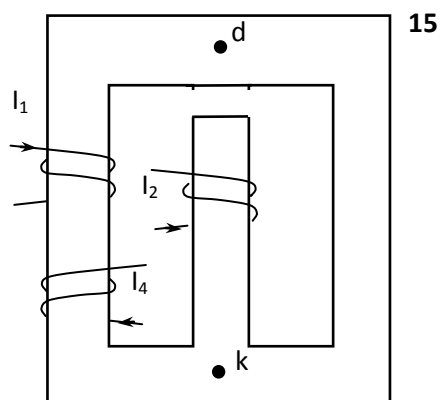
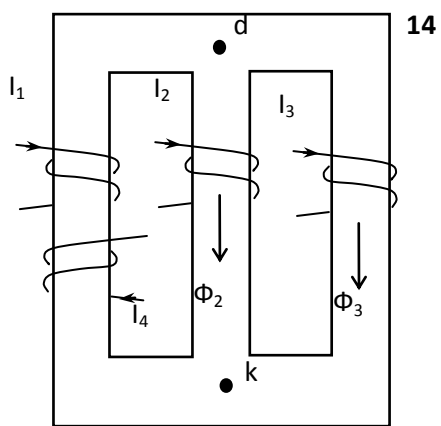
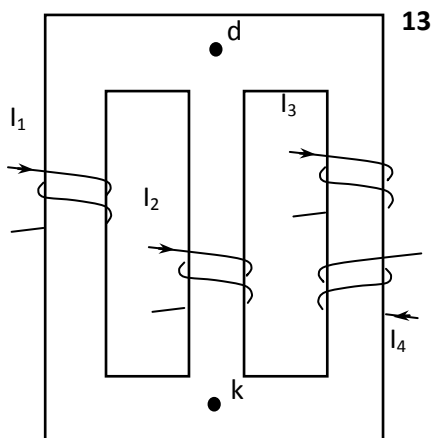


Рис. 5.6. Окончание

Таблица 5.2

№ вар	№ рис .	l ₁ , см	S ₁ , см ²	w ₁	I ₁ , А	l ₂ , см	S ₂ , см ²	w ₂	I ₂ , А
1	1	30	4	300	1,52	10	6	-	-
2	2	100	6,15	300	0,3	33	4,2	200	-
3	3	11	1,95	100	-	3,5	0,965	400	0,05
4	4	35	2,9	140	0,25	10	4,75	390	-
5	5	30	4,3	300	0,1	12	6	300	-
6	6	30	7,3	105	1	11,5	12,3	50	0,3
7	7	13,5	7,5	-	-	4,32	1,9	100	1
8	8	30	5,6	150	0,2	10	5	200	-
9	9	32	14,4	300	0,75	25	10,5	-	-
10	10	40	42	300	0,4	13	14	-	0,3
11	11	28	7,95	290	0,5	11,5	15,8	26	1
12	12	28	3,9	38	0,5	8	6,8	275	-
13	13	30	4,2	430	0,5	10	4,8	-	0,1
14	14	19	8,1	300	0,15	6,5	5,1	210	0,1
15	15	25	8	635	0,1	10	5	-	0,1
16	16	70	97	550	0,4	35	220	250	1,4
17	17	55	55	260	1,0	18	84	-	-
18	18	55	25,3	500	0,5	25	50	-	-
19	19	43	11,9	-	-	14	11,5	100	1,1
20	20	32	9,3	270	0,065	9	7,7	-	0,2
21	3	13	2,05	100	-	3	0,94	1000	0,02
22	12	35	4,1	19	1	6	6,3	275	-
23	18	45	24,7	500	0,5	27	50,4	-	-
24	13	35	4,3	215	1	10	4,8	-	0,1
25	10	30	38	500	0,25	17	14,7	-	0,3

