

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цели и задачи дисциплины.....	5
2. Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.....	5
3. Тематический план по изучению дисциплины	7
3.1. Содержание дисциплины.....	8
3.2. Разделы дисциплины и виды занятий.....	14
4. Указания по изучению дисциплины.....	14
4.1. Организация работы студента по изучению дисциплины... ..	14
4.2. Общие методические указания к изучению дисциплины....	17
4.3. Указания по изучению разделов дисциплины	18
4.4. Указания по работе с литературой.....	32
4.5. Указания по подготовке к практическим занятиям.....	36
4.6. Указания по подготовке к лабораторным работам.....	39
4.7. Указания к самостоятельной работе.....	42
5. Указания по самоконтролю.....	49
6. Указания по подготовке к промежуточной аттестации.....	59
6.1. Критерии оценки знаний на зачете.....	59
6.2. Теоретические вопросы, выносимые на экзамен.....	60
6.3. Типовые задачи, выносимые на экзамен.....	66
6.4. Критерии оценки знаний на экзамене.....	76
Список литературы.....	77

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания являются составной частью учебно-методического комплекса (УМК) дисциплины «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ), а также дисциплин «Основы теории цепей» (ОТЦ), «Теория электрических цепей» (ТЭЦ), «Теоретическая электротехника» (ТЭ), «Теоретические основы электротехники и электроизмерений» (ТОЭиЭИ), «Теория нелинейных цепей» (ТНЦ) и «Теория электромагнитного поля» (ТЭМП), являющихся частью ТОЭ, и содержат сведения о содержании дисциплины, а также рекомендации по ее самостоятельному изучению.

Методические указания в целом соответствуют требованиям, предъявляемым федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования к содержанию и рекомендациям примерной основной образовательной программы, утвержденной Министерством образования и науки РФ.

Методические указания предназначены для следующих направлений и специальностей подготовки очной, очно-заочной и заочной форм обучения

бакалавров:

13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, 12.03.04 – Биотехнические системы и технологии, 11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника, 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 27.03.03 – Системный анализ и управление, 27.03.04 – Управление в технических системах;

специалистов:

11.05.04 – Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи, 13.05.02 – Специальные электромеханические системы, 24.05.06 – Системы управления летательными аппаратами.

Приведенное в данных методических указаниях содержание дисциплины ТОЭ является наиболее полным. При этом следует учитывать, что в зависимости от направления и специальности подготовки содержание может варьироваться, и некоторые разделы могут в него не входить. В методических указаниях студенты вышеперечисленных направлений найдут полезные рекомендации по изучению всех необходимых им разделов дисциплин ТОЭ, ОТЦ, ТЭЦ, ТЭ, ТОЭиЭИ, ТНЦ и ТЭМП. Кроме того, в данном издании содержится информация о требованиях к отчетам по практическим и лабораторным занятиям, рекомендации по оформлению курсовой

работы и курсового проекта, перечень теоретических вопросов и типовых задач, выносимых на экзамен, а также многое другое.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина ТОЭ относится к блоку общепрофессиональных дисциплин, определяющих теоретический уровень подготовки дипломированного специалиста – инженера и бакалавра.

ТОЭ как базовая дисциплина должна обеспечивать комплексную подготовку будущего специалиста – профессиональную подготовку, развитие творческих способностей, умение формулировать и решать на высоком научном уровне проблемы изучаемой специальности, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. **Основная цель** изучения дисциплины – получить теоретическую базу для изучения комплекса специальных электротехнических дисциплин.

Основная задача изучения курса ТОЭ состоит в изучении одной из форм материи электромагнитного поля и его проявлений в различных устройствах техники, усвоении современных методов моделирования электромагнитных процессов, методов анализа, синтеза и расчета электрических цепей, значение которых необходимо для понимания и успешного решения инженерных проблем будущей специальности; формирование у студентов системы знаний в области теории электрических цепей, а также создание основы электротехнического образования.

При изложении дисциплины ТОЭ предполагается знание студентами разделов физики: электричество и магнетизм; разделов высшей математики: теория матриц, основы математического анализа, в частности, дифференциальные уравнения и методы их решения, теория функции комплексного переменного, преобразования Фурье-Лапласа, уравнения в частных производных.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ УСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебных дисциплин ТОЭ, ОТЦ, ТЭЦ, ТЭ, ТОЭиЭИ, ТНЦ или ТЭМП студент должен овладеть определенным набором компетенций, соответствующих выбранному направлению

обучения или специальности. В качестве основных и наиболее важных для направлений 13.03.02, 12.03.04, 11.03.04, 11.03.02, 27.03.03, 27.03.04 и специальностей 11.05.04, 13.05.02, 24.05.06 можно выделить следующие компетенции:

1. *способность к логическому мышлению, обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения;*

2. *способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;*

3. *способность использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей и электромагнитных полей для решения различных научно-технических задач;*

4. *способностью владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных;*

5. *способность самостоятельно выполнять теоретические, лабораторные и натурные исследования и эксперименты для решения конкурентоспособных научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры;*

6. *владение навыками самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях; способность к компьютерному моделированию устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ.*

Для приобретения соответствующих компетенций студент должен

Знать:

- фундаментальные законы, понятия и положения теории электрических цепей и электромагнитного поля;
- методы анализа линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах;
- основные свойства и характеристики электрических цепей;

- принципы действия и возможности применения электроизмерительных приборов и способы измерений электрических величин;
- требования к оформлению технической документации и изображения электротехнических систем в соответствии с ЕСКД и электрических величин;

Уметь:

- производить расчеты пассивных и активных цепей различными методами и определять основные характеристики процессов при стандартных и произвольных воздействиях;
- работать с программными средствами схемотехнического моделирования;
- производить измерения основных электрических величин;

Владеть:

- методами практического анализа работы электрических цепей в установившихся и переходных режимах;
- навыками выполнения простейших электромагнитных расчетов;

Приобрести опыт деятельности:

- работы с нормативной и технической документацией;
- работы с принципиальными электрическими схемами.

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Предмет дисциплины составляют электромагнитные явления и их прикладное применение для создания, передачи и распределения электроэнергии как универсального посредника между источником энергии и потребителями, для решения проблем электромеханики и электротехнологии, электроники и наноэлектроники, а также связи и систем управления.

Содержание дисциплины ТОЭ в соответствии с последовательностью изучения можно разделить на следующие части:

- первая, именуемая "Теория линейных электрических цепей", наибольшая по объему часть, отводится анализу линейных электрических цепей в установившемся и переходном режимах. Задачи диагностики и синтеза изучаются только для простых электрических цепей;
- вторая часть – "Теория нелинейных электрических и магнитных цепей" отводится расчету нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных и переменных входных воздействиях;
- третья – посвящена изучению одной из форм материи – электромагнитному полю.

Самостоятельная работа по дисциплине подразумевает не только изучение теоретических вопросов и решение задач, но и выполнение в семестре расчетно-графических и курсовых работ, ориентированных на использование вычислительной техники.

Напоминаем, что приведенное ниже содержание дисциплины является наиболее полным. В зависимости от направления подготовки или специальности некоторые разделы могут не рассматриваться.

3.1. Содержание дисциплины

3.1.1. Введение

Основные этапы развития электротехники и ее теоретических основ. Отечественная школа теоретических основ электротехники. Краткий исторический очерк развития науки об электрических и магнитных явлениях и их практическое применение. Тесная связь теоретических исследований с практическими задачами электротехники.

Предмет курса теоретических основ электротехники, его место в общей системе электротехнического образования.

Элементы электрических цепей. Активные и пассивные электрические цепи. Физические явления в электрических цепях. Научные абстракции, принимаемые в теории электрических цепей, их практическое значение и границы применимости понятий цепей с распределенными и сосредоточенными параметрами.

Параметры электрических цепей. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Условно-положительные направления тока и ЭДС в элементах цепи и напряжения на их

зажимах. Источники ЭДС и источники тока. Управляемые и неуправляемые элементы цепи.

Схемы электрических цепей. Топологические понятия схемы электрической цепи. Эквивалентные преобразования схем. Преобразования «звезда-треугольник» и «треугольник-звезда».

3.1.2. Методы расчета электрических цепей

Законы электрических цепей. Методы узловых потенциалов и контурных токов. Метод двух узлов. Принципы наложения, взаимности и основанные на них методы расчета цепей. Теорема о компенсации. Линейные соотношения между напряжениями и токами. Метод эквивалентного генератора. Метод пропорциональных величин.

Баланс мощностей в электрической цепи. Потенциальная диаграмма.

3.1.3. Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальном токе

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующие и средние значения периодических ЭДС, напряжений и токов. Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами. Векторные диаграммы.

Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением R , L и C элементов. Синусоидальный ток в цепи с параллельным соединением участков R , L и R , C . Комплексные сопротивления и проводимости. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексный метод расчета электрических цепей.

Активная, реактивная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Расчет мощности по комплексам напряжения и тока.

Эквивалентные параметры сложной цепи переменного тока. Схемы замещения двухполюсника при заданной частоте.

Методы расчета электрических цепей при установившихся синусоидальных токах.

3.1.4. Резонансные явления и частотные характеристики

Резонанс при последовательном и параллельном соединении R , L , C элементов электрической цепи. Частотные характеристики

последовательного и параллельного соединения R , L , C элементов и цепей, содержащих только реактивные элементы. Добротность контура. Коэффициент передачи, расстройка. Полоса пропускания. Практическое значение явления резонанса.

3.1.5. Расчет электрических цепей при наличии взаимной индукции

Закон электромагнитной индукции. Потокосцепление. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. Индуктивно-связанные элементы электрической цепи. Методы расчета цепей при наличии взаимной индукции. Развязка магнитно-связанных цепей.

Трансформатор с линейными характеристиками. Идеальный, совершенный трансформатор. Вносимые сопротивления.

3.1.6. Расчет трехфазных цепей

Многофазные цепи и системы, их классификация. Понятие о трехфазных источниках ЭДС и тока. Расчеты трехфазных цепей в условиях симметричного режима. Получение вращающегося магнитного поля. Симметричные составляющие трехфазной системы. Применение метода симметричных составляющих к расчету трехфазных цепей.

3.1.7. Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических ЭДС, напряжениях и токах

Расчеты установившихся напряжений и токов в электрических цепях при действии периодических несинусоидальных ЭДС. Зависимость формы кривой тока от характера цепи при несинусоидальном напряжении. Состав высших гармоник при наличии симметрии кривых тока или напряжения. Мощность электрической цепи при периодических несинусоидальных токах и напряжениях. Особенности поведения высших гармоник в трехфазных цепях.

3.1.8. Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета

Понятие о переходном процессе в линейной цепи. Причины возникновения переходного процесса.

Классический метод расчета. Порядок составления и методы решения уравнений электрической цепи. Свободные и принужденные составляющие. Определение постоянных интегрирования.

Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии. Переходные процессы в последовательной R, L, C цепи. Включение на постоянное и синусоидальное напряжение R, L, C цепи.

Операторный метод расчета. Основные положения операторного метода. Уравнения электрических цепей в операторной форме. Расчет переходных процессов операторным методом.

Расчет переходных процессов при воздействии ЭДС произвольной формы. Интеграл Дюамеля и его применение при анализе переходных процессов.

Частотный метод расчета. Частотные характеристики и их применение к расчету переходных процессов. Связь между частотными и временными характеристиками.

3.1.9. Четырехполюсники и многополюсники

Уравнения пассивного четырехполюсника. Системы параметров четырехполюсника и их взаимосвязь. Эквивалентные схемы замещения четырехполюсников. Характеристические параметры. Частотные характеристики. Способы соединений. Передаточные функции. Четырехполюсник с активными элементами.

Электрические фильтры.

Многополюсники. Диагностика резистивных многополюсников. Понятие о диокоптите – расчете сложных электрических цепей по частям.

3.1.10. Электрические цепи с распределенными параметрами

Уравнение линии с распределенными параметрами. Решение уравнений однородной линии при установившемся синусоидальном режиме.

Моделирование однородной линии цепной схемой. Бегущие волны. Режимы работы. Условия для неискажающей линии. Линия без потерь. Режимы работы однородной линии с активной и реактивной нагрузкой.

3.1.11. Синтез электрических цепей

Задача синтеза электрических цепей. Неоднозначность решения задач синтеза и проблема выбора решения. Методы синтеза пассивных двухполюсников.

3.1.12. Элементы нелинейных электрических цепей, их характеристики и параметры

Понятие о нелинейных элементах. Свойства нелинейных цепей. Классификация нелинейных элементов. Активные и пассивные элементы. Реактивные нелинейные элементы. Инерционные и безынерционные элементы. Статические, динамические и дифференциальные параметры нелинейных элементов. Модели нелинейных элементов.

3.1.13. Расчет установившихся процессов в нелинейных цепях

Методы расчета нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянных токах и потоках. Графические, графоаналитические и аналитические методы расчета при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов. Расчет магнитных цепей. Расчет магнитных цепей с постоянными магнитами.

Особенности расчета режимов нелинейных цепей при переменных токах и напряжениях. Общая характеристика методов расчета. Линеаризация. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов. Простейшие графические и графоаналитические методы. Итерационные методы. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Цепи с нелинейными индуктивностями - катушками с ферромагнитным сердечником. Метод эквивалентных синусоид. Эквивалентные параметры и схемы замещения катушки с ферромагнитным сердечником и трансформатора. Резонансные явления в нелинейных цепях. Феррорезонансные явления.

3.1.14. Уравнения электромагнитного поля

Закон полного тока, закон электромагнитной индукции, теорема Гаусса, принципы непрерывности магнитного потока и электрического тока в интегральной и дифференциальной формах. Полная система уравнений электромагнитного поля. Теоремы Остроградского и Стокса в теории электромагнитного поля.

3.1.15. Электростатическое поле

Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал и градиент потенциала. Определение потенциала при заданном распределении зарядов.

Уравнения Лапласа и Пуассона. Основная задача электростатики. Плоскопараллельное поле. Теорема единственности. Метод зеркальных изображений.

Связь между потенциалами и зарядами в системе заряженных тел. Потенциальные и емкостные коэффициенты, частичные емкости.

3.1.16. Электрическое поле постоянных токов

Уравнения электрического поля постоянных токов. Граничные условия. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем.

3.1.17. Магнитное поле постоянных токов

Вихревой характер магнитного поля тока. Скалярный и векторный потенциалы и их применение к расчетам магнитных полей. Аналогия магнитного поля с электростатическим полем. Аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей. Графические методы расчета построения магнитных полей. Поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Намагниченность Размагничивающий фактор.

Расчет индуктивности. Общие выражения для взаимной и собственной индуктивности. Инженерные методы расчета индуктивностей.

3.1.18. Электромагнитная волна в диэлектрике

Уравнения Максвелла в комплексной форме. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Вектор Пойнтинга.

Электромагнитные волны и излучение. Волновое уравнение и его решение. Плоская электромагнитная волна в диэлектрике. Передача электромагнитной энергии вдоль проводов линии.

3.1.19. Переменное электромагнитное поле.

Плоская электромагнитная волна в проводящей среде. Явление поверхностного эффекта. Эффект близости. Электромагнитное экранирование.

Экспериментальное исследование и моделирование электрических и магнитных полей. О критериях разграничения задач теории электрических и магнитных полей и задач теории электромагнитного поля.

3.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛР
I	Теория линейных электрических цепей	*	*	*
II	Теория нелинейных электрических и магнитных цепей	*	*	*
III	Теория электромагнитного поля	*	*	*

4. УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Организация работы студента по изучению дисциплины

Необходимый минимальный уровень знаний студентов определяется (формируются базы знаний) на основе требований определяемых ФГОС и учебным планом направления (специальности), т.е., выпускающими кафедрами, и может регулироваться в зависимости от поставленных задач.

В стандартную структуру учебно-методического комплекса (УМК) по дисциплине «Теоретические основы электротехники» введены специальные компьютерные программы, позволяющие обеспечить индивидуализацию обучения студентов и возможность проверки степени усвоения материала как в режиме самоконтроля, так и при окончательной проверке с участием преподавателя (рис.1).

Соотношение между аудиторными занятиями и СРС зависит от формы обучения и изображено условно.