Продолжение табл. 5.2

№ вар	l_3 , см	S_3 , см ²	w_3	I_3 , А	w_4	I_4 , А	l_δ , мм	Дополнит. условия $\Phi \cdot 10^{-5}$ Вб	Опреде лить
1	30	4	50	2,5	50	2,5	0,5	-	Φ_1, Φ_2
2	100	10	-	-	300	0,3	-	$\Phi_1=\Phi_2$	I_2, Φ_3
3	13	1,25	55	0,3	20	0,155	-	$\Phi_1=25$	I_1, Φ_2
4	45	8,33	-	-	50	0,5	-	$\Phi_2-\Phi_1=20$	I_2, Φ_1
5	20	4,8	100	0,42	50	0,21	-	$\Phi_2=0$	I_2, Φ_3
6	22,5	10	975	-	100	0,15	-	$\Phi_3-\Phi_1=20$	I_3, Φ_1
7	19,8	1,75	200	0,5	200	0,25	0,1	-	Φ_1, Φ_3
8	18	8,9	-	-	200	0,1	-	$\Phi_1=\Phi_2$	I_2, Φ_3
9	40	15	200	1	50	1,5	1	-	Φ_2, Φ_3
10	40	15	-	-	60	0,5	-	$\Phi_1=\Phi_3$	w_2, Φ_1
11	37	7,1	2000	-	50	0,5	-	$\Phi_3=98$	I_3, Φ_2
12	28	9,9	220	0,25	200	0,125	-	$\Phi_2-\Phi_1=20$	I_2, Φ_2
13	32	4,9	100	0,5	50	1	-	$\Phi_2=0$	w_2, Φ_1
14	15	3,2	150	-	165	0,1	-	$\Phi_2-\Phi_3=20$	I_3, Φ_1
15	25	3	50	0,2	40	0,1	0,57	$\Phi_2=70$	w_2, Φ_3
16	70	92	-	-	200	0,4	-	-	Φ_2, Φ_3
17	57	57	200	1,0	60	0,5	1,25	-	Φ_2, Φ_3
18	47	45,5	300	-	100	1	-	$\Phi_1=\Phi_3$	I_3, Φ_3
19	48	9,1	520	-	200	0,55	-	$\Phi_2=\Phi_3$	I_3, Φ_1
20	30	15,5	108	0,7	120	0,35	-	$\Phi_2-\Phi_1=20$	w_2, Φ_2
21	11	1,18	100	0,15	46	0,1	-	$\Phi_1=25$	I_1, Φ_3
22	25	9,6	200	0,2	200	0,2	-	$\Phi_2-\Phi_1=20$	I_2, Φ_3
23	48	47,5	300	-	100	1	-	$\Phi_1=\Phi_3$	I_3, Φ_1
24	20	4,4	600	0,1	200	0,2	-	$\Phi_2=0$	w_2, Φ_1
25	45	15,4	-	-	50	0,5	-	$\Phi_2=\Phi_3$	w_2, Φ_3

Таблица 5.3

H, А/м	20	40	60	80	120	200	400	600	800	1200
B, Тл	0,22	0,75	0,93	1,02	1,14	1,28	1,47	1,53	1,57	1,6

Задача 5.2: АНАЛИЗ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА В ДЛИННОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Однофазный генератор синусоидального напряжения соединяется с нагрузкой длинной линией. Первичные параметры линии R_0 , L_0 , G_0 , C_0 , частота f , длина линии l , действующее значение напряжения U_2 в конце линии, комплексное сопротивление нагрузки Z_H заданы в табл. 5.6 согласно варианту.

Задание

1. Рассчитать вторичные параметры линии – коэффициент распространения, коэффициент затухания α , коэффициент фазы β , волновое сопротивление Z_B , фазовую скорость, длину волны..

2. Рассчитать комплексные значения напряжения $\dot{U}_1$ и тока $\dot{I}_1$ в начале линии, активную P и полную S мощности в начале и конце линии, а также коэффициент полезного действия η линии.

3. Полагая, что линия стала линией без потерь ($R_0 = G_0 = 0$), а нагрузка на конце линии стала активной и равной модулю комплексной нагрузки Z_H , определить комплексные значения напряжения $\dot{U}_1$ и тока $\dot{I}_1$ в начале линии, а также длину электромагнитной волны λ .

Таблица 5.6

№ вар.	f, Гц	l, км	R ₀ , Ом/км	C ₀ , 10 ⁻⁹ Ф/км	L ₀ , 10 ⁻³ Гн/к	G ₀ , 10 ⁻⁶ См /км	U ₂ , В	Z _н , Ом
1	1000	177	10	5,9	4,16	0,75	70,5	1675e ^{-j11°}
2	5000	16,75	157,2	5,75	10	1,75	55,4	2770e ^{-j13°12'}
3	3000	56,7	20	6	4,1	1,25	42,3	423
4	7000	10	180,4	12,22	7,6	4,5	20	419 e ^{-j14°18'}
5	800	223	5,8	6,5	3,8	0,7	14,1	392 e ^{-j7°50'}
6	6500	10,5	204	5,6	8,54	4,2	36	800 e ^{-j15°22'}
7	4000	30,2	33,4	9,5	2,66	1,5	29,6	1130
8	9000	16,3	108	4,1	10,4	0,46	22,6	565 e ^{-j5°12'}
9	700	105	14,6	16,4	3,04	1,35	60	900 e ^{-j23°10'}
10	600	120	12,6	12,7	3,85	0,8	5	1270 e ^{-j20°}
11	1200	100	12,4	10	4,8	1,6	40	355 e ^{-j8°50'}
12	600	142	11	10	6	0,65	84,7	1620e ^{-j12°25'}
13	8000	12,7	97,2	6,4	7,5	0,82	60	667
14	2000	64,8	25,2	3,6	6,7	1	31	690 e ^{-j7°45'}
15	1800	47,1	54	6,8	7,08	1,9	24	2000e ^{-j16°15'}
16	1600	92,3	20,4	3,4	7,08	0,9	33,9	1060 e ^{-j7°15'}
17	1000	125	10	11,8	4,16	1,5	100	1188e ^{-j10°55'}
18	5000	11,85	157,2	11,5	10	3,5	78,6	1965e ^{-j13°12'}
19	3500	40	22,55	12,22	1,9	2,25	5	209,5e ^{-14°18'}
20	800	157,5	5,8	13	3,8	1,4	20	278 e ^{-j7°50'}
21	900	57	19,2	14,8	10,8	1,55	88	1800 e ^{-j8°12'}
22	4000	21,35	33,4	19	2,66	3	42	800
23	9000	11,5	108	8,2	10,4	0,92	32	400 e ^{-j5°12'}
24	700	149	14,6	8,2	3,04	0,675	42,3	1255e ^{-j23°10'}
25	500	282	10	4,8	5,08	0,675	70,5	2200 e ^{-j15°}

4. Для линии без потерь (п.3) построить график распределения действующего значения напряжения вдоль линии в функции координаты у.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству текущего контроля (контрольная работа):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	выполнены все задания контрольной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, нет погрешностей в оформлении работы.
хорошо (4)	задания контрольной работы выполнены с несущественными недочетами или неточностями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, присутствуют некоторые погрешности в оформлении.
удовлетворительно (3)	выполнены все задания контрольной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, допущено небрежность и неточность у оформлении.
незачтено (2)	Студентом допущены серьезные ошибки по содержанию работы или задания контрольной работы выполнены неправильно; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет):

Вопросы к зачету:

- 1 Электрическая цепь и ее элементы. Монтажная, принципиальная и эквивалентная схемы электрической цепи.
- 2 Электрический ток, сила и плотность тока. Электрический потенциал. Электрическое сопротивление и проводимость, возникновение разности потенциалов (электрического напряжения). Электродвижущая сила.
- 3 Резистивный элемент в электрической цепи постоянного тока. Закон Ома для участка цепи.
- 4 Идеальные и реальные источники ЭДС, их эквивалентные схемы и внешние характеристики. Закон Ома для полной цепи.
- 5 Идеальные и реальные источники тока, их эквивалентные схемы и внешние характеристики.
- 6 Законы Кирхгофа.
- 7 Расчет электрической цепи постоянного тока с одним источником.
- 8 Расчет электрической цепи постоянного тока методом непосредственного применения законов Кирхгофа.
- 9 Расчет электрической цепи постоянного тока методом контурных токов.
- 10 Расчет электрической цепи постоянного тока методом узловых потенциалов.
- 11 Расчет электрической цепи постоянного тока методом двух узлов.
- 12 Распределение потенциала вдоль контура электрической цепи постоянного тока, потенциальная диаграмма. Мощность постоянного электрического тока, баланс мощностей.
- 13 Последовательное, параллельное и смешанное соединение резистивных элементов.
- 14 Соединения резистивных элементов "звездой" и "треугольником" и их

эквивалентные преобразования.