Содержание каждого элемента приведенной схемы УМК обеспечивается следующими методическими материалами:

Ø Лекции:

- конспект - типографская или электронная форма издания;
- электронный учебник- централизованное или авторское внутривузовское издание;

Ø Практические занятия:

- банк типовых задач;

- электронная версия методических указаний к решению типовых задач;
- программа генерации индивидуальных заданий к каждой теме практического занятия;
- программа самопроверки индивидуальных заданий для студентов;
- электронная версия ответов у преподавателя, текущий и окончательный рейтинг группы.

Ø Лабораторные занятия:

- обработка физического эксперимента с помощью стандартных пакетов и оригинальных программ кафедры;
- лабораторные работы в среде MicroCap 5.0;
- лабораторные работы, расширяющие физический эксперимент в виде оригинальных разработок кафедры;
- электронная версия методических указаний к проведению лабораторных работ;
- программа генерации индивидуальных заданий к лабораторным работам;
- программа самопроверки результатов для студентов;
- электронная версия ответов у преподавателя, текущий и окончательный рейтинг группы.

Ø Курсовая работа (проект):

- электронный вариант индивидуальных заданий на курсовую работу (проект), тема и сложность которой зависит от направления, формы обучения, объема изучения дисциплины;
- учебные пособия и методические указания к курсовому проектированию;
- программа самопроверки результатов для студентов;
- электронная версия ответов у преподавателя, текущий и окончательный рейтинг группы.

Ø Расчетно-графические работы:

- то же, что для курсовой работы.

Ø Контроль- зачет, экзамен:

- банк заданий для рубежного и окончательного контроля, включающий в себя вопросы теоретического и расчетного характера, а также задачи для качественного решения;

- компьютерный тестовый опрос для рубежного контроля; программа автоматического составления экзаменационных билетов из набора задач, заданной сложности.

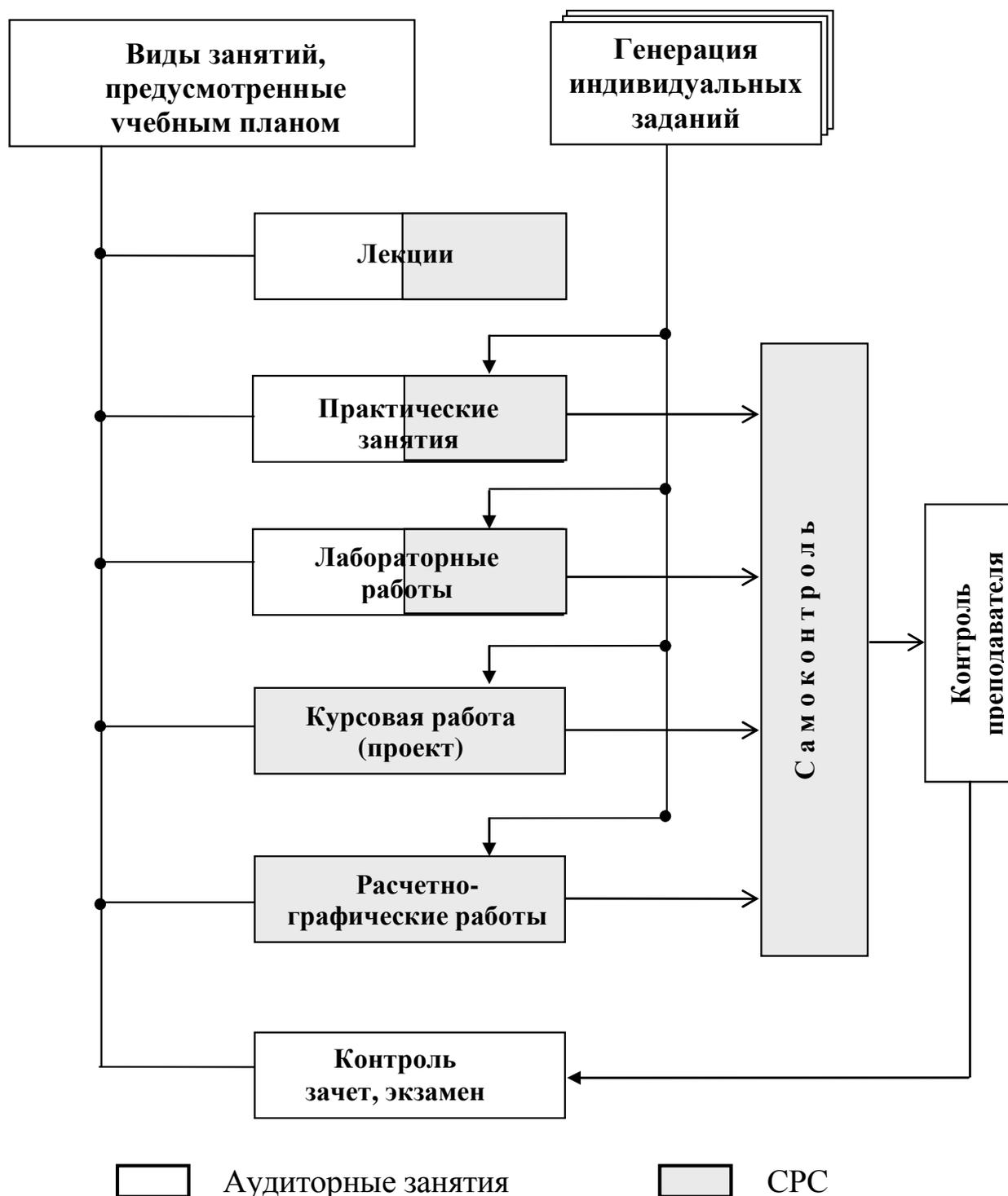


Рис.1. Организация работы студента по изучению дисциплины

Студенту в начале учебного года выдается необходимый минимум учебно-методической литературы в виде типографских изданий, электронных версий и, при необходимости, пакетов прикладных программ. Студент имеет возможность пользоваться учебно-методическими разработками кафедры, которые размещены на сайте кафедры ТОЭ <http://toe.ugatu.ac.ru> и в электронной коллекции образовательных ресурсов УГАТУ <http://www.library.ugatu.ac.ru/>. Также каждому студенту в начале изучения дисциплины выдается индивидуальное задание, соответствующее учебной программе и состоящее из блока расчетно-графических и курсовых работ и блока типовых задач по изучаемым темам. Пользуясь полученным логином и паролем, студент может заходить на сайт кафедры с любого компьютера, подключенного к глобальной сети Интернет, и осуществлять проверку правильности полученных результатов в своем варианте, а также в режиме свободного посещения работать как над основными видами занятий в режиме расчетов, анализа и самоконтроля, так и над разделами курса, выносимыми на самостоятельное изучение.

4.2. Общие методические указания

При изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники» студентам целесообразно выполнять следующие рекомендации.

1. Изучение теоретических основ электротехники связано с некоторыми трудностями, поскольку о процессах, происходящих в различных электрических цепях и устройствах, можно судить только по наблюдениям за показаниями приборов. Теория таких процессов излагается на математической основе; следовательно, изучение электротехники требует от студента умения свободно пользоваться математическим аппаратом.

2. Изучение курса должно вестись систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта. В конспект рекомендуется включать все виды учебной работы: лекции, самостоятельную проработку учебника, упражнения, решение задач, лабораторный практикум, ответы на вопросы самопроверки.

3. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспекту лекции рекомендуется по памяти записать в тетрадь

определения, выводы формул, начертить схемы, графики и ответить на вопросы для самопроверки. Такой метод дает возможность проверить усвоение материала.

4. После усвоения теории по одной теме нужно разобрать решения задач, относящихся к этой теме, и самостоятельно решить несколько задач. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Расчетно-графические работы служат для этой же цели. Их следует рассматривать не как дополнительную нагрузку, а как одну из форм изучения и повторения курса.

5. Таковую же цель, но в ином плане, преследуют лабораторные занятия. Проводимые в электротехнической лаборатории несложные исследования дают возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, теория которых излагается в учебниках и на лекциях. Поэтому студент должен активно участвовать в выполнении всех лабораторных работ.

6. При изучении теории электрических и магнитных цепей, а также методов решения задач главное внимание следует уделять разбору происходящих в них физических процессов. Простое запоминание формул, характеристик, уравнений недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений.

7. Следует иметь в виду, что все темы программы являются в равной мере важными. Как и в любой другой науке, нельзя приступать к изучению последующих глав, не усвоив предыдущих. Теоретический материал каждой темы имеет существенное практическое назначение.

4.3. Указания по изучению разделов дисциплины

4.3.1. Введение

При изучении материала данной темы необходимо обратить особое внимание на основные закономерности для электрических цепей при наличии в них токов и напряжений, не изменяющихся в зависимости от времени. Прежде всего надо вспомнить из физики единицы измерения электрического тока, напряжения, э.д.с, электрической работы, электрической мощности, электрического сопротивления и проводимости. Кроме того, надо помнить о

физических факторах, влияющих на электрические сопротивления и проводимости проводников.

4.3.2. Методы расчета электрических цепей

Прежде чем изучать методы расчета электрических цепей, надо ясно представить себе, что электрическая схема любой реальной электрической цепи является ее отображением с той или иной степенью приближения.

Основные законы электрического состояния любой цепи — это законы Кирхгофа. Для быстрого и правильного расчета электрических цепей с помощью законов Кирхгофа необходимо приобрести навыки в составлении уравнений на основании этих законов.

При расчете разветвленных электрических цепей с источниками электрической энергии приходится чаще всего определять токи в ветвях по заданным э.д.с. и сопротивлениям ветвей. Для этой цели рекомендуется следующий порядок решения той или иной задачи:

- а) составляется электрическая схема цепи;
- б) подсчитывается число неизвестных токов (ветвей) и задаются для них произвольные положительные направления;
- в) подсчитывается число узлов и для них составляются уравнения на основании первого закона Кирхгофа, число которых всегда на единицу меньше количества узлов; недостающие уравнения составляются на основании второго закона Кирхгофа. Правило составления уравнений на основании этого закона изложено в учебниках.

Если в результате решения системы уравнений получаются отрицательные значения для токов в каких-либо ветвях, то это означает, что действительные направления токов в соответствующих ветвях не совпадают с первоначально выбранными положительными направлениями.

Линейную электрическую цепь любого вида можно также рассчитать методом контурных токов или методом узловых потенциалов.

При изучении материала этой темы следует обратить особое внимание на принцип наложения и на свойство взаимности, так как иногда расчет линейных электрических цепей можно значительно упростить, пользуясь принципом наложения и свойством взаимности.

Следует усвоить, что важным свойством линейных электрических цепей является линейная связь между током и напряжением или между токами различных ветвей при изменении сопротивлений этих ветвей от нуля до бесконечности .

4.3.3. Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальном токе

При изучении материала этой темы необходимо твердо усвоить основные понятия и определения мгновенных и действующих значений переменных токов, напряжений и э.д.с. Расчет электрических цепей при синусоидальных токах и напряжениях значительно упрощается с помощью комплексных чисел. Поэтому необходимо особенно детально изучить и понять принцип изображения векторов синусоидальных колебаний в виде комплексов в осях комплексной плоскости и обратный переход — от комплексов тока, напряжения и э д с. к их мгновенным значениям.

Чрезвычайно важно усвоить соотношения между токами и напряжениями для идеализированных элементов электрических цепей в виде активного сопротивления, индуктивности, и емкости. Надо запомнить, что ток в активном сопротивлении совпадает по фазе с напряжением на его зажимах, ток в индуктивности отстает, а в емкости – опережает напряжение на четверть периода. При изучении свойств идеализированных элементов электрических цепей следует также обратить внимание на то, что реактивные сопротивления индуктивности и емкости есть функции частоты и, по существу говоря, с помощью этих сопротивлений учитывается влияние э.д.с. самоиндукции и токов смещения на режим цепи. Необходимо запомнить выражения комплексов сопротивлений и проводимостей для цепей с различными элементами. Кроме того, следует найти аналитическим и графическим путем (пользуясь векторной диаграммой) связь между активными и реактивными составляющими токов и напряжений для пассивного двухполюсника с опережающим и отстающим токами.

Все методы расчета линейных электрических цепей при постоянных токах и напряжениях целиком распространяются на электрические цепи без взаимной индукции при синусоидальных токах и напряжениях. Для этого достаточно соответствующие уравнения, определяющие электрическое состояние цепи, написать в

комплексной форме; при этом все токи, э.д.с. и сопротивления должны входить в уравнения электрического состояния в виде комплексов.

Весьма полезной иллюстрацией расчета любой электрической цепи является ее топографическая диаграмма. Топографическая диаграмма должна строиться так, чтобы указанным точкам схемы соответствовали вполне определенные точки на векторной диаграмме. Такая диаграмма позволяет находить графическим путем напряжения между любыми точками электрической цепи без дополнительных вычислений.

4.3.4. Резонансные явления и частотные характеристики

При изучении материала этой темы следует обратить особое внимание на резонансные явления в последовательных и параллельных цепях. Резонансные явления широко применяются в самых разнообразных радиотехнических устройствах.

Явление резонанса токов также используется для уменьшения угла сдвига фаз (улучшения коэффициента мощности) между токами и напряжениями трансформаторов и генераторов, что в свою очередь приводит, как правило, к уменьшению потерь электрической энергии в распределительных сетях и к возможности увеличения активной нагрузки генераторов.

4.3.5. Расчет электрических цепей при наличии взаимной индукции

В цепях с взаимной индуктивностью появляется новая разновидность составляющих падений напряжения, обусловленная э.д.с. взаимной индукции. Здесь важно понять смысл понятий «одноименные зажимы» и «согласное и встречное включение катушек». Расчет цепей с взаимной индукцией несколько сложнее расчета цепей аналогичной конфигурации без взаимной индукции. Основными методами, применяемыми для расчета с взаимной индукцией, являются метод Кирхгофа и метод контурных токов. Удобным приемом, применяемым при расчете таких цепей, является развязка индуктивной связи. Чрезвычайно важным для практики примером цепи с взаимной индукцией является трансформатор без стального сердечника. Поэтому все соотношения между токами и напряжениями для трансформатора без стального сердечника надо хорошо усвоить.

4.3.6. Расчет трехфазных цепей

При изучении материала этой темы необходимо в самом начале обратить внимание на связь между фазными и линейными токами, а также между фазными и линейными напряжениями для соединений звездой и треугольником как при симметричной, так и при несимметричной нагрузке. В частности для звезды при любой нагрузке сумма линейных напряжений равна нулю, а для треугольника — сумма линейных токов всегда равна нулю

В уравновешенной многофазной системе сумма мгновенных мощностей всех фаз не зависит от времени и равна числу фаз системы, умноженному на среднюю мощность одной фазы. Следует сравнить кривые суммарной мгновенной мощности трехфазной системы при симметричной и несимметричной нагрузке и установить принципиальное различие в этих кривых.

При расчете несимметричных трехфазных цепей со статической нагрузкой (не имеющей вращающихся частей электрических машин) рекомендуется строить векторные топографические диаграммы, которые дают во многих случаях наглядное представление о соотношениях между напряжениями и токами в различных участках цепи.

При изучении материала этой темы необходимо обратить особое внимание на способы определения последовательности чередования фаз для трехфазной системы, а также на измерение мощности с помощью двух ваттметров. Необходимо подчеркнуть, что последняя схема получила широкое распространение в электротехнической практике для измерения активной мощности трехфазной цепи.

В данной теме рассматривается одно из важных явлений — вращающееся магнитное поле. Это явление положено в основу работы трехфазных асинхронных двигателей, получивших широкое распространение в промышленности. Необходимо изучить это явление во всех деталях и в частности выяснить условия, при которых получается вращающееся магнитное поле. Следует понять и запомнить, что для получения вращающегося магнитного поля необходимо иметь систему катушек, сдвинутых в пространстве, с токами, не совпадающими по фазе. Отсутствие одного из этих условий не дает вращающегося магнитного поля.

4.3.7. Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических ЭДС, напряжениях и токах

Расчет и исследование линейных электрических цепей с несинусоидальными напряжениями и токами основаны на методе наложения. Несинусоидальная кривая напряжения или э.д.с. может быть разложена на гармонические составляющие.

Каждая гармоническая составляющая напряжения или э.д.с. создает свою составляющую тока, и реальный ток в цепи определяется алгебраической суммой мгновенных значений составляющих.