- 15 Метод эквивалентного генератора напряжения.
- 16 Метод эквивалентного генератора тока.
- 17 Расчет электрической цепи постоянного тока методом суперпозиции (наложения).
- 18 Принцип взаимности. Теорема о компенсации.
- 19 Переменный электрический ток. Генератор синусоидального тока.
- 20 Параметры синусоидальной функции. Мгновенное, среднее, средневыпрямленное и действующее значения синусоидальной функции.
- 21 Комплексное представление синусоидальных ЭДС, напряжений и токов.
- 22 Резистивный элемент в электрической цепи синусоидального тока.
- 23 Индуктивный элемент в электрической цепи синусоидального тока.
- 24 Емкостной элемент в электрической цепи синусоидального тока.
- 25 Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивление электрической цепи синусоидального тока.
- 26 Активная, реактивная, полная и комплексная проводимости электрической цепи синусоидального тока.
- 27 Активная, реактивная, полная и комплексная мощности в электрической цепи синусоидального тока, треугольник мощностей.
- 28 Коэффициент мощности в электрической цепи синусоидального тока. Способы компенсации реактивной мощности.
- 29 Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Символический метод расчета электрических цепей синусоидального тока.
- 30 Векторные и топографические диаграммы для электрических цепей синусоидального тока.
- 31 Электрические цепи синусоидального тока с индуктивно-связанными элементами. ЭДС взаимной индукции. Взаимная индуктивность, коэффициент связи. Согласное и встречное включение индуктивно-связанных элементов.
- 32 Способы разметки одноименных зажимов индуктивно-связанных катушек.
- 33 Расчеты электрических цепей синусоидального тока с индуктивно-связанными элементами. Метод индуктивной развязки.
- 34 Свойства идеального трансформатора. Расчеты электрических цепей с идеальными трансформаторами.
- 35 Резонанс в электрической цепи синусоидального тока при последовательном соединении резистивного, индуктивного и емкостного элементов (резонанс напряжений)
- 36 Резонанс в цепи синусоидального тока при параллельном соединении резистивного, индуктивного и емкостного элементов (резонанс токов).

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (зачет):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
Зачтено	Студент показывает хорошие знания учебного материала по дисциплине, знает сущность и характеристику основных понятий, владеет терминологией. Студент способен логично и последовательно изложить учебный материал по дисциплине, раскрыть смысл вопросов по темам, дает удовлетворительные ответы на дополнительные вопросы, систематически активен на практических занятиях и лабораторных работах.
Незачтено	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки, владеет отрывочными знаниями основных понятий, дает неполные или неверные ответы на вопросы по темам курса. Текущая успеваемость по дисциплине неудовлетворительная, студент не участвует в работе на практических занятиях и лабораторных работах. Выполняет не все виды работ по дисциплине

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):

Семестр 4

Вопросы к экзамену

Метод симметричных составляющих.

1. Представление трехфазной несимметричной системы электрических и магнитных величин совокупностью симметричных трехфазных систем прямой, обратной и нулевой последовательностей. Расчет симметричных составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей по известным параметрам несимметричной трехфазной системы величин.
2. Решение обратной задачи: определение несимметричной трехфазной системы величин по известным параметрам симметричных систем прямой, обратной и нулевой последовательностей. Сопротивления прямой, обратной и нулевых последовательностей.
3. Схемы замещения электрической цепи для расчета симметричных составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей. Расчет несимметричных режимов в трехфазных цепях методом симметричных составляющих.
4. Несинусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Разложение периодической несинусоидальной функции в тригонометрический ряд. Максимальные, действующие и средние значения несинусоидальных периодических ЭДС, напряжений, токов. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных периодических кривых.
5. Несинусоидальные кривые с периодической огибающей. Расчет цепей с несинусоидальными периодическими ЭДС, напряжениями и токами.
6. Электрические фильтры. Низкочастотные фильтры.
7. Высокочастотные фильтры. Полосовые фильтры. Заграждающие фильтры.