Расчет отдельных составляющих токов выполняется теми же методами, что и расчет цепей при синусоидальных напряжениях,

При измерении несинусоидальных напряжений и токов или вычислении показаний приборов по известным из расчета составляющим нужно учитывать, что приборы различных систем дают различные показания.

Форма кривой тока при заданной кривой напряжения зависит от параметров цепи. Емкость сильно искажает кривую тока, а индуктивность сглаживает ее, т. е. приближает несинусоидальную кривую тока к синусоидальной.

Для полной характеристики цепи необходимо не только вычислить токи и напряжения, но и определить мощность. Следует отметить, что составляющие токов и напряжений несопадающих гармоник (частот) не дают средней мощности. Поэтому среднее значение мощности цепи определяется суммой средних мощностей отдельных гармоник.

При изучении явлений, наблюдающихся в трехфазных цепях с несинусоидальными напряжениями, необходимо обратить особое внимание на соотношения между фазными и линейными напряжениями и фазными и линейными токами при соединении обмоток генератора (или трансформатора) и нагрузки звездой или треугольником.

4.3.8. Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета

Анализ переходных процессов в линейных цепях с сосредоточенными постоянными сводится к решению линейных дифференциальных уравнений, составляемых на основании законов

Кирхгофа. Так как общее решение неоднородных линейных дифференциальных уравнений равно сумме частного решения неоднородного уравнения и общего решения однородного уравнения, то действительный ток или напряжение в цепи во время переходного процесса получается равным сумме соответственно токов или напряжений принужденного и свободного режимов.

В цепи физически существуют только действительные токи и напряжения, а разложение их на принужденные и свободные составляющие является математическим приемом, упрощающим расчет.

Расчет токов и напряжений принужденного режима (нахождение частного решения неоднородного дифференциального уравнения) не требует применения излагаемых в курсе высшей математики приемов, так как значительно проще токи и напряжения принужденного режима определяются общими методами расчета цепей постоянного или переменного тока.

Общее решение однородного дифференциального уравнения, которое дает ток или напряжение свободного режима, содержит постоянные интегрирования.

Определение постоянных интегрирования производится из начальных условий, т. е. на основании значений действительных токов в индуктивностях и напряжений на емкостях в момент, когда изменяются условия электрического состояния цепи.

Если число постоянных интегрирования больше одной, что соответствует дифференциальному уравнению второго, третьего, и т.д. порядка, то должны быть дополнительно найдены из дифференциальных уравнений величины производных от токов или напряжений в момент коммутации.

Необходимо обратить особое внимание на методику определения постоянных интегрирования и применения основных законов коммутации.

Основной трудностью при решении задач классическим методом является определение постоянных интегрирования, особенно если число постоянных больше трех или четырех, что зависит от порядка характеристического уравнения цепи. Операторный метод дает возможность выполнять интегрирование линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами без отдельного этапа определения постоянных

интегрирования. Следует обратить особое внимание на то, что непосредственное применение формул включения возможно только при нулевых начальных условиях, т. е. при отсутствии токов в ветвях, с индуктивностями и напряжений на конденсаторах в момент коммутации.

4.3.9. Четырехполюсники и многополюсники

При изучении материала этой темы необходимо иметь в виду, что многие электротехнические устройства, служащие для передачи энергии и сигналов, имеет два входных и два выходных зажима, причем их внутренняя электрическая цепь может быть весьма сложной. Такие цепи, именуемые далее четырехполюсниками, могут быть обобщенно охарактеризованы тремя независимыми параметрами (при отсутствии внутри них источников энергии). Важно научиться определять эти параметры, если известно внутреннее строение четырехполюсника, и экспериментально.

Анализ свойств электрических фильтров основан на замене фильтра эквивалентной линией с распределенными постоянными. Эта замена позволяет применить по отношению к фильтру, представляющему собой пассивный четырехполюсник, понятия о коэффициентах затухания и фазы, а также характеристического сопротивления.

Зависимость коэффициентов затухания, фазы и характеристического сопротивления фильтра от частоты определяет способность фильтра пропускать токи в определенной полосе частот и ослаблять токи, имеющие частоту, не лежащую в полосе пропускания фильтра.

4.3.10. Электрические цепи с распределенными параметрами

Передача электромагнитной энергии с помощью длинной линии сопровождается потерями энергии в линии, а также изменением тока и напряжения вдоль линии как по величине, так и по фазе.

Изучение закона изменения тока и напряжения вдоль линии при синусоидальном законе изменения этих величин в зависимости от времени является основной задачей данной темы. Изменение тока и напряжения вдоль линии зависит от параметров линии, т.е. от емкости, индуктивности, сопротивления и проводимости утечки на

единицу длины линии. С целью упрощения расчета эти параметры принимаются равномерно распределенными по длине линии.

Распространение электромагнитной энергии вдоль проводов бесконечной линии происходит в виде волны, при этом даже линия без потерь потребляет энергию от источника. Эта энергия расходуется на образование электромагнитного поля. В линиях с потерями происходит затухание распространяющейся волны, и энергия, потребляемая от источника, расходуется на покрытие тепловых потерь в линии и запасается в электромагнитном поле. Режим в линии конечной длины, замкнутой на сопротивление, равное волновому, аналогичен режиму в бесконечной линии.

При анализе явлений в линиях конечной длины вводятся понятия прямой и отраженной волн, движущихся в противоположных направлениях. Эти понятия для установившегося режима в линиях имеют, по существу, расчетный смысл.

Для линии с потерями амплитуды прямой и отраженной волн затухают по направлению движения. Если линия без потерь и в конце ее отсутствует активная нагрузка, иначе говоря, по линии не передается активная мощность, то на линии возникнут стоячие волны, характеризующиеся узлами и пучностями. В зависимости от условий на конце линии узлы и пучности находятся в определенных точках, не смещаясь по длине линии.

Например, при холостом ходе линии, т. е. при разомкнутом ее конце, в конце линии образуется пучность напряжения и узел тока.

Для анализа явлений в линиях передачи электрической энергии часто пользуются электрическими эквивалентными схемами или схемами замещения, представляющими собой сочетание сосредоточенных сопротивлений.

Параметры эквивалентных схем определяются, например, из сравнения режимов в линии и в эквивалентных схемах. В этом случае линия рассматривается в виде симметричного четырехполюсника, для которого, как известно, справедливы T- и П-образная эквивалентные схемы.

Переход от равномерно распределенных параметров по длине линии к сосредоточенным учитывается соответствующими коэффициентами. Для моделирования процессов в реальных линиях очень часто собирают эквивалентные схемы в виде целого ряда симметричных четырехполюсников, соединенных в каскад.

Такие схемы называют цепными схемами. Цепные схемы часто встречаются и в реальных условиях. Например, процессы в обмотках машин и трансформаторов, распределение напряжения в гирлянде изоляторов изучаются с помощью цепных схем. Все отмеченные положения должны быть хорошо изучены как с качественной, так и с количественной сторон.

4.3.11. Синтез электрических цепей

При изучении материала этой темы необходимо научиться решать задачу построения такой электрической цепи, процессы в которой протекали бы по заданному закону.

Задача состоит в том, чтобы по заданному операторному выражению передаточной функции цепи построить конкретную цепь, обладающую такой же или близкой к заданной характеристикой. При этом возникает необходимость решения следующих вопросов. Во-первых, существует ли возможность физической реализации заданной передаточной функции с помощью обычных элементов – конденсаторов, катушек, резисторов. Во-вторых, важным представляется выбор рационального пути реализации синтезируемой цепи ввиду многозначности решения задачи.

4.3.12. Элементы нелинейных электрических цепей, их характеристики и параметры

При изучении материала этой темы необходимо иметь в виду, что расчет электрических цепей с нелинейными элементами в общем случае нельзя осуществить аналитическим путем. Такое положение объясняется главным образом тем, что вольтамперные характеристики для большинства нелинейных элементов не определяются аналитическими выражениями.

Основой для расчета нелинейных электрических цепей являются законы Кирхгофа, связывающие между собой реальные токи, напряжения и э.д.с. на отдельных участках цепи. Все методы расчета цепей, основанные на применении принципа наложения и свойства взаимности не могут быть в общем случае использованы для расчета нелинейных цепей.

Вместе с тем, если режим нелинейного элемента определяется прямолинейным участком его вольтамперной характеристики, то для расчета можно воспользоваться эквивалентной схемой нелинейного

элемента с постоянной э.д.с. и постоянным динамическим сопротивлением.

В данной теме необходимо изучить графоаналитические приемы расчета простейших нелинейных цепей, основанные на графическом решении уравнений Кирхгофа.

4.3.13. Расчет установившихся процессов в нелинейных цепях

Введение в электрическую цепь нелинейных элементов вызывает такие явления, которые не могут быть получены в линейных цепях. Например, выпрямление напряжения при помощи электронных, ионных и твердых выпрямителей, стабилизация напряжения феррорезонансными и с лампами тлеющего разряда стабилизаторами, умножение частоты, трансформация постоянного тока, усиление мощности и т. д.

Основными методами расчета цепей с нелинейными элементами являются или графический, или приближенный аналитический.

При графическом методе на основании известной характеристики нелинейного элемента и основных законов для электрических и магнитных цепей производятся графические построения, которые дают достаточно точное решение.

Для аналитического решения характеристику нелинейного элемента выражают приближенно аналитической функцией. Аналитический метод в большинстве случаев менее точен, чем графический, но позволяет получить расчет в общем виде, что необходимо для анализа связи явлений в нелинейной цепи.

4.3.14. Уравнения электромагнитного поля

Применение теории электромагнитного поля к решению практических задач началось после 1895 г., когда А. С. Попов изобрел и построил радиопередатчик и радиоприемник.

Первые представления о свойствах среды вблизи заряженных тел сложились еще в глубокой древности, когда люди заметили, что натертый янтарь вызывает движение мелких предметов без непосредственного соприкосновения с ними — на расстоянии. Позже обнаружилось, что подобные явления продолжают иметь место и в пустоте, при отсутствии между взаимодействующими зарядами весомой материи. На этой почве появилась идеалистическая теория дальнего действия электрических зарядов. Против теории дальнего дейст-

вия в области электромагнитных явлений выступил М. В. Ломоносов. Он дал объяснение взаимодействию между наэлектризованными телами на основе материалистической теории близкодействия. Эти идеи получили всеобщее признание после работ М. Фарадея, создавшего качественную теорию электромагнитного поля на основе его механической модели (силовые трубки). Изложение этой теории в стройной математической форме принадлежит Дж. К. Максвеллу. Однако ему, как и М. Фарадею, не удалось дать какое-либо объяснение свойств той среды, которая является носителем электромагнитного поля, на базе механических представлений. И это было не случайно, т. к. электромагнитное движение качественно отлично от механического движения и не может быть к нему сведено.

После опытов А. Майкельсона теория механического эфира потерпела окончательное поражение. Дальнейшее развитие электромагнитной теории Г. Лоренцом могло быть осуществлено только благодаря отказу от попыток найти какую-либо механическую модель поля. Это дало повод многим физикам, не имевшим представления о диалектическом материализме, скатиться к идеализму. «Поле — это движение без материи», - говорили они.

Н. А. Умов в 1874 году высказал идею о движении энергии в пространстве. Эта идея была использована Д. Пойнтингом при изучении движения электромагнитной энергии, в частности, и в безвоздушном пространстве. Выводы получили опытное подтверждение. Измерение светового давления П. Н. Лебедевым в 1901 г. явилось крупным событием, доказавшим наличие массы у электромагнитных волн. Взаимные превращения электромагнитной материи в обычную весомую материю были обнаружены, когда физики открыли превращение одного фотона в электронно-позитронную пару. Эти и многие другие факты показывают, что, хотя современная физика не может всего сказать о поле, но бесспорно установленной является объективность существования поля и его материальность.

4.3.15. Электростатическое поле

Изучение электромагнитного поля предполагает знание студентом основных понятий и определений, характеризующих поле, из курсов физики и высшей математики.

Электростатическое поле связано с одной из форм электромагнитного движения материи. В зависимости от условий взаимодействия электрических зарядов с полем, проявляются различные свойства этого движения. Многообразие свойств электромагнитного движения находит свое выражение в появлении различных понятий, характеризующих и отражающих различные стороны электромагнитного движения.

Одним из них является понятие напряженности, которое отражает свойство электрического поля изменять движение наэлектризованных тел, находящихся в поле. Напряженность характеризует силовые свойства поля, интенсивность электромагнитного процесса в различных точках поля. Но кроме интенсивности, всякое конкретное движение отличается также определенным запасом движения.

Ограниченность запаса движения проявляется, когда электрическое поле совершает работу, например, работу при перемещении наэлектризованных тел или, как говорят, зарядов. Эта сторона процесса находит отражение в понятиях напряжения и потенциала, которые характеризуют энергетические свойства определенных участков электрического поля.

При изучении поведения диэлектриков в электрическом поле следует учесть, что термин поляризация относится к двум разным понятиям: явлению поляризации и вектору поляризации. Этот вектор нужно уметь определять в различных условиях, так как он служит характеристикой не только интенсивности процессов поляризации в атомах и молекулах вещества, но позволяет определять распределение связанного заряда на границах диэлектрика.

4.3.16. Электрическое поле постоянных токов

Изучение этого раздела должно привести к твердому усвоению дифференциальных законов электрического поля в проводящей среде и умению использовать их при решении практических задач. Для усвоения физического смысла упомянутых законов (как и всех других дифференциальных законов электромагнитного поля) необходимо хорошо разобраться в их выводе или обосновании.

При доказательстве первого закона Кирхгофа в дифференциальной форме обратите внимание на уравнение непрерывности, поскольку оно является следствием не только

определения электрического тока, но и принципа непрерывности электрического тока или закона сохранения электрического заряда

$$\oint_S \vec{d}d\vec{S} = -\frac{\partial q}{\partial t}.$$

В левой части уравнения стоит величина тока, который выходит из объема, ограниченного замкнутой поверхностью S . По определению тока это равняется производной по времени от заряда, проходящего через поверхность S . В правой части уравнения стоит производная от другого заряда: заряда, находящегося внутри объема V , который ограничен замкнутой поверхностью S . Производные по времени этих зарядов равны друг другу только в том случае, если внутри объема не может возникнуть или исчезнуть избыточного электрического заряда, что и следует непосредственно из закона сохранения электрического заряда.

4.3.17. Магнитное поле постоянных токов

При изучении законов магнитного поля в дифференциальной форме следует усвоить не только их связь с соответствующими законами в интегральной форме, но и обратить внимание на то, что они являются следствием основных законов магнитного поля, установленных опытным путем. К последним относятся принцип непрерывности магнитного потока и закон полного тока.

4.3.18. Электромагнитная волна в диэлектрике. Переменное электромагнитное поле

При изучении распространения электромагнитной энергии в пространстве исходят из основных уравнений электромагнитного поля. Рекомендуются особенно внимательно продумать физический смысл уравнений Максвелла, которые не встречались в предыдущих разделах курса и которые показывают, что всякое изменение электрического (магнитного) поля вызывает изменение магнитного (электрического) поля во времени и пространстве. Из этого следует, что электромагнитное движение имеет волновой характер.

Необходимо также четко усвоить разницу между первыми двумя уравнениями электромагнитного поля и законами полного тока и электромагнитной индукции. Последние два закона являются частными случаями более общих уравнений электромагнитного поля. В отличие от закона полного тока (для цепей постоянного тока)

первое уравнение Максвелла учитывает кроме тока проводимости, обусловленного движением электрических зарядов, также и ток смещения. Это вызвано тем, что токи смещения образуют такое же магнитное поле, как и токи проводимости. В отличие от закона электромагнитной индукции, где электрическое поле рассматривалось только в проводнике, второе уравнение Максвелла учитывает, что изменение в любой точке магнитного поля вызывает появление электрического поля вне зависимости, где произошло это изменение, — в проводнике или диэлектрике.

Теорема Умова — Пойнтинга оказала серьезнейшее влияние на формирование современных воззрений на свойства электромагнитного поля. Ознакомление с ее доказательством необходимо для ясного понимания физического смысла вектора Умова - Пойнтинга и следствий из этой теоремы.

При изучении распространения плоских волн необходимо обратить внимание на различия, связанные с движением волн в диэлектриках и проводниках.