8. Классический метод расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Возникновение переходных процессов и законы коммутации. Переходный, принужденный и свободный режимы.
- 9 Переходные процессы в цепи r, L . Подключение цепи r, L к источнику постоянного напряжения.
10. Короткое замыкание цепи r, L .
- 11 Подключение цепи r, L к источнику синусоидального напряжения.
12. Отключение цепи r, L от источника постоянного напряжения.
- 13 Переходный процесс в цепи r, C . Включение цепи r, C на постоянное напряжение.
- 14 Генератор релаксационных колебаний.
15. Переходные процессы в неразветвленной цепи r, L, C при включении к источнику постоянного напряжения.
16. Переходные процессы в цепи r, L, C при подключении к источнику синусоидального напряжения. Понятие о биении амплитуды колебаний.
17. Общая методика расчета переходных процессов классическим методом.
18. Операторный метод расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Основные положения оператора горного метода.
19. Лапласовы изображения простейших функций. Лапласовы изображения производной и интеграла функции. Теорема разложения.
- 20 Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Эквивалентные операторные схемы.
- 21 Формула (интеграл) Дюамеля.
22. Простейшие электрические дифференцирующие и интегрирующие устройства.
23. Первичные параметры линии. Дифференциальные уравнения однородной линии. Установившийся синусоидальный режим в однородной линии.
24. Переходные режимы работы электрических цепей с распределенными параметрами.
- 25 Понятие четырехполюсника. Уравнения четырехполюсника в форме A, Y, Z .
- 26 Параметры холостого хода и короткого замыкания четырехполюсника. Схемы замещения четырехполюсника.
- 27 Нелинейные электрические цепи постоянного тока.
- 28 Графоаналитический и аналитический методы анализа нелинейных электрических цепей.
- 29 Параметрический стабилизатор напряжения.
- 30 Электромагнитные устройства и их магнитные цепи. Классификация магнитных цепей.
- 31 Ферромагнитные материалы и их характеристики.
- 32 Применение закона полного тока для расчета однородных и неоднородных магнитных цепей. Аналогия методов анализа магнитных и электрических цепей.
- 33 Понятие о магнитных цепях с постоянными магнитами.
- 34 Электромагнитные устройства: подъемные электромагниты, контакторы, реле. Их устройство и область применения.

35. Тяговое усилие электромагнита постоянного тока.

36 Особенности электромагнитных процессов в катушке с магнитопроводом при переменных магнитодвижущих силах.

37 Анализ электромагнитного состояния катушки с ферромагнитным сердечником (уравнения электрического состояния, векторная диаграмма, схема замещения).

Семестр 5

1. Где происходит движение энергии при передачи с помощью проводов , в проводе или в окружающем его диэлектрике ?

2. Потенциал электростатического поля описывается функцией

$\varphi = \frac{x}{x^2 + y^2} + \frac{y}{z^2 + y^2} + \frac{z}{x^2 + z^2}$, найти вектор напряженности поля $\vec{E}$ и объяснить плотность зарядов в точке (1,2,-2).

3. Почему в ферро магнитном материале связь между напряженностью индукцией магнитного поля является не линейной.

4. Найти емкость шарового конденсатора с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3$; $R_1=0.02$ м , $R_2=0.024$ м

5. В некоторой области пространства с диэлектрической проницаемостью ε имеет электрическое поле ,потенциал которого зависит только от координаты x $\varphi(x) = 5x^3 - 60x^2$ В. Найти закон изменения объемной плотности свободных зарядов ρ в этом поле .

6. Потенциал внешней сферы радиуса R_2 сферического конденсатора равен φ_2 . Внутренняя сфера радиуса R_1 заземлена . Пользуясь уравнением Лапласа , найти выражение потенциала в точке с координатой R_1 лежащей между сферами.