4.4. Указания по работе с литературой

Предмет изучается студентами путем самостоятельной работы над учебниками и учебными пособиями. Кроме того, обязательным элементом учебного процесса являются лекции.

При самостоятельной работе над учебниками и учебными пособиями рекомендуется придерживаться определенной последовательности. Читая и конспектируя тот или иной раздел учебника, необходимо твердо усвоить основные определения электрических величин и понятий и те закономерности, которыми определяется связь и зависимость одних величин от других. Формулировки законов и методику вывода их математических выражений надо знать на память. После усвоения соответствующих понятий и закономерностей следует решить примеры и задачи, закрепляя тем самым проработанный теоретический материал, а затем приступить к выполнению расчетно-графических или курсовых работ.

Основная литература

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебное пособие. 7-е изд., стер. – СПб: Лань, 2009. – 592 с: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

2. Атабеков Г. И., Купальян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле: Учебное пособие / Под ред. Г.И. Атабекова. 6-е изд., стер. – СПб: Лань, 2010. – 432 с: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: [учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", "Электроэнергетика", "Приборостроение"] / Л. А. Бессонов - Москва: Гардарики, 2007 - 701, [2] с.
4. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: [учебник для студентов технических высших учебных заведений, обучающихся по направлениям "Электротехника", "Электротехнологии", "Электромеханика", "Электроэнергетика" и "Приборостроение"] / Л. А. Бессонов - Москва: Юрайт, 2012 - 317 с.
5. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс]: Учебное пособие. 7-е изд., стер. – СПб: Лань, 2009. – 592 с: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Доступ по логину и паролю из сети Интернет [URL:http://e.lanbook.com/](http://e.lanbook.com/) ISBN 978-5-8114-0800-9.
6. Атабеков Г. И., Купальян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Под ред. Г.И. Атабекова. 6-е изд., стер. – СПб: Лань, 2010. – 432 с: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Доступ по логину и паролю из сети Интернет [URL:http://e.lanbook.com/](http://e.lanbook.com/) ISBN 978-5-8114-0803-0.

Дополнительная литература

1. Попов В. П. Основы теории цепей: [учебник для студ. вузов, обуч. по направлению "Радиотехника"] / В. П. Попов - М.: Высшая школа, 2007 – 574 с.
2. Улахович Д. А. Основы теории линейных электрических цепей: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных

специалистов 210400 - "Телекоммуникации"] / Д. А. Улахович - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2009 - 796 с.

3. Носов Г. В. Теоретические основы электротехники. Установившийся режим в линейных цепях: учебное пособие / Г. В. Носов, Е. О. Кулешова, В. А. Колчанова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 215 с.

Интернет-ресурсы

В сайт кафедры ТОЭ интегрирована Интернет-система дистанционного обучения по электротехнике «ЭДО».

Эта система предоставляет следующие средства усвоения дисциплины:

- доступ к учебным программам всех дисциплин, читаемых на кафедре ТОЭ;
- гипертекстовый доступ к электронным версиям учебных пособий, методических указаний и сборников задач, разработанных преподавателями кафедры ТОЭ;
- возможность автоматизированной проверки студентами индивидуальных заданий в рамках решения расчетно-графических и курсовых работ, контрольных и домашних заданий;
- возможность преподавателю отслеживать ход выполнения студентами индивидуальных заданий в режиме реального времени с помощью электронного журнала.

Учебно-методические разработки кафедры размещены на сайте кафедры ТОЭ <http://toe.ugatu.ac.ru>. и в электронной коллекции образовательных ресурсов УГАТУ <http://www.library.ugatu.ac.ru/>:

1. Учебные пособия:

1. Лукманов В.С., Фатхиев А.Р., Чечулина И.Е. Типовые задачи по теории электрических цепей. Часть I: Учебное пособие /Нефтекамск, 2011. – 129 с.
2. Лукманов В.С. Теоретические основы электротехники. Часть I. Теория линейных электрических цепей: Учебное пособие /В.С.Лукманов; Уфимск. гос. авиац.техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 120 с.

3. Лукманов В.С. Теоретические основы электротехники. Часть 3. Теория электромагнитного поля: Учебное пособие /В.С.Лукманов; Уфимск. гос. авиац.техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 91 с.

2. Лабораторные практикумы

1. Исследование электрических цепей: Лабораторный практикум по дисциплинам «Электротехника», «Общая электротехника», «Электротехника и электроника», «Общая электротехника и электроника», «Дополнительные главы электротехники и электроники», «Спецглавы электричества» и «Основы теории цепей» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: П.А. Грахов, Т.М. Крайнова, В.С. Лукманов, Л.С. Медведева, Е.В.Парфенов, И.Е. Чечулина. – Уфа, 2012. – 66с.

2. Исследование цепей с распределенными параметрами: Лабораторный практикум по дисциплинам «Теоретические основы электротехники» и «Основы теории цепей» / Сост: А.В. Гусаров, В.С. Лукманов, Л.С. Медведева, Е.В. Ларионова. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа, 2009 - 23 с.

3. Методические указания к практическим занятиям

1. Анализ линейных электрических цепей: Практикум по дисциплинам «Электротехника», «Общая электротехника», «Электротехника и электроника», «Общая электротехника и электроника», «Дополнительные главы электротехники и электроники», «Спецглавы электричества» и «Основы теории цепей» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: В.С. Лукманов, И.Е. Чечулина, А.Р. Фатхиев, Е.В. Ларионова – Уфа, 2012. – 59 с.

4. Методические указания к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы

1. Методы расчета электрических цепей, содержащих четырехполюсники и управляемые элементы: Методические указания к курсовой работе по дисциплинам «Электротехника», «Общая электротехника», «Электротехника и электроника», «Спецглавы электричества» и «Основы теории цепей»/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Л.С.Медведева, И. Е. Чечулина.–Уфа: УГАТУ, 2012. –33 с.

2. Расчет каскадного соединения четырёхполюсников: Методические указания к курсовому проекту по дисциплине

«Теоретические основы электротехники» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: А. И. Заико, Л. С. Медведева, И. Е.Чечулина. – Уфа: УГАТУ, 2012. –35 с.

3. Расчет электрических и магнитных цепей: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Теоретические основы электротехники» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. В.С. Лукманов – Уфа: УГАТУ, 2007. – 30 с.

Издания прошлых лет, имеющие учебно-методическую ценность

1. Теоретические основы электротехники: [учебник для вузов] / К. С. Демирчян [и др.] - СПб: Питер, 2003-. Т. 1 - 463 с.
2. Теоретические основы электротехники: Учеб. для вузов / К. С. Демирчян [и др.] - СПб: Питер, 2003-. Т. 2 - 576 с.
3. Теоретические основы электротехники: Учеб. для вузов / К. С. Демирчян [и др.] - СПб: Питер, 2003-. Т. 3 - 377 с.
4. Основы теории цепей: Учебник для вузов/ Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В.– М.: Энергоатомиздат. – 529 с.
5. Теоретические основы электротехники. Т.1/ Под ред. П.А. Ионкина. Учебник для электротехн. вузов. – М.: Высшая школа, 1976-. 544 с.
6. Теоретические основы электротехники. Т.2/ Под ред. П.А. Ионкина. Учебник для электротехн. вузов. – М.: Высшая школа, 1976-. 265 с.
7. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. М.: Высшая школа, 1981. –
8. Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники: учебное пособие для вузов/ Под ред. П.А.Ионкина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 680 с.
9. Шебес М.Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей: Учебное пособие для электротехнич., радиотехнич. спец. вузов. М: Высшая школа, 1990. – 544 с.

4.5. Указания по подготовке к практическим занятиям

Практикум является одним из основных видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом.

Приведенный ниже перечень тем практических занятий является наиболее полным. В зависимости от направления подготовки или специальности некоторые темы могут не рассматриваться.

4.5.1. Темы практических занятий

№	Наименования разделов дисциплины	Тема практического занятия	Затраты времени (час.)
1	2	3	4
1.	Методы расчета электрических цепей	Расчет цепей постоянного тока. Законы Ома, Кирхгофа. Последовательное и параллельное соединение резисторов. Потенциальная диаграмма. Баланс мощности	2
2.		Метод контурных токов. Метод наложения Метод узловых потенциалов. Преобразование схем электрических цепей	1 1
3.		Метод эквивалентного генератора.	2
4.	Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальном токе	Расчет простейших цепей синусоидального тока	2
5.		Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока	2
6.	Резонансные явления и частотные характеристики	Расчет резонансных режимов в электрических цепях	2
7.	Расчет электрических цепей при наличии взаимной индукции	Расчет электрических цепей со взаимной индуктивностью	2
8.	Расчет трехфазных цепей	Расчет трехфазных цепей	2
9.	Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических ЭДС, напряжениях и токах	Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических напряжениях и токах	2
10.	Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета	Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях. Классический метод	4
11.		Операторный метод расчета переходных процессов в линейных электрических цепях	2
12.		Применение интеграла Дюамеля к расчету переходных процессов	2

1	2	3	4
13.	Четырехполосники и многополосники	Расчет четырехполосников. Расчет электрических фильтров	1 1
14.	Расчет установившихся процессов в	Расчет нелинейных цепей переменного тока с резистивными нелинейными элементами Нелинейные цепи с реактивными нелинейными элементами Расчет нелинейной магнитной цепи.	2 2 2
15.	нелинейных цепях		
16.			
17.	Электростатическое поле	Электростатические поля. Расчет емкостей	2
18.	Электрическое поле постоянных токов	Электрическое поле постоянных токов. Расчет проводимостей	2
19.	Магнитное поле постоянных токов	Магнитное поле постоянных токов. Расчет индуктивностей	2
20.	Электромагнитная волна в диэлектрике	Расчет переменных электромагнитных полей в диэлектрике	2
21.	Переменное электромагнитное поле	Поверхностный эффект. Явление экранирования. Расчет толщины экрана, длины волны	2

4.5.2. Критериями успешного выполнения практикума являются:

1. посещение студентом всех аудиторных практических занятий;
2. выполнение всех заданий преподавателя во время практического занятия;
3. выполнение заданий для самостоятельной работы с приведением всех используемых формул, решения в численном виде и построением всех требуемых графиков и векторных диаграмм.

Критерием сформированности у студента необходимых умений и навыков является получение правильных ответов ко всем заданиям. Правильность решения, а также отчет о решении задачи осуществляется студентом с помощью Интернет-системы «ЭДО» с любого компьютера, подключенного к глобальной сети, в том числе на персональных компьютерах в дисплейном классе кафедры.

Отчет о выполнении студентом задания фиксируется на сайте кафедры и контролируется преподавателем.

Адрес сайта кафедры: <http://toe.ugatu.ac.ru>, раздел [Проверка ответов](#).

4.5.3. Рекомендации по оформлению отчета о решении задач

Решение задач во время аудиторного занятия, а также при самостоятельной работе производится в специально предназначенной для этого рабочей тетради. При этом должны выполняться следующие правила:

1. Рисунки, графики схемы, символы, размерности физических величин выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ.

2. Расчет каждой искомой величины следует выполнять сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единицы измерения. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и расчетов.

3. Промежуточные результаты расчетов и конечный результат должны быть ясно выделены из общего текста.

4. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов, напряжений, наименование узлов и т.д. При решении задачи различными методами одна и та же величина должна обозначаться одним и тем же буквенным символом.

4.6. Указания по подготовке к лабораторным занятиям

Приведенный ниже перечень тем лабораторных занятий является наиболее полным. В зависимости от направления подготовки или специальности некоторые темы могут быть исключены.

4.6.1. Темы лабораторных занятий

№	Наименования разделов дисциплины	Наименования лабораторных работ	Затраты времени (час.)
1	2	3	4
1.	Методы расчета электрических цепей	Исследование разветвленной цепи постоянного тока	4
2.	Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальном токе	Исследование неразветвленной цепи переменного тока при последовательном соединении R , L и R, C	4
3.		Исследование цепи синусоидального тока при параллельном соединении R, L и R, C	4

1	2	3	4
4.	Резонансные явления и частотные характеристики	Исследование резонанса напряжений	4
5.		Исследование резонанса токов.	4
6.	Расчет электрических цепей при наличии взаимной индукции	Исследование электрических цепей со взаимной индуктивностью	4
7.	Расчет трехфазных цепей	Трехфазные цепи, соединенные звездой, треугольником	4
8.	Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета	Исследование переходных процессов при разряде конденсатора на активно-индуктивную цепь	4
9.	Многополюсники	Исследование пассивного четырехполюстника	4
10.	Нелинейные цепи	Исследование электрических цепей с нелинейными резистивными элементами	4
11.	Расчет установившихся процессов в нелинейных цепях	Исследование явления феррорезонансов. Катушка со сталью	4
12.	Цепи с распределенными параметрами	Исследование длинной линии	4
13.	Электростатическое поле	Моделирование плоскопараллельного поля в проводящей бумаге	4
14.		Исследование электростатического поля заряженных электродов методом конечных разностей	4
15.	Электрическое поле постоянных токов	Исследование плоскомеридианного поля на сеточной модели	4
16.	Переменное электромагнитное поле	Поверхностный эффект в шине, помещенной в паз электрической машины	4

4.6.2. Критериями успешного выполнения лабораторного практикума являются:

1. Получение экспериментальных данных, соответствующих заданиям, приведенным в методических указаниях.

2. Наличие всех расчетов согласно требованиям таблиц экспериментальных данных с указанием используемых формул и приведением примера расчета одной строки таблицы.

3. Построение необходимых графиков зависимостей и векторных диаграмм токов и напряжений с соблюдением масштабов.

4. Письменные выводы о проделанной работе в плане соответствия полученных экспериментальных данных теоретическим положениям.

5. Способность студентов

а) объяснить характер полученных экспериментальных результатов;

б) сравнить их с теоретическими выкладками;

в) объяснить их физический смысл;

г) сформулировать причины и допустимость отличий экспериментальных данных от теоретических.

Лабораторная работа считается выполненной после представления каждым студентом индивидуального письменного отчета, оформленного в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях, и ответов на все вопросы, заданные преподавателем, либо тестовые задания.

4.6.2. Рекомендации по оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79 «Общие требования к текстовым документам» и Стандарта университета СТП-УГАТУ 016-2007.

Отчет выполняется на листах формата А4 на компьютере в редакторе Microsoft Word, либо в рукописном виде. Формулы, графики и векторные диаграммы допускаются в рукописном виде с использованием чертежных инструментов.

Титульный лист является первым листом.

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие основные части:

1. название работы;

2. цель работы;

3. описание используемого оборудования, номер стенда;

4. схема исследуемой установки;

5. таблицы измеренных величин;

6. таблицы расчетных величин с указанием используемых формул и приведением примера расчета одной строки таблицы;
7. все необходимые графики зависимостей и векторные диаграммы токов и напряжений с соблюдением масштабов;
8. содержательные выводы по работе.

4.7. Указания к самостоятельной работе

4.7.1. Указания по планированию времени самостоятельной работы

Расчетно-графическая и курсовая работа (проект) являются составной частью учебного процесса и рассчитаны на выполнение в течение всего процесса изучения курса. Работа над выполнением расчетного задания способствует развитию навыков самостоятельного пользования литературой, справочниками. Вид самостоятельной работы зависит от направления подготовки или специальности и закреплён в соответствующем учебном плане.

Графики самостоятельной работы студентов составляются в каждом семестре преподавателями в соответствии с календарным планом и вывешиваются на доске расписаний и объявлений. На выполнение каждой расчетно-графической работы выделяется 4 учебных недели, на курсовую работу или проект – 10 недель.

Каждому студенту в начале семестра выдается задание, в котором сформулирована тема расчетно-графической или курсовой работы, срок выполнения, форма отчетности, порядок промежуточного контроля и порядок защиты РГР и курсовой работы.

Исходные данные для выполнения расчетно-графических заданий и курсовой работы (проекта) являются индивидуальными и выдаются полностью в начале семестра. Результаты расчетов контролируются каждым студентом самостоятельно по индивидуальному коду с помощью ЭВМ. Преподаватель имеет возможность получить с помощью ЭВМ результаты работы каждого студента в отдельности, срез успеваемости группы в целом в любой момент времени учебного семестра.

4.7.2. Расчетно-графические работы

Цель РГР – сформировать у студента умения самостоятельного творческого аналитического и графического решения технических

задач и использовать эти навыки при выполнении курсовых и выпускной квалификационной работ.

Выполнение РГР направлено на решение следующих задач:

- расширить и систематизировать знания, полученные при изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники»;
- формировать навыки расчета электрических цепей и электромагнитных полей, закрепить изучение теоретического материала;
- совершенствовать навыки поиска и работы с необходимой справочной литературой и стандартами ЕСКД.

Темы расчетно-графических работ

№	Темы расчетно-графической работы	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Расчет линейной цепи постоянного тока.	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	4,5
2.	Расчет разветвленной линейной цепи синусоидального тока.	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	4,5
3.	Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи.	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	4,5
4.	Анализ электрической цепи постоянного тока	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	4,5
5.	Анализ электрической цепи переменного тока	Раздел пояснительной записки (объемом не более 8 стр.)	4,5
6.	Расчет магнитных цепей переменного тока методом кусочно-линейной аппроксимации	Раздел пояснительной записки (объемом не более 6 стр.)	4,5
7.	Расчет электрической цепи с распределенными параметрами	Раздел пояснительной записки (объемом не более 10 стр.)	9
8.	Расчет электростатического поля	Раздел пояснительной записки (объемом не более 10 стр.)	9

*Темы расчетно-графических работ, выполняемых студентами
различных направлений (специальностей)*

№	Направления подготовки и специальности	Расчетно-графические работы	Семестр обучения
1.	11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи	РГР 4 и РГР 5 РГР 3	3 4
2.	11.03.04 – Электроника и наноэлектроника	РГР 3 и РГР 6	4
3.	12.03.04 – Биотехнические системы и технологии	РГР 1 и РГР 2 РГР 3 и РГР 6	3 4
4.	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника	РГР 1 и РГР 2 РГР 3 и РГР 6	3 4
5.	27.03.03 – Системный анализ и управление	РГР 3 и РГР 6	4
6.	27.03.04 – Управление в технических системах	РГР 3 и РГР 6	4
7.	11.05.04 – Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи	РГР 4 и РГР 5 РГР 7	3 4
8.	13.05.02 – Специальные электромеханические системы	РГР 1 и РГР 2 РГР 3 и РГР 6	3 4
9.	24.05.06 – Системы управления летательными аппаратами	РГР 1 и РГР 2 РГР 3 и РГР 6 РГР 8	3 4 7

4.7.3. Курсовая работа (проект)

Курсовая работа (проект) выполняется на завершающем этапе изучения курса и преследует следующие цели:

- приобретение практических навыков теоретического анализа электрической цепи;
- закрепление, углубление и расширение знаний по основным разделам курса;
- применение компьютерных технологий для расчета и анализа электрических цепей;
- формирование навыков выполнения требований к оформлению технической документации в соответствии с ЕСКД и ГОСТ.

Тема курсового проекта – «Расчет каскадного соединения четырехполюсников» – для направления 11.03.04

№	Задачи курсового проекта	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Исследование четырехполюсников	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	10
2.	Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	10
3.	Исследование электрических фильтров	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	10
4.	Оформление технической документации в соответствии с ЕСКД и ГОСТ	Раздел пояснительной записки (объемом не более 4 стр.)	6

Тема курсовой работы – «Синтез электрических фильтров по рабочим параметрам» – для направления 11.03.02.

№	Задачи курсовой работы	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Исследование электрических фильтров	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	11
2.	Задача синтеза фильтра по рабочим параметрам	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	15
3.	Исследование синтезированного фильтра на модели (с использованием программы Work Bench 4/0)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	10

Тема курсовой работы – «Методы расчета электрических цепей, содержащих четырехполюсники и управляемые элементы» – для специальности 11.05.04

№	Задачи курсового проекта	Форма представления результатов решения задач	Затраты времени (час.)
1.	Исследование четырехполюсников	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	12
2.	Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	14
3.	Исследование частотных характеристик четырехполюсника на модели (с использованием программы Work Bench 4/0)	Раздел пояснительной записки (объемом не более 7 стр.)	10

4.7.4. Рекомендации к оформлению расчетно-графической и курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) выполняется на листах формата А4 на компьютере в редакторе Microsoft Word с выполнением требований ГОСТ и Стандарта университета СТП-УГАТУ 016-2007. Оформление расчетно-графической работы допускается в рукописном виде, при этом формулы, графики и векторные диаграммы выполняются с использованием чертежных инструментов и соблюдением требований ГОСТ.

Титульный лист является первым листом.

Работа должна содержать следующие основные части:

- 1) расчетная схема с подклеенной машинной распечаткой индивидуального задания и условия задачи;
- 2) расчет;
- 3) необходимые графики и диаграммы.

При оформлении работы следует руководствоваться следующими правилами:

1. Рисунки, графики схемы, символы, размерности физических величин выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.702-2011.

2. Расчет каждой искомой величины следует выполнять сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единицы измерения. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и расчетов.

3. Промежуточные результаты расчетов и конечный результат должны быть ясно выделены из общего текста.

4. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов, напряжений, наименование узлов и т.д. При решении задачи различными методами одна и та же величина должна обозначаться одним и тем же буквенным символом.

5. Нумерация страниц должна быть сквозной, включая иллюстрации и графики.

4.7.5. Критерии оценки знаний при защите расчетно-графической работы

Защита РГР служит формой проверки успешного выполнения студентами заданий к РГР и уровня усвоения учебного материала.

Защита проводится в соответствии с графиком самостоятельной работы студентов, до начала зачетной и экзаменационной сессии. Защита принимается преподавателем, проводившим практические и лабораторные занятия в группе или читающим лекции по данному курсу.

Отметка «зачтено» выставляется в случае успешного выполнения заданий РГР, правильного оформления пояснительной записки, положительного ответа на вопросы по теме расчетно-графической работы.

4.7.6. Критерии оценки знаний при защите курсовой работы

Целью защиты курсовой работы является оценка практических знаний студентов и уровня сформированных компетенций, умения синтезировать полученные знания, уровня творческого мышления, навыков самостоятельной работы студента. По результатам защит курсовых работ выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка **"отлично"** выставляется студенту, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоившему основную и знакомому с дополнительной литературой, рекомендованной программой, проявившему творческие способности в понимании, изложении и применении учебно-программного материала, набравшему 91-100 баллов по шкале балльно-рейтинговой системы (БРС).

Оценка **"хорошо"** выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешно выполнившего предусмотренные в программе задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную программой, способному к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшего обучения и профессиональной деятельности, набравшему 74-90 баллов по шкале БРС.

Оценка **"удовлетворительно"** выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомому с основной литературой, рекомендованной программой, набравшему 61-73 балла по шкале БРС. Как правило, оценка **"удовлетворительно"** выставляется студентам, допустившим погрешности в ответах при защите курсовой работы и при выполнении курсовой работы, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка **"неудовлетворительно"** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных рабочей программой дисциплины заданий, набравший 0-60 баллов по шкале БРС.

Защита студентами курсовой работы проводится перед специальной комиссией, назначаемой заведующим кафедрой.

5. УКАЗАНИЯ ПО САМОКОНТРОЛЮ

В процессе выполнения внеаудиторной работы предусмотрено использование Интернет-системы дистанционного обучения по электротехнике «ЭДО», интегрированной в сайт кафедры ТОЭ <http://toe.ugatu.ac.ru>, элементы которой входят в "Каталог программ, рекомендованных научно-методическим советом по электротехнике и электронике Министерства образования и науки Российской Федерации".

Студентам очно- заочной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины ТОЭ и ОТЦ в условиях ограниченного времени непосредственного контакта с преподавателем, предлагается самостоятельно проверить уровень усвоения материала с помощью вопросов для самопроверки.

Вопросы для самопроверки к теме «Методы расчета электрических цепей»

Чем отличаются между собой источники напряжения и тока? Изобразите для них схемы питания двух параллельных приемников.

Начертите схему электрической цепи, состоящей из источников питания, потребителя (не содержащего ЭДС) и соединительных проводов. Обозначьте элементы схемы и напишите выражение закона Ома для всей цепи.

Напишите закон Ома для участка цепи, содержащего только приемник энергии (пассивный).

Напишите закон Ома для участка цепи через проводимости.

Напишите обобщенный закон Ома (для активного участка цепи).

Сформулируйте законы Кирхгофа и напишите их математические выражения.

Выведите выражение для эквивалентного сопротивления участка цепи, состоящего из n последовательно соединенных сопротивлений.

Выведите выражение для эквивалентного сопротивления участка цепи, состоящего из n параллельно соединенных сопротивлений.

Напишите выражение баланса мощности для цепи с несколькими источниками питания и несколькими резисторами.

Изложите сущность методов расчета разветвленных цепей с несколькими источниками ЭДС; методы непосредственного применения законов Кирхгофа, контурных токов и узлового напряжения.

Почему при расчете цепи, содержащей n узлов, по первому закону Кирхгофа можно составить только $n - 1$ уравнений?

Вопросы для самопроверки к теме «Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальном токе»

Сформулируйте определение понятия действующего значения синусоидального тока.

Как определяется среднее значение синусоидального тока?

Найдите графически сумму двух периодических синусоидальных токов. Определите действующее значение и начальную фазу суммарного тока. Решите эту задачу построением векторной диаграммы токов.

Мгновенное значение тока $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$. Запишите действующее значение тока в комплексной форме.

Как зависят индуктивное и емкостное сопротивления от частоты?

От чего зависит угол сдвига фаз в электрической цепи однофазного синусоидального тока?

Почему при постоянном токе включение в цепь конденсатора равносильно разрыву в цепи, а при переменном токе цепь остается замкнутой (ток через емкость проходит)?

Напишите выражение для действующего значения тока в цепи, состоящей из последовательно соединенных элементов R и L (а также R и C), если к зажимам цепи приложено напряжение $u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$. Постройте векторную диаграмму.

Напишите выражение для действующего значения напряжения на зажимах цепи, состоящей из катушки с активным сопротивлением R и индуктивностью L , если мгновенное значение тока $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$. Начертите векторную диаграмму.

Катушка с параметрами L и R включена параллельно конденсатору емкостью C . Напряжение на зажимах цепи

$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_i)$. Напишите выражение для действующего значения тока в неразветвленной части цепи.

Вопросы для самопроверки к теме «Резонансные явления и частотные характеристики»

Определите условия наступления в цепи резонанса напряжений и начертите для этого режима векторную диаграмму.

Напишите условие наступления в цепи резонанса токов, выраженное через сопротивления параллельных ветвей.

Вопросы для самопроверки к теме «Расчет электрических цепей при наличии взаимной индукции»

Поясните физический смысл коэффициента связи. Какие он может принимать значения?

Напишите, как определить эквивалентную индуктивность при последовательном согласном включении двух катушек.

Напишите, как определить эквивалентную индуктивность при последовательном встречном включении двух катушек.

Если напряжения источника синусоидального напряжения не меняется, то при каком включении, согласном или встречном, двух последовательно соединенных катушек ток будет больше?

Вопросы для самопроверки к теме «Расчет трехфазных цепей»

В трехфазную линию включены два приемника по схеме "треугольник". Начертите соответствующую схему и введите в нее измерительные приборы для измерения линейных и фазных токов и напряжений.

Начертите такую же схему для приемников, соединенных по схеме "звезда" с нейтральным проводом.

Напишите выражения для мгновенных значений напряжений, образующих трехфазную симметричную систему (для фазы A начальную фазу напряжения принять равной нулю).

Напишите выражения для мгновенных значений токов, образующих симметричную трехфазную систему, если начальная фаза тока в фазе A равна нулю.

Приемник соединен треугольником. В фазу A включен реостат, в фазу B - катушка (L , R), в фазу C - конденсатор. Начертите

топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

Действующее значение линейного тока в симметричном приемнике, соединенном по схеме "звезда" без нейтрального провода, равно I . В одном из линейных проводов произошел обрыв. Чему равны токи в двух других линейных проводах?

Напишите выражения для активной, реактивной и полной мощностей трехфазной системы.

Вопросы для самопроверки к теме «Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических ЭДС, напряжениях и токах»

Напишите выражение для периодической несинусоидальной функции напряжения в виде ряда Фурье.

Объясните порядок расчета линейной электрической цепи, к зажимам которой приложено периодическое несинусоидальное напряжение.

Напишите общее выражение для мгновенного тока в линейной цепи, питаемой несинусоидальным периодическим напряжением.

В чем заключаются особенности явлений резонанса в цепи, содержащей элементы R , L и C и питаемой периодическим несинусоидальным напряжением?

Последовательно с резистором (активным сопротивлением) включены параллельно катушка (L , R) и конденсатор C . Цепь питается несинусоидальным периодическим напряжением

$$u(t) = U_0 + U_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + U_{5m} \sin(5\omega t + \psi_5).$$

Составьте выражение для эквивалентного комплексного сопротивления цепи для нулевой, первой и пятой гармоник тока.

Сформулируйте определение понятия действующего несинусоидального периодического тока.

Приведите выражение для действующего несинусоидального периодического тока через действующие значения гармоник тока.

Напишите выражение для активной мощности несинусоидального периодического тока через активные мощности гармоник.

Напишите выражение для тангенса угла сдвига фаз k -й гармоники тока относительно соответствующей гармоники напряжения.

Вопросы для самопроверки к теме «Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета»

Сформулируйте законы коммутации и объясните их физический смысл.

Катушка с параметрами L и R подключается к источнику постоянного напряжения U . Составьте для этой цепи дифференциальное уравнение переходного процесса. Начертите схему. Выведите выражение тока для переходного процесса. Начертите соответствующую кривую тока.

Как определить постоянную времени цепи по заданной кривой тока переходного процесса?

Через какой промежуток времени переходный процесс в цепи практически заканчивается?

По катушке с параметрами L и R проходит постоянный ток I . Затем катушка замыкается накоротко. Выведите выражение для тока переходного процесса и начертите кривую тока.

Катушка с параметрами L и R подключается к сети с синусоидальным напряжением $u(t)=U_m \sin(\omega t + \psi_i)$. Составьте для этого случая дифференциальное уравнение переходного процесса. Напишите выражения для принужденного, свободного и переходного токов.

К сети с постоянным напряжением подключается цепь, состоящая из соединенных последовательно резистора R и конденсатора C . Чему равны напряжение на конденсаторе и ток в переходном процессе? Начертите соответствующие кривые.

Вопросы для самопроверки к теме «Четырехполюсники и многополюсники»

Запишите систему уравнений четырехполюсника через Y -параметры.

Запишите систему уравнений четырехполюсника через Z -параметры.

Запишите систему уравнений четырехполюсника через Y -параметры.

Как выражаются A -параметры четырехполюсника через параметры Π -образной схемы замещения.

Как изменяются коэффициенты фазы α и затухания β низкочастотного и высокочастотного фильтров, состоящих из чисто реактивных сопротивлений, при изменении угловой частоты от нуля до бесконечности?

Из каких схем могут быть определены резонансные угловые частоты Т- и П-образных фильтров, если известны величины индуктивности и емкостей, входящих в схему фильтров?

Вопросы для самопроверки к теме «Электрические цепи с распределенными параметрами»

Какая линия называется однородной?

Чем отличаются дифференциальные уравнения длинной линии при начале отсчета координаты x в начале линии и в ее конце?

Какой смысл имеет каждая составляющая в решении дифференциального уравнения длинной линии при начале отсчета координаты x в начале линии и в ее конце, если напряжение и ток изменяются в зависимости от времени по синусоидальному закону?

В каких случаях образуются на линии стоячие волны тока и напряжения, и что является характерным для стоячих волн?

Может ли быть напряжение в начале линии с потерями ниже напряжения на ее конце при режиме холостого хода?

Влияет ли нагрузка на величину входного сопротивления линии?

Определить величину входного сопротивления воздушной линии без потерь, закороченной на конце, если волновое сопротивление линии равно Z_c , длина линии — l , а частота приложенного в начале линии синусоидального напряжения равна f .

Вопросы для самопроверки к теме «Элементы нелинейных электрических цепей, их характеристики и параметры»

Назовите примеры нелинейных элементов электрических цепей.

Что называется статическим и динамическим сопротивлением нелинейного элемента? Для каких нелинейных элементов динамическое сопротивление имеет отрицательный знак?