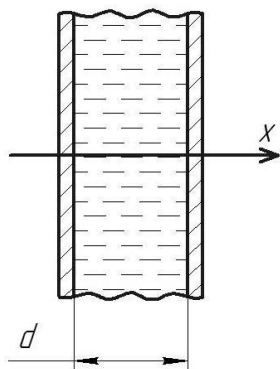
7. Два точечных заряда q и $4q$ одного (положительного знака) расположены на расстоянии d . В какой точке разместить положительный заряд q , чтобы действующая на него сила равнялась 0

8. Напряженность поля в точке М равна $\vec{E} = -10^3 \vec{1}_x + 5 \cdot 10^3 \vec{1}_y$ В/м. Найти координаты точки ,в которой расположен заряд , если его величина равна $q=-10^{-9}$

Кл. 9. Объяснить смысл векторов электростатического поля $\vec{E}, \vec{D}, \vec{\rho}$ и как они связаны между собой .

10.Внутри шара радиусом a из диэлектрика (относительная проницаемость ε) распределен заряд , плотность которого изменяется $\rho = kR$. Определить напряженность электрического поля внутри шара и вне его.

11. Какая связь между потенциалом и плотностью распределения поверхностных зарядов ?



12. Найти емкость шара радиусом a , как изменится емкость шара, если его поместить над проводящей поверхностью на расстоянии h до поверхности.

13. В весьма длинном цилиндрическом конденсаторе потенциал внутренней обкладки радиуса $r_1=0$. Потенциал наружной обкладки радиуса r_2 равен φ_2 . Найти выражение потенциала φ между обкладками конденсатора

14. Плоский конденсатор имеет площадь обкладок $S=20\text{ см}^2$, толщину слоя диэлектрика $d=1\text{ см}$, удельную проводимость слоя $\gamma=10^{-9}\frac{\text{см}}{\text{м}}$. Определить ток утечки, если конденсатор включен на напряжение $U=500\text{ В}$.

15. Вдоль длинного цилиндрического алюминиевого провода радиуса r_0 протекает ток $I=628\text{ А}$ ($r_0=1\text{ см}$). Вычислить разность векторных потенциалов между точками, находящимися на расстоянии 1 см от оси провода, и точками, расположенными на расстоянии 1 см над поверхностью провода. Принять $r=0$; $A=0$.

16. Кто автор закона электромагнитной индукции и в чем его смысл? В каких из уравнений Максвелла он входит?

17. Можно ли для расчета магнитного поля использовать скалярный магнитный потенциал, и когда это возможно?

18. В цилиндрическом конденсаторе длиной $l=50\text{ см}$ и радиусами $r_1=5\text{ см}$; и $r_2=13,5\text{ см}$ и проводимостью $\gamma=10^{-8}\frac{\text{см}}{\text{м}}$. Определить напряжение, при котором ток на утечке составляет $1,5\text{ мкА}$.

19. Из каких соображений выбирается толщина ферромагнитной пластины для синусоидального магнитного потока?

20. Как рассчитать функцию скалярного потенциала электростатического поля, если известно распределение плотности электрических зарядов на проводящей поверхности.

21. Почему вектор электрической напряженности нормален для проводящей поверхности в электростатическом поле.

22. Во сколько раз уменьшается амплитуда напряженности магнитного поля на глубине проникновения плоской волны оси. От чего это зависит?

23. Цилиндр из диэлектрика ($\epsilon=1$) имеет свободный электрический заряд плотностью которого $\rho=k\gamma$. Радиус цилиндра a . Определить напряженность электрического поля на поверхности цилиндра $k=\frac{\lambda}{10\pi}\text{ Кл/м}$; $a=1\text{ см}$.

24. Где длина плоской электромагнитной волны больше: в железе или в меди? Как сдвинутый по фазе векторы $\vec{H}$ и $\vec{E}$ в проводящей среде?

25. Почему скорость распространения плоской электромагнитной волны в железе

меньше чем в меде? Какова эта скорость, при: $\omega=5 \cdot 10^3$; $\gamma=2 \cdot 10^6$; $\mu=600$.

26. В медном цилиндрическом проводе напряженность магнитного поля равна $\overline{H} = \overline{1}_a k r^2$, определить величину тока в проводе, если его диаметр равен d .

27. Как формулируются задачи по расчету электростатического поля? Задача Дирихле, Неймана. Смешанные граничные условия.

28. Как зависит фазовая скорость электромагнитной волны в проводящей среде от ее магнитной проницаемости и проводимости.

29. Объясните граничные условия для задачи Неймана. Поясните на примере

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контроль (экзамен):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает неусвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)