Для какой цепи и при каких условиях можно заменить нелинейный элемент его эквивалентной схемой с постоянной э.д.с. и постоянным динамическим сопротивлением?

Почему для расчета электрических цепей с нелинейными элементами нельзя в общем случае применять принцип наложения и свойство взаимности?

Можно ли для расчета электрических цепей с нелинейными элементами применять метод контурных токов?

Начертите одну из схем для стабилизации напряжения.

Какие надо выполнить условия для получения устойчивого режима в простейшей последовательной цепи с нелинейными элементами?

Вопросы для самопроверки к теме «Расчет установившихся процессов в нелинейных цепях»

Какой зависимостью характеризуются свойства ферромагнитных материалов? В какой форме она задается?

Чему практически равна магнитная проницаемость неферромагнитных материалов?

Начертите петлю гистерезиса ферромагнитных материалов и покажите на ней характерные точки остаточной магнитной индукции, коэрцитивной силы.

Напишите закон полного тока для магнитной цепи и объясните его физическую сущность.

Определите, основываясь на законе полного тока для магнитной цепи, напряженность магнитного поля в ферромагнитном кольцевом сердечнике с равномерной обмоткой, число которой равно w .

Начертите схему неразветвленной магнитной цепи с воздушным зазором в ферромагнитном сердечнике. Напишите для нее закон полного тока.

Изложите метод расчета указанной выше магнитной цепи, если задано значение магнитного потока в воздушном зазоре и требуется определить МДС катушки.

Изложите метод расчета той же магнитной цепи, если задана МДС катушки и требуется определить значение магнитной индукции в сердечнике.

Вопросы для самопроверки к теме «Уравнения электромагнитного поля»

Запишите уравнения электромагнитного поля (ЭМП) в интегральной форме.

Запишите уравнения электромагнитного поля в дифференциальной форме.

Какой физический смысл имеет каждое уравнения Максвелла?

Когда уравнения ЭМП в дифференциальной форме заменяются граничными условиями?

Какие из составляющих векторов \vec{E} , \vec{D} , \vec{H} , \vec{B} могут претерпевать разрыв на границе раздела двух сред с различными электрическими и магнитными свойствами?

Создается ли магнитное поле не изменяющимся во времени электрическим полем?

Является ли функция $\operatorname{div} \vec{D}$ векторной?

Может ли существовать магнитное поле в области пространства, если в каждой точке этой области $\operatorname{rot} \vec{H} = 0$?

При каких условиях справедливо выражение $\operatorname{div} \vec{H} = 0$?

Если два вектора связаны соотношением $\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}$, то может поле одного вектора быть соленоидальным, а другого нет?

Может ли безвихревое поле быть соленоидальным?

Вопросы для самопроверки к теме «Электростатическое поле»

Дайте определение электростатическому полю.

Запишите уравнения электростатического поля.

Зависит ли значение функции $\operatorname{div} \vec{D}$ от выбора системы координат, в которой ее рассчитывают?

Чем отличаются изображения силовых линий электрического поля в областях, где имеются сосредоточенные электрические заряды и где их нет?

Почему потенциал связывают с напряженностью поля соотношением $\vec{E} = -\operatorname{grad} \phi$, а не соотношением $\vec{E} = \operatorname{grad} j$?

В направлении вектора \vec{n} потенциал изменяется с наибольшей скоростью. В каком направлении потенциал не изменяется?

Под каким углом подходят линии напряженности электрического поля к поверхности проводящего тела?

Чему равна функция $\operatorname{grad} j$ внутри проводящего тела?

Поле создано заряженными проводящими телами. Каким уравнением – Пуассона или Лапласа оно описывается?

Вопросы для самопроверки к теме «Электрическое поле постоянных токов»

Чем различаются электрические поля, определяемые понятиями «статические» и «стационарные»?

Почему при протекании электрического тока по проводам, выполненным из вещества с конечной проводимостью, в окружающем их диэлектрике возникает электрическое поле?

Во сколько раз изменяется плотность линий напряженности электрического поля постоянного тока, нормальных к границе раздела двух сред с удельными проводимостями γ_1 и γ_2 .

По проводам, находящимся в диэлектрике, протекает постоянный ток. В каких точках величина $\operatorname{div} \overline{D}$ не равна нулю?

Вопросы для самопроверки к теме «Магнитное поле постоянных токов»

Какому уравнению удовлетворяет скалярный магнитный потенциал в однородной среде?

Почему при неоднозначности скалярного магнитного потенциала определяемая с его помощью напряженность поля однозначна?

Влияет ли выбор функции $\operatorname{div} \overline{A}$ на магнитную индукцию?

Магнитная индукция однородного поля равна $\overline{B} = \overline{x}_0 \cdot B_x$.

Изменяется ли векторный магнитный потенциал вдоль оси x ?

Используя аналогию уравнений Пуассона для скалярного электрического потенциала и для составляющих векторного магнитного потенциала, определите характер изменения функции $A(r)$ при $r \rightarrow \infty$ для плоскопараллельного поля.

Вопросы для самопроверки к темам «Электромагнитная волна в диэлектрике» и «Переменное электромагнитное поле»

Затухает ли электромагнитная волна, распространяясь в идеальном диэлектрике?

При каких условиях в диэлектрике существует и прямая и обратная волна?

Напряженность электрического поля плоской электромагнитной волны равна $\overline{E}(z, t) = \overline{y}_0 \cdot 20 \cdot \sin(400t + 60z)$. В каком направлении

оси z распространяется волна? Рассчитайте напряженность $\vec{H}(z, t)$ магнитного поля и скорость распространения волны.

Имеет ли смысл понятие вектора Пойнтинга внутри проводников?

Если известно направление вектора Пойнтинга в некоторой точке, то каково направление вектора скорости электромагнитной волны в этой точке?

Какова размерность вектора Пойнтинга?

Какова частота изменения вектора Пойнтинга, если напряженности электрического и магнитного поля меняются во времени по синусоидальному закону с частотой ω ?

Двухпроводная линия переменного тока протянута параллельно поверхности земли, которую считаем проводящей. Каково направление вектора Пойнтинга на поверхности земли?

Одинаково ли направление вектора Пойнтинга на поверхности жилы и оболочки коаксиального кабеля?

Чем различаются процессы распространения электромагнитного поля в идеальном диэлектрике и в проводящей среде?

Почему электромагнитная волна в проводящей среде затухает, а в идеальном диэлектрике нет?

Почему волновое сопротивление проводника комплексное, а у идеального диэлектрика вещественное?

Сохраняется ли постоянным угол сдвига по фазе между напряженностями электрического и магнитного полей плоской электромагнитной волны, распространяющейся в глубь безграничной проводящей среды?

Почему с ростом частоты электромагнитного поля глубина его проникновения в проводящую среду уменьшается?

Диэлектрическая проницаемость среды равна $5\epsilon_0$, ее удельная проводимость $\gamma = 10^5$ См/м. При какой частоте плотности токов проводимости и смещения соизмеримы?

Одинакова ли природа явлений поверхностного эффекта и неравномерного распределения поля внутри проводящих тел?

По прямолинейному проводу круглого сечения течет синусоидальный ток. Какие из точек провода охвачены большим магнитным потоком и в каких точках плотность вихревого тока больше?

6. УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Критерии оценки знаний на зачете

Зачет служит формой проверки успешного усвоения учебного материала аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов, выполнения лабораторных, расчетно-графических работ и других видов работ, предусмотренных утвержденными учебными планами и рабочей программой дисциплины.

Зачет проводится по окончании чтения лекций и проведения лабораторных работ, до начала экзаменационной сессии. Зачет принимается преподавателем, проводившим лабораторные занятия группы или читающим лекции по данному курсу.

По результатам сдачи зачета выставляются оценки «зачтено», «не зачтено». Зачет проводится по окончании чтения лекций и проведения лабораторных работ, до начала экзаменационной сессии. Зачет принимается преподавателем, проводившим лабораторные занятия группы или читающим лекции по данному курсу.

Зачет может быть также получен после прохождения компьютерного теста и набора необходимого количества баллов.

Оценка **“зачтено”** выставляется студенту, не имеющему неудовлетворительных результатов по всем видам текущего контроля успеваемости, предусмотренными утвержденной рабочей программой дисциплины, и (или) показавшему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и профессиональной деятельности, набравшему 61-100 баллов по шкале балльно-рейтинговой системы (БРС).

Оценка **“не зачтено”** выставляется студенту, имеющему неудовлетворительные результаты по одному или нескольким видам текущего контроля успеваемости, предусмотренным утвержденной рабочей программой дисциплины, и (или) показавшему пробелы в знании основного учебно-программного материала, не способному продолжить обучение без дополнительных занятий по дисциплине, набравшему 0-60 баллов по шкале БРС.

Завершающим этапом изучения курса является *экзамен*.

6.2. Теоретические вопросы, выносимые на экзамен

Приведенный ниже перечень теоретических вопросов является наиболее полным. В зависимости от направления подготовки или специальности некоторые темы могут не рассматриваться

Часть 1

1. Расскажите об идеальных и реальных источниках электрической энергии.
2. Расскажите об эквивалентных преобразованиях источников электрической энергии. Расскажите об обобщенном законе Ома и законе Ома для пассивного участка цепи. Дайте определение и приведите пример построения потенциальной диаграммы.
3. Дайте определение законов Кирхгофа и расскажите о методе расчета электрических цепей с помощью этих законов. Как рассчитать баланс мощности для активной электрической цепи. Приведите пример.
4. Расскажите о расчете электрических цепей с помощью законов Ома и Кирхгофа. Приведите алгоритм расчета, пример расчета и построения потенциальные диаграммы.
5. Выведите формулы эквивалентного преобразования сопротивлений при переходе от соединения звездой к треугольнику и наоборот. Приведите формулы основных преобразований электрических схем.
6. Расскажите о методе контурных токов (вывод системы уравнений, алгоритм расчета). Раскройте особенности составления уравнений для электрических цепей с источником тока методом контурных токов.
7. Расскажите о расчете электрических цепей методами двух узлов и пропорциональных величин.
8. Расскажите о методе узловых потенциалов (вывод системы уравнений, алгоритм расчета). Метод двух узлов как частный случай метода узловых потенциалов.
9. Расскажите о расчете электрических цепей с помощью метода наложения. Сформулируйте принцип наложения.
10. Докажите теорему об эквивалентном генераторе, приведите алгоритм и пример расчета.

11. Расскажите о применении метода эквивалентного генератора при расчете электрических цепей. Приведите алгоритм расчета и проиллюстрируйте его примером.
12. Дайте основные понятия о синусоидальном токе и его параметрах. Как определяется среднее и действующее значения синусоидального тока.
13. Расскажите об активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях в цепи синусоидального тока. Приведите примеры.
14. Расскажите о расчете установившегося режима в цепи синусоидального тока с последовательным соединением R, L, C .
15. Расскажите о расчете установившегося режима в цепи синусоидального тока с параллельным соединением R, L, C .
16. Расскажите об определении активной, реактивной и полной мощности в цепи синусоидального тока. Что такое коэффициент мощности, значение этого показателя в народном хозяйстве и методы его повышения.
17. Дайте понятие о комплексных сопротивлении и проводимости. Как осуществляется запись мощности в комплексной форме. Приведите примеры.
18. Расскажите о методах расчета сложных электрических цепей синусоидального тока комплексным методом.
19. Изложите суть комплексного метода расчета электрических цепей синусоидального тока. Покажите, как определяется изображение интеграла и производной.
20. Расскажите о расчете электрических цепей с помощью законов Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Приведите пример расчета и построения векторной диаграммы для разветвленной цепи.
21. Расскажите о резонансе токов на примере цепи с параллельным соединением R, L, C и объясните ее частотные характеристики
22. Расскажите о резонансе напряжений на примере цепи с последовательным соединением R, L, C и объясните ее частотные характеристики.
23. Опишите частотные характеристики параллельного L, R, C контура.

24. Расскажите о резонансах в сложных электрических цепях.
25. Расскажите о резонансах в электрических цепях без потерь. Изложите теорему о реактивном двухполюснике.
26. Расскажите о методах расчета электрических цепей при наличии магнитосвязанных катушек.
27. Расскажите о расчете параллельно соединенных магнитосвязанных катушек. Постройте и объясните векторные диаграммы. Объясните, что такое коэффициент связи, установите пределы его изменения.
28. Расскажите о расчете последовательно соединенных магнитосвязанных катушек. Постройте и объясните векторные диаграммы. Объясните понятие коэффициента связи.
29. Расскажите о развязке индуктивных связей. Приведите пример развязки воздушного трансформатора.
30. Приведите уравнения, схему замещения линейного трансформатора. Расскажите о совершенном и идеальном трансформаторах.
31. Расскажите, как представляются периодические функции тригонометрическим рядом и как изменяется спектральный состав ряда в некоторых случаях симметрии.
32. Выведите выражения для определения действующего тока (напряжения) в цепи несинусоидального тока. Как определяются показания приборов электромагнитной системы.
33. Расскажите о методе расчета электрических цепей при несинусоидальных напряжениях и токах. Приведите алгоритм расчета.
34. Приведите классификацию многофазных цепей. Расскажите о трехфазных цепях, приведите их векторные диаграммы и соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями при симметричной нагрузке.
35. Расскажите о методе расчета трехфазных цепей при соединении звездой симметричной и несимметричной нагрузки.
37. Расскажите о методах расчета трехфазных цепей при соединении треугольником симметричной и несимметричной нагрузки.

36. Как определяется мощность трехфазной цепи. Измерение мощности методами одного, двух и трех ваттметров.

Часть 2

1. Расскажите о причинах возникновения переходных процессов. Изложите законы коммутации. Что такое независимые и зависимые начальные условия и как они определяются?
2. Объясните общую методику расчета переходных процессов в линейных электрических цепях классическим методом на примере разряда конденсатора на активное сопротивление.
3. Расскажите о расчете переходного процесса классическим методом в цепях первого порядка на примере подключения и цепи L , R к источнику постоянного напряжения.
4. Расскажите о расчете переходного процесса классическим методом в цепях первого порядка на примере отключения цепи L , R от источника постоянного напряжения.
5. Расскажите о расчете переходного процесса классическим методом в цепях первого порядка на примере подключения цепи R , L к источнику синусоидального напряжения.
6. Расскажите о методах определения корней характеристического уравнения, о их свойствах и характере свободного процесса в зависимости от вида корней.
7. Расскажите о расчете начальных условий при анализе переходного процесса в линейной электрической цепи второго порядка.
8. Расскажите о расчете переходного процесса классическим методом в цепях второго порядка на примере разряда конденсатора на цепь R , L (корни вещественные).
9. Расскажите о расчете переходного процесса классическим методом в цепях второго порядка на примере разряда конденсатора на цепь R , L (корни комплексные).
10. Расскажите о расчете переходного процесса при мгновенном изменении параметров участков цепи (некорректная коммутация).
11. Расскажите о расчете переходных процессов в линейных электрических цепях операторным методом. Выведите изображение производной и интеграла.

12. Расскажите о законах Ома и Кирхгофа в операторной форме. Объясните составление операторных схем замещения.
13. Изложите алгоритм расчета переходного процесса операторным методом. Расскажите о восстановлении оригинала операторного изображения.
14. Расскажите о переходной характеристике электрической цепи.
15. Расскажите о расчете переходного процесса в линейной электрической цепи при воздействии ЭДС произвольной формы (интеграл Дюамеля).
16. Классификация четырехполюсников. На примере анализа работы линейного пассивного четырехполюсника в установившемся синусоидальном режиме выведите его уравнения в Z - и Y - формах.
17. Расскажите об эквивалентных схемах четырехполюсников и связи параметров их элементов с постоянными уравнениями четырехполюсника.
18. На примере анализа работы линейного пассивного четырехполюсника в установившемся синусоидальном режиме выведите его уравнения в A – форме.
19. Расскажите об опытном определении A - параметров, характеристических параметров четырехполюсника. В чем заключаются условия согласования четырехполюсников.
20. Физический смысл, меры передачи и ее составляющих. Как рассчитать меру передачи.
21. Расскажите о каскадном, последовательном и параллельном соединениях четырехполюсников. Выведите уравнения эквивалентного четырехполюсника в матричной форме для каждого типа соединений.
22. Расскажите о характеристических параметрах четырехполюсника, их физическом смысле.
23. Приведите известные Вам классификации электрических фильтров. Приведите условия аналитического определения полосы пропускания реактивного фильтра. Графический метод определения полосы пропускания фильтра.

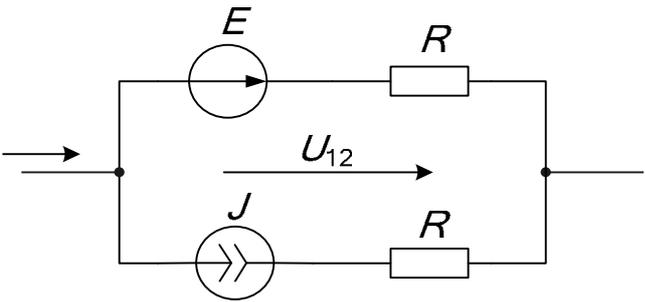
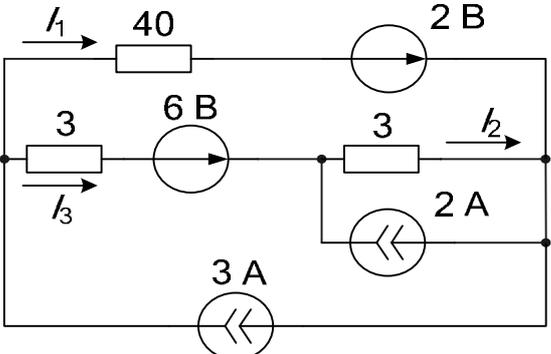
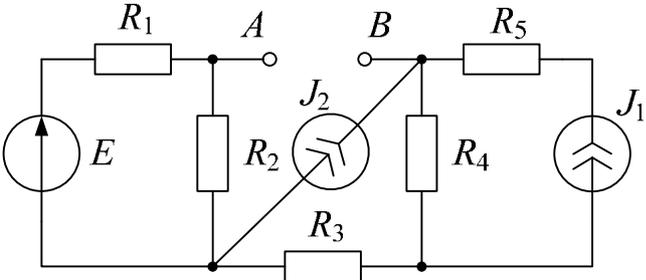
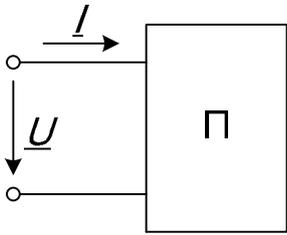
24. Расскажите о формировании и решении уравнений линии с распределенными параметрами. Дайте определение фазовой скорости и длины волны.
25. Расскажите о задаче синтеза электрических цепей.
26. Расскажите об общих подходах к реализации задач диагностики.
27. Расскажите о существующих методах расчета нелинейных электрических цепей при постоянном напряжении.
28. Расскажите о расчете сложной электрической цепи с одним нелинейным элементом методом эквивалентного генератора.
29. Расскажите о графическом методе расчета нелинейной цепи постоянного тока. Приведите алгоритм и пример расчета.
30. Расскажите о расчете магнитной цепи при постоянных магнитодвижущих силах. Прямая и обратная задачи. Расчет разветвленной магнитной цепи.
31. Расскажите о расчете нелинейных цепей методом эквивалентных синусоид. Как выбирается эквивалентная синусоида.
32. Расскажите о расчете катушки со сталью. Обоснуйте параллельную и последовательную схемы замещения. Постройте векторную диаграмму.
33. Расскажите о графическом методе получения кривой тока катушки с ферромагнитным сердечником.
34. Расскажите о явлении феррорезонанса в последовательной цепи.
35. Расскажите о явлении феррорезонанса в параллельной цепи. Приведите пример практического использования этого явления.
36. Расскажите о расчете трансформатора с ферромагнитным сердечником. Что такое комплексное магнитное сопротивление цепи?
37. Расскажите о расчете переходных процессов в нелинейных электрических цепях.
38. В чем физический смысл записи уравнений Максвелла в интегральной форме? Приведите эти уравнения.
39. В чем физический смысл записи уравнений Максвелла в дифференциальной форме? Запишите эти уравнения.

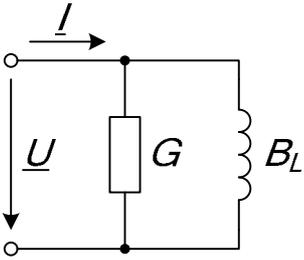
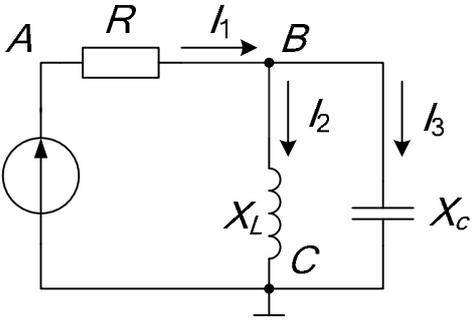
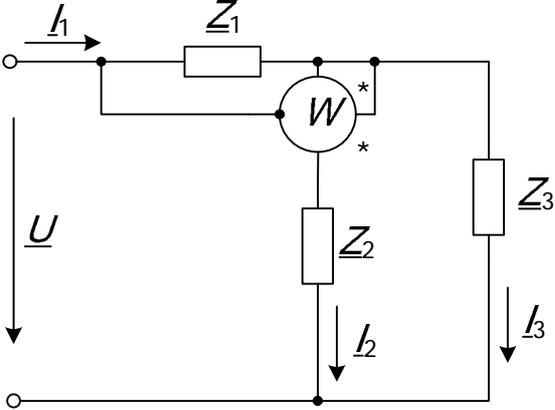
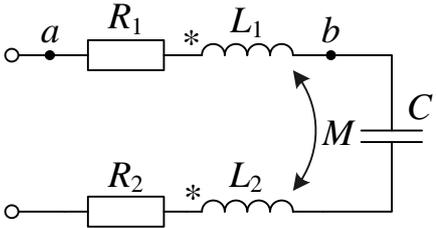
40. Обоснуйте систему уравнений Максвелла для электростатического поля. Приведите уравнение Лапласа, его решения.
41. Расскажите об уравнениях Пуассона и Лапласа и их решениях.
42. Получите выражение для емкости коаксиального цилиндрического конденсатора.
43. Получите выражение для емкости уединенного электрода сферической формы.
44. Выведите граничные условия на поверхности раздела двух диэлектриков в электростатическом поле.
45. Объясните, что такое плоскопараллельное поле. Приведите примеры.
46. Определение основных характеристик электростатического поля коаксиального конденсатора.
47. Метод выравнивания величины напряженности электрического поля E в коаксиальных конструкциях.
48. Изложите способ определения емкости на примере плоского двухслойного конденсатора.
49. Опишите граничные условия на поверхности раздела двух проводящих сред (постоянный ток).
50. Приведите аналогию электрического поля постоянных токов в проводящей среде с электростатическим полем.
51. Физический смысл вектора Умова-Пойнтинга.
52. Опишите явление поверхностного эффекта. Как определить глубину проникновения магнитного поля. Что такое эффект близости?
53. Неравномерное распределение переменного магнитного потока в плоском листе.

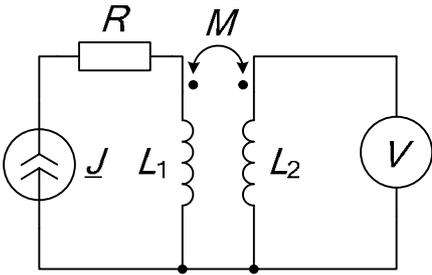
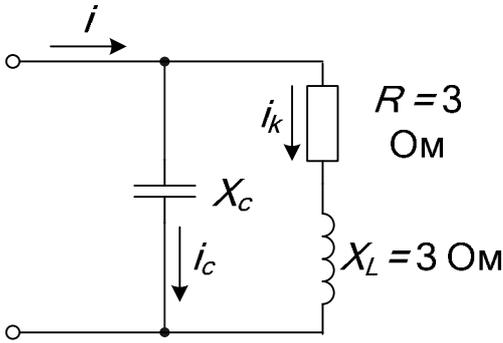
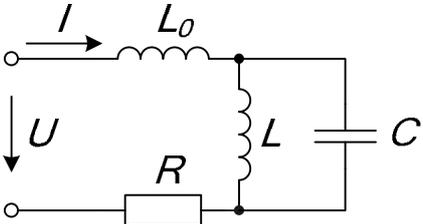
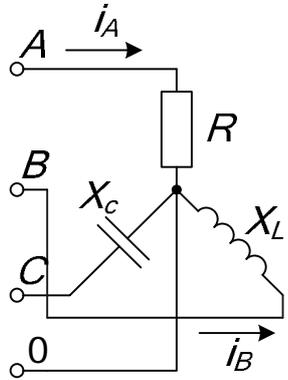
6.3. Типовые задачи, выносимые на экзамен

Ниже приведен краткий набор типовых задач по всем темам, выносимым на экзамен. С полным набором задач можно познакомиться на сайте кафедры ТОЭ <http://toe.ugatu.ac.ru>, в разделе [Скачать/ Банк аттестационных заданий для экзаменов](#).

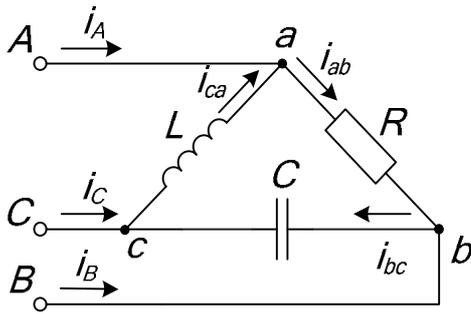
Часть I

<p>1.</p> 	<p>Найдите ток I, если : $R = 25 \text{ Ом}$, $E = 20 \text{ В}$, $U_{12} = 10 \text{ В}$, $J = 5 \text{ А}$.</p>
<p>2.</p> 	<p>Найдите токи и составьте баланс мощностей. Сопротивления даны в Омах.</p>
<p>3.</p> 	<p>Определите напряжение холостого хода по отношению к зажимам A и B при $E_1 = 80 \text{ В}$, $J_1 = 4 \text{ А}$, $J_2 = 1 \text{ А}$, $R_1 = R_3 = 50 \text{ Ом}$, $R_2 = R_4 = R_5 = 100 \text{ Ом}$.</p>
<p>4.</p> 	<p>Известны ток и напряжение на входе пассивного двухполюсника. Определите активную, реактивную и полную мощности в цепи. $i = \sqrt{2} \sin(\omega t)$, А, $u = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ)$, В.</p>

<p>5.</p> 	<p>Чему равен угол сдвига фаз φ между входным напряжением и током при</p> $B_L = 0,05 \text{ См},$ $G = 0,05 \cdot \sqrt{3} \text{ См}.$
<p>6.</p> 	<p>Постройте топографическую диаграмму, указав токи и напряжения на элементах при</p> $\underline{I}_3 = 3 + j3 \text{ А},$ $2X_L = X_C = R = 100 \text{ Ом}.$
<p>7.</p> 	<p>Найдите показание ваттметра, если</p> $\underline{Z}_1 = (5 - j10) \text{ Ом},$ $\underline{Z}_2 = (5 + j5) \text{ Ом},$ $\underline{Z}_3 = (5 - j5) \text{ Ом},$ $u = 400 \sin(\omega t - 45^\circ) \text{ В}.$
<p>8.</p> 	<p>Вычислить ток в цепи и напряжение \underline{U}_{ab}. Постройте векторную диаграмму.</p> $\underline{U} = 100 \text{ В}; \quad R_1 = 5 \text{ Ом};$ $R_2 = 5 \text{ Ом}; \quad \omega L_1 = 4 \text{ Ом};$ $\omega L_2 = 4 \text{ Ом}; \quad \omega M = 2 \text{ Ом};$ $\frac{1}{\omega C} = 4 \text{ Ом}.$

<p>9.</p> 	<p>Чему равно показание вольтметра, реагирующего на действующее значение напряжения? (Внутреннее сопротивление вольтметра бесконечно велико).</p> <p>$\underline{J} = -j2 \text{ А}$, $\omega L_1 = \omega L_2 = 30 \text{ Ом}$, $R = 10 \text{ Ом}$, $\omega M = 10 \text{ Ом}$.</p>
<p>10.</p> 	<p>В цепи резонанс токов. Определите ток I, напряжение на конденсаторе U_C, $\cos \varphi$, если $I_C = 2 \text{ А}$.</p>
<p>11.</p> 	<p>$R = 2 \text{ Ом}$, $L = 2 \text{ мГн}$, $C = 250 \text{ мкФ}$, $\omega = 2 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ Найдите L_0, при которой фаза тока I совпадает с фазой приложенного напряжения U. Постройте частотную характеристику входного полного сопротивления.</p>
<p>12.</p> 	<p>Найдите комплекс тока \underline{I}_B при $\underline{I}_A = -j5 \text{ А}$ и $R = X_C = X_L = 40 \text{ Ом}$.</p>

13.

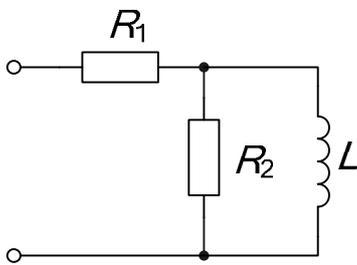


Постройте векторную диаграмму токов при

$$U_{\text{л}} = 380 \text{ В},$$

$$R = \omega L = \frac{1}{\omega C} = 88 \text{ Ом}.$$

14.



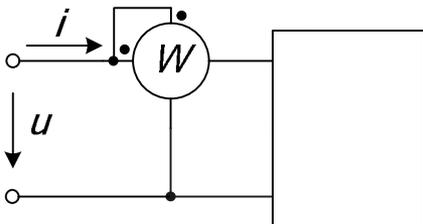
Рассчитайте входное сопротивление цепи для третьей гармоники и $kW \rightarrow \infty$ входного напряжения при

$$R_1 = 25 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом},$$

$$2\omega L = 40 \text{ Ом}.$$

15.



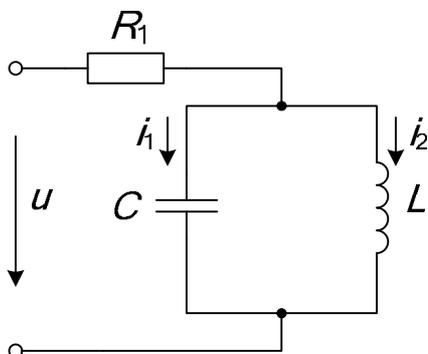
Найдите показание ваттметра, если:

$$u = 10 + 60 \sin \omega t + 10 \sin 3\omega t, \text{ В}$$

$$i = 1.5 + 0,5 \sin(\omega t + 60^\circ) +$$

$$+ 0,1 \sin(3\omega t - 30^\circ), \text{ А}.$$

16.



Напишите выражения для мгновенных значений токов i_1, i_2 при

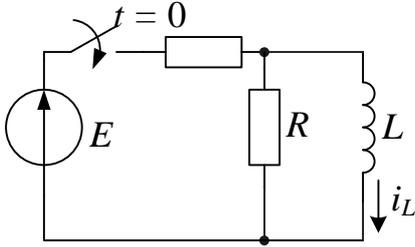
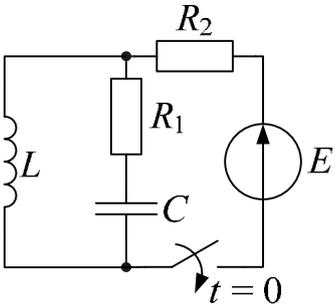
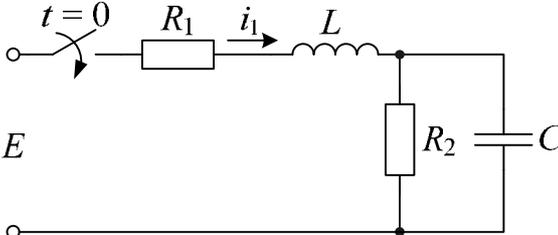
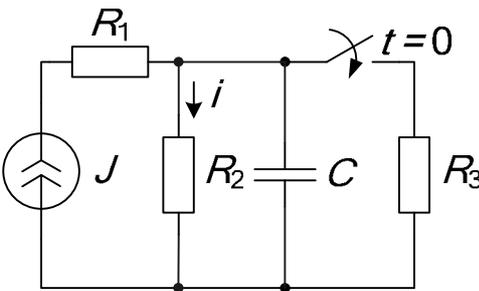
$$u = 80 + 20 \sin \omega t \text{ В},$$

$$R = 8 \text{ Ом},$$

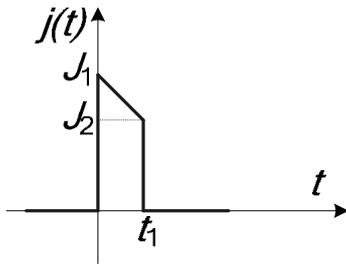
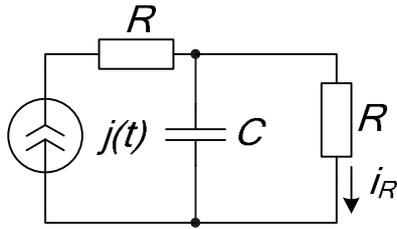
$$\frac{1}{\omega C} = 10 \text{ Ом},$$

$$2\omega L = 50 \text{ Ом}$$

Часть 2

<p>1.</p> 	<p>Определите $i_L(t)$, если: $E = 60$ В, $R = 30$ Ом, $L = 0,1$ Гн. Постройте зависимость $i_L(t)$ и определите время переходного процесса.</p>
<p>2.</p> 	<p>Найдите начальные условия: $\frac{di_L}{dt} \Big _{t=+0}$ и $i_C(+0)$, если: $E = 200$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 200$ Ом, $L = 0,5$ Гн, $C = 100$ мкФ.</p>
<p>3.</p> 	<p>Определите корни характеристического уравнения, если: $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 40$ Ом, $L = 0,2$ Гн, $C = 200$ мкФ Запишите выражение для определения свободной составляющей $i_{1св}$.</p>
<p>4.</p> 	<p>Определите закон изменения $i(t)$ операторным методом, если: $C = 1$ мкФ, $R_1 = 40$ Ом, $R_3 = R_2 = 20$ Ом, $J = 1$ А.</p>

5.

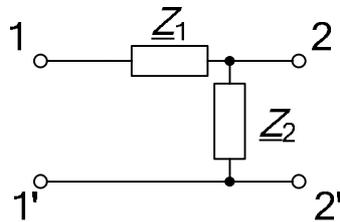


Определите i_R в момент времени $t = 0,5$ мс, если:
 $R = 2$ кОм, $J_1 = 1,5 J_2$,
 $t_1 = 1$ мс,
 $C = 1$ мкФ, $J_2 = 1$ А.

6.

В режиме короткого замыкания определите мгновенное значение тока на выходе четырехполюсника, если $\underline{I}_1 = 0,5e^{-j60^\circ}$ А, $\underline{D} = 2+2j$.

7.



Определите коэффициенты системы уравнений четырехполюсника в A – форме, если:
 $\underline{Z}_1 = 10 + j10$ Ом,
 $\underline{Z}_2 = 10 - j10$ Ом
 Проверьте выполнение уравнения связи.

8.

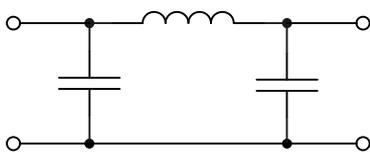
Коэффициенты четырехполюсника равны:

$$\underline{A} = -0,25 ; \underline{B} = 1 \cdot e^{-j90^\circ} \text{ Ом} ; \underline{C} = 0,5 \cdot e^{-j90^\circ} \text{ См} ; \underline{D} = -2.$$

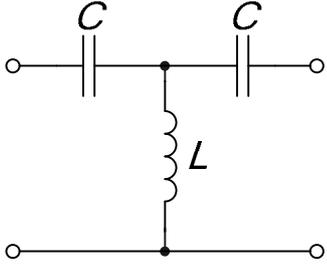
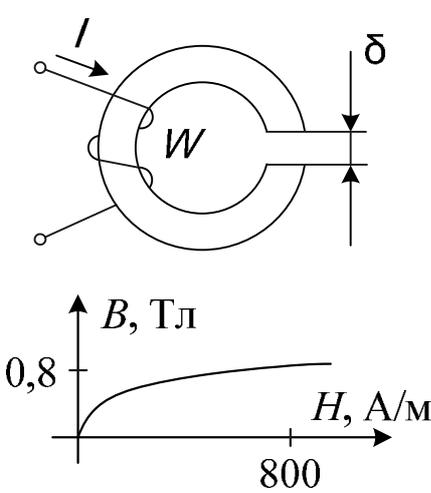
На выходе четырехполюсника включена чисто активная нагрузка $Z_H = 8$ Ом.

Определите мгновенные значения u_2 и i_2 , если $\underline{I}_1 = 0,4e^{j45^\circ}$ А.

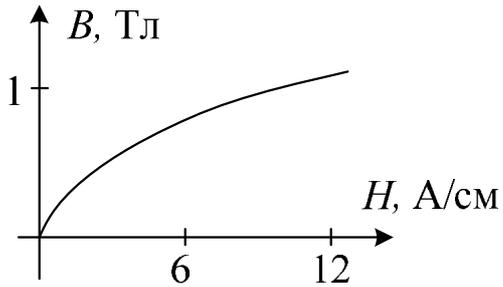
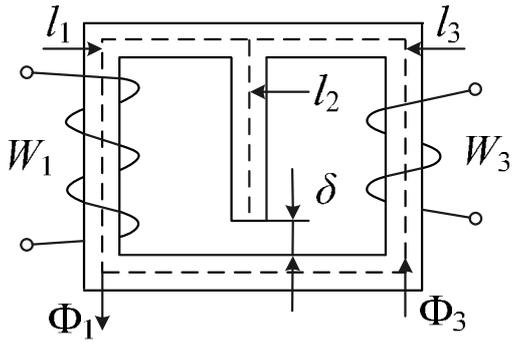
9.



Подберите индуктивность фильтра так, чтобы частота среза была равна $f_c = 4$ кГц. Емкость конденсаторов - $0,02$ мкФ.

<p>10.</p> 	<p>Чему равно характеристическое сопротивление фильтра при угловой частоте $\omega = 5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$, если: $C = 0,04 \text{ мкФ}$, а $L = 20 \text{ мГн}$.</p>
<p>11.</p> <p>Кабельная линия имеет следующие первичные параметры: $R_0 = 50 \text{ Ом/км}$, $L_0 = 10^{-3} \text{ Гн/км}$, $C_0 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ф/км}$, $G_0 = 10^{-6} \text{ См/км}$. Определите величину дополнительной индуктивности $L_{\text{доп}}$, которую следует вводить на каждый километр кабельной линии для того, чтобы линия стала без искажений. Определите для линии без искажений длину волны и фазовую скорость.</p>	
<p>12.</p> <p>Дана линия без потерь: $Z_c = 100 \text{ Ом}$; $\beta = 2,09 \text{ рад/м}$; $f = 10^8 \text{ Гц}$; $l = 70 \text{ см}$. Определите входное сопротивление линии в режимах холостого хода и короткого замыкания.</p>	
<p>13.</p> <p>Дано: $Z(p) = \frac{p^2 + 6p + 8}{p^2 + 4p + 3}$.</p>	<p>Привести 1-ую схему Кауэра.</p>
<p>14.</p> 	<p>Дано: магнитная индукция в зазоре $0,8 \text{ Тл}$, площадь сечения магнитопровода 1 см^2, зазор $0,1 \text{ мм}$, длина средней магнитной линии 15 см, $\mu_0 = 12 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$. Найдите: намагничивающую силу IW, напряженность магнитного поля в зазоре H_δ, магнитное напряжение $U_{\text{мб}}$, магнитное сопротивление зазоре $R_{\text{мб}}$, напряженность магнитного поля $H_{\text{ст}}$, магнитное напряжение $U_{\text{мст}}$.</p>

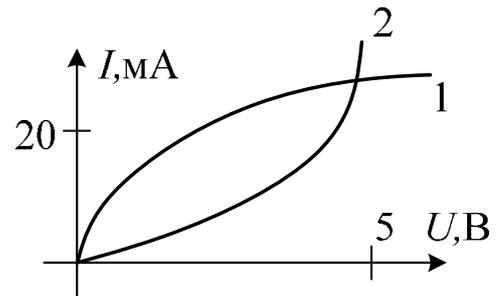
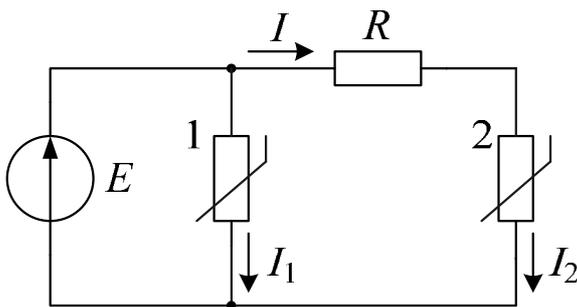
15.



Определите величину и напряжения токов в обмотках, если:

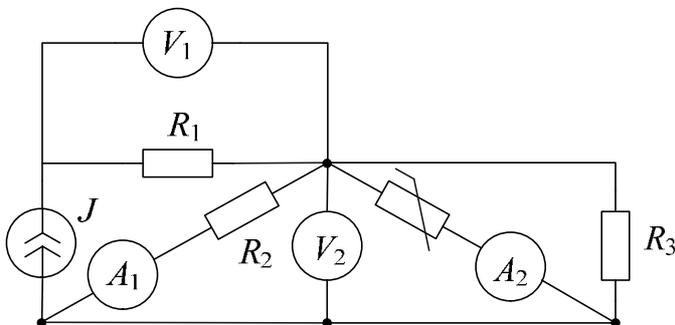
$l_1=l_3=10$ см, $l_2=5$ см, $\delta=0.2$ мм,
 $S_1=S_2=S_3=1$ см², $W_1=50$,
 $W_2=300$,
 $\Phi_1=0.2 \cdot 10^{-4}$ Вб,
 $\Phi_3=0.6 \cdot 10^{-4}$ Вб.

16.



Дано : $I=15$ мА, $R=0.5$ кОм.
 Определите: I_1 , I_2 , E .

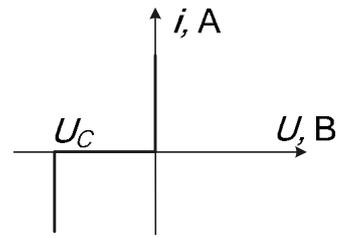
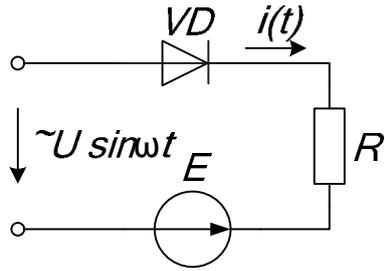
17.



Определите показания приборов.

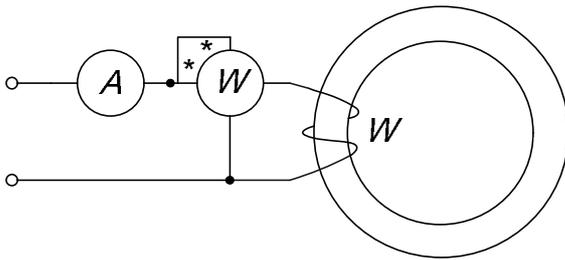
$J=6$ А,
 $R_1=R_2=R_3=2$ Ом,
 $U(I)=I+16\sqrt{I}$.

18.



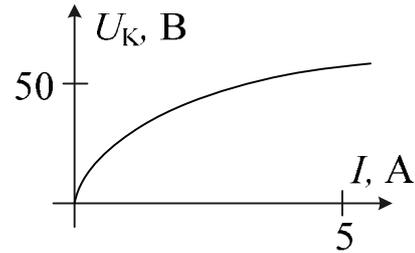
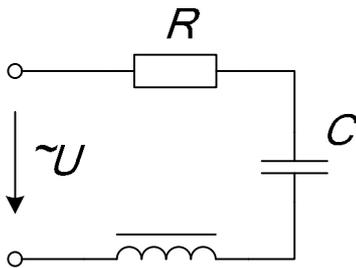
Постройте $i(t)$.
 $E=0,5 U_c, U_c < U_m$.

19.



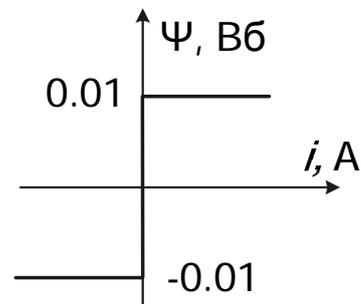
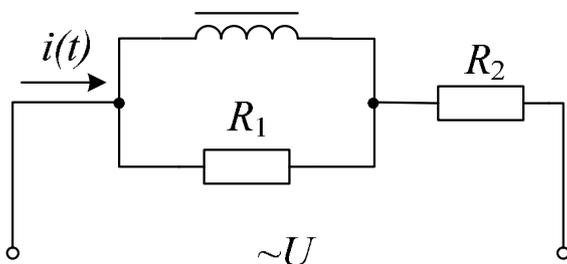
Дано: $I=0.707$ А, $\Phi_m=10^{-3}$ Вб,
 $W=1000$, $l_{cp}=50$ см,
 $P=60$ Вт, $R=30$ Ом,
 $f=50$ Гц.
 Найдите: U, g_0, b_0 .

20.



Найдите C , чтобы ток после скачка был равен 5 А. При какой емкости феррорезонанс невозможен?

21.



Дано: $R_1=50$ Ом, $R_2=100$ Ом,
 $u(t)=127 \sin 3000 t$, В.
 Постройте график $i(t)$.

6.4. Критерии оценки знаний на экзамене

Целью экзамена является комплексная оценка знаний, умений и уровня сформированных у студентов компетенций по дисциплине (модулю) по завершении определенного этапа обучения. По результатам сдачи экзамена выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка "**отлично**" выставляется студенту, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоившему основную и знакомому с дополнительной литературой, рекомендованной программой, проявившему творческие способности в понимании, изложении и применении учебно-программного материала, набравшему 91-100 баллов по шкале балльно-рейтинговой системы (БРС).

Оценка "**хорошо**" выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешно выполнившему предусмотренные в программе задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную программой, способному к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшего обучения и профессиональной деятельности, набравшему 74-90 баллов по шкале БРС.

Оценка "**удовлетворительно**" выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомому с основной литературой, рекомендованной программой, набравшему 61-73 балла по шкале БРС. Как правило, оценка "**удовлетворительно**" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответах на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка "**неудовлетворительно**" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных рабочей программой дисциплины заданий, набравший 0-60 баллов по шкале БРС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Положение об организации промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости студентов (приложение к приказу по УГАТУ № 299-О от 10.03.2015 г.),
- Приказ по УГАТУ № 462-О от 4.09.2006 г. «Об утверждении минимального состава учебно-методического комплекса по дисциплине»,
- Приказ по УГАТУ № 494-О от 27.06.2007 г. «О дополнении минимального состава учебно-методического комплекса по дисциплине»,
- Приказ по УГАТУ №399-О от 18.04.2012 г. «Об утверждении Положения об УМК».
- СТП УГАТУ 016-2007. Графические и текстовые конструкторские документы. Общие требования к построению, изложению, оформлению.
- ГОСТ 2.702.-2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. Введ.01.01.2011.
- Электротехника: Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников неэлектротехнических специальностей инженерно-технических вузов / Волынский Б.А. – М.: Высшая школа, 1987. – 119с.
- Ионкин П.А. и др. Типовые задачи, методические указания и контрольные задания по курсу «Теоретические основы электротехники» для студентов электротехнических специальностей высших учебных заведений / Под ред. П.А.Ионкина. – М.: Советская наука, 1957. – 348с.
- Удалов Н.П. Специальные дисциплины в техническом вузе. – Минск: Высшая школа, 1982. – 147 с.
- Примерная программа дисциплины «Теоретические основы электротехники». – М., 2001.
- Вавилова И.В., Грахов П.А., Лукманов В.С. Формирование учебно-методических комплексов по ТОЭ и электротехнике // Технологии и организация обучения: Научное издание – Уфа: Уфимск. гос. техн. ун-т, 2004 – с.25.